

**ESTUDIO PROSPECTIVO DEL CENTRO DE CIENCIA BÁSICA DE LA
ESCUELA DE INGENIERÍAS DE LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA
BOLIVARIANA AL AÑO 2020**

Con énfasis en las prioridades académicas del área de Matemáticas para
Ingeniería

CLARA MARCELA MOSQUERA LÓPEZ

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
MAESTRÍA EN GESTIÓN TECNOLÓGICA
MEDELLÍN
2010**

**ESTUDIO PROSPECTIVO DEL CENTRO DE CIENCIA BÁSICA DE LA
ESCUELA DE INGENIERÍAS DE LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA
BOLIVARIANA AL AÑO 2020**

Con énfasis en las prioridades académicas del área de Matemáticas para
Ingeniería

CLARA MARCELA MOSQUERA LÓPEZ

**Trabajo de grado para optar al título de
Magíster en Gestión Tecnológica**

Director

JHON WILDER ZARTHA SOSSA

Magíster en Gestión Tecnológica

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
MAESTRÍA EN GESTIÓN TECNOLÓGICA
MEDELLÍN
2010**

Nota de aceptación

Firma

Nombre:

Presidente del jurado

Firma

Nombre: Elmer Ramírez Machado

Jurado

Firma

Nombre: Fabio Castrillón Hernández

Jurado

Medellín, Agosto 05 de 2010

A todos. . .
los que han hecho que este logro sea posible.

AGRADECIMIENTOS

La autora expresa sus agradecimientos a:

MSc. Jhon Wilder Zарtha Sossa, director del grupo de investigación en Política y Gestión Tecnológica de la Universidad Pontificia Bolivariana por la asesoría en el desarrollo de este trabajo.

MSc. Diego José Cuartas Ramírez, profesor titular de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Pontificia Bolivariana y a la PhD. Lizette Irene Quan Young, investigadora de la Universidad de Antioquia, por sus valiosos aportes metodológicos durante el desarrollo de este proyecto.

A todos los expertos participantes en el panel del estudio Delphi por entregar sus apreciaciones acerca del futuro del área de Matemáticas para Ingeniería, lo cual permitió construir una visión prospectiva al año 2020.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	27
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	29
OBJETIVOS.....	31
1 MARCO TEÓRICO	33
1.1 PROSPECTIVA	33
1.1.1 Las corrientes de la prospectiva.....	34
1.1.1.1 La corriente postindustrial.....	34
1.1.1.2 La corriente neomalthusiana.....	34
1.1.1.3 La corriente de los ciclos largos.....	34
1.1.1.4 La corriente de las bifurcaciones.	35
1.1.2 Prospectiva tecnológica en Colombia.	36
1.1.3 Prospectiva estratégica en la UPB.....	38
1.1.3.1 Prospectiva para programas de ingeniería.	39
1.1.4 Prospectiva en el área de Matemáticas.	44
1.2 MÉTODOS Y HERRAMIENTAS USADOS EN PROSPECTIVA	46
1.3 DINÁMICA DE SISTEMAS	47
1.3.1 Dinámica de Sistemas y Prospectiva	52
1.3.2 Herramientas de software para Dinámica de Sistemas.....	53
2 DISEÑO METODOLÓGICO.....	55
2.1 REVISIÓN DE LITERATURA.....	55

2.2	DETERMINACIÓN DE ÁREAS CRÍTICAS EN MATEMÁTICAS POR APLICACIÓN DEL MÉTODO DELPHI.....	55
2.2.1	Descripción del Método Delphi.....	55
2.2.2	Aplicación del método Delphi.....	57
2.2.2.1	Criterios de selección de la muestra.....	58
2.2.2.2	Análisis del consenso alcanzado.....	60
2.3	VALIDACIÓN DE RESULTADOS MEDIANTE COROLARIO DELPHI....	61
2.4	DESCUBRIMIENTO DE VARIABLES CLAVE MEDIANTE ANÁLISIS ESTRUCTURAL MIC-MAC.....	61
2.5	CONSTRUCCIÓN DE ESCENARIOS.....	63
2.6	ELABORACIÓN DE DIAGRAMA CAUSAL.....	63
3	RESULTADOS DEL ESTUDIO PROSPECTIVO.....	65
3.1	ESTUDIO DELPHI DE MATEMÁTICAS	65
3.1.1	Primera ronda Delphi.....	65
3.1.1.1	Datos de los participantes en el estudio Delphi.....	67
3.1.1.2	Resultados de la primera ronda Delphi.....	69
3.1.1.3	Nuevas temáticas propuestas por los expertos en la primera ronda. ...	75
3.1.2	Segunda ronda Delphi.....	76
3.1.2.1	Clasificación de temas propuestos en primera ronda.....	77
3.1.2.2	Reclasificación de temas prioritarios y temas en discusión de primera ronda Delphi.....	80
3.1.3	Tercera ronda Delphi.....	81
3.1.3.1	Análisis de consenso alcanzado y temas prioritarios definitivos.....	81
3.1.4	Corolario Delphi	86
3.1.5	CONCLUSIONES ESTUDIO DELPHI DE MATEMÁTICAS	87
3.2	ANÁLISIS ESTRUCTURAL.....	90
3.2.1	VARIABLES CLAVE.....	97
3.2.2	DEFINICIÓN DE EJES ESTRATÉGICOS.....	103

3.2.2.1	Eje Infraestructura Tecnológica.	104
3.2.2.2	Eje Investigación e Innovación.....	104
3.2.2.3	Eje Contexto	105
3.2.2.4	Eje Extensión Académica.	106
3.2.2.5	Eje Gestión Administrativa.....	107
3.2.3	DISEÑO DE ESCENARIOS	107
3.2.3.1	Escenarios probables.	110
3.2.3.2	Lectura de los escenarios	111
3.2.3.3	Escenario más probable.	115
3.2.3.4	Escenario pesimista.....	115
3.2.3.5	Escenario tendencial.....	116
4	OBJETIVOS Y ESTRATEGIAS	119
5	DIAGRAMA CAUSAL CENTRO DE CIENCIA BÁSICA E INGENIERÍA ELÉCTRICA - ELECTRÓNICA.....	123
5.1	VARIABLES CLAVE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA.....	123
5.2	DEFINICIÓN DE VARIABLES CLAVE DIAGRAMA CAUSAL	126
5.3	DIAGRAMA CAUSAL CONJUNTO DEL CENTRO DE CIENCIA BÁSICA Y LOS PROGRAMAS DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA	130
5.4	CICLOS MÁS RELEVANTES	131
5.4.1	Cualificación docente (B1)	131
5.4.2	Docentes (B2)	131
5.4.3	Efecto de la calidad de la docencia (B3)	131
5.4.4	Diversidad de la investigación (R1).....	132
5.4.5	Universidad – Empresa – Estado (R2).....	132
5.4.6	Investigación pertinente (R3)	133
5.4.7	Fundamentación en Ciencia Básica (R4).....	133
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	135

BIBLIOGRAFÍA	141
ANEXOS	147

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Metodología de Dinámica de Sistemas.....	50
Figura 2. Descripción del Método Delphi para estudios de futuro.	57
Figura 3. Diagrama de flujo del ejercicio Delphi del proyecto.....	59
Figura 4. Umbral de selección de variables clave del sistema Ciencia Básica.....	62
Figura 5. Distribución de expertos según el sector laboral.....	68
Figura 6. Distribución de expertos según título de pregrado.	68
Figura 7. Distribución de expertos según su nivel académico.....	68
Figura 8. Universidades de afiliación de los expertos docentes e investigadores.	69
Figura 9. Estructura de cursos de Matemáticas para Ingeniería en la UPB 2020.	86
Figura 10. Matemáticas para Ingeniería Eléctrica.	88
Figura 11. Matemáticas para Ingeniería Electrónica.	89
Figura 12. Plano de influencias/dependencias directas.	94
Figura 13. Plano de influencias/dependencias indirectas.....	95
Figura 14. Plano de influencias/dependencias directas potenciales.	95
Figura 15. Plano de influencias/dependencias indirectas potenciales.....	96
Figura 16. Plano de influencias/dependencias directas con umbral de decisión...	97
Figura 17. Umbral de selección de variables clave.	98
Figura 18. Probabilidades de escenarios Centro de Ciencia Básica UPB 2020..	109
Figura 19. Histograma de variaciones de probabilidades de los escenarios.....	114
Figura 20. Diagrama causal Ciencia Básica e Ingeniería Eléctrica y Electrónica.	130

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Metas de la educación a nivel de pregrado en Ingeniería	41
Tabla 2. Métodos y herramientas usados en prospectiva estratégica.....	46
Tabla 3. Variables para cálculo de frecuencia modal en tercera ronda Delphi.....	60
Tabla 4. Temas evaluados en la primera ronda Delphi.	66
Tabla 5. Escalas de calificación para preguntas de primera ronda Delphi.	70
Tabla 6. Resultados primera ronda Delphi.	71
Tabla 7. Clasificación inicial de temas de acuerdo a la primera ronda Delphi.....	74
Tabla 8. Nuevos temas propuestos en primera ronda Delphi.....	75
Tabla 9. Relevancia de nuevas temáticas propuestas primera ronda Delphi.....	77
Tabla 10. Clasificación de nuevos temas de acuerdo a la segunda ronda Delphi.	79
Tabla 11. Reclasificación de temas de acuerdo a la segunda ronda Delphi.	80
Tabla 12. Resultados tercera ronda Delphi.	82
Tabla 13. Consenso alcanzado en el ejercicio Delphi.	83
Tabla 14 . Temas prioritarios en el área de Matemáticas.....	85
Tabla 15. Listado de variables del sistema Ciencia Básica.....	91
Tabla 16. Definición de variables clave del sistema Ciencia Básica.	99
Tabla 17. Calificaciones de probabilidad de los expertos.....	110
Tabla 18. Probabilidades de los escenarios para Ciencia Básica 2020	111
Tabla 19. Variables clave Ingeniería Eléctrica y Electrónica.	124

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Encuestas de aplicación del método Delphi.	149
Anexo B. Encuesta de probabilidades de Bayes.....	167
Anexo C. Informe ejecutivo primera ronda Delphi.	173
Anexo D. Informe ejecutivo segunda ronda Delphi.	191
Anexo E. Informe ejecutivo tercera ronda Delphi.	198

GLOSARIO

ANÁLISIS ESTRUCTURAL: herramienta de estructuración de una reflexión colectiva, que ofrece la posibilidad de describir un sistema en términos de sus elementos constitutivos y las relaciones de influencia entre ellos, a través de una matriz de impacto cruzado. Este método tiene por objetivo determinar la motricidad y dependencia de las variables del sistema bajo estudio y hacer aparecer aquellas que son clave para la evolución del sistema.

DIAGRAMA CAUSAL: diagrama que permite visualizar las interrelaciones entre las variables de un sistema y las influencias positivas o negativas de unas sobre otras.

DINÁMICA DE SISTEMAS: metodología de uso generalizado para modelar, simular y estudiar el comportamiento de sistemas complejos a través del tiempo.

ESCENARIO: descripción o imagen del futuro.

ESTRATEGIA: grupo de acciones que apuntan al cumplimiento de un objetivo, definido como escenario apuesta.

FUTURIBLE: término que designa una situación futura posible, bajo ciertas condiciones determinadas.

MÉTODO DELPHI: utilización sistemática de un juicio intuitivo emitido por un grupo de expertos. El método Delphi tiene como finalidad poner de manifiesto

convergencias de opinión y hacer emerger ciertos consensos en torno a temas precisos, mediante preguntas a expertos por medio de cuestionarios sucesivos.

PROSPECTIVA: disciplina de gestión que permite reflexionar sobre el futuro, lo que podría ser y lo que debería ser, con miras a orientar la acción humana individual o colectiva en el presente, mediante toda una infraestructura conceptual y metodológica aplicable a problemas de diferentes campos.

PROSPECTIVA ESTRATÉGICA: disciplina que permite encontrar opciones de futuro, e indicar estrategias para lograr el futuro deseable.

PROSPECTIVA TECNOLÓGICA: conjunto de técnicas orientadas a definir la relevancia de una tecnología dada en un momento futuro y dentro de un contexto dado, que puede ser un país, un sector o una empresa.

SISTEMA: conjunto de elementos que se relacionan entre sí de manera tal, que un cambio en uno de ellos modifica el conjunto.

TENDENCIA: series temporales de datos cuyo análisis y extrapolación nos permite proyectarlos en el futuro. Este método nos permite conocer el futuro tendencial, aquel en que las cosas cambian en la misma dirección y al mismo ritmo que en el pasado y el presente.

ABREVIATURAS Y SIGLAS

CB: Ciencia Básica

CCB: Centro de Ciencia Básica

CIDET: Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico para el sector eléctrico colombiano

CyT: Ciencia y Tecnología

ENCYT: Estrategia Nacional de Ciencia y Tecnología

IEE: Ingeniería Eléctrica y Electrónica

MIC-MAC: Matriz de Impactos Cruzados – Multiplicación Aplicada a una Clasificación

OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico

PPE: Programa de Prospectiva Estratégica

SI: Sistemas de Información

SISE: Sistema Integral de Seguimiento y Evaluación

SMIC: Sistemas y Matrices de Impacto Cruzado

TI: Tecnologías de la Información

UPB: Universidad Pontificia Bolivariana

RESUMEN

El trabajo que se presenta a continuación está enmarcado en el proyecto global de Prospectiva Estratégica para Escuela de Ingenierías, promovido por el Grupo de Investigación en Política y Gestión Tecnológica de la Universidad Pontificia Bolivariana, el cual pretende identificar las tendencias en las diferentes disciplinas ingenieriles impartidas en la Universidad Pontificia Bolivariana.

El presente proyecto consiste en la realización de un estudio prospectivo para conocer específicamente el estado de desarrollo que deberá alcanzar el área de Matemáticas del Centro de Ciencias Básicas para Ingenierías de la Universidad en lo que se refiere a temáticas de estudio aplicando la metodología Delphi y la realización del análisis estructural del Centro de Ciencia Básica, que permite definir las variables claves del sistema bajo estudio. Este trabajo indaga sobre el futuro del Centro de Ciencia Básica en el periodo comprendido entre los años 2010 y 2020.

Para el desarrollo del presente trabajo se han usado diferentes métodos prospectivos: el método DELPHI a tres rondas para conocer la opinión de expertos sobre el futuro de las Matemáticas, el análisis de la matriz de impacto cruzado construida con las variables académicas e institucionales que componen el sistema que representa al Centro de Ciencia Básica, que permite identificar la motricidad y dependencia de dichas variables y descubrir aquellas variables claves en el desarrollo del Centro.

Adicionalmente, como valor agregado para el macro proyecto, se presenta el diagrama causal en el cual se engrana este estudio con los estudios de prospectiva de los programas de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Electrónica, de forma que una vez definidos los temas de interés para dichos programas, se puedan identificar también las bases conceptuales desde el punto de vista matemático que deben impartirse en el Centro de Ciencia Básica.

PALABRAS CLAVES: PROSPECTIVA ESTRATÉGICA, MATEMÁTICAS, MÉTODO DELPHI, DINÁMICA DE SISTEMAS, ANÁLISIS ESTRUCTURAL.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación es parte del macro proyecto de prospectiva estratégica de la Escuela de Ingenierías. Principalmente se enfoca en el estudio del sistema que representa al Centro de Ciencia Básica, que sirve de soporte transversal a todos los programas de Ingeniería que ofrece la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín y por lo tanto se requiere que los procesos académicos, investigativos y administrativos del Centro estén actualizados de acuerdo a las tendencias mundiales, sin dejar de lado que la formación de los ingenieros de la UPB debe también ajustarse a las necesidades regionales con proyección nacional e internacional.

El Centro de Ciencia Básica se hace cargo de la enseñanza y del desarrollo de algunos proyectos de investigación relacionados con las áreas de Física, Matemáticas y Química. El énfasis de este proyecto es encontrar a través de un estudio Delphi los temas de mayor relevancia en el área de Matemáticas en el año 2020, ya que las Matemáticas se constituyen en el lenguaje para el análisis de todas las demás de interés en la ingeniería, para lo cual, con la asesoría de un grupo monitor compuesto por expertos temáticos, se hizo un análisis preliminar de las temáticas importantes que podían ser consideradas en el estudio y presentadas a los expertos para la selección de las más importantes a lo largo de las tres rondas Delphi. Adicionalmente en la primera ronda varios expertos aportaron algunos tópicos del área estudiada que también fueron evaluados a lo largo del estudio. El conjunto de temas evaluados estuvo compuesto por 30 elementos, de los cuales 10 resultaron prioritarios y se priorizaron en el corolario

Delphi, de acuerdo a su impacto en los procesos educativos y en el desarrollo de la investigación y la industria nacional.

Otro punto importante desarrollado en el proyecto, tiene que ver con la realización de un diagrama causal que involucra no sólo el Centro el Ciencia Básica, sino dos programas de Ingeniería pilotos: Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Electrónica. La justificación de esta integración es que una vez elaborado el mapa causal y comprendidas las relaciones causales positivas o negativas entre las variables clave de cada uno de los sistemas, se podrán realizar simulaciones posteriores que no están en el alcance de este trabajo, pero que serán de vital importancia para comprender el funcionamiento del sistema y determinar su estabilidad, y adicionalmente reproducir el ejercicio con todos los programas de ingeniería de la UPB, de modo que se pueda entender la Escuela de Ingenierías como un todo, en el que cada uno de los subsistemas componentes, ajustando los valores de sus variables influyen definitivamente en el desarrollo de toda la Escuela.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La principal cuestión que invoca el desarrollo de proyectos como el de Prospectiva Estratégica es el acelerado cambio en las tecnologías de las cuales debe apropiarse una facultad de Ingeniería y su Centro de Ciencia Básica como soporte básico disciplinar. El estudio prospectivo permite obtener una visión a largo plazo desde la perspectiva de diversos actores y expertos del sistema en estudio, de modo que las estrategias curriculares, administrativas, científicas y tecnológicas del Centro de Ciencia Básica estén alineadas con las tendencias regionales, nacionales e internacionales, en pro de la competitividad y la pertinencia.

Las preguntas a resolver en este estudio son:

¿Cuál será el estado de desarrollo que alcanzará en el año 2020 el área de Matemáticas del Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la UPB de Medellín?

¿Cuáles son las temáticas que deben impartirse en el Centro de Ciencia Básica para responder de manera adecuada a los retos nacionales e internacionales de la Ingeniería del año 2020?

¿Cuáles son los escenarios futuros probables para el Centro de Ciencia Básica y cuáles son las estrategias que deben ponerse en práctica para lograr que el Centro se encuentre en el escenario deseable en el año 2020?

Se espera que conociendo las fortalezas, debilidades actuales y las tendencias que regirán el área de estudio dentro de los próximos diez años, combinadas con

un conocimiento específico de algunas de las tecnologías emergentes en Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Electrónica se puedan realizar las recomendaciones pertinentes para hacer los ajustes necesarios con miras a estructurar un programa curricular para la disciplina de Matemáticas de Centro del Ciencia Básica para Ingeniería de la UPB, que pueda responder de manera eficiente a los retos permanentes que enfrentan los programas de Ingeniería que son sus principales clientes académicos.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio prospectivo del Centro de Ciencia Básica de la Escuela de Ingenierías de la Universidad Pontificia Bolivariana, enfatizando en la identificación de tendencias académicas e investigativas en el área de Matemáticas en un periodo de tiempo de diez años comprendido entre el 2010 y el 2020.

ESPECÍFICOS

- Identificar y depurar el conjunto de variables internas y externas que caracterizan el sistema académico y administrativo del Centro de Ciencia Básica de acuerdo a las necesidades de la Escuela de Ingenierías de la UPB.
- Realizar análisis estructural del sistema y relacionar la motricidad y dependencia de las variables académicas e institucionales implicadas en el sistema estudiado.

- Conocer las opiniones de un grupo expertos temáticos acerca de las temáticas en el área de Matemáticas que serán relevantes en la formación de los profesionales que enfrentarán los retos de la Ingeniería en el año 2020.
- Plantear un diagrama causal del sistema estudiado (Centro de Ciencia Básica), integrado con diagramas causales de los programas de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Electrónica, teniendo en cuenta las variables académicas, institucionales del análisis estructural y los temas relevantes resultantes de los ejercicios Delphi para cada programa. Este diagrama podrá usarse como insumo en proyectos de simulación de dinámica de sistemas.
- Proponer estrategias generales para que el Centro de Ciencia Básica pueda realizar aportes importantes al desarrollo de la Escuela de Ingenierías con miras a la competitividad y la pertinencia de sus programas en el año 2020.

1 MARCO TEÓRICO

1.1 PROSPECTIVA

La palabra prospectiva tiene su origen en el verbo latino *prospicere* que significa mirar a lo lejos o mirar desde lejos. Su significado ha evolucionado en el tiempo y actualmente se aceptan varias definiciones convergentes en algunos puntos, los cuales permiten definir la prospectiva, según la OCDE, como un conjunto de tentativas sistemáticas, que exigen el seguimiento de diversas metodologías, para observar a largo plazo el futuro de la ciencia, la tecnología, la economía y la sociedad. Las observaciones prospectivas permiten identificar tendencias empresariales, prioridades investigativas, tecnologías emergentes, aspectos de organización social, entre otros, con el fin de iluminar la acción presente con la luz de los futuros posibles¹. La prospectiva no pretende eliminar la incertidumbre del futuro, sino reducirla todo lo posible y tomar las decisiones necesarias, en función de la situación actual, que apunten a conseguir o diseñar el futuro deseado.

¹GODET, Michel. De la anticipación a la acción: Manual de prospectiva y estrategia, Ediciones: Alfaomega- Marcombo, 1993. p. 3

1.1.1 Las corrientes de la prospectiva.

1.1.1.1 La corriente postindustrial.

La corriente postindustrial, conocida también como corriente de determinismo tecnológico aparece en la década de los 70's y está simbolizada por la obra de Daniel Bell (1973) "*The coming of post industrial society: a venture in social forecasting*"². Esta corriente basa sus planteamientos en la correspondencia entre el desarrollo tecnológico que puede ser acelerado y dominado mediante la previsión y la planificación, y el desarrollo económico y social. La corriente postindustrial enfatiza en el papel del conocimiento, las tecnologías de información y comunicaciones y el capital humano como motor de la innovación.

1.1.1.2 La corriente neomalthusiana.

Esta corriente está marcada por el club de Roma, fundado en 1968 por personajes de la vida académica e industrial y basada en la técnica de dinámica de sistemas desarrollada en el *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) por Jay Forrester. Sus aportes consistieron en la simulación de sistemas demográficos y ambientales y el anuncio de la necesidad de la intervención del gobierno en la gestión y regulación de los recursos³.

1.1.1.3 La corriente de los ciclos largos.

Esta teoría se basa en los análisis de Kondratiev, los cuales pretenden explicar las oleadas sucesivas de expansión y recesión con oleadas de innovación. Los

² GODET, Michel. De la anticipación a la acción: Manual de prospectiva y estrategia, Ediciones: Alfaomega- Marcombo, 1993. p. 6

³ Ibid., p.7

tiempos de crisis se asocian con obstáculos socio – organizativos que ponen freno a la transformación de las estructuras productivas y a los cambios estructurales que imponen las nuevas tecnologías, pero de otro lado, se convierten en puntos de ruptura que permitirán lograr cambios en la sociedad para lograr superar la crisis³.

1.1.1.4 La corriente de las bifurcaciones.

Se basa en la teoría de las bifurcaciones y el caos proveniente de la matemática, la física y la biología. Desde el punto de vista de los sistemas sociales y la prospectiva, esta corriente sostiene que un sistema tiene una historia que condiciona sus trayectorias y sus escenarios posibles y conduce a un único diagrama de bifurcaciones que son puntos en los que las decisiones de los actores sociales pueden influenciar el desarrollo del sistema⁴.

Actualmente los estudios de prospectiva están basados en las ideas de dos grandes escuelas que no son mutuamente excluyentes. La escuela francesa representada por Bertrand Jouvenel y Michel Godet, sostiene que el futuro puede ser creado y modificado por la influencia de los actores sociales de forma individual u organizadamente. La escuela anglosajona, creada en la Universidad de Sussex en Inglaterra, considera que la tecnología es el motor principal de cambio en la sociedad y que la influencia de los actores sociales no es tan decisiva para lograr marcar el rumbo del futuro.

Los primeros estudios de prospectiva se realizaron en Estados Unidos en los años 20's, antes de la crisis de 1929 y la Segunda Guerra Mundial, y un poco más tarde en Japón, donde estos estudios fueron considerados una posibilidad de

⁴ GODET, Michel. De la anticipación a la acción: Manual de prospectiva y estrategia, Ediciones: Alfaomega- Marcombo, 1993. p. 9

solución para mejorar las condiciones sociales, industriales y económicas del país. En América Latina, el país líder en estudios de prospectiva es Brasil, pero en general, casi todos los países están actualmente desarrollando políticas sociales, educativas, industriales, científicas y tecnológicas basadas en los resultados de estudios prospectivos⁵.

1.1.2 Prospectiva tecnológica en Colombia.

Los estudios sistemáticos de prospectiva en Colombia inician con la “Operación Colombia” en la década de los 60’s, cuando COLCIENCIAS comienza la aplicación de derroteros de largo plazo, para evaluar el papel de la ciencia y la tecnología en el desarrollo del país⁶.

Colciencias ha apoyado el desarrollo de diferentes estudios de prospectiva en diferentes frentes: prospectiva industrial, educativa, corporativa, entre otros. Estos estudios han dado como resultado la identificación de tecnologías emergentes importantes para Colombia en lo que tiene que ver con embase y embalaje de productos alimenticios, desarrollo de la cadena colombiana de lácteos, 30 planes de desarrollo territorial, 20 planes estratégicos de universidades y 20 agendas regionales de Ciencia y Tecnología. Un logro importante de COLCIENCIAS, en cuanto a estudios de prospectiva, tiene que ver

⁵ PEREDA, Martín. Prospectiva tecnológica: una introducción a su metodología y a su aplicación en distintos países. Organización de estados Iberoamericanos para la educación, la ciencia y la cultura: 2002 [En línea]. [Consulta: 10 de abril 2009]. Disponible en: <<http://www.oei.es/salactsi/prospectiva.pdf>>

⁶ TRUJILLO, Raúl. Prospectiva tecnológica en Colombia Universidad Externado de Colombia: 2007. [En línea]. [Consulta: 26 de abril 2009]. Disponible en: <<http://www.cgee.org.br/arquivos/ib17.pdf>>

con la configuración del Programa Nacional de Prospectiva Tecnológica e Industrial en el cual se han desarrollado proyectos como los siguientes:

- Prospectiva para el sector de la salud con potencial exportador en el Valle del Cauca.
- Prospectiva para la competitividad turística de Cartagena de Indias: análisis del destino y posicionamiento en el mercado.
- Prospectiva tecnológica de la cadena productiva agroindustrial del fique del departamento de Santander.
- Estudio prospectivo de los empaques plástico flexibles y semirrígidos en Colombia.

Otros estudios de prospectiva realizados en Colombia son:

- En el año 2002, la corporación Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico para el sector eléctrico colombiano -CIDET-, llevó a cabo un ejercicio de prospectiva tecnológica el cual permitió la identificación de las tecnologías importantes para el sector eléctrico colombiano y la determinación del rol del CIDET como centro de desarrollo tecnológico.
- Plan estratégico del programa nacional de electrónica, telecomunicaciones e informática, bases para una política de promoción de la innovación y el desarrollo tecnológico en Colombia 2005-2015.

Adicionalmente, en Colombia se han realizado estudios de prospectiva a nivel institucional universitario, que buscan como en el caso del presente estudio,

analizar el nivel de desarrollo de las Universidades en el largo plazo. Algunos ejemplos de este tipo de estudios son⁷:

- Universidad Católica 2020
- Carta de navegación de la Universidad de La Sabana
- Plan prospectivo de la Universidad del Tolima
- El SENA del siglo XXI
- Universidad Nacional de Colombia 2010: Análisis de las Facultades y los Centros de la Universidad
- Universidad de Santo Tomás 2020

1.1.3 Prospectiva estratégica en la UPB.

Los estudios de prospectiva en la Universidad Pontificia Bolivariana comienzan con el estudio que busca determinar el estado de desarrollo de la Universidad entre los años 2004 – 2015. El estudio fue liderado por Roberto Zapata Villegas, y básicamente crea un marco de acción con el objetivo de hacer de la UPB una universidad competitiva de acuerdo a las necesidades de educación superior en Colombia y en busca de la internacionalización. Algunas de las consecuencias del estudio son: el plan de desarrollo de la Universidad Pontificia Bolivariana 2015 y la necesidad de particularizar el ejercicio prospectivo a cada una de las escuelas. Actualmente se viene desarrollando el proyecto de prospectiva estratégica para la Escuela de Ingenierías, que es el macro proyecto dentro del que se encuentra

⁷ UNIVERSIDAD EXTERNADO CENTRO DE PENSAMIENTO ESTRATÉGICO Y PROSPECTIVA.[en línea].[Consulta: 07 de junio de 2009] Disponible en: <<http://administracion.uexternado.edu.co/es/centros/pEstrat/investigacion.htm>>

inmerso el presente estudio del Centro de Ciencia Básica, con énfasis en el área de Matemáticas para Ingeniería⁸.

1.1.3.1 Prospectiva para programas de ingeniería.

La Escuela de Ingenierías de la Universidad Pontificia Bolivariana ha emprendido un gran proyecto de Prospectiva Estratégica en el que se pretende visualizar las tendencias académicas e investigativas en cada uno de los programas de Ingeniería que la conforman, así como el análisis estructural de éstos, para identificar las variables clave del desarrollo de cada programa desde el punto de vista interno y externo.

El proyecto prospectiva estratégica para Ingeniería se desarrolla dentro del Grupo de Investigación de Política y Gestión Tecnológica de la UPB, bajo la dirección de Jhon Wilder Zartha Sossa desde el año 2007, en conjunto con todas las unidades académicas de la Escuela de Ingenierías. Los estudios de prospectiva terminados son: Ingeniería Aeronáutica, Agroindustrial, de Telecomunicaciones, Informática e Industrial; y se encuentran en cursos los estudios de los programas de Ingeniería Textil, Química, Eléctrica y Electrónica y el estudio del Centro de Ciencia Básica como soporte en los temas de formación básica disciplinar de todos los programas de ingeniería, que a su vez se ha dividido en estudios para el área de Matemáticas, Física y Química.

Como antecedentes de este tipo de estudios para programas de Ingeniería, se han encontrados trabajos de identificación de objetivos, retos y tendencias en la formación académica de ingenieros de diferentes disciplinas, desarrollados por

⁸ ZARTHA SOSSA, Jhon Wilder. Programa de Prospectiva Estratégica para la Escuela de Ingeniería de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Medellín-Grupo de Investigación Política y Gestión Tecnológica, En: La Universidad. 2008.

universidades y entes académicos en Estados Unidos de América y Europa. A continuación se resumen algunos de estos trabajos:

- Investigadores de *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) desarrollaron el proyecto *The CDIO Syllabus: A Statement of Goals for Undergraduate Engineering Education*, en el cual se desarrolló un nuevo concepto educativo aplicando el paradigma de resolución de problemas en Ingeniería, con el objetivo de lograr un conocimiento global y resumir formalmente un conjunto de conocimientos, habilidades y actitudes que los egresados, la industria y la academia requieren de los futuros ingenieros. El primero de los resultados de este proyecto es un documento de requerimientos en forma de plantilla y un procedimiento para adaptar la plantilla a cualquier programa de Ingeniería. Lo importante, al aplicar esta plantilla es asegurar que las dos necesidades más sentidas del medio industrial y académico puedan convivir en un programa de Ingeniería. Estas necesidades son: amplio conocimiento técnico y habilidades personales e interpersonales que faciliten la aplicación de los conocimientos adquiridos en la práctica cotidiana de un ingeniero en sus diferentes dimensiones. Es decir, se requiere convergencia entre la educación y la práctica.

En este sentido, se desarrolla un diagrama de cuatro bloques en los que se enuncian las competencias discriminadas por: Conocimiento técnico y razonamiento en primer lugar, habilidades personales y profesionales en segundo lugar, habilidades interpersonales en tercer lugar y luego en cuarto lugar un compendio de actitudes y aptitudes para la concepción, diseño, implementación de sistemas (CDIO) en el contexto empresarial y social. Los

componentes principales de estos cuatro bloques se muestran en la siguiente tabla⁹:

Tabla 1. Metas de la educación a nivel de pregrado en Ingeniería

SYLLABUS REPORT			
CONOCIMIENTO TÉCNICO Y RAZONAMIENTO	HABILIDADES PERSONALES Y PROFESIONALES	HABILIDADES INTERPERSONALES	CDIO
Conocimiento de Ciencia Básicas (Matemáticas incluyendo estadística, Física, Química y Biología)	Razonamiento y resolución de problemas de ingeniería	Trabajo en equipo y habilidades para la comunicación	Contexto externo
Conocimientos básicos de Ingeniería	Experimentación y descubrimiento de conocimiento	Comunicación estratégica	Contexto empresarial
Conocimientos avanzados de Ingeniería	Pensamiento sistémico	Comunicación en diferentes idiomas	Concepción de sistemas (requerimientos, funcionalidad, modelamiento)
	Atributos y habilidades personales (Iniciativa, perseverancia, creatividad, curiosidad, manejo de tiempo y recursos, pensamiento crítico, etc.		Diseño de sistemas

⁹ CRAWLEY, Edward. CDIO Syllabus: A Statement of Goals for Undergraduate Engineering Education. [en línea]. [Consulta: 06 de enero 2010]. Disponible en: <http://www.cdio.org/files/CDIO_Syllabus_Report.pdf>

SYLLABUS REPORT			
CONOCIMIENTO TÉCNICO Y RAZONAMIENTO	HABILIDADES PERSONALES Y PROFESIONALES	HABILIDADES INTERPERSONALES	CDIO
	Atributos y habilidades profesionales (Ética, Responsabilidad, Comportamiento profesional, Proactividad y Planeación, etc.)		Implementación (Procesos, Hardware, Software)
			Operación (Diseño y Optimización, Soporte, Gestión de operaciones)

En el estudio presentado en las líneas anteriores no entrega un compendio de temáticas básicas que estar contenidas en las propuestas curriculares, pero entrega un mapa de ruta ya que se tienen las competencias básicas retomadas de las necesidades académicas y de la industria en cuanto a la formación de ingenieros.

- El Instituto de Futuros Sostenibles de Michigan *Technological University Houghton* publicó en el año 2007 un importante estudio denominado sobre la necesidad de cambios curriculares que favorezcan el pensamiento de sostenibilidad en los diferentes procesos pedagógicos de la educación para Ingeniería y que los programas estén centrados en el estudiante y sus necesidades de aprendizaje con metodologías de aplicación de conocimientos en resolución de problemas en contexto social y económico a nivel nacional y global en pro del desarrollo sostenible, donde la labor del ingeniero es de alto impacto, para lo cual el estudio propone que la formación de los ingenieros tenga diversos componentes como economía, política pública, ciencias sociales y ciencias ambientales, además de las propias de su disciplina ingenieril.

Algunos elementos presentados en el artículo *Enabling Sustainable Thinking in Undergraduate Engineering Education* para favorecer la nueva propuesta curricular son:

- **Ambiente de aprendizaje**, en el cual se requiere una redefinición del ambiente en sí mismo, el rol de los instructores y de los estudiantes y la relación entre éstos. En un ambiente centrado en el aprendizaje los estudiantes y maestros construyen el conocimiento a través de resolución de problemas y comunicación asertiva.
- **Aprendizaje basado en problemas**, en la que el estudiante toma responsabilidad de su aprendizaje y resuelve problemas multidisciplinarios y del mundo real y se analizan las soluciones de forma individual y grupal, el estudiante construye conocimiento, análisis los nuevos conceptos y habilidades adquirida y se autoevalúa.

Para incorporar esta nueva forma de aprendizaje en las facultades de Ingeniería deben definir un conjunto de objetivos educacionales, establecer sus prioridades y organizarlas en programas curriculares¹⁰.

En esta misma línea de Educación para la Sostenibilidad, donde la formación de los ingenieros juega un papel determinante, se encuentra otro estudio realizado por *The Higher Education Academy – Engineering Subject Centre*, en el cual siguiendo el método Delphi se encontraron resultados importantes en cuanto a los retos, las responsabilidades, las tareas y las habilidades de los ingenieros con miras a un desarrollo global sostenible. El principal reto es la sensibilidad social y la generación de tecnologías socialmente deseables. Entre las responsabilidades importantes se

¹⁰ HUNTZINGER, Deborah, et al. *Enabling Sustainable Thinking in Undergraduate Engineering Education*. [en línea]. [Consulta: 12 de marzo 2010]. Disponible en: <<http://www.geo.mtu.edu/~dnhuntzi/publications/enged.pdf>>

encuentra la excelente comunicación, de modo sus expresiones generen credibilidad desde el punto de vista técnico. En términos de tareas, la primera preocupación del grupo de expertos es la evaluación de problemas complejos y el modelamiento de éstos para comprender dicha complejidad. Una de las habilidades básicas es pensar multidisciplinariamente e integrar sus capacidades de comunicación¹¹

1.1.4 Prospectiva en el área de Matemáticas.

No se han encontrado en Colombia estudios de prospectiva en el área de Matemáticas para Ingeniería. En Venezuela, se desarrolló un estudio en el año 2006 denominado **“Perspectiva integrada de la enseñanza y el aprendizaje de la matemática: una mirada al campo disciplinar de la matemática¹²”** que buscó establecer las herramientas más apropiadas de enseñanza de las matemáticas en todos los niveles, desde primaria hasta educación superior.

De otro lado, en España, el gobierno español, el Ministerio de Educación y Ciencia y la Fundación Española de Ciencia y Tecnología desarrollaron en el año 2007 un ejercicio de prospectiva al año 2020 como parte del programa SISE de seguimiento y evaluación del sistema español de ciencia, tecnología y sociedad.

¹¹ THE HIGER EDUCATION ACADEMY. Education for Sustainable Development in Engineering Report of a Delphi Consultation. [en línea]. [Consulta: 20 de marzo 2010]. Disponible en: <<http://www.engsc.ac.uk/downloads/scholarart/delphi-consultation.pdf>>

¹² FALSETTI, Marcela. Perspectiva integrada de la enseñanza y el aprendizaje de la matemática: una mirada al campo disciplinar de la matemática. En: Revista Unión: Revista iberoamericana de educación matemática. 2006, No. 7, p. 23-38.

El principal objetivo del estudio fue la estructuración de la estrategia nacional de ciencia y tecnología ENCYT¹³. Las áreas de conocimiento evaluadas fueron:

- Recursos Naturales y Medio Ambiente
- Agroalimentación y Pesca
- Ciencias de la Salud y Biotecnología
- Tecnologías de la Información y las Telecomunicaciones TIC
- Humanidades y Ciencias Sociales
- Ordenación del Territorio y Recursos Turísticos
- Transporte
- Energía
- Seguridad y Defensa
- Química y Materiales
- Diseño y producción Industrial
- Matemáticas, Física y Ciencias del Espacio.

El ejercicio prospectivo español fue realizado usando encuestas a un panel de expertos, docentes e investigadores de distintas universidades de ese país, sin hacer uso de la metodología Delphi, sino que se realizaron dos encuentros de expertos para definir el impacto de los temas tratados y el grado de desarrollo en tres periodos de mediano plazo hasta llegar al 2020.

Sin embargo no hay estudios que sigan la metodología Delphi en el área de énfasis de este proyecto, que busquen la identificación de temáticas de

¹³ SISE. Estrategia nacional de ciencia y tecnología: Ejercicio de prospectiva a 2020. España: SISE, 2007 [En línea]. [Consulta: 30 de abril 2009]. Disponible en: <<http://sise.fecyt.es/sise-public-web/mostrarModelo.do?idContentValue=317&version=43&idContent=317&tipoModelo=4>>

Matemáticas para Ingeniería. Los estudios a nivel de Ciencia Básica han sido en temáticas de las áreas de Física y Química.

1.2 MÉTODOS Y HERRAMIENTAS USADOS EN PROSPECTIVA

En todos los estudios prospectivos se pueden identificar cuatro etapas, que finalmente permiten estructurar un conjunto de estrategias para que el sistema estudiado llegue a un estado deseado en el mediano o largo plazo. Estas etapas son: definición de variables internas y externas que caracterizan el sistema estudiado, priorización de las variables, estimación de escenarios futuros y planteamiento de estrategias para lograr el escenario deseable.

Las diferentes técnicas usadas en cada una de las etapas se muestran en la Tabla 2 y en el capítulo Diseño de la Investigación se explicarán las que se han seleccionado para este estudio.

Tabla 2. Métodos y herramientas usados en prospectiva estratégica.

ETAPAS	FINALIDAD DE LA TÉCNICA	TÉCNICA
VARIABLES	Hacer una aproximación de las posibles variables componentes del sistema	Árboles de competencia de Marc Giget
		Matriz DOFA
	Hallar las variables estratégicas	Igo "Importancia y Gobernabilidad"
		Ábaco de Fracois Régnier
		Análisis estructural

ACTORES	Precisar la influencia de los actores sociales sobre el desarrollo del sistema estudiado	Juego de actores
ESCENARIOS	Estimar el escenario probable	Método Delphi
		Ábaco de Fracois Régnier
		Sistema de Matrices de Impacto Cruzado
	Determinar escenarios alternos	Ejes estratégicos
		Análisis morfológico
		Sistema de Matrices de Impacto Cruzado
ESTRATEGIAS	Determinar objetivos, metas y priorizar las acciones con las que se lograrían	Igo "Importancia y Gobernabilidad"
		Ábaco de Fracois Régnier
		Análisis multicriterio
		Árboles de pertinencia

1.3 DINÁMICA DE SISTEMAS

Los sistemas sociales son más complejos que los sistemas físicos, ya que en los primeros las interacciones entre los componentes del sistema influyen en el comportamiento de los actores. La Dinámica de Sistemas es una metodología que combina teoría, métodos y filosofía para analizar sistemas complejos no

lineales, cuyo comportamiento cambia en el tiempo dado el relacionamiento de sus variables¹⁴.

Los primeros trabajos de Dinámica de Sistemas se desarrollaron a finales de los años 50, pero fue en 1961 cuando se dio la implantación de la metodología estructurada por Jay Forrester, formalizada en su texto *Industrial Dynamics*, en donde se expone una nueva disciplina para la simulación, la cual se basa en la teoría de control. En este trabajo se describen las fluctuaciones en producción y mano de obra que se presentan en una empresa de manufactura¹⁵.

A mediados de los años 60's, Forrester propone la aplicación de la técnica que había desarrollado originalmente para los estudios industriales, a sistemas urbanos, y de esta manera surge la denominada Dinámica Urbana, en la que las variables consideradas son los habitantes en un área determinada, las viviendas, las empresas, los recursos, entre otros aspectos de interés urbano. Una aplicación análoga a la Dinámica Urbana la constituye la Dinámica Regional. Con estos modelos se pretende aportar un elemento auxiliar para la planificación urbana y regional, representando las interacciones que se producen entre las principales magnitudes socio-económicas del área correspondiente, generando a partir de ellas, las evoluciones de las magnitudes consideradas significativas como la población y los indicadores económicos, a partir de las cuales se podrían planificar las necesidades de infraestructura de la región estudiada.

¹⁴ FORRESTER, Jay. Diseñando el futuro. [En línea]. España: Universidad de Sevilla, 1998 [Consulta: 30 de enero. 2009]. Disponible en: <<http://sysdyn.clexchange.org/sdep/papers/D-4808.pdf>>

¹⁵ DYNER, Isaac; PEÑA, Gloria y ARANGO, Santiago. Modelamiento para la simulación de sistemas socio-económicos y naturales. Medellín: Ediciones Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, 2008. p. 226

A finales del decenio de los 60's, se produce el primer informe sobre los límites del crecimiento al Club de Roma, agrupación de personalidades del ámbito político, económico, científico, diplomático, estudiosos de diferentes temas de interés mundial como el medio ambiente, la violencia, la educación, la seguridad, el empleo, entre otros¹⁶. El trabajo desarrollado proporciona un análisis de la evolución de una serie de magnitudes agregadas a nivel mundial como son la población, los recursos y la contaminación. El informe al Club de Roma es quizá uno de los trabajos que más ha contribuido a la difusión de la Dinámica de Sistemas¹⁷.

La historia y la evolución inicial de la Dinámica de Sistemas están relacionadas con Jay Forrester y su grupo de investigación en el *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). Sin embargo, en los últimos años, desde mediados de los años 80's, sus aplicaciones han crecido a nivel mundial y la simulación de modelos siguiendo esta metodología ha sido utilizada en diferentes áreas como sistemas sociológicos, sistemas de implantación de justicia, sistemas ecológicos y medioambientales, en donde se han estudiado problemas de dinámica de poblaciones y difusión de la contaminación, sistemas energéticos, energías renovables, problemas de logística, empleo, entre otros. Dada la amplia difusión de estas técnicas, se puede visualizar que la Dinámica de Sistemas constituye una de las herramientas sistémicas más sólidamente desarrolladas y que mayor grado de aceptación ha alcanzado a nivel mundial.

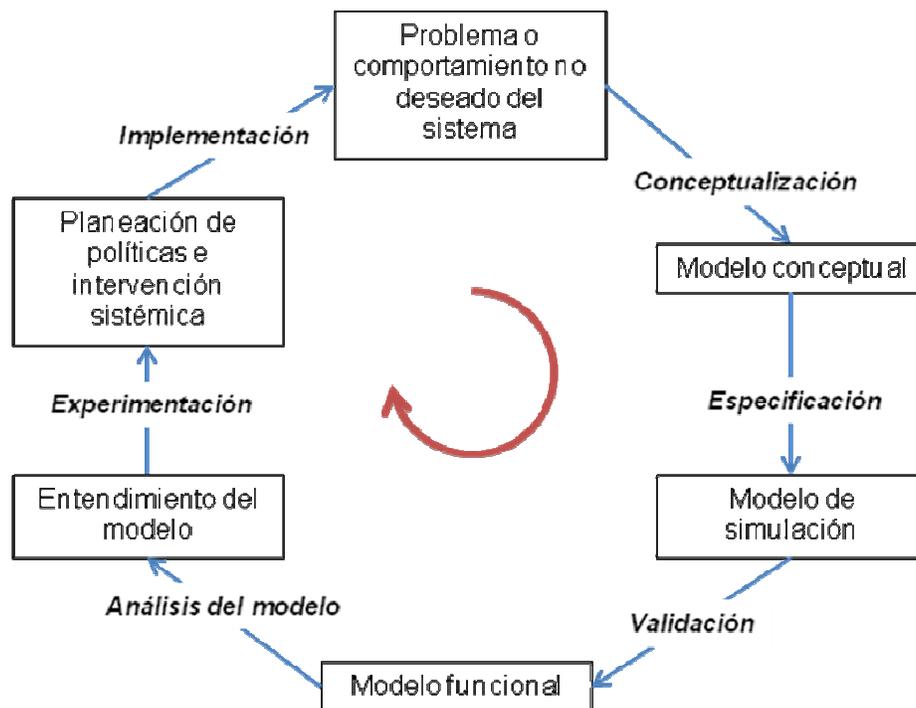
Un proyecto de Dinámica de Sistemas inicia con la necesidad de resolver un problema o con la necesidad de corregir un comportamiento no deseado en un

¹⁶ CLUB DE ROMA. Página web oficial. [en línea]. [Consulta: 13 de febrero 2010]. Disponible en: <<http://www.clubofrome.org/eng/home>>

¹⁷ ARACIL, Javier. Dinámica de Sistemas, España: 1995 [En línea]. [Consulta: 30 de enero. 2009]. Disponible en: <http://comunidad.uach.mx/marana/materias/mod_din_de_sist/material/Dinamica_de_sistemas.pdf>

sistema. El primer paso es retomar y organizar la información que poseen las personas, dado su conocimiento de la estructura del sistema y su experiencia en la forma como se toman decisiones. En el pasado, la investigación y la gestión de las Ciencias Sociales se basaron en los datos que podían medirse y se dejaron a un lado los modelos mentales, que son retomados como parte importante de la Dinámica de Sistemas. La metodología de la Dinámica de Sistemas, usa conceptos del campo de control en lo que tiene que ver con realimentación, para organizar la información previamente obtenida en modelos para simulación computacional, en donde se replican las condiciones del sistema y se puede medir el comportamiento de sus variables componentes ante diversos estímulos¹⁸. En la siguiente figura se muestra la metodología de Dinámica de Sistemas.

Figura 1. Metodología de Dinámica de Sistemas.



¹⁸ FORRESTER, Op. Cit., p.2

La metodología de dinámica de sistemas sigue el siguiente proceso:

- **Definición del problema**

En esta fase se define el problema a analizar en términos de sus elementos componentes, cuya variación a lo largo de tiempo se requiere estudiar para lograr ciertos resultados. En los modelos de Dinámica de Sistemas se sintetiza la experiencia y los modelos mentales de expertos, la información escrita y la información codificada numéricamente. Es importante anotar que la información numérica es considerablemente menor.

- **Conceptualización del sistema**

Una vez identificado el problema en la primera fase, se requiere la adecuación de las variables componentes en un lenguaje sistémico, definiendo las influencias que se producen entre ellos. El resultado de esta fase es un diagrama causal, el cual permite visualizar las interrelaciones entre las variables de un sistema y las influencias positivas o negativas de unas sobre otras.

- **Especificación o formalización del sistema**

En esta fase se traduce el diagrama causal en un diagrama de Forrester, diagramas estos que son más conocidos en la actualidad como diagramas de Niveles y Flujos y su representación tiene relación cercana a la del modelo matemático. Las variables de estado o niveles indican el estado en el que se encuentra el sistema en términos de cantidades. Las variables de flujo son válvulas que regulan las variaciones de las variables de estado y están asociadas con políticas de manejo del sistema. En el diagrama de Forrester también existen variables auxiliares para establecer pasos intermedios en el flujo y parámetros constantes que pueden ser índices, estadísticos o promedios.

- **Validación del modelo**

Simulación informática del modelo para establecer su correspondencia con la realidad del sistema.

- **Análisis del modelo**

En esta fase se somete el modelo a una serie de ensayos y análisis para evaluar su validez y calidad. Estos análisis son muy variados y comprenden desde la comprobación de la consistencia lógica de las hipótesis que incorpora, hasta el estudio del ajuste entre las trayectorias generadas por el modelo y las registradas en la realidad. Así mismo, se incluyen análisis de sensibilidad que permiten determinar la sensibilidad del modelo, y por tanto, de las conclusiones que se extraigan de él, con relación a los valores numéricos de los parámetros que incorpora o las hipótesis estructurales.

- **Experimentación**

En esta fase el modelo se emplea para analizar políticas alternativas que pueden aplicarse al sistema que se está estudiando y definir diferentes escenarios que representan las situaciones a que debe enfrentarse quien toma las decisiones.

- **Implementación**

Seleccionar el mejor escenario logrado y aplicar en el mundo real las políticas probadas en el modelo y la simulación informática.

1.3.1 Dinámica de Sistemas y Prospectiva

De acuerdo con Fabián Szulanski, en su artículo Dinámica de Sistemas y Prospectiva: un matrimonio de conveniencia, publicado en la conferencia de 1999

de la Sociedad de Dinámica de Sistemas¹⁹, la articulación de la metodología de Dinámica de Sistemas con los estudios de Prospectiva Estratégica puede mejorar la fase de análisis estructural de un estudio prospectivo dado que en el modelo se pueden evidenciar procesos o ciclos de realimentación dominantes, sobre los cuales se pueden realizar análisis de sensibilidad, e identificar las variables que generan grandes impactos en el sistema con esfuerzos más reducidos, con lo cual se pueden priorizar las variables clave descubiertas en el análisis estructural.

A través de la simulación de dinámica de sistemas también es posible probar diferentes combinaciones de políticas y decisiones que conlleven al escenario deseado, y a identificar el rol de los actores del sistema en el desarrollo de éste.

De otro lado, la Dinámica de Sistemas puede ser mejorada en sus fases de formalización y conceptualización a través del método MIC-MAC, con el cual se pueden identificar ciertos ciclos de realimentación importantes en el sistema. Si el estudio de Dinámica de Sistemas ofrece diferentes escenarios posibles, las metodologías de expertos como el método Delphi o el SMIC podrían ser usados para validar los diferentes escenarios donde las políticas deben ser probadas y analizadas.

1.3.2 Herramientas de software para Dinámica de Sistemas

Las herramientas informáticas más empleadas en dinámica de sistemas son:

- **Professional DYNAMO**

Es el más clásico de los lenguajes. No presenta posibilidades de modelado mediante iconos, pero sin embargo permite tratar ecuaciones de gran dimensión.

¹⁹ SZLANSKI, Fabián. SD and Prospective: a marriage of convenience, Buenos Aires, Argentina: 1999. [en línea]. [Consulta: 17 de febrero. 2009] Disponible en: <<http://www.systemdynamics.org/conferences/1999/PAPERS/PARA80.PDF>>

La mayor parte de los modelos que se encuentran en los libros clásicos de la dinámica de sistemas están escritos en este lenguaje.

- **STELLA y i-think**

Son entornos informáticos de amplia capacidad interactiva que permiten construir modelos empleando procedimientos gráficos, mediante iconos. Ambos poseen una estructura similar, pero mientras el primero se encuentra más orientado hacia usos académicos el segundo lo hace hacia aplicaciones profesionales. Ambos permiten construir los diagramas de Forrester en la pantalla del computador, de modo que al establecer su estructura se generan las ecuaciones. Se pueden agrupar elementos en sus modelos, y posee un zoom que permite desenvolverse con modelos complejos.

- **PowerSim**

Entorno de características análogas a los anteriores. Permite desarrollar varios modelos simultáneamente e interconectarlos posteriormente entre sí.

- **VenSim**

Con respecto a las anteriores presenta algunas ventajas con relación a la organización de datos y a posibilidades de optimización. Se trata de un lenguaje muy potente para el desarrollo de modelos que pueden emplearse tanto en entornos PC como en Unix. Permite documentar automáticamente el modelo según se va construyendo, y crea árboles que permiten seguir las relaciones de causa efecto a lo largo del modelo. Está dotado de instrumentos para realizar análisis estadísticos.

- **Mosaikk-SimTek**

Mosaikk es una herramienta muy sofisticada para PC, que conecta directamente al SimTek, que es un lenguaje de modelado tipo DYNAMO que posee una gran versatilidad.

2 DISEÑO METODOLÓGICO

2.1 REVISIÓN DE LITERATURA

En este paso metodológico se realiza la revisión bibliográfica y las reuniones con expertos. Adicionalmente, queda establecida la ruta a seguir en concordancia con las instrucciones del director del proyecto y los lineamientos del Programa de Prospectiva Estratégica para la Escuela de Ingenierías de la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín.

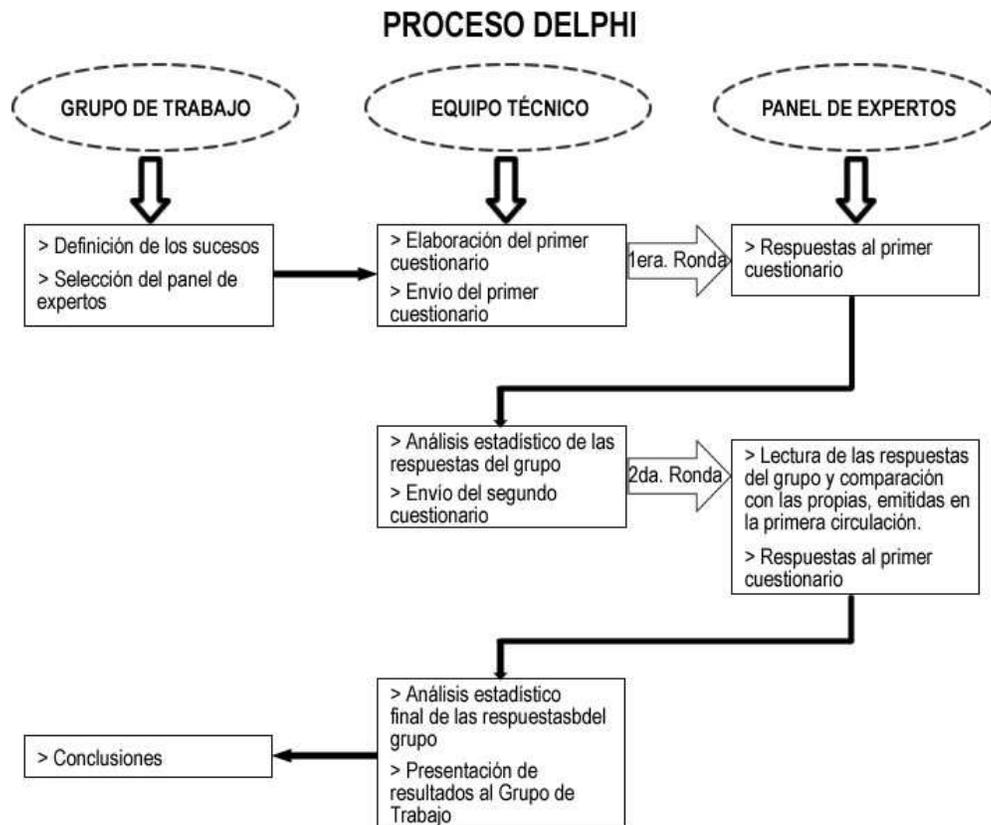
2.2 DETERMINACIÓN DE ÁREAS CRÍTICAS EN MATEMÁTICAS POR APLICACIÓN DEL MÉTODO DELPHI

2.2.1 Descripción del Método Delphi.

Es la utilización sistemática de un juicio intuitivo emitido por un grupo de expertos (N. Dalkey y O. Helmer, 1963). Consiste en la discusión de un grupo de expertos anónimos a través de un moderador. Para la realización de ejercicios Delphi, se usan encuestas estructuradas, desarrolladas por el grupo monitor del ejercicio, en las que se indaga por la relevancia de un conjunto de temáticas o tecnologías, para definir al final del ejercicio los temas relevantes en un área del conocimiento, en el caso de este estudio en el área de Matemáticas para Ingeniería.

El método Delphi se compone de una fase pre exploratoria en la que el grupo monitor se encarga de definir un conjunto de temas que van a ser preguntados en el ejercicio y de la configuración del panel de expertos, a los cuales se enviarán los cuestionarios. Luego se aplican tres cuestionarios (o más cuestionarios, dependiendo del tema y del consenso logrado entre los expertos), que pretenden lograr un consenso aceptable entre los expertos sobre la importancia de los temas de discusión. En la primera ronda se pregunta por la relevancia de los temas y de acuerdo a la calificación y al consenso se seleccionan los temas prioritarios y en discusión de la primera ronda. En la segunda ronda, se pueden reconfigurar los grupos de prioridad y los expertos dan sus razones para incluir o excluir temáticas del grupo de temas prioritarios. En la tercera ronda, y ayudados por las razones dadas en el cuestionario de la segunda ronda, los expertos seleccionan los temas prioritarios que consideren y el grupo monitor obtiene las conclusiones del ejercicio. El proceso Delphi se muestra en la siguiente gráfica:

Figura 2. Descripción del Método Delphi para estudios de futuro.



2.2.2 Aplicación del método Delphi.

Para el desarrollo del estudio Delphi del área de Matemáticas se realizaron tres rondas de encuestas a expertos (considerando expertos docentes o investigadores con experiencia mayor a 3 años en el área, empleados de empresas con equipos de I+D, personas de la industria con experiencia docente). Los datos se obtuvieron mediante encuestas o entrevistas estructuradas a expertos involucrados en el tema, estos datos conforman la información obtenida de fuentes primarias. Las encuestas realizadas se encuentran en el Anexo A.

Los pasos metodológicos específicos del ejercicio Delphi que se realizó en este proyecto se encuentran ilustrados en la Figura 3.

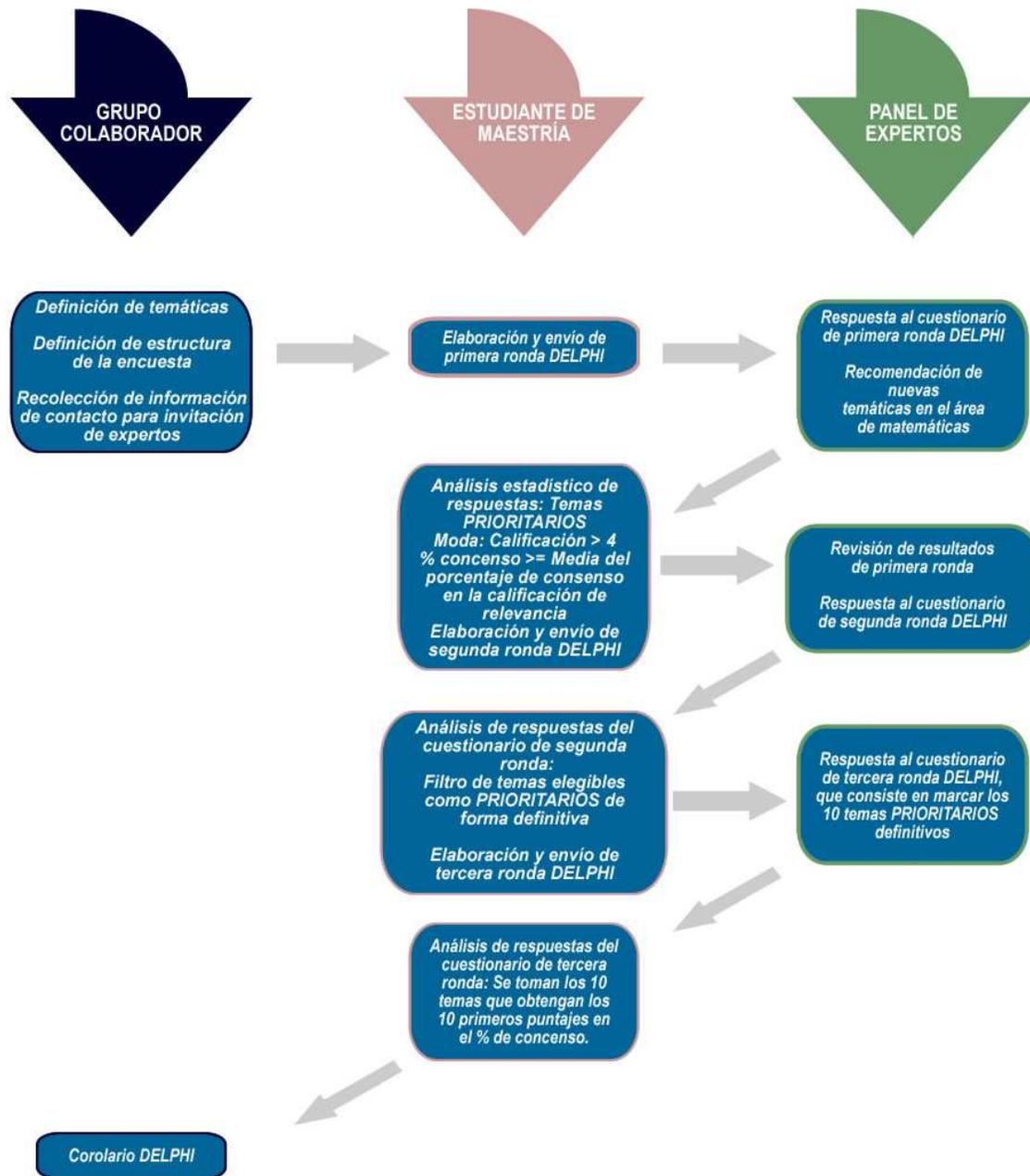
2.2.2.1 Criterios de selección de la muestra.

Los criterios de selección de la muestra (grupo de expertos del panel DELPHI) fueron los siguientes:

- Expertos docentes o investigadores con experiencia mayor a 3 años en el área de las Matemáticas o en distintas Ingenierías.
- Empleados de empresas de Ingeniería con equipos de I+D.
- Personas de la industria con experiencia docente.
- Personas preferiblemente con algún título de postgrado en Matemáticas o algún área de Ingeniería.
- Se buscó que la mayoría de participantes conocieran la Universidad Pontificia Bolivariana.

En la primera ronda se enviaron invitaciones a un total de 65 expertos, de los cuales respondieron 29.

Figura 3. Diagrama de flujo del ejercicio Delphi del proyecto.



2.2.2.2 Análisis del consenso alcanzado.

Para realizar el análisis del consenso alcanzado se estudian las respuestas de la primera y la tercera ronda, teniendo en cuenta sólo a los expertos que tuvieron continuidad en las tres rondas del ejercicio DELPHI.

Para calcular la frecuencia modal para cada uno de los temas sometidos a esta última ronda se usa el siguiente modelo:

Ecuación 1. Cálculo de frecuencia de tercera ronda

$$Fm_{ronda3} = Fm_{ronda1} + Fe_{ronda3} - Fs_{ronda3}$$

Tabla 3. Variables para cálculo de frecuencia modal en tercera ronda Delphi.

Fm_{ronda1}	Frecuencia modal del tema en la primera ronda	Número de veces que se repite la moda en la primera ronda
Fe_{ronda3}	Frecuencia de entrada del tema en tercera ronda	Número de expertos cuya opinión en la primera ronda fue diferente a la moda, pero marcaron el tema como prioritario en la tercera ronda
Fs_{ronda3}	Frecuencia de salida del tema en tercera ronda	Número de expertos cuya opinión en la primera ronda fue igual a la moda, pero no marcaron el tema como prioritario en la tercera ronda

2.3 VALIDACIÓN DE RESULTADOS MEDIANTE COROLARIO DELPHI

Reuniones con un pequeño grupo de expertos consultados en las rondas previas para socializar los resultados del estudio Delphi y lograr sugerencias que puedan ayudar en la formulación de la estrategia de acción para el Centro de Ciencia Básica, principalmente buscando priorizar las temáticas que resultaron ganadoras en las tres rondas del ejercicio Delphi. Esta priorización se hará teniendo en cuenta la transversalidad, el nivel de aplicación en la investigación y la industria que fueron preguntados en la primera ronda Delphi.

2.4 DESCUBRIMIENTO DE VARIABLES CLAVE MEDIANTE ANÁLISIS ESTRUCTURAL MIC-MAC

Análisis de la matriz de impacto cruzado en la que se consignan las relaciones entre las variables que conforman el sistema que representa al Centro de Ciencia Básica, estas variables son identificadas en la recopilación y estructuración de información.

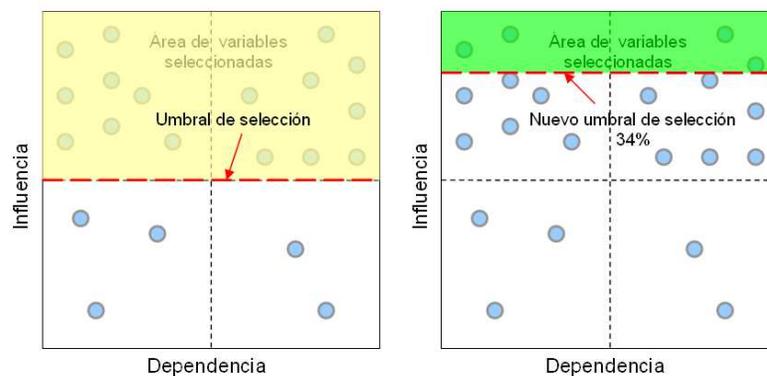
La matriz de impacto cruzado permitirá obtener la relación motricidad – dependencia entre las variables y obtener las variables críticas del sistema, con lo cual se propondrán algunas recomendaciones que permitan formular la estrategia de acción enfocada a la competitividad del área en estudio.

En este estudio se seleccionaron como variables del sistema un conjunto de 62 variables, que dan origen a una matriz cuadrada de dimensiones 62 x 62, en la cual se asignó la influencia de las variables de acuerdo a la siguiente calificación:

- P: ejerce influencia potencia
- 0: no ejerce influencia
- 1: ejerce baja influencia
- 2: ejerce influencia media
- 3: ejerce influencia alta

Las variables clave se encuentran ubicadas en la parte superior derecha del plano de influencia / dependencia MIC MAC. Dicha ubicación se puede observar en la Figura 4.

Figura 4. Umbral de selección de variables clave del sistema Ciencia Básica.



Fuente: ESCOBAR, John; MOSQUERA, Clara; PERDOMO, Wilder. Estudio Prospectivo del Centro de Ciencia Básica 2020. Medellín: UPB, 2009. p.184.

Las variables clave del sistema fueron seleccionadas a través de los diferentes gráficos que se generan usando las matrices de influencias directas (MID), influencias indirectas (MII), influencias directas potenciales (MIDP) e influencias indirectas potenciales (MIIP).

2.5 CONSTRUCCIÓN DE ESCENARIOS

Definición de la probabilidad de ocurrencia de ciertos escenarios para el Centro de Ciencia Básica.

En el desarrollo del trabajo, las variables clave identificadas se agruparon en ejes estratégicos y a estos ejes después de una investigación de los proyectos actuales, futuros y las amenazas, se les asignó un estado para el año 2020. Estos estados asignados en conjunto con el Director del Centro de Ciencia Básica teniendo en cuenta el balance entre proyectos actuales, futuros y amenazas para cada eje, se convirtieron en las hipótesis de trabajo para configurar los escenarios. Los ejes estratégicos que fueron 5 para el Centro de Ciencia Básica: Infraestructura Tecnológica, Extensión Académica, Investigación e Innovación, Gestión Administrativa y Contexto y se definió como hipótesis que el estado de todos sería BUENO en el año 2020.

Con un panel de nueve expertos conocedores del sistema de Centro de Ciencia Básica se realizó la encuesta de probabilidades de Bayes para encontrar los escenarios más probables y definir el escenario apuesta del Centro usando el software SMIC Prob Expert. La encuesta aplicada se encuentra en el Anexo B.

2.6 ELABORACIÓN DE DIAGRAMA CAUSAL

Planteamiento del diagrama causal del sistema en estudio: Centro de Ciencia Básica en conjunto con los programas de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Electrónica.

El diagrama causal es un diagrama que recoge los elementos clave del sistema y las relaciones entre ellos que resultan del análisis estructural. Una vez conocidas globalmente las variables del sistema y las relaciones causales existentes entre ellas, se pasa a la representación gráfica de las mismas. En este diagrama, las diferentes relaciones están representadas por flechas que van acompañadas de signo de suma (+) o el signo de resta (–) dependiendo de la influencia ejercida por una variable sobre la otra. El signo de suma (+) indica una relación de proporción directa y el signo de resta (–) indica una relación de proporción inversa. Los lazos positivos dan inestabilidad al sistema, mientras que los lazos negativos lo vuelven estable.

Para la realización del diagrama causal del Centro de Ciencia Básica y los programas de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Electrónica, se partirá de los resultados de los estudios MIC MAC de cada uno de los entes y se establecerán las relaciones causales entre las variables de enlace, es decir, entre las variables de Ciencia Básica que ejercen alguna influencia sobre el desarrollo de variables claves de los programas.

Adicionalmente se trazarán diagramas de relación entre las tecnologías ganadoras en los programas de Ingeniería Eléctrica y Electrónica y las temáticas seleccionadas como prioritarias para el Centro de Ciencia Básica, de modo que este ejercicio sirva para validar la importancia las temáticas encontradas para el Centro de cara a los retos de los programas de ingeniería.

El software utilizado para trazar estos diagramas es el VenSIM PLE.

3 RESULTADOS DEL ESTUDIO PROSPECTIVO

3.1 ESTUDIO DELPHI DE MATEMÁTICAS

En este apartado se presentan los resultados del estudio Delphi del área de Matemáticas para Ingeniería, para el cual se llevaron a cabo tres circulaciones de consulta a expertos a través de encuestas estructuradas, que permitieron determinar un conjunto de 10 temas que serán de vital importancia en el año 2020.

3.1.1 Primera ronda Delphi.

La primera ronda Delphi tuvo dos objetivos principales: el primero es configurar el panel de expertos del estudio, y el segundo es que los expertos que decidieron participar en el estudio de futuro de las Matemáticas para Ingeniería entregaran una valoración de la importancia, variable que ha sido denominada RELEVANCIA, de las temáticas propuestas de estudio con una visión al año 2020 y adicionalmente propusieran nuevos temas para ser presentados en la segunda ronda. Los temas que se pusieron a consideración de los expertos en la primera ronda se muestran en la Tabla 4.

La calificación de importancia se presentó en una escala de 0 a 5, en donde 0 se asigna a las temáticas desconocidas por el experto, 1 a las temáticas poco importantes y en orden ascendente hasta 5 que indica que la temática será muy importante en el año 2020.

Tabla 4. Temas evaluados en la primera ronda Delphi.

TEMAS CONSIDERADOS EN PRIMERA RONDA DELPHI
Matemática Básica
Geometría Euclidiana
Geometría Vectorial
Trigonometría
Cálculo Diferencial
Cálculo Integral
Matemáticas Discretas
Álgebra Lineal
Cálculo Vectorial
Ecuaciones Diferenciales
Cálculo de Variable Compleja
Topología Básica
Estadística y Procesos Estocásticos
Estadística Inferencial
Análisis y Métodos Numéricos

TEMAS CONSIDERADOS EN PRIMERA RONDA DELPHI
Análisis de Sistemas No Lineales
Teoría de la computación
Matemáticas Financieras
Método de Elementos Finitos
Modelación y Simulación
Optimización de Sistemas
Análisis de Datos Composicionales
Data Mining

3.1.1.1 Datos de los participantes en el estudio Delphi.

La primera de tres rondas del estudio Delphi sobre el futuro de las Matemáticas visualizando el año 2020 fue respondida por 29 expertos, profesionales en diferentes disciplinas de la Ingeniería, Matemáticos, Licenciados en Matemáticas y Licenciados en Matemáticas y Física.

Las características de los encuestados se muestran en las figuras siguientes:

Figura 5. Distribución de expertos según el sector laboral.

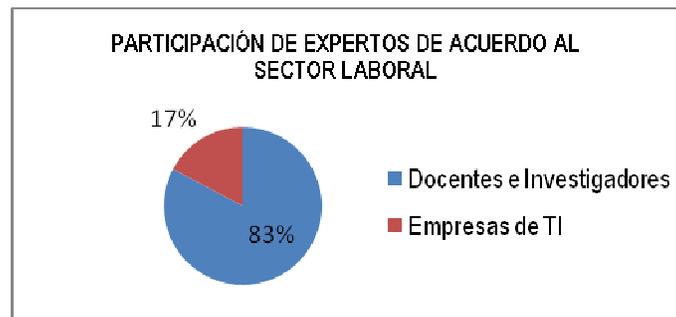


Figura 6. Distribución de expertos según título de pregrado.

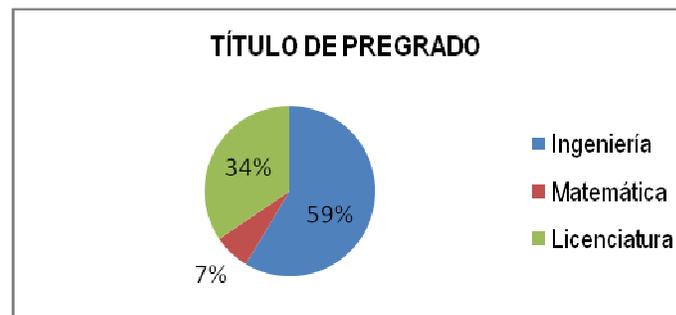


Figura 7. Distribución de expertos según su nivel académico.

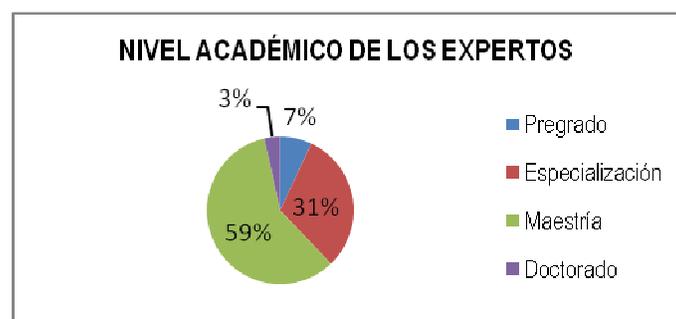
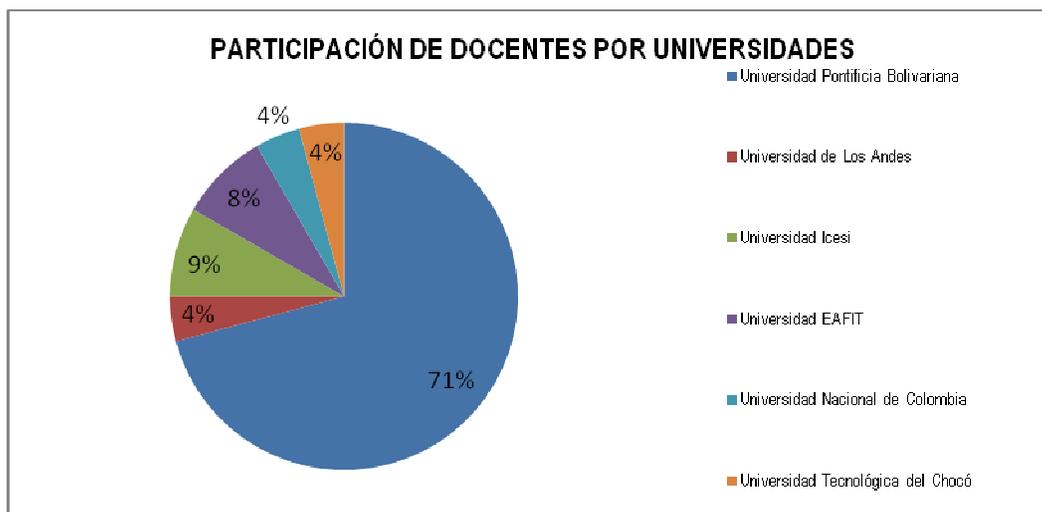


Figura 8. Universidades de afiliación de los expertos docentes e investigadores.



3.1.1.2 Resultados de la primera ronda Delphi

La primera encuesta consta de dos partes: la primera parte es una indagación acerca de la relevancia de temáticas en el área de Matemáticas y su aplicabilidad en el desarrollo de la industria y la investigación. La segunda parte tiene como objeto conocer la opinión de los expertos acerca de aspectos asociados a la visión de las Matemáticas al año 2020, dentro de estos aspectos encontramos modelos pedagógicos, herramientas de enseñanza, programas de software de apoyo a los procesos académicos e investigativos y temas de actualización curricular. Los resultados de esta segunda parte, serán presentados como resultados adicionales, ya que no se realizaron las tres rondas del ejercicio Delphi, pues escapan del alcance de este trabajo, sin embargo se tendrán en cuenta en las recomendaciones presentadas al final de este informe.

Las escalas usadas para cuantificar las respuestas de los expertos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 5. Escalas de calificación para preguntas de primera ronda Delphi.

CARACTERÍSTICA	ESCALA
RELEVANCIA	0. No sabe / No responde 1. No es importante 2. Poco importante 3. Medianamente importante 4. Importante 5. Muy importante
NIVEL DE PROFUNDIDAD	0. No sabe / No responde 1. Informativo 2. Básico 3. Medio 4. Avanzado
TRANSVERSALIDAD	0. No sabe / No responde 1. Importante en muy pocos programas de Ingeniería 2. Importante en algunos programas de Ingeniería 3. Importante en la mayoría de los programas de Ingeniería 4. Importante en todos los programas de Ingeniería
APLICACIÓN EN LA INVESTIGACIÓN	0. No sabe / No responde 1. No tiene aplicación en la investigación 2. Tiene poca aplicación en la investigación 3. Tiene mediana aplicación en la investigación 4. Tiene mucha aplicación en la investigación

CARACTERÍSTICA	ESCALA
APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA	0. No sabe / No responde 1. No tiene aplicación en la industria 2. Tiene poca aplicación en la industria 3. Tiene mediana aplicación en la industria 4. Tiene mucha aplicación en la industria

Los resultados de la primera ronda para cada una de las variables indagadas se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Resultados primera ronda Delphi.

TEMAS	VARIABLES									
	Relevancia		Nivel de Profundidad		Transversalidad		Aplicación en la Investigación		Aplicación en la Industria	
	Moda	% consenso	Moda	% consenso	Moda	% consenso	Moda	% consenso	Moda	% consenso
Matemática Básica	5	79,31	4	65,52	4	82,76	4	51,72	4	48,28
Geometría Euclidiana	3	31,03	3	37,93	4	44,83	2	41,38	2	34,48
Geometría Vectorial	5	44,83	3	48,28	4	55,17	2	34,48	2	31,03
Trigonometría	5	44,83	3	44,83	4	58,62	2	31,03	2	27,59
Cálculo Diferencial	5	75,86	4	58,62	4	72,41	4	44,83	4	31,03
Cálculo Integral	5	65,52	4	55,17	4	65,52	4	44,83	4	31,03
Matemáticas Discretas	4	41,38	3	48,28	2	37,93	3	37,93	3	48,28
Álgebra Lineal	4	48,28	4	58,62	4	51,72	4	41,38	3	48,28

TEMAS	VARIABLES									
	Relevancia		Nivel de Profundidad		Transversalidad		Aplicación en la Investigación		Aplicación en la Industria	
	Moda	% consenso	Moda	% consenso	Moda	% consenso	Moda	% consenso	Moda	% consenso
Cálculo Vectorial	5	51,72	4	62,07	3	44,83	4	41,38	3	48,28
Ecuaciones Diferenciales	5	62,07	4	65,52	4	58,62	4	65,52	4	41,38
Cálculo de Variable Compleja	3	37,93	3	41,38	2	34,48	3	31,03	2	34,48
Topología Básica	3	27,59	0	34,48	2	27,59	0	31,03	0	34,48
Estadística y Procesos Estocásticos	4	37,93	3	51,72	4	44,83	4	51,72	4	55,17
Estadística Inferencial	5	37,93	4	31,03	4	37,93	4	41,38	4	48,28
Análisis y Métodos Numéricos	5	44,83	4	48,28	4	55,17	4	51,72	4	44,83
Análisis de Sistemas No Lineales	5	34,48	3	31,03	4	31,03	3	37,93	4	41,38
Teoría de la computación	5	41,38	4	44,83	4	48,28	4	55,17	3	37,93
Matemáticas Financieras	4	44,83	3	44,83	2	34,48	2	37,93	4	51,72
Método de Elementos Finitos	4	27,59	0	31,03	2	31,03	3	37,93	0	27,59
Modelación y Simulación	5	44,83	4	62,07	4	55,17	4	68,97	4	79,31
Optimización de Sistemas	4	55,17	4	48,28	4	51,72	4	68,97	4	75,86

TEMAS	VARIABLES									
	Relevancia		Nivel de Profundidad		Transversalidad		Aplicación en la Investigación		Aplicación en la Industria	
	Moda	% consenso	Moda	% consenso	Moda	% consenso	Moda	% consenso	Moda	% consenso
Análisis de Datos Compositivos	0	37,93	0	37,93	0	31,03	0	44,83	4	31,03
Data Mining	0	48,28	0	51,72	0	44,83	0	62,07	0	55,17
Promedio del % de consenso	46,33%		47,98%		47,82%		45,88%		43,78%	

Para la identificación de temas PRIORITARIOS se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- El tema debe haber sido considerado como **Importante** o **Muy Importante** por la mayoría de los expertos. Esto es, la moda de la variable RELEVANCIA para la temática en estudio debe ser 4 ó 5.
- El porcentaje de consenso alcanzado en la calificación de **relevancia** de la temática debe ser superior al porcentaje de consenso promedio de todas las temáticas de primera ronda.

Para la selección de temas EN DISCUSIÓN, se determinó que serían aquellos que siendo calificados por la mayoría de los expertos como **Importantes** o **Muy Importantes** (moda 4 ó 5), no alcanzaron a superar el promedio del porcentaje de consenso.

Los temas que no clasifican dentro de los grupos PRIORITARIOS y EN DISCUSIÓN son llamados temas NO PRIORITARIOS y son excluidos del estudio desde primera ronda.

La distribución de las temáticas de acuerdo a los criterios anteriores puede observarse en la Tabla 7.

Tabla 7. Clasificación inicial de temas de acuerdo a la primera ronda Delphi.

PRIORITARIOS			EN DISCUSIÓN			NO PRIORITARIOS		
TEMA	Moda	% de consenso	TEMA	Moda	% de consenso	TEMA	Moda	% de consenso
Matemática Básica	5	79,31	Geometría Vectorial	5	44,83	Data Mining	0	48,28
Cálculo Diferencial	5	75,86	Trigonometría	5	44,83	Cálculo de Variable Compleja	3	37,93
Cálculo Integral	5	65,52	Análisis y Métodos Numéricos	5	44,83	Análisis de Datos Composicionales	0	37,93
Ecuaciones Diferenciales	5	62,07	Modelación y Simulación	5	44,83	Geometría Euclidiana	3	31,03
Optimización de Sistemas	4	55,17	Matemáticas Financieras	4	44,83			
Cálculo Vectorial	5	51,72	Teoría de la computación	5	41,38			
Álgebra Lineal	4	48,28	Matemáticas Discretas	4	41,38			
			Estadística Inferencial	5	37,93			
			Estadística y Procesos Estocásticos	4	37,93			
			Análisis de Sistemas No Lineales	5	34,48			
			Método de Elementos Finitos	4	27,59			

El grupo de temas PRIORITARIOS está compuesto por siete temas, este número puede incrementarse si se pueden incluir nuevas temáticas prioritarias resultantes de las nuevos temas propuestos por los expertos.

La información detallada de los resultados de la primera ronda se puede visualizar en el Anexo C.

3.1.1.3 Nuevas temáticas propuestas por los expertos en la primera ronda.

Son las temáticas que los expertos consultados en primera ronda consideran importantes para el desarrollo de las Matemáticas en un periodo de tiempo de 10 años hasta el año 2020. Esta temáticas se someten a calificación por parte de todos los expertos en la segunda ronda Delphi.

La Tabla 8 muestra todos los temas incluidos por los integrantes del panel.

Tabla 8. Nuevos temas propuestos en primera ronda Delphi.

TEMAS PROPUESTOS POR LOS EXPERTOS EN PRIMERA RONDA DELPHI
Diseño de experimentos
Métodos cuantitativos en Ingeniería
Modelos de regresión y análisis estadístico multivariado
Econometría y series temporales
Teoría de control (árboles de decisión, listas de espera, problemas de transporte y distribución, entre otros)
Cálculo tensorial

TEMAS PROPUESTOS POR LOS EXPERTOS EN PRIMERA RONDA DELPHI
Prospectiva

3.1.2 Segunda ronda Delphi.

El objetivo de las consultas sucesivas en el método Delphi es incrementar el consenso de los expertos. Para lograrlo, en la segunda ronda los expertos son informados de los resultados obtenidos en la primera ronda, presentando los resultados como una comparación entre la respuesta del experto y la respuesta de la mayoría (expresada con la medida de tendencia central utilizada, para este estudio se utilizó la moda). Adicionalmente, en la segunda ronda se pide a los expertos calificar la relevancia de las nuevas temáticas propuestas por el panel en la primera ronda y dar una nueva respuesta acerca de los temas que consideran prioritarios, justificando sus elecciones en caso de que sean divergentes con respecto al grupo. Esta ronda permite reclasificar los temas PRIORITARIOS y EN DISCUSIÓN de acuerdo al criterio de cada experto.

La segunda ronda del ejercicio Delphi fue respondida por 21 de los 29 expertos que respondieron a la primera invitación, esto equivale al 72,4%. Este fenómeno de disminución de encuestas respondidas se denomina fatiga del panel de expertos.

En la segunda encuesta se solicitó a los expertos verificar la configuración de los grupos de temáticas (PRIORITARIOS y EN DISCUSIÓN) y presentar sus justificaciones para reconfigurar los grupos, es decir, excluir temas del grupo de temas PRIORITARIOS pasándolos al grupo de temas EN DISCUSIÓN y a su vez mover desde el grupo de temas EN DISCUSIÓN el mismo número de temas hacia el grupo de temas PRIORITARIOS. El número de temas intercambiables es

máximo 2 temas, que corresponden al 30% de los temas prioritarios encontrados en la primera ronda.

3.1.2.1 Clasificación de temas propuestos en primera ronda.

Sobre las nuevas temáticas se hizo una calificación de la variable relevancia, lo cual permite clasificarlas de acuerdo a la importancia de éstas, usando la misma escala de la primera ronda Delphi. Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

Tabla 9. Relevancia de nuevas temáticas propuestas primera ronda Delphi.

TEMAS	Relevancia	
	Moda	% consenso
Diseño de experimentos	4	47,62
Métodos cuantitativos en ingeniería	4	33,33
Modelos de regresión y análisis estadístico multivariado	4	57,14
Econometría y series temporales	3	28,57
Teoría de control (árboles de decisión, listas de espera, problemas de	4	57,14

TEMAS	Relevancia	
	Moda	% consenso
transporte y distribución, entre otros)		
Cálculo Tensorial	4	33,33
Prospectiva	4	42,85
Promedio del % de consenso	45,52%	

Para la selección de los temas PRIORITARIOS entre este nuevo grupo propuesto, se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- El tema debe haber sido considerado como **Importante** o **Muy Importante** por la mayoría de los expertos. Esto es, la moda de la variable RELEVANCIA para la temática en estudio debe ser 4 ó 5.
- El porcentaje de consenso alcanzado en la calificación de **relevancia** de la temática debe ser superior al porcentaje de consenso promedio de todas las temáticas, incluyendo aquellas que se preguntaron en la primera ronda. Al unificar todas las temáticas y calcular un nuevo promedio de porcentaje de consenso, éste es un poco menor al usado para definir los grupos de temáticas PRIORITARIAS y EN DISCUSIÓN de la primera ronda. Sin embargo NO cambia en nada las condiciones de los resultados de primera ronda, es decir, no hay ninguna temática de las evaluadas en primera ronda que deba ser reubicada con este nuevo promedio de porcentaje de consenso. Con el nuevo promedio se logra que el número límite de temas prioritarios se incremente en tres, posibilitando que se puedan tener 10 temas en dicho grupo.

Para la selección de temas EN DISCUSIÓN, se determinó que serían aquellos que siendo calificados por la mayoría de los expertos como **Importantes** o **Muy Importantes** (moda 4 ó 5), no alcanzaron a superar el promedio del porcentaje de consenso.

Los temas que no clasifican dentro de los grupos PRIORITARIOS y EN DISCUSIÓN son llamados temas NO PRIORITARIOS y son excluidos del estudio.

La distribución de las nuevas temáticas es:

Tabla 10. Clasificación de nuevos temas de acuerdo a la segunda ronda Delphi.

PRIORITARIOS			EN DISCUSIÓN			NO PRIORITARIOS		
TEMA	Moda	% de consenso	TEMA	Moda	% de consenso	TEMA	Moda	% de consenso
Diseño de experimentos	4	47,62	Métodos cuantitativos en ingeniería	4	33,33	Econometría y series temporales	3	28,57
Modelos de regresión y análisis estadístico multivariado	4	57,14	Cálculo Tensorial	4	33,33			
Teoría de control (árboles de decisión, listas de espera, problemas de transporte y distribución, entre otros)	4	57,14	Prospectiva	4	42,85			

3.1.2.2 Reclasificación de temas prioritarios y temas en discusión de primera ronda Delphi.

Esta parte de la encuesta da la posibilidad a los expertos de redefinir los grupos de temas PRIORITARIOS y EN DISCUSIÓN. Los temas que no fueron excluidos del grupo de temas PRIORITARIO quedan de forma definitiva en dicho grupo y los temas EN DISCUSIÓN que no fueron incluidos en el grupo de PRIORITARIOS por ninguno de los expertos son excluidos del estudio en segunda ronda. Las justificaciones dadas por los expertos para el movimiento de los temas se encuentran contenidas en el Anexo D, al igual que todos los demás resultados de la segunda ronda Delphi.

Tabla 11. Reclasificación de temas de acuerdo a la segunda ronda Delphi.

TEMAS EXCLUIDOS DEL GRUPO PRIORITARIOS		TEMAS INCLUIDOS EN EL GRUPO PRIORITARIOS		PRIORITARIOS	NO PRIORITARIOS (Se excluyen del estudio)
TEMA	% de consenso	TEMA	% de consenso	TEMA	TEMA
Matemática Básica	23,81	Geometría Vectorial	14,29	Cálculo Integral	Trigonometría
Cálculo Diferencial	4,76	Estadística y Procesos Estocásticos	9,52	Álgebra Lineal	Matemáticas Discretas
Optimización de Sistemas	23,81	Análisis y Métodos Numéricos	19,05	Cálculo Vectorial	Estadística Inferencial
		Modelación y Simulación	9,52	Ecuaciones Diferenciales	Análisis de Sistemas No Lineales
					Teoría de la Computación
					Matemáticas Financieras
					Método de Elementos Finitos

3.1.3 Tercera ronda Delphi

En esta última ronda se obtuvo respuesta de 20 expertos, lo que corresponde a un 69% de los expertos que iniciaron en el estudio. Sin embargo, los resultados del análisis de consenso alcanzado se pueden obtener solamente a partir de los expertos que tuvieron continuidad a través de las tres rondas, para este caso son 18 expertos, que corresponde al 62% de la muestra inicial. En esta tercera circulación se presenta a los expertos del panel las justificaciones dadas para la exclusión o inclusión de temas en el grupo de alta prioridad en la segunda ronda y adicionalmente se les solicita seleccionar un total de seis temas que consideren relevantes en los ámbitos académico e investigativo del área de Matemáticas para Ingeniería con el objetivo de completar el grupo de 10 temáticas, teniendo en cuenta que cuatro temáticas obtuvieron un porcentaje de consenso del 100% en la segunda ronda, ya que no fueron excluidas por ninguno de los expertos del grupo de temas PRIORITARIOS. Estas temáticas son:

- Cálculo Integral
- Álgebra Lineal
- Cálculo vectorial
- Ecuaciones Diferenciales

3.1.3.1 Análisis de consenso alcanzado y temas prioritarios definitivos

El siguiente cuadro muestra los temas seleccionados como prioritarios por los expertos del panel Delphi:

Tabla 12. Resultados tercera ronda Delphi.

TEMAS																
Cálculo Integral	Álgebra Lineal	Cálculo Vectorial	Ecuaciones Diferenciales	Matemática Básica	Cálculo Diferencial	Optimización de Sistemas	Geometría Vectorial	Estadística y Procesos Estocásticos	Análisis y Métodos Numéricos	Modelación y Simulación	Diseño de Experimentos	Modelos de regresión y análisis estadístico multivariado	Teoría de Control	Métodos cuantitativos en Ingeniería	Cálculo Tensorial	Prospectiva
X	X	X	x	X	x		x	X	x	x						
X	X	X	x	X					x	x	x	X	X			
X	X	X	x		x		x		x			X			x	
X	X	X	x		x			X	x	x	x	X				
X	X	X	x	X	x		x		x	x	x					
X	X	X	x		x		x	X	x	x		X				
X	X	X	x		x	x	x	X	x	x						
X	X	X	x	X	x		x	X	x	x						
X	X	X	x	X	x		x		x	x				X		
X	X	X	x	X	x		x	X	x	x						
X	X	X	x			x	x	X	x	x	x					
X	X	X	x	X	x		x	X	x	x						
X	X	X	x	X	x		x	X	x							x
X	X	X	x		x		x	X	x		x		X			
X	X	X	x	X	x		x	X	x				X			
X	X	X	x					X	x		x	X	X	X		
X	X	X	x		x			X	x	x	x			X		
X	X	X	x		x		x	X	x	x	x					
X	X	X	x		x		x	X		x	x	X				

Para realizar el análisis del consenso alcanzado se estudian las respuestas de la primera y la tercera ronda Delphi, teniendo en cuenta sólo las respuestas de aquellos expertos que contestaron a las tres rondas.

Para calcular la frecuencia modal para cada uno de los temas sometidos a esta última ronda se usó el siguiente modelo propuesto y explicado en la Ecuación 1 del capítulo sobre diseño de la investigación:

$$Fm_{ronda3} = Fm_{ronda1} + Fe_{ronda3} - Fs_{ronda3}$$

El porcentaje de consenso de calcula como se muestra en la Ecuación 2:

Ecuación 2. Porcentaje de consenso alcanzado sobre cada tema

$$\%consenso = \frac{Fm_{ronda3}}{\#participantes_{rondas1,2,3}} * 100\%$$

Tabla 13. Consenso alcanzado en el ejercicio Delphi.

TEMAS	Frecuencia modal primera ronda	Frecuencia de entrada a consenso	Frecuencia de salida de consenso	Frecuencia modal tercera ronda	% de consenso final
	Fm_{ronda1}	Fe_{ronda3}	Fs_{ronda3}	Fm_{ronda3}	
Cálculo Integral	13	5	0	18	100,00
Álgebra Lineal	7	11	0	18	100,00
Cálculo Vectorial	11	7	0	18	100,00
Ecuaciones Diferenciales	12	6	0	18	100,00
Matemática Básica	14	1	7	8	44,44
Cálculo Diferencial	14	3	1	16	88,89
Optimización de Sistemas	10	1	9	2	11,11

TEMAS	Frecuencia modal primera ronda	Frecuencia de entrada a consenso	Frecuencia de salida de consenso	Frecuencia modal tercera ronda	% de consenso final
	Fm_{ronda1}	Fe_{ronda3}	Fs_{ronda3}	Fm_{ronda3}	
Geometría Vectorial	9	7	1	15	83,33
Estadística y Procesos Estocásticos	8	8	2	14	77,78
Análisis y Métodos Numéricos	9	8	0	17	94,44
Modelación y Simulación	8	8	1	15	83,33
Diseño de Experimentos	9	4	5	8	44,44
Modelos de regresión y análisis estadístico multivariado	10	3	7	6	33,33
Teoría de Control	10	2	10	2	11,11
Métodos cuantitativos en Ingeniería	7	0	5	2	11,11
Cálculo Tensorial	6	1	6	1	5,56
Prospectiva	9	1	9	1	5,56

De acuerdo a los datos consignados en la tabla precedente, los temas prioritarios en el área de Matemáticas para ingeniería son:

Tabla 14 . Temas prioritarios en el área de Matemáticas

No	TEMAS	% de consenso final
1	Cálculo Integral	100,00%
2	Álgebra Lineal	100,00%
3	Cálculo Vectorial	100,00%
4	Ecuaciones Diferenciales	100,00%
5	Análisis y Métodos Numéricos	94,44%
6	Cálculo Diferencial	88,89%
7	Geometría Vectorial	83,33%
8	Modelación y Simulación	83,33%
9	Estadística y Procesos Estocásticos	77,78%
10	Diseño de Experimentos	44,44%

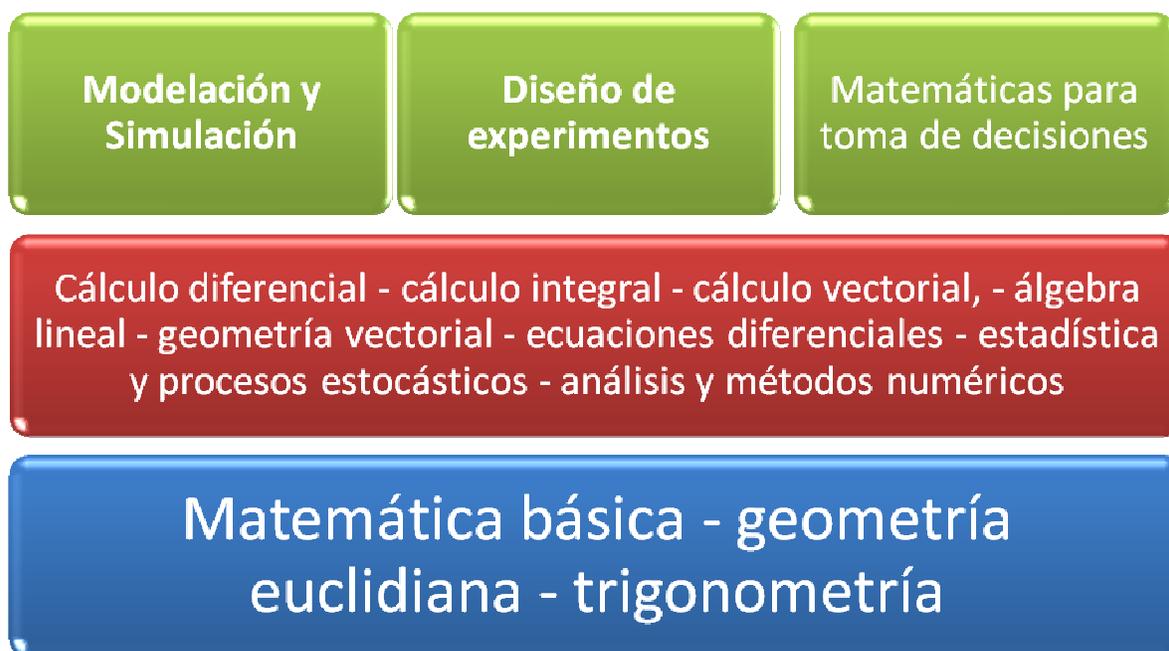
En el décimo lugar de los temas prioritarios, se encuentran con igual valor de porcentaje de consenso (44.44%) Matemática Básica y Diseño de Experimentos. Se seleccionó Diseño de experimentos, pues la tendencia en el consenso de este tema fue ascendente, mientras que en el caso de Matemática Básica fue descendente.

Para estudiar más detalles acerca de los resultados de esta tercera ronda es necesario remitirse al Anexo E.

3.1.4 Corolario Delphi

Como parte del ejercicio Delphi y dado el alto nivel de consenso de las temáticas prioritarias, en el corolario Delphi se preguntó a los expertos sobre la estructuración de dichas temáticas en el área de Matemáticas de cara a los retos de la Ingeniería del año 2020. La estructura propuesta se muestra en la siguiente figura:

Figura 9. Estructura de cursos de Matemáticas para Ingeniería en la UPB 2020.



En la base de la estructura se encuentran aquellas temáticas que no resultaron prioritarias en el ejercicio Delphi, pero que son prerequisite para la comprensión de los distintos cursos en niveles superiores de la estructura. En este grupo se encuentran Matemática básica, Geometría euclidiana y Trigonometría. Este primer nivel debe ser visualizado con oportunidades de cursos de Extensión Académica que apoyarían la formación pre – universitaria de los futuros ingenieros y posibilitaría mayores niveles de profundidad y aplicación de los cursos de otros niveles.

En el segundo nivel de la estructura se encuentran las asignaturas del ciclo básico de formación de los ingenieros de la Universidad Pontificia Bolivariana, que son actualmente impartidas en el Centro de Ciencia de Básica y que en el estudio Delphi resultaron prioritarias con altos porcentajes de consenso. Por ejemplo para el caso de Cálculo Integral, Álgebra Lineal, Cálculo Vectorial y Ecuaciones Diferenciales se obtuvo consenso total desde la segunda ronda del ejercicio de consulta a expertos. Para estas temáticas se propone encontrar un balance entre las clases magistrales y las aplicaciones en investigación y la industria. En este nivel se sugiere una mayor vinculación de los estudiantes con la resolución casos de estudio de diferentes situaciones que se presenten como necesidades en las etapas de cálculo y modelación de problemas en grupos de investigación internos a la Escuela de Ingenierías o externos a ella.

El último nivel hace referencia a la posibilidad de implementar ciclos de profundización en tres áreas, que pueden ser elegidos por los estudiantes de acuerdo a sus necesidades de formación. Estas tres líneas son temáticas de vanguardia a nivel mundial, que brindan al Centro de Ciencia Básica la posibilidad de crear nuevas líneas de investigación y abrirse al medio a través de servicios de asesoría y consultoría a la industria local y nacional. En este último nivel encontramos la Modelación y la Simulación, el Diseño de Experimentos y las Matemáticas para toma de decisiones.

3.1.5 CONCLUSIONES ESTUDIO DELPHI DE MATEMÁTICAS

- Si se realiza una validación de las temáticas calificadas como prioritarias en el área de Matemáticas por los expertos a lo largo de las tres rondas del estudio Delphi, de cara a las necesidades de los programas de Ingeniería Eléctrica y Electrónica al año 2020 encontramos que se visualizan necesidades marcadas en el ámbito de la Modelación y Simulación de

Sistemas, Métodos Numéricos, Estadística, Optimización y Matemáticas para toma de decisiones (Matemáticas Financieras, Econometría, entre otras).

Figura 10. Matemáticas para Ingeniería Eléctrica.

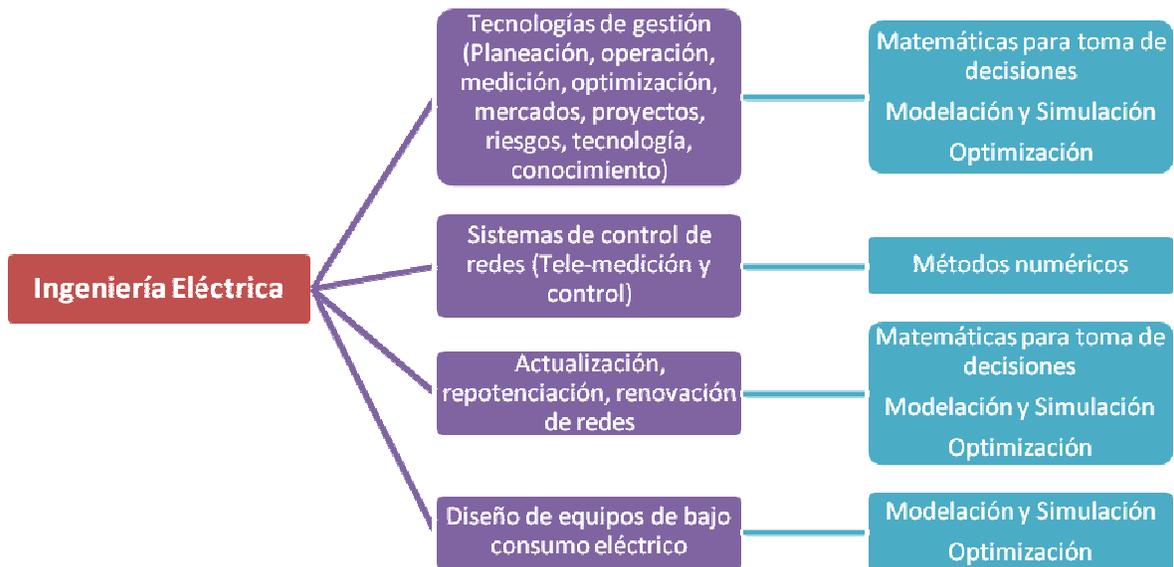
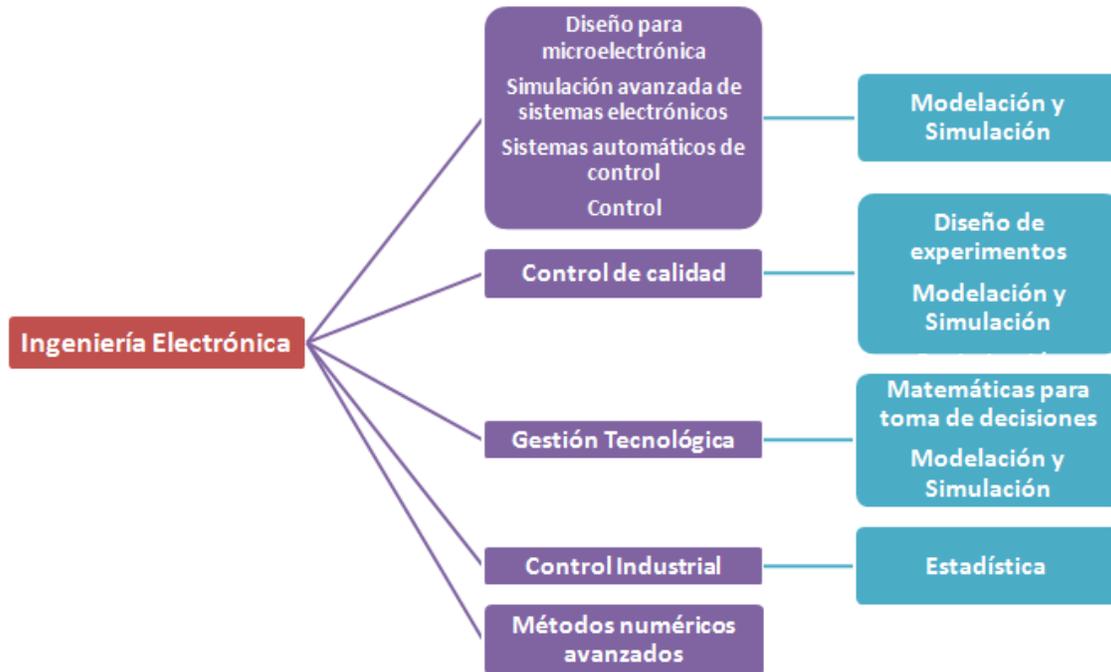


Figura 11. Matemáticas para Ingeniería Electrónica.



- Se debe realizar la revisión de la estructura de los cursos de Ciencia Básica a la luz de las temáticas prioritarias y su impacto en la formación de los ingenieros en las distintas disciplinas que ofrece la Universidad Pontificia Bolivariana.
- Se requiere la exploración de nuevas áreas de conocimiento tales como Modelación, Simulación, Optimización, Diseño de Experimentos y Matemáticas para toma de Decisiones a un nivel alto de profundización.
- El Centro de Ciencia Básica tiene grandes oportunidades de proyección hacia otras facultades y hacia la comunidad a través de servicios y programas de extensión académica.
- Migración de esquema estrictamente magistral a investigativo.

3.2 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

El Centro de Ciencia Básica hace parte de la Escuela de Ingenierías de la Universidad Pontificia Bolivariana con sede en la ciudad de Medellín y es considerado un programa de la Escuela, el cual soporta todas las asignaturas de las áreas de Matemáticas, Física, Química y Biología que componen ciclo de formación inicial de los Ingenieros. En el momento de la realización de este proyecto, el Centro de encontraba dirigido por el Magíster Elmer José Ramírez, quien orientó sus esfuerzos a la consecución de los objetivos plasmados en el Plan de Desarrollo de la Universidad Pontificia Bolivariana.

El Centro de Ciencia Básica está articulado con el sistema Nacional de Innovación, tiene actualmente dos grupos de investigación que participan en los diferentes programas de COLCIENCIAS; estos grupos son: Grupo de Investigación en Matemáticas (GMAT) y el Grupo de Óptica y Espectroscopia (GOE), los cuales usan recursos de COLCIENCIAS para adelantar diferentes proyectos de investigación. Actualmente el Centro no se encuentra asociado, ni trabaja conjuntamente con ningún Centro de Investigación y Desarrollo, tampoco con Centros de Desarrollo Empresarial o empresas de distintas áreas en la industria local y nacional.

Para el estudio del sistema descrito anteriormente, se han definido con el apoyo de los docentes asesores del proyecto MSc Héctor Escobar Cadavid y MSc Ricardo Llerena León, un conjunto de variables cuyo impacto se ha considerado importante en el desarrollo del centro de Ciencia Básica de la Universidad Pontificia Bolivariana. El conjunto completo de variables puede ser consultado en el informe general del proyecto de prospectiva para el Centro de Ciencia Básica.

Con las variables del sistema y siguiendo la metodología MIC MAC se construyó una matriz cuadrada de impacto cruzado en la que evaluó la influencia de cada una de las 62 variables (Ver Tabla 15) sobre todas las demás componentes del sistema. En cada celda de la matriz se ubica una calificación que va desde “0” hasta “3” dependiendo del grado de influencia de una variable sobre otra, donde “0” indica una influencia nula y “3” indica que hay una influencia muy marcada. También encontramos la calificación identificada con la letra “p” que indica una influencia potencial en el futuro.

Tabla 15. Listado de variables del sistema Ciencia Básica.

VARIABLES CLAVE DEL SISTEMA
Influencia en el medio (1)
Calidad de la vida universitaria (2)
Relaciones con instituciones homólogas (3)
Organización institucional (4)
Capacidad de innovación (5)
Valores institucionales (6)
Sentido de pertenencia (7)
Manejo de la información (8)
Impacto en los sistemas de información (9)
Metas de gestión (10)
Servicios de apoyo y asesoría (11)
Idoneidad (12)
Producción académica (13)
Ponencia nacional (14)
Ponencia internacional (15)
Selección de personal docente (16)
Infraestructura (17)
Dotación de equipos (18)

VARIABLES CLAVE DEL SISTEMA
Medios electrónicos (19)
Apoyos didácticos (20)
Implementación (22)
Valoración del aprendizaje (23)
Apropiación (24)
Planeación curricular (25)
Flexibilidad curricular (26)
Evaluación curricular (27)
Formación en valores (28)
Política de evaluación (29)
Gestión académica (30)
Aportes de la docencia (31)
Integración de la docencia con la investigación y la extensión (32)
Ciclo básico (33)
Investigación (34)
Creatividad (35)
Diagnóstico (36)
Pertinencia (37)
Competencia (38)
Patentes (39)
Pensamiento científico (40)
Disposición en red (41)
Cultura (42)
Administración (43)
Proyección social (44)
Contexto interno (45)
Contexto externo (46)
Clima organizacional (47)

VARIABLES CLAVE DEL SISTEMA
Proyecto de empresa (48)
Deserción estudiantil (49)
Nivel académico de profesores (50)
Nivel académico de los alumnos (51)
Interdisciplinariedad (52)
Estudios de posgrado (53)
Inversión en laboratorios (54)
Impacto social (55)
Relación con facultades (56)
Relación de la Ciencia Básica con la empresa (57)
Manejo de otros idiomas (58)
Difusión de la investigación (59)
Bienestar (60)
Investigación básica (61)
Investigación aplicada (62)

El software MIC MAC, al cual se le ingresan los valores de la matriz de impacto cruzado, nos permite la visualización de los planos de influencias directas e indirectas y los planos de desplazamiento. Los planos de influencias permiten identificar la motricidad y dependencia de las variables del sistema y seleccionar las variables clave, que una vez seleccionadas disminuyen la complejidad del sistema, pues en el ejercicio se seleccionan como variables de interés aquellas que por su alto nivel de motricidad y su alta dependencia son susceptibles de ser trabajadas en aras de conseguir los objetivos estratégicos planteados para el desarrollo del sistema. Con las variables clave se construyen las siguientes etapas del proceso de análisis estructural.

Para encontrar las variables clave se utilizó el Software MIC MAC con los siguientes parámetros:

- Influencia potencial: $P=1$.
- Interacciones para convergencia: $n=6$.

Las siguientes gráficas muestran los planos arrojados por el software:

Figura 12. Plano de influencias/dependencias directas.

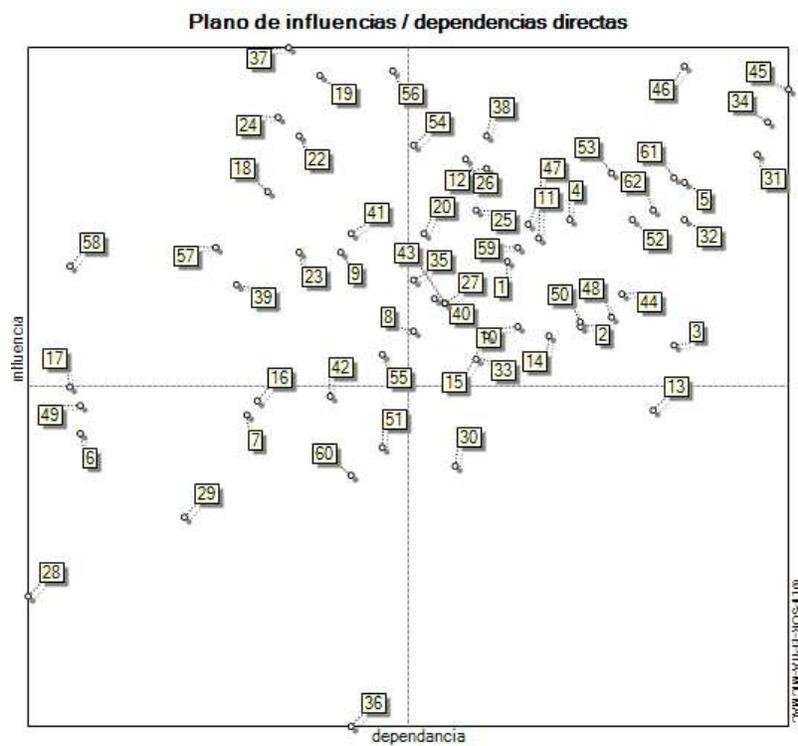


Figura 13. Plano de influencias/dependencias indirectas.

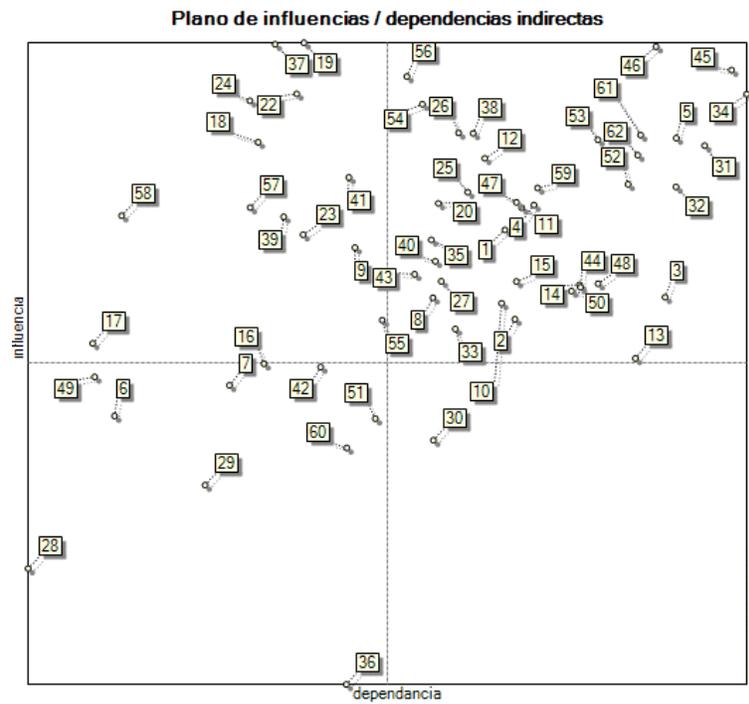


Figura 14. Plano de influencias/dependencias directas potenciales.

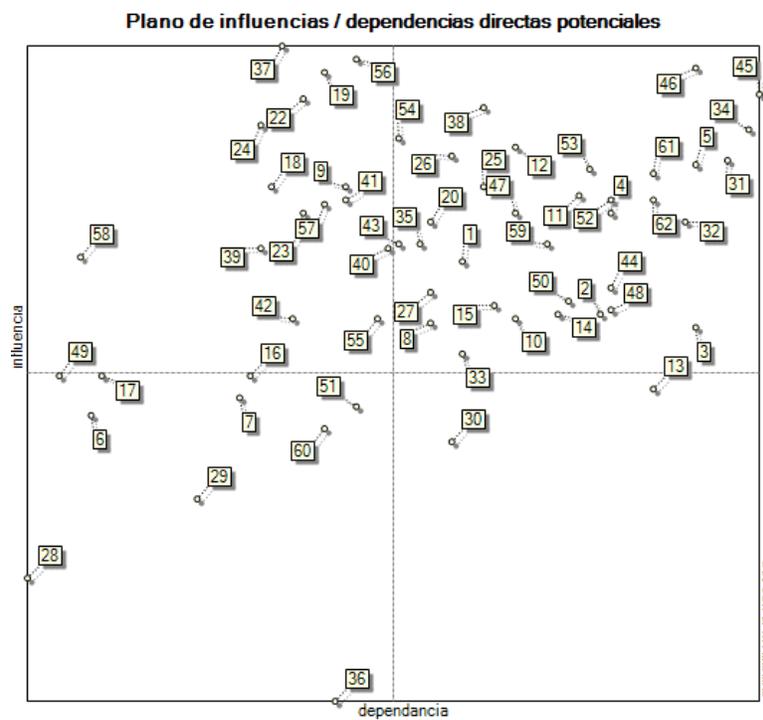


Figura 15. Plano de influencias/dependencias indirectas potenciales.

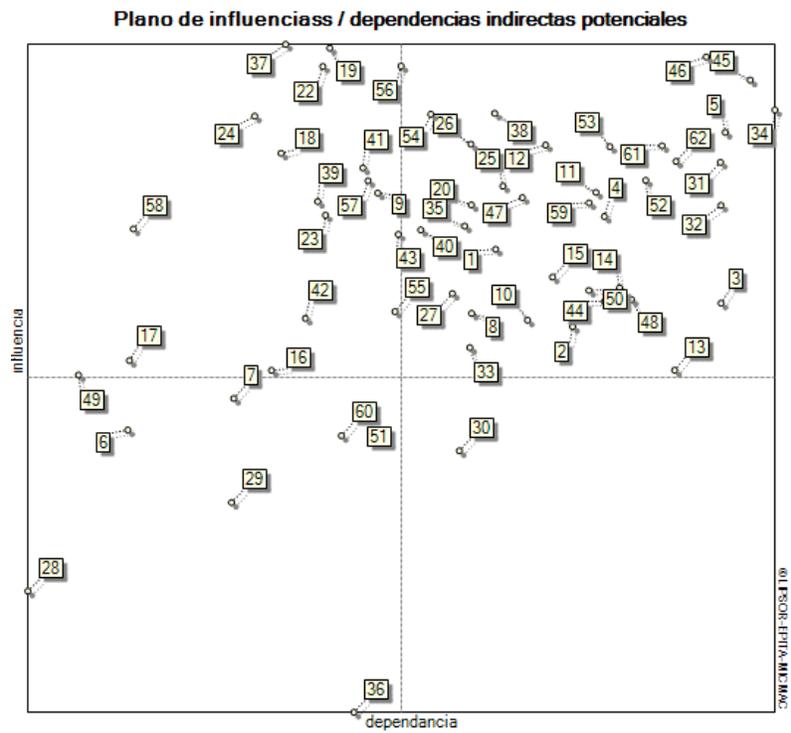
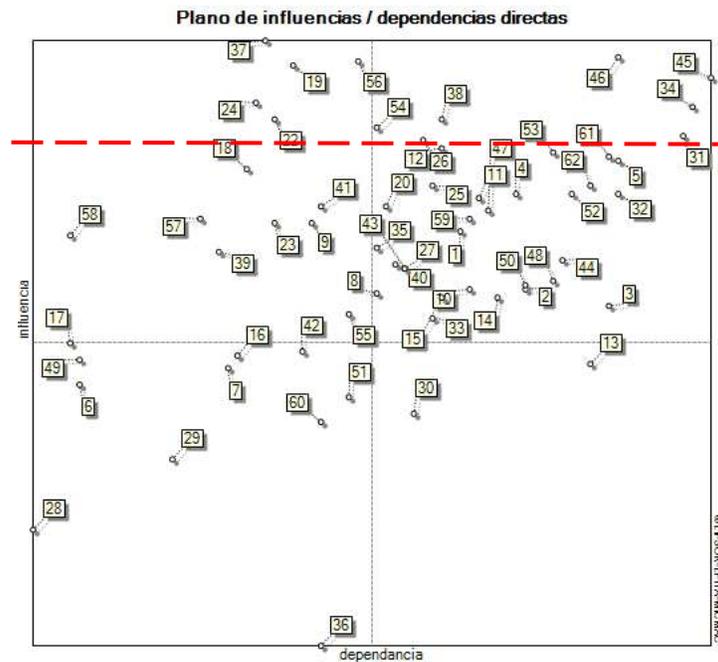


Figura 16. Plano de influencias/dependencias directas con umbral de decisión.

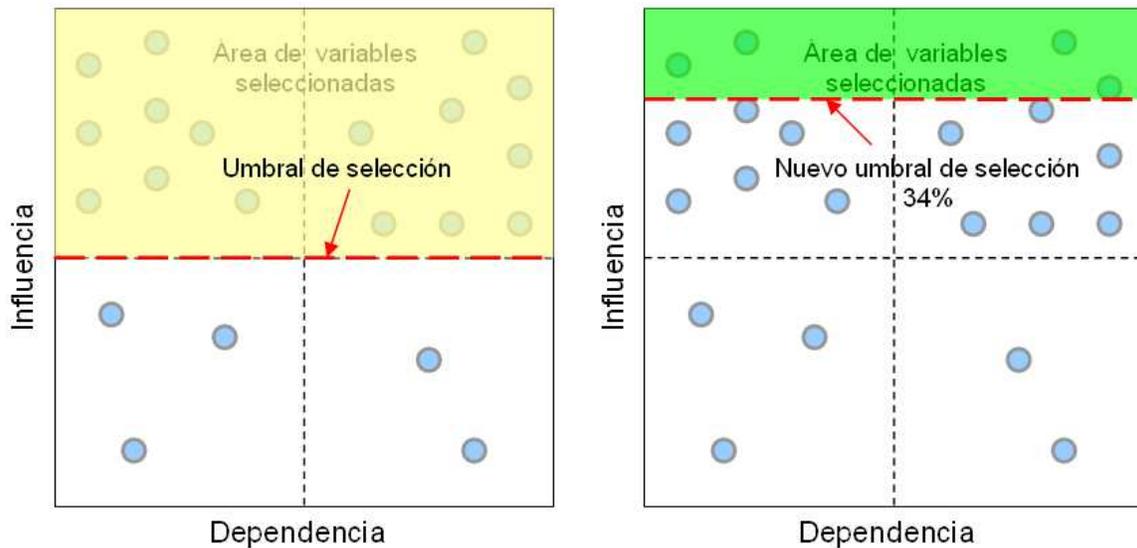


3.2.1 VARIABLES CLAVE

Las variables clave del sistema son aquellas que tienen alto grado de influencia y dependencia, las cuales se encuentran ubicadas en el cuadrante superior derecho de la gráfica MIC MAC. Para el ejercicio del Centro de Ciencia Básica se encontró que la mayoría de las variables del sistema, 87%, se encuentran ubicadas en dicho cuadrante. Se procedió a realizar una nueva selección trasladando el origen del eje de las ordenadas de acuerdo a las recomendaciones del director del proyecto y asesores metodológicos, ya que con el 87% no es posible realizar una priorización y agrupación de variables en ejes estratégicos susceptibles de ser gestionados para el mejoramiento del sistema. Al final, el área de selección se definió al dividir la zona superior en tres subgrupos, y tomando como variables claves las que se encontraban en el extremo superior, a aproximadamente un 34% del área de mayor influencia.

La figura siguiente muestra el umbral de selección de las variables clave:

Figura 17. Umbral de selección de variables clave.



Las variables clave del sistema fueron seleccionadas a través de los diferentes gráficos que se generan usando las matrices de influencias directas (MID), influencias indirectas (MII), influencias directas potenciales (MIDP) e influencias indirectas potenciales (MIIP).

La metodología empleada consistió en identificar las variables de mayor influencia, que se encontraban por encima del umbral definido (25%) en la gráfica de influencias directas, lo que permitió identificar 13 variables clave. A continuación se adicionaron las nuevas variables que superaban este umbral en el gráfico de influencias indirectas, identificando otras dos variables clave. Así mismo, a través del gráfico de influencias directas potenciales, se agregó una variable adicional, y finalmente en el gráfico de influencias indirectas potenciales no se identificaron variables distintas a las seleccionadas previamente.

Debido a la adaptación realizada en el método MIC-MAC para la selección de las variables, se requirió una revisión adicional (REV), verificando una a una las variables, que a pesar que no se encontraban por encima del umbral del 25% superior, perteneciendo a los cuadrantes superiores de influencia, debían ser incluidas en el conjunto seleccionado, de acuerdo a la experiencia del personal docente y administrativo del Centro de Ciencia Básica, pues consideraron que dichas variables ejercen una influencia directa e indirecta significativa en el sistema estructural del Centro de Ciencia Básica. De esta manera, finalmente se complementó el conjunto de variables clave con seis variables más, para completar un total de 21 variables clave en el sistema del Centro de Ciencia Básica²⁰.

Las variables clave y los momentos en los que se identificaron, se relacionan en la siguiente tabla:

Tabla 16. Definición de variables clave del sistema Ciencia Básica.

No VARIABLE	ETAPA	NOMBRE DE LA VARIABLE
5	REV	<p>Capacidad de innovación</p> <p>Capacidad para afrontar las tendencias educativas y para generar y transformar conocimientos en los grupos de investigación existentes de forma que estos puedan ser explotados económicamente (patentes, servicios de asesorías, transferencia tecnológica, entre otros).</p>

²⁰ ESCOBAR, John; MOSQUERA, Clara y PERDOMO, Wilder. Estudio Prospectivo del Centro de Ciencia Básica 2020. Trabajo de grado Ingenierías. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de Ingenierías. Maestría en Gestión Tecnológica, 2009.

No VARIABLE	ETAPA	NOMBRE DE LA VARIABLE
10	REV	<p>Metas de gestión</p> <p>Conjunto de objetivos trazados por los directivos del Centro de Ciencia Básica en términos académicos y administrativos que incrementan la competitividad del Centro.</p> <p>La calidad de la gestión debe ser medida sistemáticamente en el tiempo de acuerdo a los resultados obtenidos, comparados con los fines y metas propuestos.</p>
12	MIDP	<p>Idoneidad</p> <p>Reunión de todas las condiciones necesarias para desempeñar una labor educativa en un contexto determinado.</p>
18	MII	<p>Dotación de equipos</p> <p>Conjunto de equipos para laboratorios, oficinas, servicio docente, acceso a la información que soportan las actividades académicas y administrativas del Centro de Ciencia Básica.</p>
19	MID	<p>Medios electrónicos</p> <p>Instrumentos disponibles para un intercambio eficiente de la información.</p>
22	MID	<p>Implementación</p> <p>Implantación y puesta en marcha de proyectos, sistemas de información, nuevas técnicas, nuevas tecnologías.</p>
24	MID	<p>Apropiación</p> <p>Uso adecuado de nuevos conocimientos y herramientas tecnológicas para lograr objetivos definidos en pro de la</p>

No VARIABLE	ETAPA	NOMBRE DE LA VARIABLE
		calidad académica del Centro de Ciencia Básica.
25	REV	Planeación curricular Proceso de diseño de programas académicos adecuados a las necesidades del medio.
26	MID	Flexibilidad curricular Definición de una propuesta de seguimiento de cursos no rígida, en la que el estudiante de acuerdo a sus intereses profesionales pueda tomar cursos optativos que se ajusten a sus necesidades.
31	MID	Aportes de la docencia Proyección de los docentes al desarrollo integral de la Universidad.
32	REV	Integración de la docencia con la investigación y la extensión Combinación de la actividad docente con la producción investigativa y la proyección social a través de la extensión académica
34	MID	Investigación Proceso sistemático de búsqueda de nuevos conocimientos
37	MID	Pertinencia Papel determinante en la sociedad del Centro de Ciencia Básica a través de su programa educativo
38	MID	Competencia Resultado de la integración, movilización y adecuación de capacidades (conocimientos, actitudes y habilidades) utilizadas de forma eficaz para resolver diversas

No VARIABLE	ETAPA	NOMBRE DE LA VARIABLE
		situaciones en nuestro medio.
45	MID	<p>Contexto interno Condiciones internas como liderazgo, políticas, sistemas, tecnología, capacidad financiera, entre otros aspectos, que influyen en el desarrollo del Centro de Ciencia Básica.</p>
46	MID	<p>Contexto externo Entorno social, cultural, económico, académico, en el que está inmerso el Centro de Ciencia Básica y sobre el cual no tiene control.</p>
52	REV	<p>Interdisciplinariedad Conjunto de disciplinas conexas entre sí y con relaciones definidas, a fin de que sus actividades no se produzcan en forma aislada, dispersa y fraccionada. Es un proceso dinámico que busca proyectarse con base en la integración de varias disciplinas para la búsqueda de soluciones a problemas de investigación.</p>
53	MII	<p>Estudios de posgrado Programas de educación avanzada en el Centro Ciencia Básica.</p>
54	MID	<p>Inversión en laboratorios Inversión destinada a dotar de nuevos equipos los diferentes laboratorios existentes y a la creación de nuevos laboratorios para la enseñanza y experimentación.</p>
56	MID	<p>Relación con facultades Trabajo conjunto con otras facultades de la UPB</p>

No VARIABLE	ETAPA	NOMBRE DE LA VARIABLE
61	REV	Investigación básica Investigación que contribuye a la ampliación del conocimiento científico, creando nuevas teorías o modificando las existentes.

3.2.2 DEFINICIÓN DE EJES ESTRATÉGICOS

Los intentos estratégicos del Centro de Ciencia Básica tienen como objetivo principal buscar la competitividad y la alta calidad académica, este objetivo es heredado de la visión de la Universidad Pontificia Bolivariana. Sin embargo, el éxito en la consecución de dicho objetivo, es la suma de éxitos parciales enfocados en objetivos intermedios, que representan líneas de trabajo alrededor de las variables clave del sistema que resultaron del análisis MIC MAC.

Los ejes estratégicos están compuestos por las variables con un alto nivel de influencia, que las convierte en importantes para el mejoramiento de todo el sistema en conjunto, combinado con una dependencia que las hace susceptibles de actuar sobre ellas. La suma de los ejes propuestos no constituye el sistema, pues es necesario que se tengan en cuenta las relaciones directas, indirectas y potenciales entre todas las variables objeto de estudio, pero si permite delimitar ciertos temas en los que se deben centrar los esfuerzos de los actores para lograr que el sistema funcione bien y sea mejorado.

El ejercicio de definición de ejes estratégicos consiste en la agrupación de variables clave relacionadas en áreas esenciales o líneas de trabajo, teniendo en cuenta que una variable puede hacer parte de uno o más ejes.

Para el sistema que representa al Centro de Ciencia Básica se han definido cinco ejes estratégicos, que se explican a continuación:

3.2.2.1 Eje Infraestructura Tecnológica.

La infraestructura tecnológica comprende todos los sistemas de telecomunicaciones, las redes de información, los equipos de cómputo y almacenamiento, los sistemas operativos, las bases de datos, los sistemas de información y gestión, los sistemas de seguridad y las aplicaciones de software.

Un reto para la Universidad es mantener una infraestructura moderna que satisfaga desde las necesidades administrativas tradicionales, las académicas de búsqueda de información, experimentación y de investigación, hasta las necesidades particulares de los laboratorios especializados y de los grupos de investigación del Centro de Ciencia Básica.

Las variables que componen este eje estratégico son:

- Dotación de equipos
- Medios electrónicos
- Inversión en laboratorios
- Implementación

3.2.2.2 Eje Investigación e Innovación.

Fortaleciendo el eje de Investigación e Innovación, se avanzará en la búsqueda de nuevos conocimientos que permitan no sólo describir y explicar ciertos fenómenos que se presentan en la ciencia básica y en las diferentes ingenierías,

sino que estos estudios puedan ser difundidos y aplicados en la solución de los problemas que requieren la participación de los ingenieros.

Las variables que componen este eje estratégico son:

- Capacidad de innovación
- Aportes de la docencia
- Integración de la docencia con la investigación y la extensión
- Investigación
- Interdisciplinariedad
- Estudios de Postgrado
- Investigación Básica
- Apropiación
- Implementación

3.2.2.3 Eje Contexto

Este eje se refiere al conjunto de circunstancias internas y externas que rodean al Centro de Ciencia Básica de la Universidad Pontificia Bolivariana, tales como el liderazgo, la pertinencia de sus programas y las relaciones con otros actores del medio que tienen influencia sobre el funcionamiento del Centro y sobre los cuales éste ejerce un impacto social, como por ejemplo otras universidades, sectores industriales, empresas, gobierno, entre otros.

Las variables que componen este eje estratégico son:

- Idoneidad
- Pertinencia
- Competencia
- Contexto interno

- Contexto externo
- Relación con facultades
- Apropiación
- Planeación curricular
- Flexibilidad curricular

3.2.2.4 Eje Extensión Académica.

La Universidad Pontificia Bolivariana entiende la Extensión Académica como aquellos programas académicos, no conducentes a título, que nacen de las Escuelas y Unidades Académicas, y de su capacidad para diseñar, a partir de la docencia y la investigación, soluciones innovadoras y pertinentes con las necesidades de los diferentes sectores sociales. Son programas que favorecen la capacitación, actualización, entrenamiento, complementariedad, el desarrollo de conocimientos, habilidades y destrezas para el ser, el hacer y el vivir; desde el proyecto de formación integral de la Universidad.

La Extensión Académica es una función sustitutiva del centro de Ciencia Básica que comprende programas de educación permanente, cursos, seminarios, y talleres destinados a la difusión de los conocimientos, al intercambio de experiencias, así como a las actividades de servicio, tendientes a procurar el bienestar general de la comunidad.

Las variables que componen este eje estratégico son:

- Aportes de la docencia
- Integración de la docencia con la investigación y la extensión
- Relación con facultades

3.2.2.5 Eje Gestión Administrativa.

La gestión administrativa puede verse como el conjunto de acciones que propenden por el crecimiento del Centro de Ciencia Básica, su desarrollo sostenible, la correcta evaluación, consecución, asignación y uso de los recursos académicos, financieros, humanos y tecnológicos, el mejoramiento continuo de los servicios y procesos, y la actualización y el cumplimiento de las políticas administrativas; en otras palabras, hacer realidad la visión de la Universidad desde el Centro de Ciencia Básica.

Las variables que componen este eje estratégico son:

- Metas de gestión
- Medios electrónicos

Una vez contruidos los ejes se realizó una investigación de los proyectos actuales y futuros que apuntan al mejoramiento del estado de los ejes y además las amenazas sobre el eje; de acuerdo al balance de estos puntos se establecieron las hipótesis acerca del estado de cada uno de los ejes proyectados al año 2020, que para el caso del Centro de Ciencia Básica resultó que todos los ejes se encontrarían en una situación BUENA en el año 2020.

3.2.3 DISEÑO DE ESCENARIOS

Un escenario es una imagen alternativa de la situación futura de un sistema, basado en el estado de los ejes estratégicos. Para el caso del Centro de Ciencia Básica, los ejes estratégicos definidos son cinco como se mostró en el apartado anterior: Infraestructura Tecnológica, Investigación e Innovación, Contexto,

Extensión y Gestión Administrativa. Por lo anterior los escenarios posibles que pueden construirse son 32 escenarios, que corresponden a las combinaciones posibles de cumplimiento o no cumplimiento de las hipótesis planteadas sobre la situación de cada eje al inicio del ejercicio de construcción de escenarios.

Las hipótesis obtenidas para cada uno de los ejes fueron basados en los proyectos actuales y futuros y las amenazas sobre cada eje son las que se enuncian a continuación:

1. La situación del eje **Infraestructura Tecnológica** será **BUENA** en el año **2020**.
2. La situación del eje **Investigación e Innovación** será **BUENA** en el año **2020**.
3. La situación del eje **Contexto** será **BUENA** en el año **2020**.
4. La situación del eje **Extensión** será **BUENA** en el año **2020**.
5. La situación del eje **Gestión Administrativa** será **BUENA** en el año **2020**.

Con un panel de nueve expertos conocedores del sistema de Centro de Ciencia Básica se realizó la encuesta de probabilidades que se encuentra en el Anexo B con el objetivo de determinar los escenarios más probables, lo que luego nos permitirá seleccionar el escenario apuesta.

A continuación se presenta el histograma de probabilidades de los escenarios:

Figura 18. Probabilidades de escenarios Centro de Ciencia Básica UPB 2020.

Histograma de probabilidad des los escenarios (Conjunto de expertos)

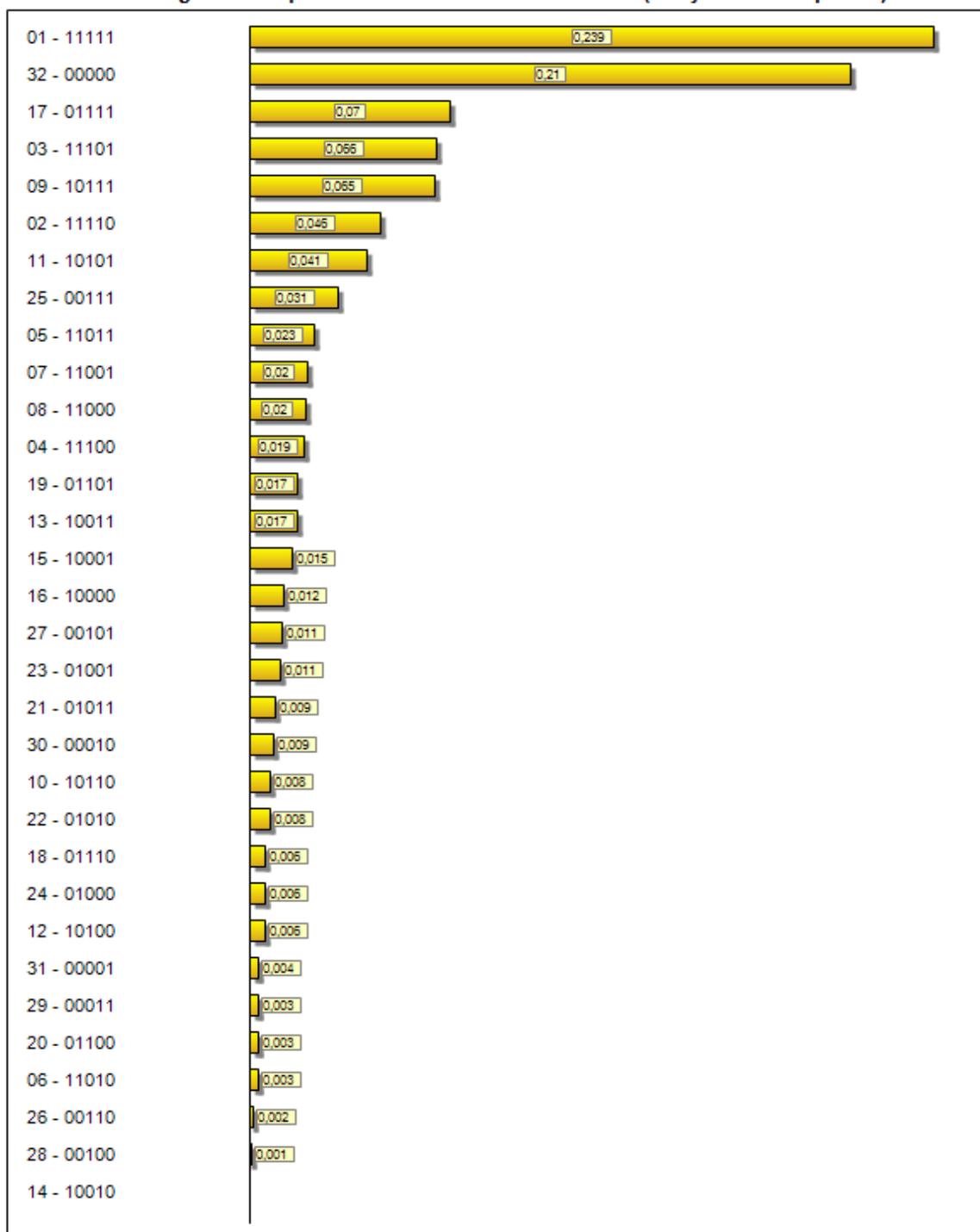


Tabla 17. Calificaciones de probabilidad de los expertos.

	Elmer	Gabriel	Guillermo	Ricardo	Jairo	Oscar	Hector	Luis	Egidio	Docentes
1 : 11111	0,091	0,168	0,132	0,306	0,159	0,32	0,19	0,079	0,79	0,239
2 : 11110	0,041	0,053	0,024	0,11	0,048	0,053	0,069	0,02	0	0,046
3 : 11101	0,086	0,043	0,084	0	0,11	0,121	0,007	0,069	0,051	0,066
4 : 11100	0,017	0	0,048	0	0,034	0,04	0	0,019	0,005	0,019
5 : 11011	0	0,044	0,006	0	0,017	0,069	0,028	0,054	0	0,023
6 : 11010	0,018	0,001	0	0	0	0	0	0,007	0	0,003
7 : 11001	0,01	0	0,024	0	0,005	0,012	0,074	0,062	0	0,02
8 : 11000	0,043	0,013	0,043	0	0,008	0,021	0,018	0,025	0	0,02
9 : 10111	0,048	0,14	0,096	0	0,122	0,031	0,083	0,047	0	0,065
10 : 10110	0,043	0	0	0	0	0	0,015	0,005	0	0,008
11 : 10101	0,055	0,049	0,027	0,087	0,097	0	0,005	0,038	0	0,041
12 : 10100	0,031	0	0,006	0	0,003	0	0	0,006	0	0,006
13 : 10011	0	0,046	0,015	0	0,026	0,045	0	0,02	0	0,017
14 : 10010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15 : 10001	0	0,032	0,015	0	0,038	0,017	0	0,029	0	0,015
16 : 10000	0,011	0,019	0,042	0	0,018	0,005	0	0,005	0	0,012
17 : 01111	0,063	0,122	0,059	0,008	0,096	0,055	0,082	0,062	0,085	0,07
18 : 01110	0	0,004	0,016	0	0,001	0,02	0	0,012	0	0,006
19 : 01101	0,014	0,02	0	0,007	0,052	0	0	0,054	0	0,017
20 : 01100	0	0	0	0,023	0	0	0	0,01	0	0,003
21 : 01011	0,006	0,049	0	0	0,004	0	0	0,03	0	0,009
22 : 01010	0,029	0,001	0,007	0,029	0	0	0	0	0	0,008
23 : 01001	0,006	0,024	0	0	0,004	0	0,027	0,042	0	0,011
24 : 01000	0,008	0,037	0	0	0	0	0	0,009	0	0,006
25 : 00111	0,036	0,044	0,018	0	0,061	0,066	0,015	0,038	0	0,031
26 : 00110	0,002	0	0	0	0	0,01	0	0,004	0	0,002
27 : 00101	0	0	0	0	0,042	0	0,027	0,031	0	0,011
28 : 00100	0	0	0	0	0	0	0,004	0,002	0	0,001
29 : 00011	0	0	0,001	0,017	0,009	0	0	0,004	0	0,003
30 : 00010	0,002	0	0,038	0,024	0,001	0,008	0	0	0	0,009
31 : 00001	0	0,007	0	0	0,008	0	0	0,016	0	0,004
32 : 00000	0,337	0,086	0,297	0,391	0,035	0,109	0,355	0,201	0,07	0,21

© LIPSOR-EPTA-PROB-EXPERT

3.2.3.1 Escenarios probables.

Los escenarios que se califican como probables son aquellos cuya probabilidad acumulada es del 80% aproximadamente.

La interpretación de los escenarios se hace leyendo las combinaciones de 1s y 0s, teniendo en cuenta que un 1 significa que la hipótesis (o estado del eje) se cumple como se planteó en al inicio del ejercicio.

Para el Centro de Ciencia básica los escenarios más probables son los siguientes:

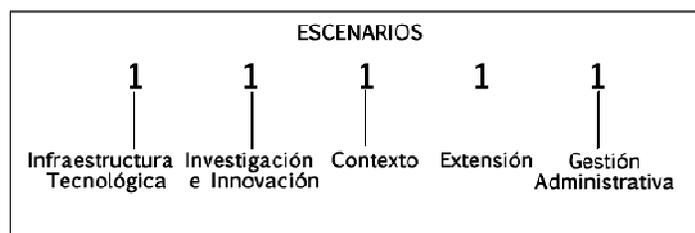
Tabla 18. Probabilidades de los escenarios para Ciencia Básica 2020

ESCENARIO	PROBABILIDAD
Escenario 01 - 11111. Todos los ejes serán Buenos.	0.239
Escenario 32 – 00000. Ningún eje será Bueno.	0.21
Escenario 17 – 01111. Casi todos serán Buenos salvo por la Infraestructura tecnológica.	0.07
Escenario 03 - 11101. Casi todos serán Buenos excepto la Extensión	0.066
Escenario 09 – 10111. Casi todos serán Buenos menos la Investigación y la Innovación	0.065
Escenario 02 -11110. Casi todos serán Buenos pero la Gestión administrativa no lo será.	0.046
Escenario 11 – 10101. La infraestructura tecnológica, el contexto y la gestión administrativa serán Buenas.	0.041
Escenario 25 – 00111. El contexto, la extensión y la gestión administrativa serán Buenas.	0.031
Escenario 05 – 11011. El contexto no será Bueno, pero los otros si.	0.023
Probabilidad acumulada	0.791

3.2.3.2 Lectura de los escenarios

Para la lectura del significado de cada escenario se muestra una descripción visual del significado de cada posición en el código del escenario, donde un cero

(0) en esa posición significa que el eje no estará en una situación buena y un uno (1) significa que el eje si estará en un estado bueno.



Escenario 01 - 11111: La probabilidad de que encontremos que en el 2020 el escenario es del 23,9%. Este escenario corresponde a que los ejes de Infraestructura Tecnológica, Investigación e Innovación, Contexto, Extensión y Gestión Administrativa estarán en una situación buena.

Escenario 32 - 00000: La probabilidad de que encontremos que en el 2020 el escenario es del 21%. Este escenario corresponde a que los ejes de Infraestructura Tecnológica, Investigación e Innovación, Contexto, Extensión y Gestión Administrativa no estarán en una situación buena.

Escenario 17 - 01111: La probabilidad de que encontremos que en el 2020 el escenario es del 7%. Este escenario corresponde a que el eje de Infraestructura Tecnológica no estaría en situación buena y los ejes de Investigación e Innovación, Contexto, Extensión y Gestión Administrativa se encontrarían en una situación buena.

Escenario 03 - 11101: La probabilidad de que encontremos que en el 2020 el escenario es del 6,6%. Este escenario corresponde a que los ejes de Infraestructura Tecnológica, Investigación e Innovación, Contexto y Gestión Administrativa se encontrarían en una situación buena y el eje de Extensión no estaría en una situación buena.

Escenario 09 - 10111: La probabilidad de que encontremos que en el 2020 el escenario es del 6,5%. Esto corresponde a que los ejes de Infraestructura Tecnológica, Contexto, Extensión y Gestión Administrativa se encontrarían en una situación buena y el escenario Investigación e Innovación no lo estaría.

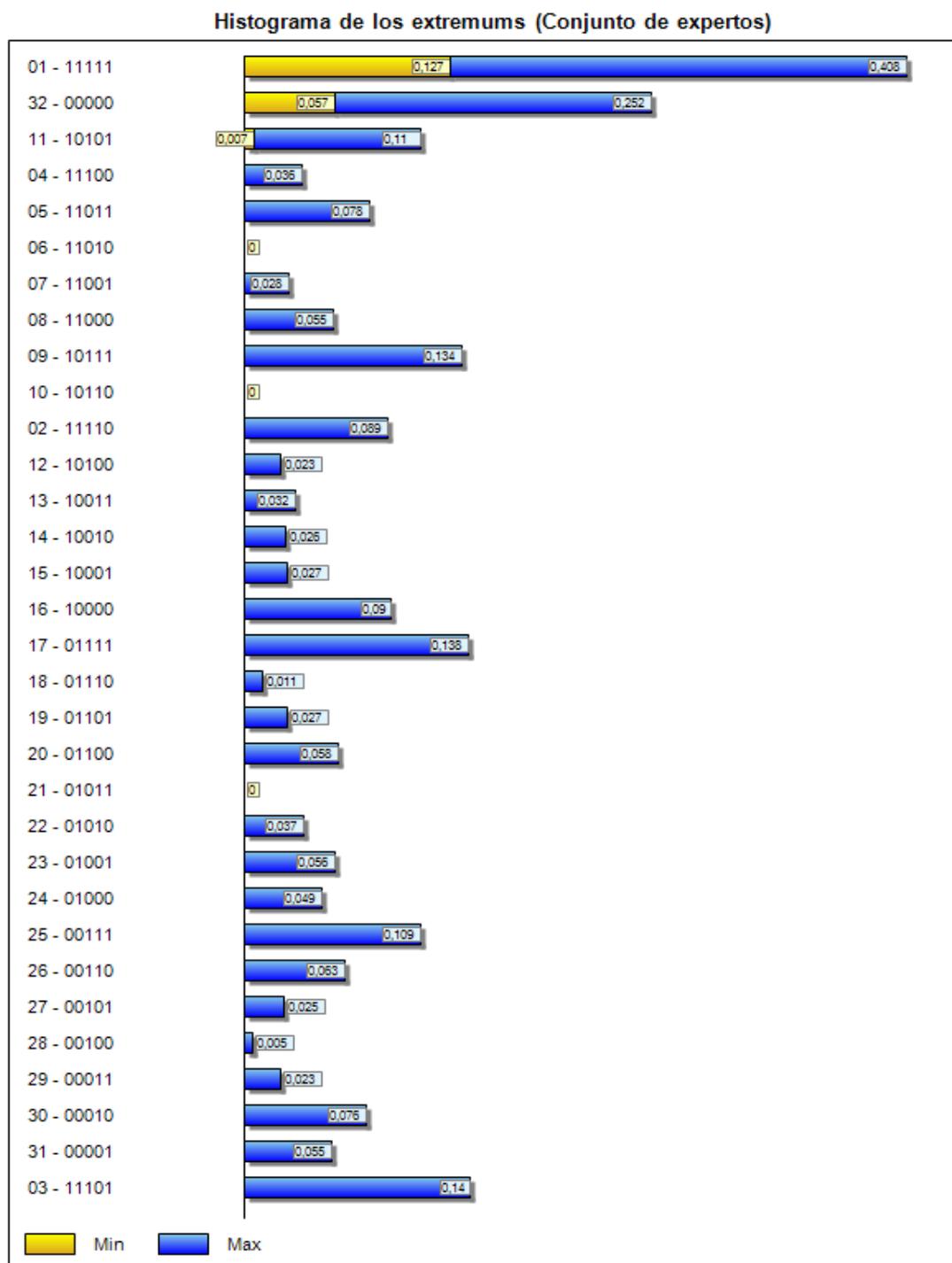
Escenario 02 - 11110: La probabilidad de que encontremos que en el 2020 el escenario es del 4,6%. Este escenario corresponde a que los ejes de Infraestructura Tecnológica, Investigación e Innovación, Contexto y Extensión se encontrarían en una situación buena y el eje de Gestión Administrativa no lo estaría.

Escenario 11 - 10101: La probabilidad de que encontremos que en el 2020 el escenario es del 4,1%. Este escenario corresponde a que es los ejes de Infraestructura Tecnológica, Contexto y Gestión Administrativa se encontrarían en una situación buena y los escenarios Investigación e Innovación y Extensión no estarán en una buena situación.

Escenario 25 - 00111: La probabilidad de que encontremos que en el 2020 el escenario es del 3,1%. Este escenario corresponde a que los ejes de Infraestructura Tecnológica e Investigación e Innovación no se encontrarían en una situación buena mientras que los ejes de Contexto, Extensión y Gestión Administrativa si lo estarán.

Escenario 05 - 11011: La probabilidad de que encontremos que en el 2020 el escenario es del 2,3%. Este escenario corresponde a que los ejes de Infraestructura Tecnológica, Investigación e Innovación, Extensión y Gestión Administrativa se encontrarían en una buena situación pero el eje de Contexto no lo estaría.

Figura 19. Histograma de variaciones de probabilidades de los escenarios.



3.2.3.3 Escenario más probable.

Escenario 01 – 11111

Este es un escenario optimista en el cuál el Centro de Ciencia Básica logra que la situación de todos los ejes de interés sea buena en el año 2020. Este escenario corresponde a un Centro innovador que se actualiza constantemente y que facilita las actividades de extensión académica, con una buena infraestructura tecnológica representada en laboratorios dotados con sistemas de alta tecnología, los cuales soportan la interacción del Centro con otros centros de Ciencia Básica de diferentes Universidades y con otras facultades de la UPB.

La probabilidad de este escenario es de 23.9%.

3.2.3.4 Escenario pesimista.

Escenario 32 – 00000

Este es un escenario pesimista en el cuál la situación de todos los ejes planteados para el ejercicio no estarán en una situación buena, lo que implica que el Centro no será innovador, no participará ampliamente en procesos de extensión académica, no poseerá laboratorios bien dotados, lo que no le permitirá al centro ser líder en temas de investigación e innovación.

La probabilidad de este escenario es de 21.0%.

3.2.3.5 Escenario tendencial.

Escenario 32 – 00000

De acuerdo con el análisis de algunos integrantes del Centro de Ciencia Básica junto con su Director, analizando las razones de la alta probabilidad del escenario pesimista, teniendo presente el estado retrospectivo de todos los ejes, y suponiendo que no se realice ninguna intervención estratégica que genere las rupturas de esta tendencia, se encontraría que el escenario pesimista (32), en el cual ninguno de los ejes será bueno, es también el escenario tendencial hacia donde se dirigiría el Centro de Ciencia Básica.

Las razones para elegir este escenario como tendencial se fundamentan en el diagnóstico y en la evaluación de las situaciones que se presentan en los cinco ejes estratégicos:

En cuanto al eje de **Infraestructura Tecnológica** se encuentra que el Centro de Ciencia Básica no cuenta con la tecnología apropiada para el desarrollo de las actividades administrativas y académicas, es decir, no posee sistemas de información diferentes al sistema SIGAA que le permitan realizar labores de medición de las acciones de gestión y vigilancia tecnológica, para mantener actualizado su currículo de acuerdo a las tendencias mundiales en Ingeniería; además su cuerpo docente no cuenta con capacitación periódica en el manejo de las herramientas tecnológicas disponibles, lo que hace que éstas no se aprovechen adecuadamente, como es el caso de las redes de conocimiento (ejemplo RUANA, Universia, entre otras).

De otro lado, no se cuenta con laboratorios en el área de Matemáticas y los que están relacionados con las áreas de Física y Química no están dotados con herramientas de medición modernas, ni sistemas de cómputo actualizados y

adicionalmente no poseen programas de software con varias herramientas de cálculo científico y de simulación.

Evaluando el eje de **Investigación en Innovación** se observa que hay pocos grupos de Investigación en temáticas de Ciencia Básica para Ingeniería, principalmente en las áreas de Física y Matemáticas (Grupo de Óptica y Espectroscopía - GOE, Grupo de Investigación en Matemáticas - GMAT), y aunque se está gestando un grupo de investigaciones en Química, los grupos actuales resultan insuficientes ante los retos regionales, nacionales y mundiales de producción de nuevos conocimientos y aplicaciones para Ingeniería. Para este eje no hay planteados proyectos futuros que pretendan la conformación de nuevos grupos de investigación, ni la creación de programas de postgrado, aparte del doctorado con énfasis en Óptica soportado por el grupo de investigación GOE, en temas de Ciencia Básica para Ingeniería, lo que no permite la inclusión de nuevos investigadores y si un posible estancamiento del Centro en solamente asuntos docentes, dejando de la lado la innovación y la relación con empresas del sector productivo que podrían habilitar al Centro para participar en diferentes convocatorias del SENA y COLCIENCIAS en las que se requiere la relación Universidad – Empresa como requisito.

El **Contexto** externo que rodea el accionar del Centro de Ciencia Básica no está en una situación buena, por cuanto la inversión del Estado en Ciencia y Tecnología, especialmente en lo que tiene que ver con investigación básica, todavía es muy baja comparada con otros países, los programas de Ingeniería no involucran al Centro de Ciencia Básica en los proyectos desarrollados en sus grupos de investigación y adicionalmente la presentación de proyectos académicos y de investigación al Centro Integrado para el Desarrollo de la Investigación CIDI está limitada a una pequeña cifra por año.

El eje **Extensión** está afectado por el eje de Investigación e Innovación, ya que la extensión se entiende como el espacio de difusión y capacitación en nuevos conocimientos a la comunidad en general interesada en temas de Ciencia Básica para ingeniería. Desde este punto de vista, si no se toman acciones en pro de la Investigación, no habrá conocimientos nuevos e interesantes para entregar a la sociedad a través de la extensión académica.

El eje de **Gestión Administrativa** debe ser revisado, pues hasta el momento no se ha implementado un sistema de medición que permita establecer metas de gestión e ir monitoreando su debido cumplimiento, las cuales son fundamentales para evaluar, tomar acciones proactivas y correctivas y mejorar el funcionamiento integral del Centro de Ciencia Básica, en armonía con los procesos administrativos de la Universidad Pontificia Bolivariana.

4 OBJETIVOS Y ESTRATEGIAS

Como resultado de la evaluación del estado actual de los ejes estratégicos Infraestructura Tecnológica, Investigación e Innovación, Contexto, Extensión Académica y Gestión Administrativa y la recopilación de los proyectos que están en diferentes fases de desarrollo al interior del Centro de Ciencia Básica y las iniciativas para proyectos futuros, se realizan las siguientes recomendaciones, planteadas por objetivos y sus respectivas estrategias para lograr avances en el camino de conseguir el escenario Apuesta, en el que todos los ejes estratégicos se encuentren en un estado bueno en el año 2020.

A continuación se presentan los objetivos y estrategias:

- **Mejorar la infraestructura tecnológica de los recursos académicos del Centro de Ciencia Básica**

Estrategias:

- Construir y dotar laboratorios de matemáticas.
- Dotar los laboratorios existentes que prestan servicio al Centro.
- Proveer e implementar herramientas y procesos que faciliten el trabajo en red, la comunicación y fomenten el trabajo en equipo.
- Participar activamente en la Red Universitaria Antioqueña RUANA, proponiendo e implementando proyectos de investigación y desarrollo, y promoviendo los servicios del Centro de Ciencia Básica.

- **Fortalecer la integración y el mejoramiento de los procesos de investigación e innovación del Centro de Ciencia Básica, con los programas de Ingeniería y con los sectores productivos**

Estrategias:

- Ejecutar programas de Gestión del Cambio, buscando la apropiación y explotación de nuevas herramientas y metodologías por parte de los docentes.
- Realizar jornadas de renovación periódica de personal administrativo y docente.
- Implementar programas de apoyo a la creación de empresas a partir de los procesos de spinoff corporativos promovidos por la universidad.
- Adquirir sistemas informáticos para realizar vigilancia tecnológica y asignar esta actividad a personal del Centro.
- Valorar y dar prelación a profesionales con estudios de maestría y doctorado en los procesos de selección de nuevos docentes, alineada con la política interna de la universidad.
- Patrocinar estudios de maestría y doctorado para el personal docente del Centro de Ciencia Básica.
- Establecer convenios de intercambio educativo a nivel de maestría y doctorado.
- Publicación de un mayor número de resultados de las investigaciones en revistas indexadas.
- Formar más grupos de investigación y fortalecer los actuales, para que soporten estudios de postgrado con énfasis en las ciencias básicas.
- Promover la participación de docentes y estudiantes en la industria, para participar en la solución de diferentes problemas de planeación, modelamiento y cálculos de sus procesos productivos.

- **Mejorar el impacto social del Centro de Ciencia Básica mediante el fortalecimiento de los procesos de difusión de conocimientos al interior de la Universidad, la movilidad académica y la participación en los sectores productivos regionales**

Estrategias:

- Favorecer la movilidad académica de docentes y estudiantes, aprovechando estas experiencias exógenas para renovar ideas y promover actualizaciones curriculares.
 - Promover políticas de competitividad sistémica y gestión tecnológica, tales como política educacional y científico tecnológica dentro del contexto interno del Centro, logrando cambios y mejoras continuas en la calidad del servicio de educación superior, personal docente mejor calificado y una buena competitividad y productividad en el medio.
 - Promover la participación de docentes y estudiantes en la industria, para participar en la solución de diferentes problemas de planeación, modelamiento y cálculos de sus procesos productivos.
 - Realizar periódicamente estudios Delphi para establecer la vigencia y actualización de las temáticas en el plan de estudios de ingeniería, para mejorar permanentemente los currículos del centro.
 - Ajustar los programas de Ciencia Básica de acuerdo a las necesidades particulares de cada programa de ingeniería, equilibradas con la eficacia requerida por la Universidad.
- **Fortalecer actividades, programas y proyectos de extensión académica, la transferencia de conocimiento y los servicios del Centro de Ciencia Básica**

Estrategias:

- Programar más procesos de divulgación que favorezcan el intercambio de los conocimientos y sus aplicaciones, a través de

eventos, foros, conversatorios, cursos de extensión, olimpiadas de las diferentes áreas de conocimiento de la ciencia básica.

- Implementar programas de apoyo a la creación de empresas a partir de los procesos de spin off corporativos promovidos por la universidad.
- Promover la participación de docentes y estudiantes en la industria, para participar en la solución de diferentes problemas de planeación, modelamiento y cálculos de sus procesos productivos.
- Establecer convenios de intercambio educativo a nivel de maestría y doctorado.

- **Gestionar continuamente el desempeño administrativo**

- **Estrategias:**

- Definir procesos para adquirir métricas y establecer metas de desempeño.
- Implementar un sistema de gestión de metas a través de metodología BSC Balanced Scorecard (conocido también como Cuadro de mando integral), obteniendo la visión del estado de las variables financieras, de clientes, de procesos internos y de innovación y mejora.
- Establecer metodologías de actualización curricular.
- Realizar periódicamente estudios Delphi para establecer la vigencia y actualización de las temáticas en el plan de estudios de ingeniería, para mejorar permanentemente los currículos del centro.
- Ajustar los programas de Ciencia Básica de acuerdo a las necesidades particulares de cada programa de ingeniería, equilibradas con la eficacia requerida por la Universidad.

5 DIAGRAMA CAUSAL CENTRO DE CIENCIA BÁSICA E INGENIERÍA ELÉCTRICA - ELECTRÓNICA

Como elemento agregado al Estudio de Prospectiva Estratégica del Centro de Ciencia Básica de la Escuela de Ingenierías de la UPB de Medellín, se presenta el diagrama causal de enlace entre el Centro de Ciencia Básica y los programas de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Este trabajo es un insumo para plantear modelos para simulación con los cuales se pueda evaluar el comportamiento del sistema en el tiempo, plantear políticas y estrategias, basado principalmente en las variables clave encontradas mediante la metodología MIC-MAC. La simulación y la validación de los resultados no se encuentran dentro del alcance del presente trabajo de grado y puede ser abordado como problema de investigación de futuros estudios del grupo de Política y Gestión tecnológica de la UPB como complemento al programa de prospectiva estratégica.

5.1 VARIABLES CLAVE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

En la siguiente tabla se presentan las variables clave resultantes de los estudios de análisis estructural para los programas de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, resultados estos que se encuentran plasmados en los informes de investigación del Grupo de Política y Gestión Tecnológica:

Tabla 19. Variables clave Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

VARIABLES CLAVE	
INGENIERÍA ELÉCTRICA	INGENIERÍA ELECTRÓNICA
<ul style="list-style-type: none"> • Avances tecnológicos en Ingeniería Eléctrica • Nivel de desarrollo del sector eléctrico en Colombia • Políticas gubernamentales con enfoque en el sector eléctrico • Campo de acción del ingeniero electricista en la región • Tendencias y dinámicas económicas y políticas del entorno nacional y mundial • Nivel de desarrollo económico del país • Investigación básica y aplicada en el programa de Ingeniería Eléctrica de la UPB • Transformación de la UPB en una universidad con propuestas flexibles y globalizadas • Vinculación de las investigaciones a las necesidades reales del país y la región 	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel de desarrollo económico del país • Inversión nacional en Ciencia y Tecnología • Números de horas semanales en investigación por docente investigador • Gestión del conocimiento • Grupos de investigación reconocidos por COLCIENCIAS • Procedimientos con metodologías para fijar las prioridades y aplicar las prioridades en la facultad • Escogencia perfil tecnológico y productivo de Ingeniería Electrónica en Colombia • Frecuencia de revisión de programas • Existencia de planes de desarrollo y mejoramiento a corto y largo plazo • Formación del cuerpo docente • Competencia desde otras

VARIABLES CLAVE	
INGENIERÍA ELÉCTRICA	INGENIERÍA ELECTRÓNICA
<ul style="list-style-type: none"> • Cualificación permanente de docentes • Competitividad, innovación y pertinencia del programa Ingeniería Eléctrica en la UPB • Recursos físicos como apoyo a la enseñanza, el aprendizaje y la investigación • Alianzas estratégicas con otras universidades y con la industria • Política de investigación y desarrollo de la UPB y fortalecimiento fundamental: Investigación, Docencia y Extensión. 	<ul style="list-style-type: none"> instituciones (nacionales e internacionales) • Pertinencia del programa y de los proyectos de investigación en satisfacer necesidades de la sociedad y la región • Programas de maestría y doctorado en electrónica • Modernización tecnológica • Acreditación • Motivación de los estudiantes para estudiar Ingeniería Electrónica • Auditoría a los procesos de investigación • Calidad de las tesis • Equipamiento importante dedicado a investigación y desarrollo • Existencia de un sistema de evaluación y de información para la investigación • Resultados ECAES • Spinoff universitarios en Ingeniería

VARIABLES CLAVE	
INGENIERÍA ELÉCTRICA	INGENIERÍA ELECTRÓNICA
	Electrónica <ul style="list-style-type: none"> • Semilleros de investigación • Interdisciplinariedad en las comunidades académicas

5.2 DEFINICIÓN DE VARIABLES CLAVE DIAGRAMA CAUSAL

Para el diagrama causal del Centro de Ciencia Básica y la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica se plantearon las relaciones entre variables clave descubiertas en el análisis estructural de cada uno de los sistemas, otras variables de interés que no resultaron ganadoras en el estudio y variables de enlace entre los sistemas analizados.

Las variables contenidas en el diagrama causal son las siguientes:

- **Flexibilidad curricular:** Definición de una propuesta de seguimiento de cursos no rígida y diversa, en la que el estudiante de acuerdo a sus intereses profesionales pueda tomar cursos optativos que se ajusten a sus necesidades.
- **Cursos / Estudios de posgrado:** Oferta de cursos de pregrado y postgrado y programas de formación avanzada en el Centro Ciencia Básica y la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

- **Inversión en laboratorios, SI, Becas:** Inversión destinada a dotar de nuevos equipos los diferentes laboratorios existentes y a la creación de nuevos laboratorios para la enseñanza y experimentación, Sistemas de información y bases de datos y auxilios para becas a estudiantes y docentes.
- **Infraestructura tecnológica:** Recursos como planta física, laboratorios, aulas de clase, sistemas de información, programas de software, que brinden mayor comodidad, eficacia y eficiencia al proceso educativo y estabilidad a toda la comunidad, dotadas con las tecnologías pertinentes, actualizadas y suficientes.
- **Nivel de desarrollo del país:** Esta variable está dada por múltiples factores, entre los de mayor importancia se encuentran: PIB - Nivel de desempleo - Nivel de acceso a la educación y servicios básicos - Crecimiento económico del país - Inflación - Índice de GINI.
- **Inversión nacional en Ciencia y Tecnología:** Apoyo financiero y normativo por parte del gobierno en temas de I+D y CyT, de acuerdo a las políticas públicas, planeación, prospectiva y prioridades nacionales de Investigación y Desarrollo.
- **Calidad de los estudiantes:** Nivel académico que la facultad proporciona y exige a sus estudiantes en todas las áreas para ser más competitivos y exitosos en el medio. Una medida importante de esta variable está dada por los resultados de los estudiantes en las pruebas ECAES.
- **Proyectos formulados:** Proyectos de investigación en los que participan los grupos de investigación del Centro de Ciencia Básica y de la Facultad

de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Estos proyectos pueden ser internos o también en conjunto y con vinculación de las empresas del sector.

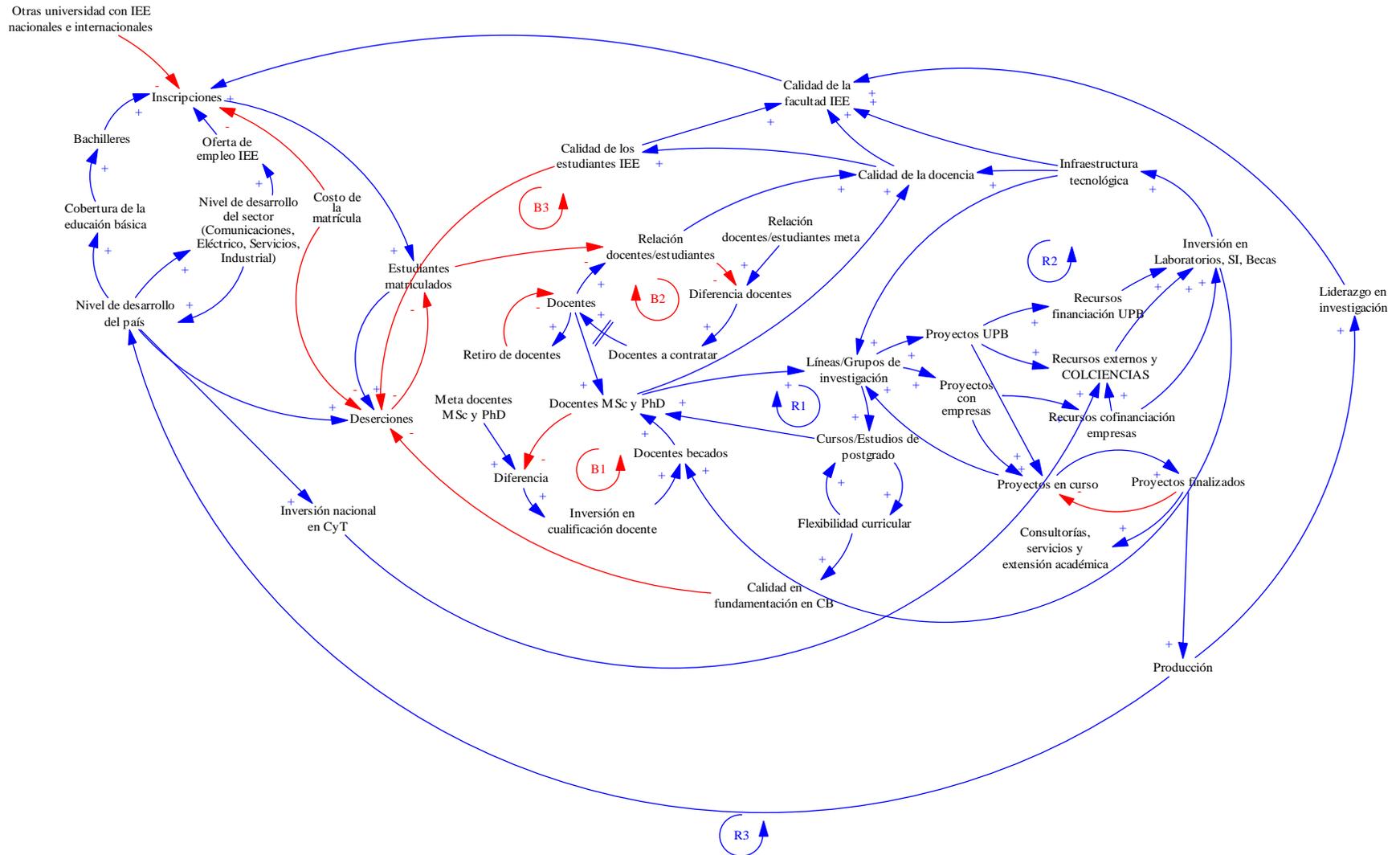
- **Recursos externos y COLCIENCIAS:** Aportes recibidos por Colciencias o por empresas de diferentes sectores para el desarrollo de proyectos con los grupos de investigación del Centro de Ciencia Básica y de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.
- **Producción:** Productos obtenidos como resultados de los proyectos de investigación adelantados por el Centro de Ciencia Básica y la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Estos pueden ser: Publicaciones en revistas científicas, conferencias, patentes, spinoff universitarios, textos universitarios, entre otros.
- **Consultorías, servicios y extensión académica:** Servicios de impacto social prestados por la Universidad a las empresas y personas naturales que los requieran.
- **Recursos propios UPB:** Recursos que destina la UPB para la investigación y la modernización tecnológica.
- **Liderazgo en investigación:** Mide el impacto de las investigaciones realizadas por los diferentes grupos. Los elementos componentes son: Publicaciones académicas en revistas científicas, patentes registradas y spin off universitarios.

- **Calidad de la fundamentación en Ciencia Básica:** Calidad de la fundamentación en Matemáticas, Física y Química, requeridas para la formación científica de los Ingenieros de la Escuela de Ingenierías de la UPB.

- **Calidad de la docencia:** Se enfoca en la suficiencia y el nivel de preparación de los docentes.

5.3 DIAGRAMA CAUSAL CONJUNTO DEL CENTRO DE CIENCIA BÁSICA Y LOS PROGRAMAS DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

Figura 20. Diagrama causal Ciencia Básica e Ingeniería Eléctrica y Electrónica.



5.4 CICLOS MÁS RELEVANTES

5.4.1 Cualificación docente (B1)

Integrado por las siguientes variables: Inversión en cualificación docente, docentes becados, docentes con MSc y PhD y diferencia con respecto a meta.

La meta de este ciclo es tener una planta de docentes con estudios de maestría y doctorado en pro de la calidad docente a través de la inversión en cualificación docente por medio de la consecución de becas y auxilios para estudios de postgrado.

5.4.2 Docentes (B2)

Integrado por las siguientes variables: Relación docentes/estudiantes, diferencia docentes, docentes a contratar y docentes.

La planta docente estará determinada por la relación docentes/alumnos definida por la facultad de acuerdo a sus políticas educativas. De esta forma, el número de docentes a contratar está dado por los docentes que faltan para cumplir la relación deseada.

5.4.3 Efecto de la calidad de la docencia (B3)

Integrado por las siguientes variables: Calidad de la docencia, calidad de los estudiantes, deserciones, estudiantes matriculados y relación docentes/estudiantes.

La calidad de la docencia es una variable que depende de la cualificación de los docentes y de la relación docentes/alumnos. Esta variable favorece los procesos de aprendizaje y mantiene la motivación de los estudiantes, disminuyendo así las

deserciones por motivos académicos e incrementando la calidad de los estudiantes.

5.4.4 Diversidad de la investigación (R1)

Integrado por las siguientes variables: Docentes con MSc y PhD, líneas/grupos de investigación, cursos/estudios de postgrado.

Este ciclo enfatiza en la necesidad de docentes con estudios de maestría y doctorado, de forma que se generen líneas y grupos de investigación de alta calidad. Con las nuevas líneas de investigación se pueden soportar cursos y programas de postgrado, estos últimos incrementan la cantidad de docentes con estudios de postgrado.

5.4.5 Universidad – Empresa – Estado (R2)

Integrado por las siguientes variables: Líneas/grupos de investigación, proyectos con empresas, recursos externos y COLCIENCIAS, inversión en laboratorios-SI-becas e infraestructura tecnológica.

Este ciclo muestra la importancia de la vinculación de la universidad con las necesidades del medio a través de la formulación de proyectos en conjunto con empresas del sector, con lo cual se logra de un lado la cofinanciación por parte de la empresa y proporcionalmente el apoyo de Colciencias para el desarrollo de estas iniciativas. Todo lo anterior redundando en la inversión en laboratorios, sistemas de información, recursos académicos, entre otros que fortalecen y pueden crear nuevas líneas de investigación en la Facultad. Con la articulación Universidad – Empresa – Estado se reducen los recursos propios que debe invertir la Universidad en investigación y se pueden aprovechar recursos para otorgar becas a docentes o a estudiantes para completar sus estudio de postgrado.

5.4.6 Investigación pertinente (R3)

Integrado por las siguientes variables: Nivel de desarrollo del país, inversión nacional en Ciencia y Tecnología, recursos externos y COLCIENCIAS, inversión en laboratorios-SI-becas, infraestructura tecnológica, líneas/grupos de investigación, proyectos con empresas o proyectos UPB, proyectos en curso, proyectos finalizados, producción.

Este ciclo muestra como los productos de los proyectos de investigación, tales como spinoff universitarios y patentes, favorecen el desarrollo económico del país. La financiación de estos proyectos tiene un gran componente aportado por COLCIENCIAS, entidad a la cual se le destina un porcentaje del producto interno bruto para inversión en Ciencia y Tecnología.

5.4.7 Fundamentación en Ciencia Básica (R4)

Integrado por las siguientes variables: Calidad en fundamentación en Ciencia Básica, deserciones, estudiantes matriculados, relación docentes/estudiantes, diferencia docentes, docentes a contratar, docentes, docentes MSc y PhD, líneas/grupos de investigación, cursos/estudios de postgrado y flexibilidad curricular.

En la medida en que se generen líneas de investigación por la participación de los docentes del Centro de Ciencia Básica en investigación, se generan nuevos cursos que profundizan la fundamentación de la formación básica, haciendo currículos más flexibles, de forma que los estudiantes pueden optar por cursos que se ajusten a sus intereses profesionales. Lo anterior genera mayor motivación y rendimiento académico, lo que contribuye a la disminución de las deserciones por este aspecto.

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El trabajo presentado es una herramienta gerencial que permite a los entes administrativos de la Universidad Pontificia Bolivariana y del Centro de Ciencia Básica para Ingeniería, tomar decisiones y ejecutar acciones de cara a los retos a los que enfrentará el Centro de Ciencia Básica al año 2020.

Para el estudio del sistema del Centro de Ciencia Básica mediante análisis estructural, fueron encontradas 61 variables, de las cuales 21 resultaron estratégicas para impactar positivamente el desarrollo del Centro. El sistema tiene alta influencia, lo cual se puede visualizar con una acumulación de variables en los cuadrantes superiores de los planos de motricidad y dependencia hallados con el análisis MIC-MAC. Esta influencia hace que al agrupar las variables en ejes estratégicos o líneas de acción (Infraestructura Tecnológica, Investigación e Innovación, Contexto, Extensión Académica y Gestión Administrativa), éstos estén fuertemente ligados, lo cual se evidencia en los resultados de la construcción de escenarios, en la que los escenarios con mayor probabilidad son: en primer lugar el escenario optimista, en el que todos los ejes se encuentran en estado bueno en el año 2010 con una probabilidad de 23,9% y en segundo lugar el escenario pesimista, en el que ninguno de los ejes se encuentran en estado bueno con una probabilidad de 21,0%.

Una conclusión importante es que dado que la Investigación Básica y la Investigación Aplicada son variables clave del sistema, el Centro de Ciencia Básica debe migrar a un esquema en el que la investigación sea un pilar fundamental, que permita el relacionamiento del Centro con los programas de la Escuela de Ingeniería más allá de la fundamentación teórica en Matemáticas, Física y Química y con el Sistema Nacional de Innovación que pretende propiciar la interacción entre la Universidad, la Empresa y el Estado (a través de COLCIENCIAS).

Como parte del análisis del sistema se realizaron propuestas estratégicas para el Centro de Ciencia Básica que se encuentran consignadas en el informe final del estudio de prospectiva del Centro de Ciencia Básica y que buscan potencializar aquellos aspectos en los que el Centro ha alcanzado un alto nivel de desarrollo y mejorar en aquellos que resultan relevantes luego del análisis estructural y sobre los cuales no se han emprendido acciones en la actualidad. Las estrategias generales están enmarcadas en objetivos centrales sobre los ejes estratégicos definidos. Los objetivos con sus respectivas estrategias pueden ser incluidos en los planes de trabajo del Centro de Ciencia Básica y en general están enfocados en las siguientes líneas:

- Mejoramiento de la infraestructura tecnológica y los recursos académicos del Centro de Ciencia Básica, para lo cual es indispensable la creación y dotación de laboratorios con paquetes de software que faciliten la experimentación, aplicación de conceptos en situaciones reales y que posibiliten el trabajo en red, no sólo con las facultades de la UPB, sino con redes de investigación a nivel nacional e internacional.
- Fortalecimiento de los vínculos a nivel investigativo del Centro de Ciencia Básica con los diferentes proyectos de investigación básica y aplicada de las facultades de ingeniería y otras facultades de la UPB, apostando a la

generación de nuevo conocimiento, a la aplicación de éstos en proyectos empresariales y a la explotación y apropiación de distintas herramientas y metodologías que incrementen el impacto del Centro en su área de influencia.

- Difusión de conocimientos al interior de la Universidad, generación de programas de movilidad académica de docentes y estudiantes a través de convenios con universidades nacionales e internacionales y participación en los sectores productivos regionales en fases de diseño, modelamiento, simulación y optimización en proyectos empresariales.
- Fortalecimiento de actividades, programas y proyectos de extensión académica, la transferencia de conocimiento y los servicios del Centro de Ciencia Básica.
- Gestión continua del desempeño administrativo a través de la generación de métricas, indicadores y metas de desempeño.
- Actualización y flexibilidad curricular, ajustando los programas de las asignaturas de Ciencia Básica a las necesidades particulares de los programas de ingeniería ofrecidos por la Escuela de Ingenierías de la UPB, equilibradas con la eficacia requerida por la Universidad.

De otro lado, el diagrama causal realizado teniendo en cuenta las variables clave del sistema del Centro de Ciencia Básica pone de manifiesto la importancia de la cualificación docente y a la investigación. Las dos variables tienen una estrecha relación ya que en la medida en que los docentes están capacitados en programas de maestría y doctorado generan líneas de investigación que pueden ser aprovechadas para establecer relaciones con empresas de diferentes sectores, principalmente los que están directamente relacionados con las líneas de

profundización de la facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, apoyadas por el Centro de Ciencia Básica en los proyectos que se requieran. Esta relación entre la Universidad y la Empresa trae consigo grandes beneficios, pues permiten a la Universidad generar conocimiento aplicado y pertinente para la resolución de las necesidades de la región y el país, a las empresas les permite acelerar sus procesos de innovación y desarrollo o apropiación de nuevas tecnologías y adicionalmente se favorece la participación del Estado a través de políticas de financiación y cofinanciación para proyectos de alto impacto sobre las líneas que el país define como estratégicas para su crecimiento.

El diagrama causal producto de este trabajo, el cual muestra de forma sencilla las hipótesis sobre las relaciones causa – efecto entre las variables más importantes del sistema estudiado (Centro de Ciencia Básica y programas de Ingeniería Eléctrica y Electrónica), es el primer paso para la definición una herramienta que permita la evaluación de políticas y estrategias bajo diferentes escenarios usando dinámica de sistemas que contribuye de forma definitiva al análisis de un sistema complejo.

La consulta a expertos sobre el futuro de las Matemáticas arroja las siguientes conclusiones:

- Las 10 áreas de mayor prioridad arrojadas por el estudio Delphi son: Cálculo integral, Álgebra lineal, Cálculo Vectorial, Ecuaciones Diferenciales, Cálculo diferencial, Geometría vectorial, Estadística y Procesos estocásticos, Análisis y Métodos Numéricos, Modelación y Simulación y Diseño de experimentos.
- Adquisición de nuevas herramientas de laboratorio con el objetivo de fortalecer la investigación básica y aplicada a diferentes problemas de Ingeniería.

- Apostar por un currículo flexible generando líneas de profundización teniendo en cuenta las líneas identificadas como prioritarias y de alto impacto en los programas estudiados (Ingeniería Eléctrica y Electrónica) y profundizar el análisis en los demás programas de Ingeniería de la Escuela.
- Focalizar la capacitación y la producción docente en las áreas prioritarias resultantes del estudio Delphi, especialmente en aquellas que brindan mayor soporte a las necesidades de la Escuela de Ingenierías de la UPB.

Metodológicamente se puede concluir que las herramientas utilizadas (Método Delphi, MIC-MAC y Dinámica de Sistemas) a lo largo del desarrollo del estudio prospectivo se complementan apropiadamente, dado que permiten visualizar escenarios de futuro y entregan el insumo básico para la construcción de una herramienta que facilite la evaluación de políticas que permitan conseguir el escenario apuesta del Centro en el 2020.

El Centro de Ciencia Básica, dado el carácter transversal de las Áreas de Matemáticas, Física y Química, debe propender por una mayor interacción con otras facultades como las Ciencias Estratégicas, Arquitectura y Diseño y también desarrollar programas que generan alto impacto social a través de la Extensión Académica.

Como recomendación final, este estudio prospectivo debe ser actualizado y de forma proactiva el Centro de Ciencia Básica debe emprender programas para cerrar las brechas entre el estado actual de las líneas estratégicas y la visión al año 2020 de acuerdo a los retos planteados por los resultados del presente trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

ARACIL, Javier. Dinámica de Sistemas, España: 1995 [En línea]. [Consulta: 30 de enero 2009]. Disponible en: <http://comunidad.uach.mx/marana/materias/mod_din_de_sist/material/Dinamica_de_sistemas.pdf>

ARBOLEDA, Jaime. Estrategias para la cadena textil - confección en Antioquia: Enfoque prospectivo. En Serie Formación Avanzada. Universidad Pontificia Bolivariana. 1995, Vol. 5, 144 p.

ARRIETA, José y BRAVO, María. El método Delphi: Su implementación en una estrategia didáctica para la enseñanza de las demostraciones geométricas. [en línea]. [Consulta: 30 abril de 2009] Disponible en: <<http://www.rieoei.org/deloslectores/804Bravo.PDF>>

ASTIGARRAGA, Eneko. La función Prospectiva en la empresa: apuntes de prospectiva para el módulo de dirección estratégica.[en línea].[Consulta: 15 de abril 2009]. Disponible en: <http://www.unalmed.edu.co/~poboyca/documentos/documentos1/documentos-Juan%20Diego/Plnaifi_Cuencas_Pregrado/Sept_29/Metodo_delphi.pdf>

BALARAMAN, Shakuntala y VENKATAKRISHNAN, K. Identifying Engineering Education Goals and Priorities for the Future: an experiment with the Delphi Technique. Amsterdam: Higher Education, 1980, 53-67 p.

BARBIERI MASINI, Eleonora, ¿por qué los estudios de futuro?, Inglaterra: Grey Seal libros, 1994. 87 p.

BORDOGNA, Joseph. El ingeniero del futuro, El integrador maestro. En: National Science Foundation, CONFERENCIA MUNDIAL SOBRE EDUCACIÓN EN INGENIERÍA (1995: Saint Paul, Minnesota). Santafé de Bogotá: ACOFI, 1996. p. 7- 12.

BUILES RESTREPO, Carlos Alberto y MANRIQUE HENAO, Jorge Alonso. Las prioridades investigativas en ingeniería mecánica: un estudio prospectivo en Antioquia - Medellín, 2000. Trabajo de grado Ingeniería. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana. Escuela de Ingenierías. Facultad de Ingeniería Mecánica, 2000, 58 p.

CASTILLA, Adolfo. Construcción de Escenarios mediante integración de Técnicas de Prospectiva: Delphi, Impactos Cruzados, y Modelización en Ordenador. En: Revista de Alta Dirección, 1988. p. 32-48.

CLUB DE ROMA. Página web oficial. [en línea]. [Consulta: 13 de febrero 2010]. Disponible en: <<http://www.clubofrome.org/eng/home>>

CONVENIO ANDRÉS BELLO. Diseño metodológico y análisis de resultados de la encuesta Delphi del estudio prospectivo al 2020 sobre la educación superior para la transformación productiva, social y equidad en los países del CAB. Bogotá: El Convenio, 2007. 97 p.

CRAWLEY, Edward. CDIO Syllabus: A Statement of Goals for Undergraduate Engineering Education. [en línea]. [Consulta: 06 de enero 2010]. Disponible en: <http://www.cdio.org/files/CDIO_Syllabus_Report.pdf>

DALKEY, Norman y HELMER, Olaf. An experimental application of the Delphi Method to use of experts. En: Revista Ciencia de la Administración. 1963, Vol. 9, No. 4, 459 p.

DYNER, Isaac; PEÑA, Gloria y ARANGO, Santiago. Modelamiento para la simulación de sistemas socio-económicos y naturales. Medellín: Ediciones Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, 2008. p. 226

ESCOBAR, John; MOSQUERA, Clara y PERDOMO, Wilder. Estudio Prospectivo del Centro de Ciencia Básica 2020. Informe de investigación Grupo de Política y Gestión Tecnológica. Universidad Pontificia Bolivariana. Escuela de Ingenierías. Maestría en Gestión Tecnológica, 2009, 185 p.

FALSETTI, Marcela. Perspectiva integrada de la enseñanza y el aprendizaje de la matemática: una mirada al campo disciplinar de la matemática. En: Revista Unión: Revista iberoamericana de educación matemática, No. 7, 2006, p.23-38.

FORRESTER, Jay. Diseñando el futuro. [En línea]. España: Universidad de Sevilla, 1998 [Consulta: 30 de enero. 2009]. Disponible en: <<http://sysdyn.clexchange.org/sdep/papers/D-4808.pdf>>

GARCÍA, Pedro Nel. Plan de Ordenamiento Académico de la Educación Superior en la Costa Atlántica. En: Revista Primer encuentro Iberoamericano de estudios prospectivos- Universidad de la Sabana, 1997, p. 87-100.

GODET, Michael y otros. Caja de Herramientas de la Prospectiva Estratégica, 4ta. Edición, [en línea]. [Consulta: 20 de Agosto 2008]. Disponible en: <<http://www.cnam.fr/lipsor/lips/conferences/data/bo-lips-esp.pdf>>

GODET, Michel. De la anticipación a la acción: Manual de prospectiva y estrategia, Ediciones: Alfaomega- Marcombo, 1993.

GUPTA, Uma y CLARKE, Robert. Theory and Applications of the Delphi Technique: a Bibliography (1975-1994). En: Technologycal Forecasting and Social Change. New York, 1996, No. 53, p. 185-211.

GUTIERREZ, Luis Jaime. Las prioridades investigativas en Ingeniería Informática: un estudio prospectivo en Antioquia - Medellín. Trabajo de grado ingenierías. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de Ingenierías. Maestría Gestión Tecnológica, 2008.

HUNTZINGER, Deborah, et al. Enabling Sustainable Thinking in Undergraduate Engineering Education. [en línea]. [Consulta: 12 de marzo 2010]. Disponible en: <<http://www.geo.mtu.edu/~dnhuntzi/publications/enged.pdf>>

LINSTONE, Harold y TUROFF, Murray. The Delphi method: Techniques and applications. London: Ediciones Addison - Wesley, 1975. 620 p.

MANUAL DE FRASCATI. Medición de las actividades científicas y tecnológicas, propuesta de norma práctica para encuestas de investigación y desarrollo experimental. En: Revista Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - OCDE, 1993.

MOJICA SASTOQUE, Francisco. La prospectiva: Técnicas para visualizar el futuro. Santafé de Bogotá: Ediciones Legis, 1991. 144 p.

MOJICA, Francisco J. La educación superior del siglo XXI. Seminario Taller de Prospectiva. Medellín: ICFES- CRES de Occidente- Politécnico Jaime Isaza Cadavid. 1997, 30 p.

MOJICA, Francisco José. Análisis del siglo XXI: Concepto de Prospectiva, Escenarios y Tendencias que permiten hacer un examen del próximo siglo. Bogotá: Ediciones Alfaomega, 1998.

OSLO. Manual de Oslo. 2 Ed. Paris: OECD, 1996. 91 p.

PEREDA, Martín. Prospectiva tecnológica: una introducción a su metodología y a su aplicación en distintos países, organización de estados Iberoamericanos para la educación, la ciencia y la cultura: 2002 [en línea]. [Consulta: 10 de abril 2009]. Disponible en: <<http://www.oei.es/salactsi/prospectiva.pdf>>

POVEDA RAMOS, Gabriel. El Desarrollo Tecnológico y su incidencia en el Desarrollo del país. En: Biblioteca Universidad Pontificia Bolivariana - Maestría en Gestión Tecnológica, Medellín, Ed. Mimeo, 1996, 6 p.

SISE. Estrategia nacional de ciencia y tecnología: Ejercicio de prospectiva a 2020. [en línea]. [Consulta: 30 de abril 2009]. Disponible en: <<http://sise.fecyt.es/sise-public-web/mostrarModelo.do?idContentValue=317&version=43&idContent=317&tipoModelo=4>>

STERMAN, John. Business dynamics: Systems thinking and modeling for a complex world. USA: Ediciones: McGraw Hill, 2000. 982 p.

SZLANSKI, Fabián. SD and Prospective: a marriage of convenience [en línea]. [Consulta: 17 de febrero. 2009]. Disponible en: <<http://www.systemdynamics.org/conferences/1999/PAPERS/PARA80.PDF>>

TRUJILLO, Raúl. Prospectiva tecnológica en Colombia Universidad Externado de Colombia: 2007. [En línea]. [Consulta: 26 de abril 2009]. Disponible en:<http://www.cgee.org.br/arquivos/ib17.pdf>

UNIVERSIDAD EXTERNADO CENTRO DE PENSAMIENTO ESTRATÉGICO Y PROSPECTIVA.[en línea].[Consulta: 07 de junio de 2009] Disponible en: <<http://administracion.uexternado.edu.co/es/centros/pEstrat/investigacion.htm>>

UNIVERSIDAD PONTIFICA BOLIVARIANA. La estrategia genérica y sus objetivos prospectivos-estratégicos hacia el año 2015. Medellín, 2007.

THE HIGER EDUCATION ACADEMY. Education for Sustainable Development in Engineering Report of a Delphi Consultation. [en línea]. [Consulta: 20 de marzo 2010]. Disponible en: <<http://www.engsc.ac.uk/downloads/scholarart/delphi-consultation.pdf>>

ZAPATA V, Roberto. Prospectiva y planeación por escenarios: Aplicación a Teleantioquia 1998-2008. Tesis de grado Maestría en Gestión Tecnológica. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana. Escuela de Ingeniería. Maestría en Gestión Tecnológica. Medellín, 1999.

ZARTHA SOSSA, Jhon Wilder. Programa de Prospectiva Estratégica para la Escuela de Ingeniería de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Medellín-Grupo de Investigación Política y Gestión Tecnológica, En: La Universidad. 2008.

ANEXOS

Anexo A. Encuestas de aplicación del método Delphi.

ENCUESTA DELPHI A EXPERTOS – RONDA 1
ESTUDIO PROSPECTIVO DEL ÁREA MATEMÁTICAS AÑO 2020
CENTRO DE CIENCIA BÁSICA

GRUPO DE POLÍTICA Y GESTIÓN TECNOLÓGICA
GRUPO A – COLCIENCIAS
MAESTRÍA EN GESTIÓN TECNOLÓGICA



UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SEDE MEDELLÍN

Señor(a) profesional:

Agradecemos su participación en el Estudio de Prospectiva Estratégica del Centro de Ciencia Básica para Ingenierías de la UPB respondiendo a las preguntas enunciadas en esta encuesta, cuyo objetivo es conocer sus opiniones acerca del futuro del área de Matemáticas como ciencia básica aplicada a la Ingeniería al año 2020.

DATOS DEL ENCUESTADO

Nombre del experto	
Título de pregrado	
Título de postgrado	
Empresa donde labora	
Teléfono de contacto	
Teléfono alternativo	
Ciudad / País	
Correo electrónico	
Fecha de entrega de la encuesta	___ / ___ / _____
Fecha de devolución de las respuestas	___ / ___ / _____

CUESTIONARIO

A) Si se evalúan las tendencias de la ingeniería al año 2020, ¿qué temáticas del área de matemáticas merecen mayor atención? Si encuentra que uno de estos temas es relevante en al menos uno de los programas de Ingeniería por favor señale su nivel de importancia:

0. No sabe / No responde
1. No es importante
2. Poco importante
3. Medianamente importante
4. Importante
5. Muy importante

No	TEMÁTICAS	CALIFICACIÓN					
		0	1	2	3	4	5
1	Matemática Básica	0	1	2	3	4	5
2	Geometría Euclidiana	0	1	2	3	4	5
3	Geometría Vectorial	0	1	2	3	4	5
4	Trigonometría	0	1	2	3	4	5
5	Cálculo Diferencial	0	1	2	3	4	5
6	Cálculo Integral	0	1	2	3	4	5
7	Matemáticas discretas	0	1	2	3	4	5
8	Algebra Lineal	0	1	2	3	4	5
9	Cálculo Vectorial	0	1	2	3	4	5
10	Ecuaciones Diferenciales	0	1	2	3	4	5
11	Cálculo de Variable compleja	0	1	2	3	4	5
12	Topología Básica	0	1	2	3	4	5
13	Estadística y Procesos Estocásticos	0	1	2	3	4	5
14	Estadística Inferencial	0	1	2	3	4	5
15	Análisis y métodos numéricos	0	1	2	3	4	5
16	Análisis de sistemas No Lineales	0	1	2	3	4	5
17	Teoría de la Computación	0	1	2	3	4	5
18	Matemáticas Financieras	0	1	2	3	4	5
19	Método de elementos finitos	0	1	2	3	4	5
20	Modelación y Simulación	0	1	2	3	4	5
21	Optimización de sistemas	0	1	2	3	4	5
22	Análisis de datos composicionales	0	1	2	3	4	5
23	Data mining	0	1	2	3	4	5

Si conoce otras temáticas en el área de estudio que puedan ser agregadas a la lista presentada por favor lístelas en la siguiente tabla y califique también su nivel de importancia.

No	TEMÁTICAS	CALIFICACIÓN					
		0	1	2	3	4	5
A		0	1	2	3	4	5
B		0	1	2	3	4	5
C		0	1	2	3	4	5
D		0	1	2	3	4	5
E		0	1	2	3	4	5

B) Si se evalúan las tendencias de la ingeniería al año 2020, cuál debe ser el nivel de profundidad de las temáticas que se presentan en la siguiente tabla:

0. No sabe / No responde
1. Informativo
2. Básico
3. Medio
4. Avanzado

No	TEMÁTICAS	CALIFICACIÓN				
		0	1	2	3	4
1	Matemática Básica	0	1	2	3	4
2	Geometría Euclidiana	0	1	2	3	4
3	Geometría Vectorial	0	1	2	3	4
4	Trigonometría	0	1	2	3	4
5	Cálculo Diferencial	0	1	2	3	4
6	Cálculo Integral	0	1	2	3	4
7	Matemáticas discretas	0	1	2	3	4
8	Algebra Lineal	0	1	2	3	4
9	Cálculo Vectorial	0	1	2	3	4
10	Ecuaciones Diferenciales	0	1	2	3	4
11	Cálculo de Variable compleja	0	1	2	3	4
12	Topología Básica	0	1	2	3	4
13	Estadística y Procesos Estocásticos	0	1	2	3	4
14	Estadística Inferencial	0	1	2	3	4
15	Análisis y métodos numéricos	0	1	2	3	4
16	Análisis de sistemas No Lineales	0	1	2	3	4
17	Teoría de la Computación	0	1	2	3	4
18	Matemáticas Financieras	0	1	2	3	4
19	Método de elementos finitos	0	1	2	3	4
20	Modelación y Simulación	0	1	2	3	4
21	Optimización de sistemas	0	1	2	3	4
22	Análisis de datos composicionales	0	1	2	3	4
23	Data mining	0	1	2	3	4

C) Si se evalúan las tendencias de la ingeniería al año 2020, califique el grado de transversalidad que tendrán las siguientes temáticas en el área de Matemáticas:

0. No sabe / No responde
1. Importante en muy pocos programas de Ingeniería
2. Importante en algunos programas de Ingeniería
3. Importante en la mayoría de los programas de Ingeniería
4. Importante en todos los programas de Ingeniería

No	TEMÁTICAS	CALIFICACIÓN				
		0	1	2	3	4
1	Matemática Básica	0	1	2	3	4
2	Geometría Euclidiana	0	1	2	3	4
3	Geometría Vectorial	0	1	2	3	4
4	Trigonometría	0	1	2	3	4
5	Cálculo Diferencial	0	1	2	3	4
6	Cálculo Integral	0	1	2	3	4
7	Matemáticas discretas	0	1	2	3	4
8	Algebra Lineal	0	1	2	3	4
9	Cálculo Vectorial	0	1	2	3	4
10	Ecuaciones Diferenciales	0	1	2	3	4
11	Cálculo de Variable compleja	0	1	2	3	4
12	Topología Básica	0	1	2	3	4
13	Estadística y Procesos Estocásticos	0	1	2	3	4
14	Estadística Inferencial	0	1	2	3	4
15	Análisis y métodos numéricos	0	1	2	3	4
16	Análisis de sistemas No Lineales	0	1	2	3	4
17	Teoría de la Computación	0	1	2	3	4
18	Matemáticas Financieras	0	1	2	3	4
19	Método de elementos finitos	0	1	2	3	4
20	Modelación y Simulación	0	1	2	3	4
21	Optimización de sistemas	0	1	2	3	4
22	Análisis de datos composicionales	0	1	2	3	4
23	Data mining	0	1	2	3	4

D) Si se evalúan las tendencias de la ingeniería al año 2020, califique el grado de aplicabilidad de las siguientes temáticas en la investigación básica y aplicada en los programas de Ingeniería:

0. No sabe / No responde
1. No tiene aplicación en la investigación
2. Tiene poca aplicación en la investigación
3. Tiene mediana aplicación en la investigación
4. Tiene mucha aplicación en la investigación

No	TEMÁTICAS	CALIFICACIÓN				
		0	1	2	3	4
1	Matemática Básica	0	1	2	3	4
2	Geometría Euclidiana	0	1	2	3	4
3	Geometría Vectorial	0	1	2	3	4
4	Trigonometría	0	1	2	3	4
5	Cálculo Diferencial	0	1	2	3	4
6	Cálculo Integral	0	1	2	3	4
7	Matemáticas discretas	0	1	2	3	4
8	Algebra Lineal	0	1	2	3	4
9	Cálculo Vectorial	0	1	2	3	4
10	Ecuaciones Diferenciales	0	1	2	3	4
11	Cálculo de Variable compleja	0	1	2	3	4
12	Topología Básica	0	1	2	3	4
13	Estadística y Procesos Estocásticos	0	1	2	3	4
14	Estadística Inferencial	0	1	2	3	4
15	Análisis y métodos numéricos	0	1	2	3	4
16	Análisis de sistemas No Lineales	0	1	2	3	4
17	Teoría de la Computación	0	1	2	3	4
18	Matemáticas Financieras	0	1	2	3	4
19	Método de elementos finitos	0	1	2	3	4
20	Modelación y Simulación	0	1	2	3	4
21	Optimización de sistemas	0	1	2	3	4
22	Análisis de datos composicionales	0	1	2	3	4
23	Data mining	0	1	2	3	4

E) Si se evalúan las tendencias de la ingeniería al año 2020, califique el grado de aplicabilidad de las siguientes temáticas en la industria:

0. No sabe / No responde
1. No tiene aplicación en la industria
2. Tiene poca aplicación en la industria
3. Tiene mediana aplicación en la industria
4. Tiene mucha aplicación en la industria

No	TEMÁTICAS	CALIFICACIÓN				
		0	1	2	3	4
1	Matemática Básica	0	1	2	3	4
2	Geometría Euclidiana	0	1	2	3	4
3	Geometría Vectorial	0	1	2	3	4
4	Trigonometría	0	1	2	3	4
5	Cálculo Diferencial	0	1	2	3	4
6	Cálculo Integral	0	1	2	3	4

7	Matemáticas discretas	0	1	2	3	4
8	Algebra Lineal	0	1	2	3	4
9	Cálculo Vectorial	0	1	2	3	4
10	Ecuaciones Diferenciales	0	1	2	3	4
11	Cálculo de Variable compleja	0	1	2	3	4
12	Topología Básica	0	1	2	3	4
13	Estadística y Procesos Estocásticos	0	1	2	3	4
14	Estadística Inferencial	0	1	2	3	4
15	Análisis y métodos numéricos	0	1	2	3	4
16	Análisis de sistemas No Lineales	0	1	2	3	4
17	Teoría de la Computación	0	1	2	3	4
18	Matemáticas Financieras	0	1	2	3	4
19	Método de elementos finitos	0	1	2	3	4
20	Modelación y Simulación	0	1	2	3	4
21	Optimización de sistemas	0	1	2	3	4
22	Análisis de datos composicionales	0	1	2	3	4
23	Data mining	0	1	2	3	4

F) De las siguientes herramientas de enseñanza, califique la pertinencia:

0. No sabe / No responde
1. No es pertinente
2. Poco pertinente
3. Medianamente pertinente
4. Pertinente
5. Muy pertinente

No	HERRAMIENTAS DE ENSEÑANZA	CALIFICACIÓN					
1	Enseñanza de las matemáticas a través de clases magistrales	0	1	2	3	4	5
2	Enseñanza de las matemáticas a través de ambientes virtuales	0	1	2	3	4	5
3	Enseñanza de las matemáticas a través de laboratorios de matemáticas con herramientas de cómputo científico	0	1	2	3	4	5
4	Enseñanza de las matemáticas a través del estudio de casos prácticos	0	1	2	3	4	5

G) Si se evalúan las tendencias de la ingeniería al año 2020, califique la pertinencia de los siguientes mecanismos de integración de los conocimientos adquiridos en las aulas de clases con la investigación y la industria:

0. No sabe / No responde
1. No es pertinente
2. Poco pertinente

3. Medianamente pertinente
4. Pertinente
5. Muy pertinente

No	HERRAMIENTAS DE ENSEÑANZA	CALIFICACIÓN					
		0	1	2	3	4	5
1	Los estudiantes deben participar en las fases de cálculo y diseño en los proyectos de investigación que se adelantan en los diferentes grupos de la Universidad	0	1	2	3	4	5
2	Deben recibir capacitación en el manejo de software profesional dedicado a la solución problemas de naturaleza técnica y científica aplicables a los proyectos que se adelanten en la Escuela de Ingenierías o en empresas del sector productivo	0	1	2	3	4	5
3	Deben participar en equipos de I+D en empresas del sector productivo	0	1	2	3	4	5
4	Realizar proyectos al final de los cursos consistentes en el análisis de casos de estudio reales, usando herramientas computacionales para la resolución de los problemas estudiados teóricamente	0	1	2	3	4	5

H) Si se piensa en la implementación de un laboratorio de Matemáticas, actualizado para responder a los retos de la ingeniería en el año 2020, qué características debe tener dicho laboratorio. Califique según su importancia:

0. No sabe / No responde
1. No es importante
2. Poco importante
3. Medianamente importante
4. Importante
5. Muy importante

No	PAQUETES DE SOFTWARE	CALIFICACIÓN					
		0	1	2	3	4	5
1	Soporte informático	0	1	2	3	4	5
2	Software especializado	0	1	2	3	4	5
3	Desarrollo de modelos	0	1	2	3	4	5
4	Prueba de modelos	0	1	2	3	4	5
5	Bibliotecas virtuales	0	1	2	3	4	5
6	Orientación y seguimiento académico	0	1	2	3	4	5
7	Cursos de extensión	0	1	2	3	4	5

I) A continuación se enumeran algunos paquetes de software que pueden usarse en un laboratorio de Matemáticas. Califique según su importancia en los procesos académicos:

0. No sabe / No responde
1. No es importante
2. Poco importante
3. Medianamente importante
4. Importante
5. Muy importante

No	PAQUETES DE SOFTWARE	CALIFICACIÓN					
1	MatLab	0	1	2	3	4	5
2	Mathematica	0	1	2	3	4	5
3	Abaqus	0	1	2	3	4	5
4	Derive	0	1	2	3	4	5
5	VenSIM	0	1	2	3	4	5
6	MapleSim	0	1	2	3	4	5
7	MathCAD	0	1	2	3	4	5
8	Microsoft Office Excel	0	1	2	3	4	5

Si conoce otros paquetes de software que puedan ser agregadas a la lista presentada por favor lístelos en la siguiente tabla y califique también su nivel de importancia.

No	TEMÁTICAS	CALIFICACIÓN					
A		0	1	2	3	4	5
B		0	1	2	3	4	5
C		0	1	2	3	4	5
D		0	1	2	3	4	5
E		0	1	2	3	4	5

J) ¿Cuáles de las siguientes características valoraría en el momento de adquirir un software para ser usado en laboratorio de matemáticas? Califique su importancia:

0. No sabe / No responde
1. No es importante
2. Poco importante
3. Medianamente importante
4. Importante
5. Muy importante

No	PAQUETES DE SOFTWARE	CALIFICACIÓN					
1	Herramienta que incorpore algún lenguaje de programación para la personalización de proyectos	0	1	2	3	4	5
2	Capacidad de interacción con otros programas y/o lenguajes	0	1	2	3	4	5

	de programación						
3	Capacidad de interacción con hardware	0	1	2	3	4	5
4	Interface amigable y de fácil uso	0	1	2	3	4	5
5	Herramientas de visualización numérica, simbólica y gráfica	0	1	2	3	4	5
6	Posibilidad de trabajo en red	0	1	2	3	4	5

PREGUNTAS DE SELECCIÓN MÚLTIPLE CON ÚNICA RESPUESTA

K) En la actualidad los créditos de Ciencia Básica (Matemáticas, Física, Química, Biología) corresponden aproximadamente al 30% de los créditos totales de los programas de Ingeniería, divididos en promedio en los cuatro primeros semestres de estudio. Usted considera que:	
Disminuir a menos del 25%	
Mantenerse alrededor del 25% al 35%	
Creecer entre el 35% y 40%	
Creecer más del 40%	
L) Si se evalúa la velocidad de la evolución de las Matemáticas para Ingeniería, usted considera que las actualizaciones curriculares en los cursos de matemáticas deben realizarse:	
Cada año	
Cada 2 años	
Con una periodicidad superior a dos años	
M) Usted considera que un programa de Ingeniería debe durar en promedio:	
Menos de 8 semestres	
Entre 8 y 9 semestres	
10 semestres	
12 o más semestres	

**ENCUESTA DELPHI A EXPERTOS – RONDA 2
ESTUDIO PROSPECTIVO DEL ÁREA MATEMÁTICAS AÑO 2020
CENTRO DE CIENCIA BÁSICA**

**GRUPO DE POLÍTICA Y GESTIÓN TECNOLÓGICA
GRUPO A – COLCIENCIAS
MAESTRÍA EN GESTIÓN TECNOLÓGICA**



**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SEDE MEDELLÍN**

Señor(a) profesional:

Agradecemos su participación en el Estudio de Prospectiva Estratégica del Centro de Ciencia Básica para Ingenierías de la UPB respondiendo a los interrogantes planteados en esta encuesta, cuyo objetivo es conocer sus opiniones acerca del futuro del área de Matemáticas como ciencia básica aplicada a la Ingeniería al año 2020.

NOTA. Esta encuesta consta de cuatro (4) páginas.

INSTRUCCIONES

- En la parte A del cuestionario encontrará algunos temas propuestos para el estudio que son el resultado de las sugerencias de algunos expertos en la primera ronda. Usted debe calificar la relevancia de estos temas.
- En la parte B, debe seguir las siguientes instrucciones:
 - Usted puede cambiar hasta 2 de los temas que han resultado **PRIORITARIOS** (30% de los temas prioritarios) en primera ronda y clasificarlos como temas **EN DISCUSIÓN**. Este cambio es opcional.
 - Por cada tema que reclasifique de **PRIORITARIO** a **EN DISCUSIÓN**, debe pasar otro que se encuentre dentro del grupo de temas **EN DISCUSIÓN** al grupo de temas **PRIORITARIOS**.
 - Si un tema es cambiado de **PRIORITARIO** a **DISCUSIÓN** o viceversa, debe obligatoriamente presentarse una justificación.

DATOS DEL ENCUESTADO

Nombre del experto	
Fecha de entrega de la encuesta	___ / ___ / _____
Fecha de devolución de las respuestas	___ / ___ / _____

CUESTIONARIO

- A) Si se evalúan las tendencias de la ingeniería al año 2020, ¿cuáles de estas nuevas temáticas del área de matemáticas merecen mayor atención? Si encuentra que uno de estos temas es relevante en al menos uno de los programas de Ingeniería por favor señale su nivel de importancia:
0. No sabe / No responde
 1. No es importante
 2. Poco importante
 3. Medianamente importante
 4. Importante
 5. Muy importante

No	TEMÁTICAS	CALIFICACIÓN					
		0	1	2	3	4	5
A	Diseño de experimentos	0	1	2	3	4	5
B	Métodos cuantitativos en ingeniería	0	1	2	3	4	5
C	Modelos de regresión y análisis estadístico multivariado	0	1	2	3	4	5
D	Econometría y series temporales	0	1	2	3	4	5
E	Teoría de control (árboles de decisión, listas de espera, problemas de transporte y distribución, entre otros)	0	1	2	3	4	5
F	Cálculo Tensorial	0	1	2	3	4	5
G	Prospectiva	0	1	2	3	4	5

6. A continuación se presentan los resultados de la primera ronda DELPHI del estudio prospectivo del área de Matemáticas. Las temáticas estudiadas están divididas en dos grupos PRIORITARIAS y EN DISCUSIÓN.

TEMAS PRIORITARIOS	
ID	TEMÁTICA
1	Matemática Básica
5	Cálculo Diferencial
6	Cálculo Integral
8	Álgebra Lineal
9	Cálculo Vectorial
10	Ecuaciones Diferenciales
21	Optimización de Sistemas

TEMAS EN DISCUSIÓN	
ID	TEMÁTICA
3	Geometría Vectorial
4	Trigonometría
7	Matemáticas Discretas
13	Estadística y Procesos Estocásticos
14	Estadística Inferencial
15	Análisis y Métodos Numéricos
16	Análisis de Sistemas No Lineales
17	Teoría de la Computación
18	Matemáticas Financieras
19	Método de Elementos Finitos
20	Modelación y Simulación

TEMAS PRIORITARIOS	
ID	TEMÁTICA
1	Matemática Básica
5	Cálculo Diferencial
6	Cálculo Integral
8	Álgebra Lineal
9	Cálculo Vectorial
10	Ecuaciones Diferenciales
21	Optimización de Sistemas
NUEVOS TEMAS PRIORITARIOS	
ID	JUSTIFICACIÓN:
ID	JUSTIFICACIÓN:

TEMAS EN DISCUSIÓN	
ID	TEMÁTICA
3	Geometría Vectorial
4	Trigonometría
7	Matemáticas Discretas
13	Estadística y Procesos Estocásticos
14	Estadística Inferencial
15	Análisis y Métodos Numéricos
16	Análisis de Sistemas No Lineales
17	Teoría de la Computación
18	Matemáticas Financieras
19	Método de Elementos Finitos
20	Modelación y Simulación
NUEVOS TEMAS EN DISCUSIÓN	
ID	JUSTIFICACIÓN:
ID	JUSTIFICACIÓN:

**ENCUESTA DELPHI A EXPERTOS – RONDA 3
ESTUDIO PROSPECTIVO DEL ÁREA MATEMÁTICAS AÑO 2020
CENTRO DE CIENCIA BÁSICA**

**GRUPO DE POLÍTICA Y GESTIÓN TECNOLÓGICA
GRUPO A – COLCIENCIAS
MAESTRÍA EN GESTIÓN TECNOLÓGICA**



**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SEDE MEDELLÍN**

Señor(a) profesional:

Agradecemos su participación en esta última ronda del Estudio de Prospectiva Estratégica del Centro de Ciencia Básica para Ingenierías de la UPB respondiendo a los interrogantes planteados en esta encuesta, cuyo objetivo es conocer sus opiniones acerca del futuro del área de Matemáticas como ciencia básica aplicada a la Ingeniería al año 2020. Le agradecemos entregar sus respuestas hasta el día 25 de marzo del 2009, fecha en la cual iniciaremos la preparación de los resultados finales.

NOTA. Esta encuesta consta de tres (3) páginas.

INSTRUCCIONES

En esta encuesta usted encontrará un conjunto de las justificaciones dadas por los Expertos del panel, en las que se explica porque deben incluirse algunos temas que inicialmente se habían catalogado como temas EN DISCUSIÓN dentro del grupo de PRIORITARIOS y también, porque algunos temas que se encontraban en el grupos de PRIORITARIOS deben ser reasignados al grupo de temáticas EN DISCUSIÓN.

En esta etapa del ejercicio DELPHI usted encontrará un listado de temáticas compuesto por los temas PRIORITARIOS y por los temas EN DISCUSIÓN que cumplen con uno de los siguientes requisitos: por lo menos uno de los Expertos del panel ha considerado que debe ser considerado PRIORITARIO o ha sido catalogado como EN DISCUSIÓN dentro del grupo de las temáticas propuestas por los Expertos en la primera ronda para ser estudiados en la segunda ronda.

Los cuatro temas PRIORITARIOS que ningún integrante del Panel propuso cambiar, fueron marcados definitivamente como PRIORITARIOS, y se encuentran resaltados en la lista.

Para responder a esta última ronda DELPHI, usted debe:

- Realizar una lectura de los argumentos dados por los Expertos al proponer incluir y excluir temas EN DISCUSIÓN y PRIORITARIOS respectivamente.

- En la lista que se presenta al final de la encuesta (página 3), **marcar con una "X" o resaltar un total de seis (6) temáticas** que considere PRIORITARIAS para la enseñanza de las matemáticas, tomando en consideración los argumentos dados por el Panel.

DATOS DEL ENCUESTADO

Nombre del experto	
Fecha de entrega de la encuesta	___ / ___ / _____
Fecha de devolución de las respuestas	___ / ___ / _____

ALGUNOS ARGUMENTOS PARA EXCLUIR TEMÁTICAS DEL GRUPO DE PRIORITARIAS

- **MATEMÁTICA BÁSICA**
 - Sin dejar de ser prioritaria, el tema de la Matemática Básica es responsabilidad de la educación básica y media.
 - De todas maneras el estudiante, ya sea en forma insuficiente o muy adecuada, ha hecho un recorrido de sus temas en bachillerato.
 - Es importante por la forma y preparación que traen nuestros estudiantes de grado once. Me parece que se debe buscar la opción de ser un curso opcional.
 - Se puede exigir a los estudiantes que lleguen con estas competencias.
- **OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS**
 - Este tema, es eso, un tema; como tal es asunto de varios de los temas prioritarios restantes y, más aún, de varios de los temas en discusión.
 - Se puede enseñar en cursos de cada carrera.
 - Es un tema que podría tratarse en postgrados.
 - Es un tema que puede trabajarse en una fase de formación avanzada o posterior al pregrado. Podría ser tema de una especialización o de un curso de profundización adecuado a la necesidad y con las aplicaciones de los distintos ingenieros.
 - Esta temática es particular a las aplicaciones de cada ingeniería, y no lo veo como prioritario para la formación inicial en matemática.

ALGUNOS ARGUMENTOS PARA INCLUIR TEMÁTICAS EN EL GRUPO DE PRIORITARIAS

- **GEOMETRÍA VECTORIAL**
 - Es un prerrequisito para poder ver Álgebra Lineal y Cálculo Vectorial.
 - Es necesario que el pensamiento matemático, en su estructuración formal, se fundamente en un sistema específico como es el espacio lineal Euclidiano n - dimensional, el cual, es el objeto de la geometría vectorial entendiéndose correctamente: geometría vectorial, NO geometría cartesiana.
 - Porque el pensamiento matemático desde el punto de vista de la lógica y las demostraciones son básicas en la formación del ingeniero.

- Creo que la Geometría Vectorial ayudaría a no imprimir solo verticalidad y horizontalidad en el análisis de las diferentes problemáticas ingenieriles a los que está expuesto un egresado.

- **MODELACIÓN Y SIMULACIÓN**

- Es una temática con alta tendencia para analizar los modelos que la ingeniería necesita.
- Las computadoras apenas inician su impacto cultural en nuestra Colombia tercermundista, la masificación de este recurso en forma efectiva provocará en nuestra cultura cambios que hoy ni siquiera nos imaginamos y particularmente golpeará fuertemente a la educación. Entre estos golpes culturales estará la validación de muchos fenómenos a partir de su modelación y simulación, cubriendo nuevos campos que con las formas actuales se hacen difíciles de entender. Por ejemplo si tenemos el $\lim_{x \rightarrow \infty} (1/x) = 0$, llegan mejor a la mente del alumno mediante una simulación y si en el pasado (2009) la verdad de este límite estaba validada por una demostración, en el futuro estará validada por una simulación.
- Con las herramientas actuales y las que puedan surgir tanto en hardware como en software, este tema cobra más importancia cada día. Además es indispensable para la formación de un ingeniero de verdad.

- **ESTADÍSTICA Y PROCESOS ESTOCÁSTICOS**

- Es necesario que un tema como estadística y procesos estocásticos sirva para la estructuración del pensamiento estocástico. El estudio de las SICMA - ÁLGEBRAS permitirá el desarrollo de nuevas temáticas como: diseño de experimentos, métodos cuantitativos, modelos de regresión y análisis estadístico multivariado, econometría y series temporales y teoría de control.
- Para la formación fundamental del ingeniero se requiere al menos tener una base de esto para enfrentar posteriormente estudios de ruido, teoría de colas (telefonía), comunicaciones, etc. Base para un curso avanzado de estadística.

- **ANÁLISIS Y MÉTODOS NUMÉRICOS**

- La gran mayoría de los fenómenos de la ingeniería describen modelos complejos, en donde un alto porcentaje de estos, los métodos analíticos se quedan "cortos", esta falencia la resuelven los métodos numéricos de una forma más ágil y con un error controlado por el Ingeniero.
- Con las herramientas actuales y las que puedan surgir tanto en hardware como en software, este tema cobra más importancia cada día.
- La mayoría de las aplicaciones reales de ingeniería sólo son óptimamente solucionables mediante el uso de métodos numéricos.
- De un lado, el análisis de situaciones generales utilizando modelos matemáticos, en prácticamente cualquier área de la ingeniería, puede desarrollarse con la ayuda de un sistema de cómputo que tengan incorporados modelos numéricos de cálculo. Por otro lado, estos sistemas trabajan sobre una base numérica de solución que, en muchos casos, es transparente para el usuario y que influye en los resultados, pero las decisiones que se tomen en relación a los resultados, son responsabilidad del ingeniero. Por lo tanto la correcta utilización de los sistemas de cómputo conlleva necesariamente un conocimiento de los métodos de solución incorporados.

LISTADO DE TEMÁTICAS

GRUPO ANTERIOR	TEMÁTICAS	¿PRIORITARIA?
PRIORITARIAS	Cálculo Integral	X
	Álgebra Lineal	X
	Cálculo Vectorial	X
	Ecuaciones Diferenciales	X
	Matemática Básica	
	Cálculo Diferencial	
	Optimización de Sistemas	
EN DISCUSIÓN	Geometría Vectorial	
	Estadística y Procesos Estocásticos	
	Análisis y Métodos Numéricos	
	Modelación y Simulación	
NUEVAS TEMÁTICAS PRIORITARIAS	Diseño de Experimentos	
	Modelos de Regresión y Análisis Estadístico Multivariado	
	Teoría de control (árboles de decisión, listas de espera, problemas de transporte y distribución, entre otros)	
NUEVAS TEMÁTICAS EN DISCUSIÓN	Métodos Cuantitativos en Ingeniería	
	Cálculo Tensorial	
	Prospectiva	

Cualquier inquietud, favor comunicarse con:
Clara M. Mosquera López, Investigadora
cmarcela.ml@gmail.com
 Celular: 300 616 43 44

Anexo B. Encuesta de probabilidades de Bayes.

**ENCUESTA DE PROBABILIDADES
ANÁLISIS ESTRUCTURAL
CENTRO DE CIENCIA BÁSICA
UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA**

Nombre del experto: _____

Fecha de entrega: ____ / ____ / ____

DEFINICIÓN DE LOS EJES

NOMBRE DEL EJE	DEFINICIÓN	VARIABLES
Infraestructura Tecnológica	Es el conjunto ordenado de elementos, conocimientos, que tienen como objeto la producción de bienes y servicios, teniendo en cuenta las innovaciones tecnológicas más recientes.	Dotación de equipos Medios electrónicos Inversión en laboratorios Implementación
Investigación e Innovación	Es la búsqueda de conocimientos y verdades que permiten describir, explicar, generalizar y predecir los fenómenos que se presentan en la naturaleza, con el objeto de generar nuevos conocimientos aplicables a los diferentes programas de Ingeniería de la facultad.	Capacidad de innovación Aportes de la docencia Integración de la docencia con la investigación y la extensión Investigación Interdisciplinariedad Estudios de Postgrado Investigación Básica Apropiación

		Implementación
Contexto	Es el conjunto de circunstancias que rodean un hecho, estas circunstancias pueden ser tanto internas como externas, tales como el liderazgo, política, sistemas, agentes e instituciones.	<p>Idoneidad</p> <p>Pertinencia</p> <p>Competencia</p> <p>Contexto interno</p> <p>Contexto externo</p> <p>Relación con facultades</p> <p>Apropiación</p> <p>Planeación curricular</p> <p>Flexibilidad curricular</p>
Extensión	Es una función sustitutiva del centro de Ciencia Básica que comprende programas de educación permanente, cursos, seminarios, y talleres permanentes destinados a la difusión de los conocimientos, al intercambio de experiencias, así como a las actividades de servicio, tendientes a procurar el bienestar general de la comunidad.	<p>Aportes de la docencia</p> <p>Integración de la docencia con la investigación y la extensión</p> <p>Relación con facultades</p>
Gestión Administrativa	Es el conjunto de acciones mediante las cuales el directivo desarrolla sus actividades a través del cumplimiento de las fases del proceso.	<p>Metas de gestión</p> <p>Medios electrónicos</p>

PROBABILIDADES SIMPLES

¿Cuál es la probabilidad de que el eje Infraestructura Tecnológica esté en una situación "BUENA" en el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la UPB en el año 2020?	_____
¿Cuál es la probabilidad de que el eje Investigación e Innovación esté en una situación "BUENA" en el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la UPB en el	_____

año 2020?	
¿Cuál es la probabilidad de que el eje Contexto esté en una situación “BUENA” en el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la UPB en el año 2020?	_____
¿Cuál es la probabilidad de que el eje Extensión esté en una situación “BUENA” en el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la UPB en el año 2020?	_____
¿Cuál es la probabilidad de que el eje Gestión Administrativa esté en una situación “BUENA” en el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la UPB en el año 2020?	_____

PROBABILIDADES CONDICIONALES POSITIVAS

¿Cuál es la probabilidad de que el eje Infraestructura Tecnológica esté en una situación “BUENA” en el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la UPB en el año 2020, si se da que el eje Investigación e Innovación está en una situación “BUENA”?	_____
¿Cuál es la probabilidad de que el eje Infraestructura Tecnológica esté en una situación “BUENA” en el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la UPB en el año 2020, si se da que el eje Contexto está en una situación “BUENA”?	_____
¿Cuál es la probabilidad de que el eje Infraestructura Tecnológica esté en una situación “BUENA” en el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la UPB en el año 2020, si se da que el eje Extensión está en una situación “BUENA”?	_____
¿Cuál es la probabilidad de que el eje Infraestructura Tecnológica esté en una situación “BUENA” en el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la UPB en el año 2020, si se da que el eje Gestión Administrativa está en una situación “BUENA”?	_____
¿Cuál es la probabilidad de que el eje Investigación e Innovación esté en una situación “BUENA” en el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la UPB en el año 2020, si se da que el eje Infraestructura Tecnológica está en una situación “BUENA”?	_____
¿Cuál es la probabilidad de que el eje Investigación e Innovación esté en una situación “BUENA” en el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la UPB en el año 2020, si se da que el eje Contexto está en una situación “BUENA”?	_____
¿Cuál es la probabilidad de que el eje Investigación e Innovación esté en una situación “BUENA” en el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la UPB en el año 2020, si se da que el eje Extensión está en una situación “BUENA”?	_____
¿Cuál es la probabilidad de que el eje Investigación e Innovación esté en una situación “BUENA” en el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la UPB en el año 2020, si se da que el eje Gestión Administrativa está en una situación “BUENA”?	_____
¿Cuál es la probabilidad de que el eje Contexto esté en una situación “BUENA” en el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la UPB en el año 2020, si se	_____

da que el eje Infraestructura Tecnológica está en una situación “BUENA”?	
¿Cuál es la probabilidad de que el eje Contexto esté en una situación “BUENA” en el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la UPB en el año 2020, si se da que el eje Investigación e Innovación está en una situación “BUENA”?	_____
¿Cuál es la probabilidad de que el eje Contexto esté en una situación “BUENA” en el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la UPB en el año 2020, si se da que el eje Extensión está en una situación “BUENA”?	_____
¿Cuál es la probabilidad de que el eje Contexto esté en una situación “BUENA” en el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la UPB en el año 2020, si se da que el eje Gestión Administrativa está en una situación “BUENA”?	
¿Cuál es la probabilidad de que el eje Extensión esté en una situación “BUENA” en el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la UPB en el año 2020, si se da que el eje Infraestructura Tecnológica está en una situación “BUENA”?	_____
¿Cuál es la probabilidad de que el eje Extensión esté en una situación “BUENA” en el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la UPB en el año 2020, si se da que el eje Investigación e Innovación está en una situación “BUENA”?	_____
¿Cuál es la probabilidad de que el eje Extensión esté en una situación “BUENA” en el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la UPB en el año 2020, si se da que el eje Contexto está en una situación “BUENA”?	_____
¿Cuál es la probabilidad de que el eje Extensión esté en una situación “BUENA” en el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la UPB en el año 2020, si se da que el eje Gestión Administrativa está en una situación “BUENA”?	_____
¿Cuál es la probabilidad de que el eje Gestión Administrativa esté en una situación “BUENA” en el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la UPB en el año 2020, si se da que el eje Infraestructura Tecnológica está en una situación “BUENA”?	_____
¿Cuál es la probabilidad de que el eje Gestión Administrativa esté en una situación “BUENA” en el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la UPB en el año 2020, si se da que el eje Investigación e Innovación está en una situación “BUENA”?	_____
¿Cuál es la probabilidad de que el eje Gestión Administrativa esté en una situación “BUENA” en el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la UPB en el año 2020, si se da que el eje Contexto está en una situación “BUENA”?	_____
¿Cuál es la probabilidad de que el eje Gestión Administrativa esté en una situación “BUENA” en el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la UPB en el año 2020, si se da que el eje Extensión está en una situación “BUENA”?	_____

PROBABILIDADES CONDICIONALES NEGATIVAS

¿Cuál es la probabilidad de que el eje Infraestructura Tecnológica esté en una situación “BUENA” en el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la UPB en el	_____
--	-------

año 2020, si no se da que el eje Investigación e Innovación está en una situación "BUENA"?	
¿Cuál es la probabilidad de que el eje Infraestructura Tecnológica esté en una situación "BUENA" en el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la UPB en el año 2020, si no se da que el eje Contexto está en una situación "BUENA"?	_____
¿Cuál es la probabilidad de que el eje Infraestructura Tecnológica esté en una situación "BUENA" en el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la UPB en el año 2020, si no se da que el eje Extensión está en una situación "BUENA"?	_____
¿Cuál es la probabilidad de que el eje Infraestructura Tecnológica esté en una situación "BUENA" en el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la UPB en el año 2020, si no se da que el eje Gestión Administrativa está en una situación "BUENA"?	_____
¿Cuál es la probabilidad de que el eje Investigación e Innovación esté en una situación "BUENA" en el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la UPB en el año 2020, si no se da que el eje Infraestructura Tecnológica está en una situación "BUENA"?	_____
¿Cuál es la probabilidad de que el eje Investigación e Innovación esté en una situación "BUENA" en el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la UPB en el año 2020, si no se da que el eje Contexto está en una situación "BUENA"?	_____
¿Cuál es la probabilidad de que el eje Investigación e Innovación esté en una situación "BUENA" en el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la UPB en el año 2020, si no se da que el eje Extensión está en una situación "BUENA"?	_____
¿Cuál es la probabilidad de que el eje Investigación e Innovación esté en una situación "BUENA" en el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la UPB en el año 2020, si no se da que el eje Gestión Administrativa está en una situación "BUENA"?	_____
¿Cuál es la probabilidad de que el eje Contexto esté en una situación "BUENA" en el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la UPB en el año 2020, si no se da que el eje Infraestructura Tecnológica está en una situación "BUENA"?	_____
¿Cuál es la probabilidad de que el eje Contexto esté en una situación "BUENA" en el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la UPB en el año 2020, si no se da que el eje Investigación e Innovación está en una situación "BUENA"?	_____
¿Cuál es la probabilidad de que el eje Contexto esté en una situación "BUENA" en el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la UPB en el año 2020, si no se da que el eje Extensión está en una situación "BUENA"?	_____
¿Cuál es la probabilidad de que el eje Contexto esté en una situación "BUENA" en el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la UPB en el año 2020, si no se da que el eje Gestión Administrativa está en una situación "BUENA"?	_____
¿Cuál es la probabilidad de que el eje Extensión esté en una situación "BUENA" en el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la UPB en el año 2020, si no se da que el eje Infraestructura Tecnológica está en una situación "BUENA"?	_____
¿Cuál es la probabilidad de que el eje Extensión esté en una situación "BUENA" en el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la UPB en el año 2020, si no	_____

se da que el eje Investigación e Innovación está en una situación “BUENA”?	
¿Cuál es la probabilidad de que el eje Extensión esté en una situación “BUENA” en el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la UPB en el año 2020, si no se da que el eje Contexto está en una situación “BUENA”?	_____
¿Cuál es la probabilidad de que el eje Extensión esté en una situación “BUENA” en el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la UPB en el año 2020, si no se da que el eje Gestión Administrativa está en una situación “BUENA”?	_____
¿Cuál es la probabilidad de que el eje Gestión Administrativa esté en una situación “BUENA” en el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la UPB en el año 2020, si no se da que el eje Infraestructura Tecnológica está en una situación “BUENA”?	_____
¿Cuál es la probabilidad de que el eje Gestión Administrativa esté en una situación “BUENA” en el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la UPB en el año 2020, si no se da que el eje Investigación e Innovación está en una situación “BUENA”?	_____
¿Cuál es la probabilidad de que el eje Gestión Administrativa esté en una situación “BUENA” en el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la UPB en el año 2020, si no se da que el eje Contexto está en una situación “BUENA”?	_____
¿Cuál es la probabilidad de que el eje Gestión Administrativa esté en una situación “BUENA” en el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la UPB en el año 2020, si no se da que el eje Extensión está en una situación “BUENA”?	_____

Anexo C. Informe ejecutivo primera ronda Delphi.

INFORME EJECUTIVO

RONDA 1 DELPHI

ESTUDIO PROSPECTIVO DEL ÁREA MATEMÁTICAS AÑO 2020

CENTRO DE CIENCIA BÁSICA

GRUPO DE POLÍTICA Y GESTIÓN TECNOLÓGICA

GRUPO A – COLCIENCIAS

MAESTRÍA EN GESTIÓN TECNOLÓGICA



**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SEDE MEDELLÍN**

Autora

Ingeniera CLARA MARCELA MOSQUERA LÓPEZ

Estudiante de Maestría en Gestión Tecnológica

Universidad Pontificia Bolivariana

Equipo profesional que colaboró en la encuesta DELPHI

MSc. Héctor Escobar Cadavid

MSc. Ricardo Llerena León

Coordinador del Proyecto

MSc. Jhon Wilder Zartha Sossa

PRESENTACIÓN

El presente informe ejecutivo resume los resultados obtenidos en la primera ronda del ejercicio DELPHI del Estudio Prospectivo del área de Matemáticas para el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la Universidad Pontificia Bolivariana, sede Medellín. Este proceso se desarrolló entre el mes de Diciembre del año 2008 y el mes de Febrero del año 2009.

En esta ronda se configuró el panel de experto para el estudio del área de Matemáticas y el principal objetivo de esta ronda es determinar los temas que serán prioritarios para la preparación básica disciplinar de los ingenieros en el área de Matemáticas e indagar acerca de algunas percepciones de los expertos acerca de nuevos modelos pedagógicos, herramientas de enseñanza, programas de software que puedan apoyar los procesos académicos e investigativos y por último asuntos de planeación y actualización curricular.

ESTRUCTURA DE LA ENCUESTA

El ejercicio de la primera ronda DELPHI está dividido en dos partes: la primera tiene que ver con la calificación de la relevancia de algunas temáticas del área de Matemáticas para Ingeniería y su aplicación a la investigación y a la industria. La segunda parte pretende indagar sobre la visión de los expertos acerca de temas como las metodologías de enseñanza, las herramientas de software para el aprendizaje y la solución de problemas que involucran las Matemáticas y además algunas ideas sobre la concepción de los programas curriculares de Ingeniería, todo lo anterior proyectado a los próximos diez (10) años.

PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO

La primera de las tres rondas planificadas para este estudio DELPHI fue respondida por veintinueve (29) expertos, profesionales en Ingeniería, Matemáticas y Licenciados en Matemáticas o Licenciados en Matemáticas y Física.

Los siguientes gráficos muestran algunas características de los encuestados:

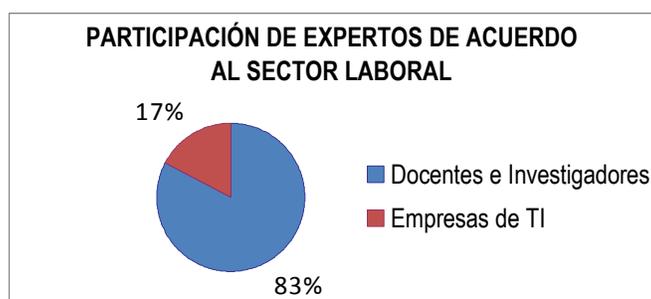


Figura 1. Clasificación de expertos según el sector laboral



Figura 2. Clasificación de expertos según su título de pregrado

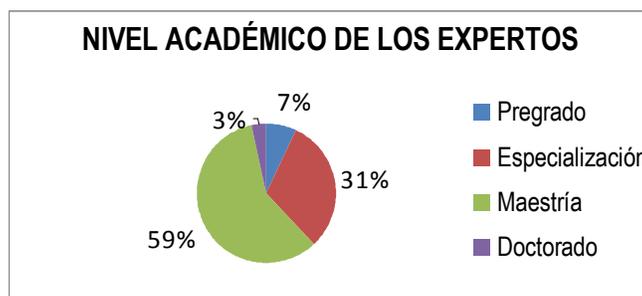


Figura 3. Clasificación de expertos según el nivel académico

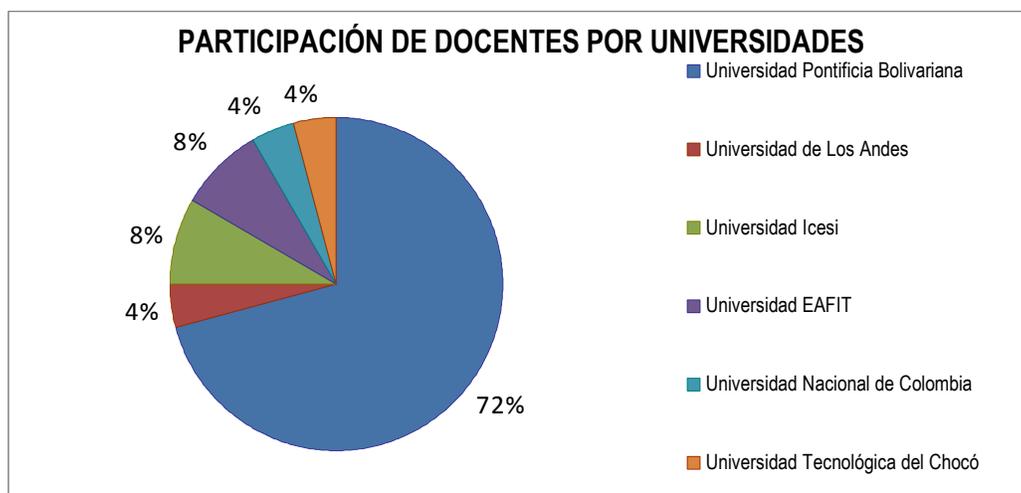


Figura 4. Universidades de afiliación de los expertos docentes e investigadores

PARTE A: TEMÁTICAS

Las temáticas que se pusieron a consideración de los expertos en la primera ronda fueron las siguientes:

No	TEMÁTICAS
1	Matemática Básica
2	Geometría Euclidiana
3	Geometría Vectorial
4	Trigonometría
5	Cálculo Diferencial
6	Cálculo Integral
7	Matemáticas discretas
8	Algebra Lineal

9	Cálculo Vectorial
10	Ecuaciones Diferenciales
11	Cálculo de Variable compleja
12	Topología Básica
13	Estadística y Procesos Estocásticos
14	Estadística Inferencial
15	Análisis y métodos numéricos
16	Análisis de sistemas No Lineales
17	Teoría de la Computación
18	Matemáticas Financieras
19	Método de elementos finitos
20	Modelación y Simulación
21	Optimización de sistemas
22	Análisis de datos composicionales
23	Data mining

Tabla 1. Temas evaluados en la primera ronda DELPHI

Sobre estas temáticas se preguntó acerca de LA RELEVANCIA, EL NIVEL DE PROFUNDIDAD, LA TRANSVERSALIDAD, EL GRADO DE APLICACIÓN EN LA INVESTIGACIÓN y EL GRADO DE APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA y las respuestas se evaluaron según las escalas que se muestran a continuación:

CARACTERÍSTICA	ESCALA
RELEVANCIA	0. No sabe / No responde 1. No es importante 2. Poco importante 3. Medianamente importante 4. Importante 5. Muy importante
NIVEL DE PROFUNDIDAD	0. No sabe / No responde 1. Informativo 2. Básico 3. Medio 4. Avanzado
TRANSVERSALIDAD	0. No sabe / No responde 1. Importante en muy pocos programas de Ingeniería 2. Importante en algunos programas de Ingeniería

	<ul style="list-style-type: none"> 3. Importante en la mayoría de los programas de Ingeniería 4. Importante en todos los programas de Ingeniería
APLICACIÓN EN LA INVESTIGACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> 0. No sabe / No responde 1. No tiene aplicación en la investigación 2. Tiene poca aplicación en la investigación 3. Tiene mediana aplicación en la investigación 4. Tiene mucha aplicación en la investigación
APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA	<ul style="list-style-type: none"> 0. No sabe / No responde 1. No tiene aplicación en la industria 2. Tiene poca aplicación en la industria 3. Tiene mediana aplicación en la industria 4. Tiene mucha aplicación en la industria

Tabla 2. Atributos y escalas de calificación de las temáticas de la primera ronda DELPHI

RESUMEN DE RESULTADOS

RELEVANCIA

No	TEMÁTICAS	RELEVANCIA		
		MODA	FRECUENCIA MODAL	% CONSENSO
1	Matemática Básica	5	23	79,31
2	Geometría Euclidiana	3	9	31,03
3	Geometría Vectorial	5	13	44,83
4	Trigonometría	5	13	44,83
5	Cálculo Diferencial	5	22	75,86
6	Cálculo Integral	5	19	65,52
7	Matemáticas Discretas	4	12	41,38
8	Álgebra Lineal	4	14	48,28
9	Cálculo Vectorial	5	15	51,72
10	Ecuaciones Diferenciales	5	18	62,07
11	Cálculo de Variable Compleja	3	11	37,93
12	Topología Básica	3	8	27,59

13	Estadística y Procesos Estocásticos	4	11	37,93
14	Estadística Inferencial	5	11	37,93
15	Análisis y Métodos Numéricos	5	13	44,83
16	Análisis de Sistemas No Lineales	5	10	34,48
17	Teoría de la Computación	5	12	41,38
18	Matemáticas Financieras	4	13	44,83
19	Método de Elementos Finitos	4	8	27,59
20	Modelación y Simulación	5	13	44,83
21	Optimización de Sistemas	4	16	55,17
22	Análisis de Datos Composicionales	0	11	37,93
23	Data Mining	0	14	48,28

Tabla 3. Calificación de RELEVANCIA

PROMEDIO DEL PORCENTAJE DE CONSENSO: 46.33%

NIVEL DE PROFUNDIDAD

No	TEMÁTICAS	NIVEL DE PROFUNDIDAD		
		MODA	FRECUENCIA MODAL	% CONSENSO
1	Matemática Básica	4	19	65,52
2	Geometría Euclidiana	3	11	37,93
3	Geometría Vectorial	3	14	48,28
4	Trigonometría	3	13	44,83
5	Cálculo Diferencial	4	17	58,62
6	Cálculo Integral	4	16	55,17
7	Matemáticas Discretas	3	14	48,28
8	Álgebra Lineal	4	17	58,62
9	Cálculo Vectorial	4	18	62,07
10	Ecuaciones Diferenciales	4	19	65,52
11	Cálculo de Variable Compleja	3	12	41,38
12	Topología Básica	0	10	34,48
13	Estadística y Procesos Estocásticos	3	15	51,72
14	Estadística Inferencial	4	9	31,03
15	Análisis y Métodos Numéricos	4	14	48,28
16	Análisis de Sistemas No Lineales	3	9	31,03

17	Teoría de la Computación	4	13	44,83
18	Matemáticas Financieras	3	13	44,83
19	Método de Elementos Finitos	0	9	31,03
20	Modelación y Simulación	4	18	62,07
21	Optimización de Sistemas	4	14	48,28
22	Análisis de Datos Composicionales	0	11	37,93
23	Data Mining	0	15	51,72

Tabla 4. Calificación de NIVEL DE PROFUNDIDAD

TRANSVERSALIDAD

No	TEMÁTICAS	TRANSVERSALIDAD		
		MODA	FRECUENCIA MODAL	% CONSENSO
1	Matemática Básica	4	24	82,76
2	Geometría Euclidiana	4	13	44,83
3	Geometría Vectorial	4	16	55,17
4	Trigonometría	4	17	58,62
5	Cálculo Diferencial	4	21	72,41
6	Cálculo Integral	4	19	65,52
7	Matemáticas Discretas	2	11	37,93
8	Álgebra Lineal	4	15	51,72
9	Cálculo Vectorial	3	13	44,83
10	Ecuaciones Diferenciales	4	17	58,62
11	Cálculo de Variable Compleja	2	10	34,48
12	Topología Básica	2	8	27,59
13	Estadística y Procesos Estocásticos	4	13	44,83
14	Estadística Inferencial	4	11	37,93
15	Análisis y Métodos Numéricos	4	16	55,17
16	Análisis de Sistemas No Lineales	4	9	31,03
17	Teoría de la Computación	4	14	48,28
18	Matemáticas Financieras	2	10	34,48
19	Método de Elementos Finitos	2	9	31,03
20	Modelación y Simulación	4	16	55,17
21	Optimización de Sistemas	4	15	51,72
22	Análisis de Datos Composicionales	0	9	31,03
23	Data Mining	0	13	44,83

Tabla 5. Calificación de TRANSVERSALIDAD

APLICACIÓN EN LA INVESTIGACIÓN

No	TEMÁTICAS	APLICACIÓN EN INVESTIGACIÓN		
		MODA	FRECUENCIA MODAL	% CONSENSO
1	Matemática Básica	4	15	51,72
2	Geometría Euclidiana	2	12	41,38
3	Geometría Vectorial	2	10	34,48
4	Trigonometría	2	9	31,03
5	Cálculo Diferencial	4	13	44,83
6	Cálculo Integral	4	13	44,83
7	Matemáticas Discretas	3	11	37,93
8	Álgebra Lineal	4	12	41,38
9	Cálculo Vectorial	4	12	41,38
10	Ecuaciones Diferenciales	4	19	65,52
11	Cálculo de Variable Compleja	3	9	31,03
12	Topología Básica	0	9	31,03
13	Estadística y Procesos Estocásticos	4	15	51,72
14	Estadística Inferencial	4	12	41,38
15	Análisis y Métodos Numéricos	4	15	51,72
16	Análisis de Sistemas No Lineales	3	11	37,93
17	Teoría de la Computación	4	16	55,17
18	Matemáticas Financieras	2	11	37,93
19	Método de Elementos Finitos	3	11	37,93
20	Modelación y Simulación	4	20	68,97
21	Optimización de Sistemas	4	20	68,97
22	Análisis de Datos Composicionales	0	13	44,83
23	Data Mining	0	18	62,07

Tabla 6. Calificación de APLICACIÓN EN LA INVESTIGACIÓN

APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA

No	TEMÁTICAS	APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA		
		MODA	FRECUENCIA MODAL	% CONSENSO
1	Matemática Básica	4	14	48,28
2	Geometría Euclidiana	2	10	34,48
3	Geometría Vectorial	2	9	31,03
4	Trigonometría	2	8	27,59
5	Cálculo Diferencial	4	9	31,03

6	Cálculo Integral	4	9	31,03
7	Matemáticas Discretas	3	14	48,28
8	Álgebra Lineal	3	14	48,28
9	Cálculo Vectorial	3	14	48,28
10	Ecuaciones Diferenciales	4	12	41,38
11	Cálculo de Variable Compleja	2	10	34,48
12	Topología Básica	0	10	34,48
13	Estadística y Procesos Estocásticos	4	16	55,17
14	Estadística Inferencial	4	14	48,28
15	Análisis y Métodos Numéricos	4	13	44,83
16	Análisis de Sistemas No Lineales	4	12	41,38
17	Teoría de la Computación	3	11	37,93
18	Matemáticas Financieras	4	15	51,72
19	Método de Elementos Finitos	0	8	27,59
20	Modelación y Simulación	4	23	79,31
21	Optimización de Sistemas	4	22	75,86
22	Análisis de Datos Composicionales	4	9	31,03
23	Data Mining	0	16	55,17

Tabla 7. Calificación de APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA

SELECCIÓN DE TEMAS PRIORITARIOS Y EN DISCUSIÓN

Para la selección de temas PRIORITARIOS se tomaron en cuenta dos criterios:

- El tema debe haber sido considerado como Importante o Muy Importante por la mayoría de los expertos. Esto es, la moda de la variable RELEVANCIA para la temática en estudio debe ser 4 ó 5.
- El porcentaje de consenso alcanzado en la calificación de RELEVANCIA de la temática, debe ser superior al porcentaje de consenso promedio de todas las temáticas. Para este primer ejercicio el promedio del porcentaje de consenso es de **46.33%**.

Los temas considerados como temas EN DISCUSIÓN son los que siendo calificados por la mayoría de los expertos como Importantes o Muy Importantes (moda 4 ó 5), no alcanzaron a superar el promedio del porcentaje de consenso.

Los temas que no quedaron clasificados ni como temas prioritarios, ni como temas en discusión; fueron catalogados como NO PRIORITARIOS, por lo que no serán consultados en la segunda ronda DELPHI.

Las temáticas se encuentran clasificadas en la siguiente tabla:

CLASIFICACIÓN	TEMÁTICAS
PRIORITARIO	Matemática Básica
NO PRIORITARIO	Geometría Euclidiana
EN DISCUSIÓN	Geometría Vectorial
EN DISCUSIÓN	Trigonometría
PRIORITARIO	Cálculo Diferencial
PRIORITARIO	Cálculo Integral
EN DISCUSIÓN	Matemáticas Discretas
PRIORITARIO	Álgebra Lineal
PRIORITARIO	Cálculo Vectorial
PRIORITARIO	Ecuaciones Diferenciales
NO PRIORITARIO	Cálculo de Variable Compleja
NO PRIORITARIO	Topología Básica
EN DISCUSIÓN	Estadística y Procesos Estocásticos
EN DISCUSIÓN	Estadística Inferencial
EN DISCUSIÓN	Análisis y Métodos Numéricos
EN DISCUSIÓN	Análisis de Sistemas No Lineales
EN DISCUSIÓN	Teoría de la Computación
EN DISCUSIÓN	Matemáticas Financieras
EN DISCUSIÓN	Método de Elementos Finitos
EN DISCUSIÓN	Modelación y Simulación
PRIORITARIO	Optimización de Sistemas
NO PRIORITARIO	Análisis de Datos Composicionales
NO PRIORITARIO	Data Mining

Tabla 8. Clasificación de temas de la primera ronda DELPHI

NUEVOS TEMAS

Una parte importante de la primera ronda fue preguntar a los expertos acerca de nuevas temáticas que podrían ser importantes en el área de Matemáticas para Ingeniería en el año 2020. Los temas propuestos por lo expertos fueron los siguientes:

No	TEMÁTICAS
A	Diseño de experimentos
B	Métodos cuantitativos en ingeniería
C	Modelos de regresión y análisis estadístico multivariado
D	Econometría y series temporales
E	Teoría de control (árboles de decisión, listas de espera, problemas de transporte y distribución, entre otros)

F	Cálculo Tensorial
G	Prospectiva

Tabla 9. Nuevos temas propuestos por los expertos en la primera ronda DELPHI

Sobre las nuevas temáticas se hará una encuesta de relevancia en la segunda ronda DELPHI para determinar si son temáticas prioritarias o no lo son.

PARTE B: OTROS TEMAS ESTRATÉGICOS

En esta parte del ejercicio se hicieron preguntas acerca de las herramientas de enseñanza de las Matemáticas, los programas de software que pueden ser usados en laboratorios de apoyo a las actividades pedagógicas y los mecanismos de integración de los conocimientos adquiridos en las aulas de clases con procesos investigativos e industriales.

CARACTERÍSTICA	ESCALA
Pertinencia de las herramientas de enseñanza	0. No sabe / No responde 1. No es pertinente 2. Poco pertinente 3. Medianamente pertinente 4. Pertinente 5. Muy pertinente
Pertinencia de los mecanismos de integración de los conocimientos adquiridos en las aulas de clases con la investigación y la industria	0. No sabe / No responde 1. No es pertinente 2. Poco pertinente 3. Medianamente pertinente 4. Pertinente 5. Muy pertinente
Importancia de tener un laboratorio de Matemáticas actualizado para responder a los retos de la ingeniería en el año 2020	0. No sabe / No responde 1. No es importante 2. Poco importante 3. Medianamente importante 4. Importante 5. Muy importante
Importancia en los procesos académicos de algunos paquetes de software que pueden usarse en un laboratorio de Matemáticas	0. No sabe / No responde 1. No es importante 2. Poco importante 3. Medianamente importante 4. Importante 5. Muy importante

Importancia de adquirir software para ser usado en un laboratorio de Matemáticas	0. No sabe / No responde 1. No es importante 2. Poco importante 3. Medianamente importante 4. Importante 5. Muy importante
---	---

Tabla 10. Atributos y escalas de calificación de los temas estratégicos

RESUMEN DE RESULTADOS

No	HERRAMIENTAS DE ENSEÑANZA			
		MODA	FRECUENCIA MODAL	% CONSENSO
1	Enseñanza de las matemáticas a través de clases magistrales	5	12	41,38
2	Enseñanza de las matemáticas a través de ambientes virtuales	4	13	44,83
3	Enseñanza de las matemáticas a través de laboratorios de matemáticas con herramientas de cómputo científico	4	12	41,38
4	Enseñanza de las matemáticas a través del estudio de casos prácticos	4	14	48,28

Tabla 11. Calificación de pertinencia de algunas herramientas de enseñanza

No	HERRAMIENTAS DE ENSEÑANZA			
		MODA	FRECUENCIA MODAL	% CONSENSO
1	Los estudiantes deben participar en las fases de cálculo y diseño en los proyectos de investigación que se adelantan en los diferentes grupos de la Universidad	5	10	34,48
2	Deben recibir capacitación en el manejo de software profesional dedicado a la solución problemas de naturaleza técnica y científica aplicables a los proyectos que se adelanten en la Escuela de Ingenierías o en empresas del sector productivo	5	14	48,28
3	Deben participar en equipos de I+D en empresas	4	10	34,48

	del sector productivo			
4	Realizar proyectos al final de los cursos consistentes en el análisis de casos de estudio reales, usando herramientas computacionales para la resolución de los problemas estudiados teóricamente	5	12	41,38

Tabla 12. Calificación de pertinencia de algunos mecanismos de integración de teoría y práctica

No	PAQUETES DE SOFTWARE			
		MODA	FRECUENCIA MODAL	% CONSENSO
1	Soporte informático	5	14	48,28
2	Software especializado	5	16	55,17
3	Desarrollo de modelos	4	15	51,72
4	Prueba de modelos	4	17	58,62
5	Bibliotecas virtuales	5	16	55,17
6	Orientación y seguimiento académico	4	13	44,83
7	Cursos de extensión	4	12	41,38

Tabla 13. Calificación de la importancia de algunos servicios de un laboratorio de Matemáticas

No	PAQUETES DE SOFTWARE			
		MODA	FRECUENCIA MODAL	% CONSENSO
1	MatLab	5	17	58,62
2	Mathematica	0	13	44,83
3	Abaqus	0	18	62,07
4	Derive	4	12	41,38
5	VenSIM	0	19	65,52
6	MapleSim	0	14	48,28

7	MathCAD	0	11	37,93
8	Microsoft Office Excel	4	12	41,38

Tabla 14. Programas de software para un laboratorio de Matemáticas

No	PAQUETES DE SOFTWARE			
		MODA	FRECUENCIA MODAL	% CONSENSO
1	Herramienta que incorpore algún lenguaje de programación para la personalización de proyectos	4	15	51,72
2	Capacidad de interacción con otros programas y/o lenguajes de programación	5	12	41,38
3	Capacidad de interacción con hardware	4	10	34,48
4	Interface amigable y de fácil uso	5	16	55,17
5	Herramientas de visualización numérica, simbólica y gráfica	5	18	62,07
6	Posibilidad de trabajo en red	5	18	62,07

Tabla 15. Calificación de importancia de las características de paquetes de software para un laboratorio de Matemáticas

La última parte de la encuesta consistió en un conjunto de tres preguntas de selección múltiple con única respuesta, que pretendían conocer la visión de los expertos acerca de la duración de los programas de Ingeniería, el porcentaje de créditos de los cursos de Ciencia Básica en los programas de Ingeniería y periodicidad de actualización de los cursos de Matemáticas.

Los resultados se encuentran en las siguientes gráficas:

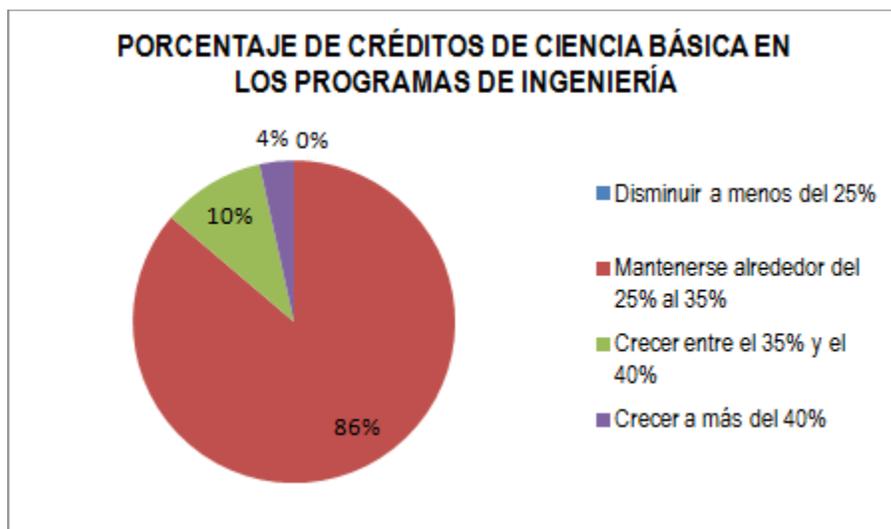


Figura 5. Porcentaje de créditos de Ciencia Básica en los programas de Ingeniería

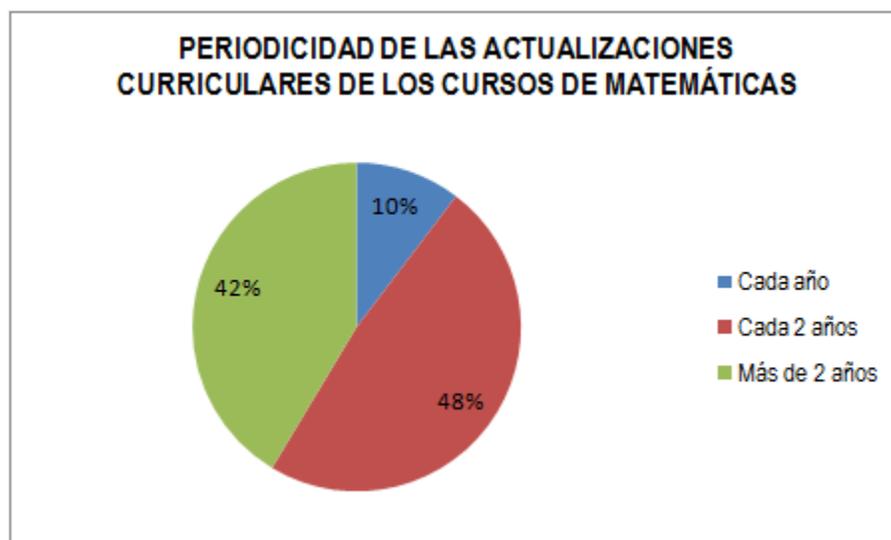


Figura 6. Periodicidad de las actualizaciones curriculares de los cursos de Matemáticas

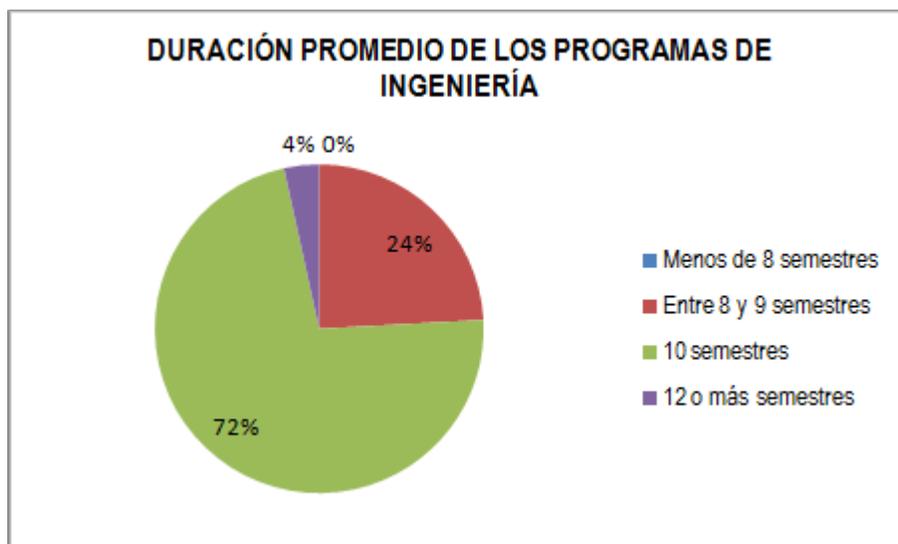


Figura 7. Duración promedio de los programas de Ingeniería

OBSERVACIONES

- Dado el alto nivel de consenso alcanzado en algunas temáticas históricamente consideradas como prioritarias, el promedio del porcentaje de consenso es muy elevado con respecto al esperado para la primera ronda, por lo cuál el grupo de temáticas prioritarias se reduce a siete (7) temas, haciendo difícil el intercambio de temas entre el grupo de PRIORITARIOS y EN DISCUSIÓN para la segunda ronda DELPHI. Sin embargo se espera que con las calificaciones de RELEVANCIA de las nuevas temáticas sugeridos por los expertos en esta primera ronda se pueda ampliar el grupo de temas prioritarios.
- Los datos de TRANSVERSALIDAD, APLICACIÓN EN LA INVESTIGACIÓN y APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA, serán tomados en cuenta para priorizar los temas que resulten prioritarios al completarse el ejercicio DELPHI.
- En esta primera ronda se encontró que dos de los temas del área de Matemáticas propuestos para el estudio se marcaron como desconocidos por la mayoría de los expertos (análisis de datos composicionales y data mining), por lo que se hace importante profundizar un poco más en su conocimiento y verificar si son objeto de estudio de las Matemáticas en un ciclo básico disciplinar o si pertenecen a asignaturas propias de algunos programas de Ingeniería.
- Los resultados de las preguntas acerca de las herramientas de enseñanza, los mecanismos de integración de las Matemáticas con la industria, los programas de software y otras acerca de las actualizaciones curriculares no serán objeto de indagación en la segunda ronda, pues solamente se usarán para complementar el estudio prospectivo y presentar recomendaciones a los directivos del Centro de Ciencia Básica de la Universidad Pontificia Bolivariana.

Anexo D. Informe ejecutivo segunda ronda Delphi.**INFORME EJECUTIVO****RONDA 2 DELPHI****ESTUDIO PROSPECTIVO DEL ÁREA MATEMÁTICAS AÑO 2020
CENTRO DE CIENCIA BÁSICA****GRUPO DE POLÍTICA Y GESTIÓN TECNOLÓGICA
GRUPO A – COLCIENCIAS
MAESTRÍA EN GESTIÓN TECNOLÓGICA****UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SEDE MEDELLÍN****Autora**

Ingeniera CLARA MARCELA MOSQUERA LÓPEZ
Estudiante de Maestría en Gestión Tecnológica
Universidad Pontificia Bolivariana

Equipo profesional que colaboró en la encuesta DELPHI

MSc. Héctor Escobar Cadavid
MSc. Ricardo Llerena León

Coordinador del Proyecto

MSc. Jhon Wilder Zartha Sossa

PRESENTACIÓN

El presente informe ejecutivo resume los resultados obtenidos en la segunda ronda del ejercicio DELPHI del Estudio Prospectivo del área de Matemáticas para el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la Universidad Pontificia Bolivariana, sede Medellín. Este proceso se desarrolló entre los meses de Febrero y Marzo del año 2009.

Para esta segunda ronda teníamos dos objetivos clave: el primero era calificar la RELAVANCIA de las temáticas nuevas propuestas por los expertos en la primera ronda, de modo que se incluyeran en el estudio si eran calificadas como prioritarias o en discusión por los expertos en esta ronda. El segundo objetivo fue presentar a los expertos las temáticas evaluadas en la primera ronda que resultaron PRIORITARIAS o EN DISCUSIÓN de acuerdo al criterio expresado en el primer informe ejecutivo, para que los expertos tuvieran la oportunidad de redefinir los grupos, excluyendo variables del grupo de PRIORITARIAS y poniéndolas en discusión, con la condición de incluir el mismo número de variables del grupo de temas EN DISCUSIÓN en el grupo de temas PRIORITARIOS justificando dicho cambio.

ESTRUCTURA DE LA ENCUESTA

La encuesta de la segunda ronda DELPHI está dividida en dos partes: la primera tiene que ver con la calificación de la relevancia de algunas temáticas del área de Matemáticas para Ingeniería que fueron aportadas por algunos expertos en el ejercicio de la primera ronda. La segunda parte pretende reconfigurar los grupos de temáticas PRIORITARIAS y EN DISCUSIÓN resultantes del análisis de resultados de la primera ronda. En esta parte se pidió a los expertos revisar los grupos presentados e intercambiar máximo dos temas entre grupos (que corresponde al 30% del número de temas inicialmente PRIORITARIOS). Cada cambio realizado debe estar sustentado, ya que estas justificaciones se presentan en la tercera ronda para la selección de temas PRIORITARIOS DEFINITIVOS.

PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO

La segunda de las tres rondas planificadas para este estudio DELPHI fue respondida por veintiuno (21) de los expertos que habían respondido a la primera ronda.

PARTE A: TEMÁTICAS

Las temáticas que se pusieron a consideración de los expertos en la primera ronda fueron las siguientes:

No	TEMÁTICAS
A	Diseño de experimentos
B	Métodos cuantitativos en ingeniería
C	Modelos de regresión y análisis estadístico multivariado
D	Econometría y series temporales
E	Teoría de control (árboles de decisión, listas de espera, problemas de transporte y distribución, entre otros)
F	Cálculo Tensorial
G	Prospectiva

Tabla 1. Nuevos temas evaluados en la segunda ronda DELPHI

Sobre estas temáticas se preguntó acerca de LA RELEVANCIA y las respuestas se evaluaron según la escala que se muestran a continuación:

CARACTERÍSTICA	ESCALA
RELEVANCIA	0. No sabe / No responde 1. No es importante 2. Poco importante 3. Medianamente importante 4. Importante 5. Muy importante

Tabla 2. Atributos y escalas de calificación de las temáticas evaluadas en la segunda ronda DELPHI

RESUMEN DE RESULTADOS

RELEVANCIA

No	TEMÁTICAS	RELEVANCIA		
		MODA	FRECUENCIA MODAL	% CONSENSO
A	Diseño de experimentos	4	10	47,62
B	Métodos cuantitativos en ingeniería	4	7	33,33
C	Modelos de regresión y análisis estadístico multivariado	4	12	57,14
D	Econometría y series temporales	3	6	28,57
E	Teoría de control (árboles de decisión, listas de espera, problemas de transporte y distribución, entre otros)	4	12	57,14
F	Cálculo Tensorial	4	7	33,33
G	Prospectiva	4	9	42,85

Tabla 3. Calificación de RELEVANCIA

SELECCIÓN DE TEMAS PRIORITARIOS Y EN DISCUSIÓN

Para la selección de temas PRIORITARIOS se tomaron en cuenta dos criterios:

- El tema debe haber sido considerado como Importante o Muy Importante por la mayoría de los expertos. Esto es, la moda de la variable RELEVANCIA para la temática en estudio debe ser 4 ó 5.
- El porcentaje de consenso alcanzado en la calificación de RELEVANCIA de la temática, debe ser superior al porcentaje de consenso promedio de todas las temáticas, incluyendo las temáticas que se preguntaron en la primera ronda. Para este segundo ejercicio el promedio del porcentaje de consenso es de **45.52%**.

Los temas considerados como temas EN DISCUSIÓN son los que siendo calificados por la mayoría de los expertos como Importantes o Muy Importantes (moda 4 ó 5), no alcanzaron a superar el promedio del porcentaje de consenso.

Los temas que no quedaron clasificados ni como temas prioritarios, ni como temas en discusión; fueron catalogados como NO PRIORITARIOS, por lo que no serán consultados en la siguiente ronda DELPHI.

Las temáticas se encuentran clasificadas en la siguiente tabla:

CLASIFICACIÓN	TEMÁTICAS
PRIORITARIO	Diseño de experimentos
EN DISCUSIÓN	Métodos cuantitativos en ingeniería
PRIORITARIO	Modelos de regresión y análisis estadístico multivariado
NO PRIORITARIO	Econometría y series temporales
PRIORITARIO	Teoría de control (árboles de decisión, listas de espera, problemas de transporte y distribución, entre otros)
EN DISCUSIÓN	Cálculo Tensorial
EN DISCUSIÓN	Prospectiva

Tabla 4. Clasificación de nuevos temas de la segunda ronda DELPHI

PARTE B: RECONFIGURACIÓN DE GRUPOS DE TEMÁTICAS PRIORITARIAS Y EN DISCUSIÓN

Los resultados que se presentan en esta parte del estudio muestran las temáticas que los expertos cambiaron de grupo entre PRIORITARIAS y EN DISCUSIÓN. El porcentaje de consenso mostrado al frente de cada una de las temáticas indica la cantidad de expertos que decidieron realizar la reasignación de la temática. Por ejemplo para el caso de Matemática Básica, se calculó el porcentaje de consenso como la división entre el número de expertos que la excluyeron del grupo de temáticas PRIORITARIAS y el total de expertos que respondieron la encuesta de segunda ronda DELPHI (21 expertos).

RESUMEN DE RESULTADOS

TEMÁTICAS EXCLUIDAS DEL GRUPO DE PRIORITARIAS

No	TEMÁTICAS	% CONSENSO
1	Matemática Básica	23,81
5	Cálculo Diferencial	4,76

21	Optimización de Sistemas	23,81
----	--------------------------	-------

Tabla 5. Temáticas excluidas del grupo de PRIORITARIAS por los expertos

TEMÁTICAS INCLUIDAS EN EL GRUPO DE PRIORITARIAS

No	TEMÁTICAS	% CONSENSO
3	Geometría Vectorial	14,29
13	Estadística y Procesos Estocásticos	9,52
15	Análisis y Métodos Numéricos	19,05
20	Modelación y Simulación	9,52

Tabla 6. Temáticas incluidas en el grupo de PRIORITARIAS por los expertos

ARGUMENTOS PRESENTADOS

ALGUNOS ARGUMENTOS PARA EXCLUIR TEMÁTICAS DEL GRUPO DE PRIORITARIAS

- **MATEMÁTICA BÁSICA**
 - Sin dejar de ser prioritaria, el tema de la Matemática Básica es responsabilidad de la educación básica y media.
 - De todas maneras el estudiante, ya sea en forma insuficiente o muy adecuada, ha hecho un recorrido de sus temas en bachillerato.
 - Es importante por la forma y preparación que traen nuestros estudiantes de grado once. Me parece que se debe buscar la opción de ser un curso opcional.
 - Se puede exigir a los estudiantes que lleguen con estas competencias.
- **OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS**
 - Este tema, es eso, un tema; como tal es asunto de varios de los temas prioritarios restantes y, más aún, de varios de los temas en discusión.
 - Se puede enseñar en cursos de cada carrera.
 - Es un tema que podría tratarse en postgrados.
 - Es un tema que puede trabajarse en una fase de formación avanzada o posterior al pregrado. Podría ser tema de una especialización o de un curso de profundización adecuado a la necesidad y con las aplicaciones de los distintos ingenieros.
 - Esta temática es particular a las aplicaciones de cada ingeniería, y no lo veo como prioritario para la formación inicial en matemática.

ALGUNOS ARGUMENTOS PARA INCLUIR TEMÁTICAS EN EL GRUPO DE PRIORITARIAS

- **GEOMETRÍA VECTORIAL**
 - Es un prerrequisito para poder ver Álgebra Lineal y Cálculo Vectorial.

- Es necesario que el pensamiento matemático, en su estructuración formal, se fundamente en un sistema específico como es el espacio lineal Euclidiano n - dimensional, el cual, es el objeto de la geometría vectorial entendiéndose correctamente: geometría vectorial, NO geometría cartesiana.
- Porque el pensamiento matemático desde el punto de vista de la lógica y las demostraciones son básicas en la formación del ingeniero.
- Creo que la Geometría Vectorial ayudaría a no imprimir solo verticalidad y horizontalidad en el análisis de las diferentes problemáticas ingenieriles a los que está expuesto un egresado.

- **MODELACIÓN Y SIMULACIÓN**

- Es una temática con alta tendencia para analizar los modelos que la ingeniería necesita.
- Las computadoras apenas inician su impacto cultural en nuestra Colombia tercermundista, la masificación de este recurso en forma efectiva provocará en nuestra cultura cambios que hoy ni siquiera nos imaginamos y particularmente golpeará fuertemente a la educación. Entre estos golpes culturales estará la validación de muchos fenómenos a partir de su modelación y simulación, cubriendo nuevos campos que con las formas actuales se hacen difíciles de entender. Por ejemplo si tenemos el $\lim_{x \rightarrow \infty} (1/x) = 0$, llegan mejor a la mente del alumno mediante una simulación y si en el pasado (2009) la verdad de este límite estaba validada por una demostración, en el futuro estará validada por una simulación.
- Con las herramientas actuales y las que puedan surgir tanto en hardware como en software, este tema cobra más importancia cada día. Además es indispensable para la formación de un ingeniero de verdad.

- **ESTADÍSTICA Y PROCESOS ESTOCÁSTICOS**

- Es necesario que un tema como estadística y procesos estocásticos sirva para la estructuración del pensamiento estocástico. El estudio de las SICMA - ÁLGEBRAS permitirá el desarrollo de nuevas temáticas como: diseño de experimentos, métodos cuantitativos, modelos de regresión y análisis estadístico multivariado, econometría y series temporales y teoría de control.
- Para la formación fundamental del ingeniero se requiere al menos tener una base de esto para enfrentar posteriormente estudios de ruido, teoría de colas (telefonía), comunicaciones, etc. Base para un curso avanzado de estadística.

- **ANÁLISIS Y MÉTODOS NUMÉRICOS**

- La gran mayoría de los fenómenos de la ingeniería describen modelos complejos, en donde un alto porcentaje de estos, los métodos analíticos se quedan "cortos", esta falencia la resuelven los métodos numéricos de una forma más ágil y con un error controlado por el Ingeniero.
- Con las herramientas actuales y las que puedan surgir tanto en hardware como en software, este tema cobra más importancia cada día.
- La mayoría de las aplicaciones reales de ingeniería sólo son óptimamente solucionables mediante el uso de métodos numéricos.

- De un lado, el análisis de situaciones generales utilizando modelos matemáticos, en prácticamente cualquier área de la ingeniería, puede desarrollarse con la ayuda de un sistema de cómputo que tengan incorporados modelos numéricos de cálculo. Por otro lado, estos sistemas trabajan sobre una base numérica de solución que, en muchos casos, es transparente para el usuario y que influye en los resultados, pero las decisiones que se tomen en relación a los resultados, son responsabilidad del ingeniero. Por lo tanto la correcta utilización de los sistemas de cómputo conlleva necesariamente un conocimiento de los métodos de solución incorporados.

OBSERVACIONES

- Al unificar todas las temáticas y calcular un nuevo promedio de porcentaje de consenso, éste es un poco menor al usado para definir los grupos de temáticas PRIORITARIAS y EN DISCUSIÓN de la primera ronda. Sin embargo NO cambia en nada las condiciones, es decir, no hay ninguna temática de las evaluadas en primera ronda que deba ser reubicada con este nuevo promedio de porcentaje de consenso. Con el nuevo promedio lo que se logra es que tres (3) nuevas temáticas sean prioritarias por lo que se puede aumentar la cantidad de temas en el grupo de temas PRIORITARIOS, quedando la posibilidad de seleccionar diez (10) temas PRIORITARIOS al final del estudio.
- En la segunda ronda fueron invalidadas algunas respuestas de los expertos en lo que tiene que ver con la reconfiguración de grupos de prioridad, porque incluyeron algunos temas en el grupo de temas PRIORITARIOS, pero no excluyeron ninguno del grupo, condición que es indispensable para la aplicación de la metodología DELPHI.

Anexo E. Informe ejecutivo tercera ronda Delphi.**INFORME EJECUTIVO****RONDA 3 DELPHI****ESTUDIO PROSPECTIVO DEL ÁREA MATEMÁTICAS AÑO 2020
CENTRO DE CIENCIA BÁSICA****GRUPO DE POLÍTICA Y GESTIÓN TECNOLÓGICA
GRUPO A – COLCIENCIAS
MAESTRÍA EN GESTIÓN TECNOLÓGICA****UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SEDE MEDELLÍN****Autora**

Ingeniera CLARA MARCELA MOSQUERA LÓPEZ
Estudiante de Maestría en Gestión Tecnológica
Universidad Pontificia Bolivariana

Equipo profesional que colaboró en la encuesta DELPHI

MSc. Héctor Escobar Cadavid
MSc. Ricardo Llerena León

Coordinador del Proyecto

MSc. Jhon Wilder Zartha Sossa

PRESENTACIÓN

El presente informe ejecutivo resume los resultados obtenidos en la tercera y última ronda del ejercicio DELPHI del Estudio Prospectivo del área de Matemáticas para el Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la Universidad Pontificia Bolivariana, sede Medellín. Este proceso se desarrolló entre los meses de Marzo y Abril del año 2009.

El objetivo de esta última ronda es la elección de los diez (10) temas PRIORITARIOS del estudio. Para alcanzar este objetivo se presentó a los expertos un grupo de temas filtrado en la segunda ronda. El grupo estaba dividido en dos (2) subgrupos: el primero cuatro (4) temas que se consideraron definitivamente prioritarios desde la segunda ronda y el segundo de trece (13) temas dentro de los cuales se deberían elegir los seis (6) temas restantes para completar el grupo de temas PRIORITARIOS.

ESTRUCTURA DE LA ENCUESTA

La encuesta de la tercera ronda DELPHI está dividida en dos partes: la primera parte es el conjunto de argumentos presentados por los expertos en la segunda ronda, para incluir o excluir temas del grupo de PRIORITARIOS, lo que podría ayudar a los expertos a tomar decisiones en la elección final de temas PRIORITARIOS. La segunda parte presenta un cuadro con todas las temáticas que pasaron el filtro de segunda ronda para que los expertos resalten seis (6) temas para completar el grupo de diez (10) temas PRIORITARIOS.

PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO

La segunda de las tres rondas planificadas para este estudio DELPHI fue respondida por veintiuno (20) expertos: dieciocho (18) que también habían respondido a las encuestas de las rondas 1 y 2, y dos (2) que no respondieron a la segunda ronda.

FORMULARIO DE SELECCIÓN DE TEMAS PRIORITARIOS

Las temáticas que se pusieron a consideración de los expertos en la tercera ronda fueron las siguientes:

GRUPO ANTERIOR	TEMÁTICAS	¿PRIORITARIA?
PRIORITARIAS	Cálculo Integral	X
	Álgebra Lineal	X
	Cálculo Vectorial	X
	Ecuaciones Diferenciales	X
	Matemática Básica	
	Cálculo Diferencial	
	Optimización de Sistemas	
EN DISCUSIÓN	Geometría Vectorial	
	Estadística y Procesos Estocásticos	
	Análisis y Métodos Numéricos	
	Modelación y Simulación	
NUEVAS TEMÁTICAS PRIORITARIAS	Diseño de Experimentos	
	Modelos de Regresión y Análisis Estadístico Multivariado	
	Teoría de control (árboles de decisión, listas de espera, problemas de transporte y distribución, entre otros)	
NUEVAS TEMÁTICAS EN DISCUSIÓN	Métodos Cuantitativos en Ingeniería	
	Cálculo Tensorial	
	Prospectiva	

Tabla 1. Temas evaluados en la tercera ronda DELPHI

RESUMEN DE RESULTADOS

La siguiente tabla muestra los resultados de los temas marcados como prioritarios en la tercera ronda del ejercicio DELPHI del área de Matemáticas.

RESPUESTAS																
TEMÁTICAS																
Cálculo Integral	Álgebra Lineal	Cálculo Vectorial	Ecuaciones Diferenciales	Matemática Básica	Cálculo Diferencial	Optimización de Sistemas	Geometría Vectorial	Estadística y Procesos Estocásticos	Análisis y Métodos Numéricos	Modelación y Simulación	Diseño de Experimentos	Modelos de regresión y análisis estadístico multivariado	Teoría de Control	Métodos cuantitativos en Ingeniería	Cálculo Tensorial	Prospectiva
X	X	X	X	X	X		X	X	X	X						
X	X	X	X	X					X	X	X	X	X			
X	X	X	X		X		X		X			X			X	
X	X	X	X		X			X	X	X	X	X				
X	X	X	X	X	X		X		X	X	X					
X	X	X	X		X		X	X	X	X		X				
X	X	X	X		X	X	X	X	X	X						
X	X	X	X	X	X		X	X	X	X						
X	X	X	X	X	X		X	X	X	X				X		
X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X					
X	X	X	X		X		X	X	X							X
X	X	X	X		X		X	X	X		X		X			
X	X	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X			
X	X	X	X		X			X	X		X	X	X	X		
X	X	X	X		X			X	X	X	X			X		
X	X	X	X		X		X	X	X	X	X					
X	X	X	X		X		X	X		X	X	X				

Tabla 2. Selección de temas prioritarios definitivos en tercera ronda DELPHI

ANÁLISIS DEL CONSENSO ALCANZADO

Para realizar el análisis del consenso alcanzado se estudian las respuestas de la primera y la tercera ronda, teniendo en cuenta sólo a los expertos que tuvieron continuidad en las tres rondas del ejercicio DELPHI.

Para calcular la frecuencia modal para cada uno de los temas sometidos a esta última ronda se usó el siguiente modelo:

$$Fm_{ronda3} = Fm_{ronda1} + Fe_{ronda3} - Fs_{ronda3}$$

Fm_{ronda1}	Frecuencia modal del tema en la primera ronda	Número de veces que se repite la moda en la primera ronda
Fe_{ronda3}	Frecuencia de entrada del tema en tercera ronda	Número de expertos cuya opinión en la primera ronda fue diferente a la moda, pero marcaron el tema como prioritario en la tercera ronda
Fs_{ronda3}	Frecuencia de salida del tema en tercera ronda	Número de expertos cuya opinión en la primera ronda fue igual a la moda, pero no marcaron el tema como prioritario en la tercera ronda

Tabla 3. Variables a tener en cuenta para el cálculo de la frecuencia modal de los temas en tercera ronda

En la Tabla 4 se puede observar el movimiento del consenso entre los expertos participantes en la tercera ronda. Las celdas que se encuentran coloreadas corresponden a los expertos cuya opinión en primera ronda fue igual a la moda, pero no marcaron el tema como prioritario en la última ronda. Las celdas que solamente tienen una "x", corresponden a los expertos cuya opinión en primera ronda fue diferente a la moda, pero que marcaron el tema como prioritario en la tercera ronda. Las celdas coloreadas y que tienen una "x" corresponden a los expertos que cuya opinión en la primera ronda fue igual a la moda y además marcaron como prioritario el tema en la tercera ronda.

El porcentaje de consenso se calcula como:

$$\% \text{ consenso} = \frac{Fm_{ronda3}}{\# \text{ participantes}_{rondas1,2,3}} * 100\%$$

Cálculo Integral	Álgebra Lineal	Cálculo Vectorial	Ecuaciones Diferenciales	Matemática Básica	Cálculo Diferencial	Optimización de Sistemas	Geometría Vectorial	Estadística y Procesos Estocásticos	Análisis y Métodos Numéricos	Modelación y Simulación	Diseño de Experimentos	Modelos de regresión y análisis estadístico multivariado	Teoría de Control	Métodos cuantitativos en Ingeniería	Cálculo Tensorial	Prospectiva
X	X	X	X	X	X		X	X	X	X						
X	X	X	X	X					X	X	X	X	X			
X	X	X	X		X		X		X			X			X	
X	X	X	X		X			X	X	X	X	X				
X	X	X	X	X	X		X		X	X	X					
X	X	X	X		X		X	X	X	X		X				
X	X	X	X		X	X	X	X	X	X						
X	X	X	X	X	X		X	X	X	X						
X	X	X	X	X	X		X		X	X				X		
X	X	X	X	X	X		X	X	X	X						
X	X	X	X		X		X	X	X		X					
X	X	X	X	X	X		X	X	X	X						
X	X	X	X		X		X	X	X		X		X			
X	X	X	X		X		X	X	X	X		X				
X	X	X	X		X			X	X	X	X			X		
X	X	X	X		X		X	X	X	X	X					
X	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X				
X	X	X	X		X		X	X		X	X	X				

Tabla 4. Movimiento de consenso entre los expertos participantes en las tres rondas DELPHI

TEMÁTICAS	FRECUENCIA MODAL RONDA 1	FRECUENCIA DE ENTRADA A CONSENSO	FRECUENCIA DE SALIDA DE CONSENSO	FRECUENCIA MODAL EN RONDA 3	% CONSENSO FINAL
Cálculo Integral	13	5	0	18	100,00%
Álgebra Lineal	7	11	0	18	100,00%
Cálculo Vectorial	11	7	0	18	100,00%
Ecuaciones Diferenciales	12	6	0	18	100,00%
Matemática Básica	14	1	7	8	44,44%
Cálculo Diferencial	14	3	1	16	88,89%
Optimización de Sistemas	10	1	9	2	11,11%
Geometría Vectorial	9	7	1	15	83,33%
Estadística y Procesos Estocásticos	8	8	2	14	77,78%
Análisis y Métodos Numéricos	9	8	0	17	94,44%
Modelación y Simulación	8	8	1	15	83,33%
Diseño de Experimentos	9	4	5	8	44,44%
Modelos de regresión y análisis estadístico multivariado	10	3	7	6	33,33%
Teoría de Control	10	2	10	2	11,11%
Métodos cuantitativos en Ingeniería	7	0	5	2	11,11%
Cálculo Tensorial	6	1	6	1	5,56%
Prospectiva	9	1	9	1	5,56%

Tabla 5. Análisis de consenso alcanzado por cada una de las temáticas

SELECCIÓN DE TEMAS PRIORITARIOS

El criterio de selección para los temas PRIORITARIOS definitivos fue el porcentaje de consenso final; para este ejercicio los 10 temas prioritarios son aquellos que han alcanzado los mayores porcentajes de consenso. Como puede observarse en la Tabla 5, los temas PRIORITARIOS de este estudio del área de Matemáticas son los siguientes:

No	TEMÁTICAS	% DE CONSENSO
1	Cálculo Integral	100,00%
2	Álgebra Lineal	100,00%
3	Cálculo Vectorial	100,00%
4	Ecuaciones Diferenciales	100,00%
5	Cálculo Diferencial	88,89%
6	Geometría Vectorial	83,33%
7	Estadística y Procesos Estocásticos	77,78%
8	Análisis y Métodos Numéricos	94,44%
9	Modelación y Simulación	83,33%
10	Diseño de Experimentos	44,44%

Tabla 6. Lista de temas PRIORITARIOS en el área de Matemáticas

% CONSENSO DE LAS TEMÁTICAS

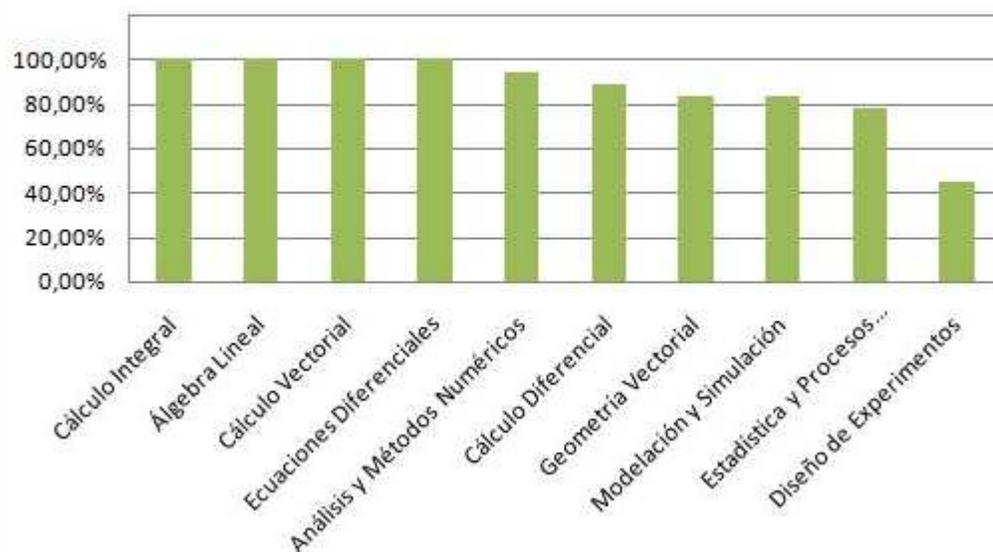


Gráfico 1. Porcentaje de consenso de las temáticas prioritarias del área de Matemáticas

OBSERVACIONES

- Existe un alto porcentaje de consenso alcanzado en el estudio prospectivo del área de Matemáticas, con el cual se ha logrado identificar diez (10) temáticas que serán prioritarias en la formación básica disciplinar de los ingenieros de cara a los retos de las nuevas tecnologías en el año 2020. Sin embargo, algunos temas que no alcanzaron el consenso suficiente para ser considerados prioritarios también serán de alto impacto en el futuro, ya que soportan diferentes tecnologías en las distintas ingenierías. Por esta razón, deben ser tenidas en cuenta cuando se realicen las actualizaciones curriculares del Centro de Ciencia Básica de acuerdo a los resultados de los estudios de prospectiva de toda la Escuela de Ingenierías de la Universidad Pontificia Bolivariana.
- Durante todo el estudio se observó una importante tendencia en los temas que tienen que ver con la Modelación, Simulación y Optimización de Sistemas, de modo que es necesario incluir éstas temáticas en las asignaturas impartidas por el Centro, apoyadas con herramientas de software que permitan explotar las bondades de estos temas y su aplicación a la solución de problemas de Ingeniería.
- En el décimo lugar de los temas prioritarios, se encuentran con igual valor de porcentaje de consenso (44.44%), estas temáticas son las que tienen que ver con Matemática Básica y Diseño de experimento. Se seleccionó Diseño de experimentos, pues la tendencia en el consenso de este tema fue ascendente, mientras que en el caso de Matemática Básica fue descendente.