

**PROSPECTIVA 2025 DE LA INGENIERÍA QUÍMICA EN ALGUNOS PAÍSES
MIEMBROS DE LA OEA**

CARMEN CECILIA RAMÍREZ PÉREZ

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
MAESTRÍA EN GESTIÓN TECNOLÓGICA
MEDELLÍN
2015**

**PROSPECTIVA 2025 DE LA INGENIERÍA QUÍMICA EN ALGUNOS PAÍSES
MIEMBROS DE LA OEA**

CARMEN CECILIA RAMÍREZ PÉREZ

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

2015

15 de abril de 2015

Carmen Cecilia Ramírez Pérez

“Declaro que esta tesis no ha sido presentada para optar a un título, ya sea en igual forma o con variaciones, en esta o cualquier otra universidad” Art 82 Régimen Discente de Formación Avanzada.

Firma



DEDICATORIA

En honor al recuerdo de Santiago mi hijo (q.e.d.p),
y a la paciencia de mi hija Susana

AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos al Ing. Fabio Castrillón Hernández, Director de Ingeniería Química de la UPB, por estimular mi proceso de formación y al Ing. Jhon Wilder Zartha por su compromiso, paciencia y dedicación para el logro mis objetivos.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	13
1. OBJETIVOS	15
1.1. Objetivo general	15
1.2. Objetivos específicos	15
2. MARCO TEÓRICO	16
2.1. ANTECEDENTES EN ESTUDIOS DE FUTURO DE LA INDUSTRIA QUÍMICA	16
2.1.1. Prospectiva de la Ingeniería Química como profesión	17
2.2. LA PROSPECTIVA	20
2.2.1. El Método Delphi	21
2.2.1.1. Antecedentes históricos del método Delphi	21
2.2.1.2. Definición	22
2.2.1.3. Características	22
2.2.1.4. Tipos de Delphi	24
2.2.1.5. Proceso Delphi	26
2.2.2. Coeficiente de competencia experta k	26
3. METODOLOGÍA	30
3.1. PRIMERA ETAPA EXPLORATORIA	30
3.2. SEGUNDA ETAPA	31
3.3. TERCERA ETAPA	33
3.4. CUARTA ETAPA	35
4. RESULTADOS	39
4.1. EXPERTOS	39
4.2. ÁRBOL TEMÁTICO	44
4.3. PRIMERA RONDA	44
4.4. SEGUNDA RONDA	48

4.5. TERCERA RONDA Y RESULTADOS FINALES	55
5. CONCLUSIONES	--
6. RECOMENDACIONES	75
BIBLIOGRAFÍA	76
ANEXO A – EXPERTOS	80
ANEXO B – RESULTADOS NUMÉRICOS COEFICIENTE DE COMPETENCIA EXPERTA	81
ANEXO C – ÁRBOL TEMÁTICO DE INGENIERÍA QUÍMICA	82
ANEXO D – CUESTIONARIO PRIMERA ENCUESTA	93
ANEXO E – RESULTADOS NUMÉRICOS PRIMERA RONDA	106
ANEXO F – INFORME EJECUTIVO PRIMERA RONDA	116
ANEXO G – CUESTIONARIO SEGUNDA ENCUESTA	124
ANEXO H – RESULTADOS NUMÉRICOS SEGUNDA RONDA	143
ANEXO I – CUESTIONARIO TERCERA ENCUESTA	152
ANEXO J – RESULTADOS NUMÉRICOS TERCERA RONDA	158

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de la evolución histórica del plan de estudios de Ingeniería Química	20
Figura 2. Proceso Delphi con cuatro etapas	26
Figura 3. Ejemplo de la primera encuesta Delphi Ingeniería Química.	33
Figura 4. Vista del cuestionario segunda encuesta Delphi Ingeniería Química.	34
Figura 5. Ejemplo del cuestionario tercera ronda Delphi Ingeniería Química.	36
Figura 6. Ejemplo de la hoja de cálculo para las respuestas de tercera ronda Delphi Ingeniería Química	37
Figura 7. Información sobre coeficiente de competencia experta.	38
Figura 8. Distribución de expertos por nivel de formación y sector de desempeño.	39
Figura 9. Porcentaje de hombres y mujeres participantes primera ronda Delphi.	40
Figura 10. Temas evaluados por áreas.	45
Figura 11. Ejemplo de resultados primera ronda.	46
Figura 12. Ficha técnica primera ronda Delphi.	48
Figura 13. Temas prioritarios definitivos por área	63

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Valoración del coeficiente de conocimiento, Kc	27
Tabla 2. Valoración de coeficiente de argumentación, Ka.	29
Tabla 3. Porcentajes del grado de conocimiento en el tema, Kc.	41
Tabla 4. Fuente de argumentación: frecuencias y porcentajes.	41
Tabla 5. Coeficientes Kc, Ka y K obtenidos por cada uno de los expertos.	43
Tabla 6. Resultados de la primera ronda: porcentaje de consensos por área.	47
Tabla 7. Ejemplo de los resultados de la segunda ronda.	49
Tabla 8. Resultados segunda ronda: Justificaciones área de tecnologías.	50
Tabla 9. Resultados segunda ronda: Justificaciones área líneas de formación.	52
Tabla 10. Resultados segunda ronda: Justificaciones criterios de calidad en ingeniería.	53
Tabla 11. Resultados de la segunda ronda: temas prioritarios.	54
Tabla 12. Ejemplo de resultados numéricos de la tercera ronda.	57
Tabla 13. Temas prioritarios comunes en cada ronda Delphi.	64

GLOSARIO

ABET: Es una agencia de acreditación nacida en Estados Unidos, que actualmente acredita programas de ciencias aplicadas en ingeniería de manera internacional.

AIChE: American Institute of Chemical Engineers

ASEE: American Society for Engineering Education

ASIBEI: Asociación Iberoamericana de Educación en Ingeniería.

CDIO: *Conceiving, Designing, Implementing, Operating*. Es una iniciativa en el marco educativo, que proporciona la fundamentación en la formación de ingenieros, en el contexto de concebir, diseñar, implementar y operar sistemas y productos del mundo real.

CIDI: Consejo Interamericano para el Desarrollo Integral.

CPIQ: Consejo Profesional de Ingeniería Química de Colombia

EFCE: European Federation of Chemical Engineering

EFTA: Engineering for the Americas, es una iniciativa hemisférica creada por la OEA.

Er3: Participantes que entran al consenso en la tercera ronda Delphi.

fm: Frecuencia modal primera ronda Delphi.

fm3: Frecuencia modal tercera ronda Delphi.

ICEM: Conferencia Mundial del Sector de Productos Químicos y Farmacéuticos.

I+D+i: Investigación, desarrollo, innovación

LACCEI: Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions.

MÉTODO DELPHI: Método prospectivo por consenso de expertos.

OEA: Organización de Estados Americanos.

PAEE: Project Approaches in Engineering Education

R3: Consenso en la tercera ronda Delphi.

Sr3: Participantes que salen del consenso en la tercera ronda Delphi.

UPADI: Unión Panamericana de Asociaciones de Ingeniería.

WCEC: World Chemical Engineering Council

Programa CO-OP: Se trata de un programa de tiempo completo, que ofrece créditos académicos por experiencia de trabajo estructurado, en el que se alternan semestres de estudio en el campus con semestres de empleo (entre 18 y 24 meses de trabajo), ayuda a los jóvenes en la transición de la escuela al trabajo y permite a muchos graduados del programa ser contratados por su empleador. (Ríos, 2012)

RESUMEN

En el marco de la iniciativa Engineering for the Americas (EFTA), programa que establece las necesidades de mejoramiento y modernización de la enseñanza de la ingeniería en los países miembros de la Organización de Estados Americanos (OEA), se llevó a cabo el estudio prospectivo de la Ingeniería Química al 2025 con el objetivo de identificar y priorizar nuevas tendencias, temas, tecnologías, criterios de calidad para la Ingeniería Química para el año 2025. Este estudio brinda herramientas a las universidades de los países miembros de la OEA para realizar educación e investigación de alta calidad en ingeniería química.

En la investigación inicialmente se realizó la búsqueda de información en fuentes primarias; luego se realizó el análisis de la información, creación del instrumento para el estudio prospectivo, invitación a los expertos de ingeniería química o de procesos a responder la encuesta, a través de la metodología Delphi y el análisis estadístico con miras a obtener consenso sobre temas prioritarios y no prioritarios de la ingeniería química.

El estudio prospectivo fue realizado consultando a expertos nacionales e internacionales a través de tres rondas Delphi, por medio de documento digital enviada en correo electrónico. El enfoque particular del presente estudio se centró en analizar las áreas medulares de la ingeniería química, priorización de las tecnologías, las líneas de formación y los criterios de calidad que deben tenerse en cuenta para mejorar el proceso de educación en facultades y departamentos de ingeniería química en Colombia y en otros países miembros de la OEA.

Como resultado, se obtuvo el desarrollo metodológico del estudio prospectivo y la identificación de un conjunto de temas y subtemas de la ingeniería química relevantes para 2025, que pueden orientar los procesos académicos e investigativos de dichas facultades y departamentos.

PALABRAS CLAVES: PROSPECTIVA, DELPHI, INGENIERÍA QUÍMICA, OEA

INTRODUCCIÓN

La Ingeniería Química y sus industrias relacionadas tales como el petróleo, la petroquímica y los bituminosos, la farmacéutica y de salud, la agroindustria y alimentaria, las del medio ambiente, la textil, las del hierro, el acero y los materiales de construcción, las del vidrio, los surfactantes, los cosméticos y perfumes, la electrónica (Charpentier, 2005 p.3), enfrentan, desde el punto de vista tecnológico y científico varios desafíos, que desencadenan en un reto a los campos de acción del ingeniero químico, orientándolos hacia las áreas de los nuevos materiales, la investigación de procesos innovadores para pasar de la química intermedia tradicional a nuevas especialidades, de igual forma, hacia la química del material activo e industrias afines, la búsqueda de nuevas fuentes de energía y la conservación y uso racional de las que actualmente posee, la biotecnología, la ciencia de las superficies, entre otras.

Consecuentemente y ante estos retos se hace inevitable la evolución de la Ingeniería Química a través del tiempo, creando y desarrollando nuevas técnicas y herramientas para enfrentar estos cambios que se presentan en las industrias, lo que conlleva a que el campo de acción de la Ingeniería Química se amplíe cada vez más, por tal razón, los programas académicos y los grupos de investigación de las universidades, necesitan mantenerse actualizados, con miras a obtener un enriquecimiento teórico y práctico en conocimientos y habilidades que se adapten al nuevo orden económico y tecnológico mundial.

Este trabajo contó con el apoyo del programa Ingeniería para las Américas EFTA-OEA., creado como un plan de acción, en respuesta de la primera reunión de Ministros y altas autoridades de ciencia y tecnología, en el marco del Consejo Interamericano para el Desarrollo Integral (CIDI) de la Organización de Estados Americanos (OEA), llevado a cabo en Lima, Perú en noviembre de 2004. Esta iniciativa hemisférica busca “construir capacidades locales de ingeniería para crear conocimiento que asegure la solución de necesidades locales y abra puertas para

competir por oportunidades globales” (Engineering for the Americas, s.f). Prevé además, el mejoramiento de la formación en ingeniería, la elaboración de mecanismos de aseguramiento de la calidad, la armonización de las modalidades del título profesional, el fomento de la innovación y el compromiso del Estado para respaldar la necesaria modernización de la educación en ingeniería y tecnología en la búsqueda de soluciones a problemas locales de cada país y de paso incrementar las oportunidades en la competencia global. De igual forma, las estrategias definidas allí buscan incrementar el número de egresados de los programas de ciencia, tecnología e ingeniería, la acreditación internacional de los programas, incrementar el número de mujeres en ingeniería, fortalecer el desarrollo de programas de excelencia y alianzas entre los sectores académicos, públicos y privados, incrementando la cooperación interamericana para la educación en áreas de ciencia, tecnología e ingeniería, identificar fortalezas y debilidades en innovaciones educativas, prácticas pedagógicas y curriculares, formas y tipos de graduación, asignaturas, prácticas exitosas, entre otros. (Engineering for the Americas, s.f.)

Dentro de este contexto, es necesario responder varias preguntas vitales para el liderazgo de las facultades y los departamentos de Ingeniería Química: ¿Qué capacidades se deben desarrollar en los futuros ingenieros químicos?, ¿Cuáles son las nuevas tendencias, variables de futuro, temas y tecnologías que deben ser incorporadas en los programas de Ingeniería Química para el año 2025?, ¿Qué criterios de calidad deben tenerse en cuenta en los programas de Ingeniería Química con miras al 2025?

Por lo anterior, este trabajo tuvo como objetivo principal identificar y priorizar nuevas tendencias, temas, tecnologías, criterios de calidad para la Ingeniería Química al año 2025, mediante la aplicación de la metodología Delphi a tres rondas, en el marco del proyecto EFTA–OEA.

1. OBJETIVOS

1.1. Objetivo general

Identificar y priorizar nuevas tendencias, temas, tecnologías, criterios de calidad para la Ingeniería Química para el año 2025, mediante la aplicación del método Delphi a tres rondas con expertos de países miembros de la OEA.

1.2. Objetivos específicos

- Aplicar la metodología Delphi a expertos de países miembros de la OEA con el fin de identificar las tecnologías y temáticas estratégicas que deben hacer parte de los programas académicos de Ingeniería Química en el horizonte del año 2025 para dinamizar su liderazgo.
- Identificar prioridades investigativas y temáticas en Ingeniería Química que potencien el desarrollo de la región como “motor” del quehacer académico.
- Brindar bases para la redefinición del perfil del profesional en Ingeniería Química con el fin de establecer las habilidades y destrezas que respondan a las demandas del sector productivo y que estén acordes con las necesidades de desarrollo de la región y las nuevas tendencias.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES EN ESTUDIOS DE FUTURO DE LA INDUSTRIA QUÍMICA

Los estudios relativos al futuro de la industria química indican que ésta juega un rol decisivo en la economía mundial. Los avances en los servicios de salud, los nuevos principios activos de la industria farmacéutica y la introducción de tecnologías que protegen el medio ambiente, son piezas claves que caracterizan el rol especial, pero a la vez de enorme responsabilidad, de este sector industrial. Hoy en día, los sectores más importantes son los productos agroquímicos, pinturas y barnices, gases industriales, productos de aseo personal y de limpieza, plásticos y polímeros, fibras sintéticas, industria farmacéutica, lo que en inglés se conoce como *chemical specialties*, y que podría traducirse como químicos especiales: “sustancias de moléculas altamente complejas que se sintetizan en varias etapas” (Charpentier, 2005. p.3)

Garcés cita el Informe de la Conferencia Mundial del Sector de Productos Químicos y Farmacéuticos (ICEM), emitido a fines de 2006, donde se proponen las tendencias de la industria química a nivel global, e indica que cada vez se invertirá más y se construirán nuevas plantas en las regiones del mundo que están creciendo económicamente, como los países árabes y Asia, y en particular, China e India; el creciente poder adquisitivo en estas regiones significa que mayores sectores de la población exigen bienes y servicios a los que antes no podían acceder. (ICEM citado en Garcés & Zartha, 2009.). En este sentido, la Oficina Internacional del Trabajo, (OIT), también presenta en el 2011 un informe sectorial sobre la evolución de las fusiones y adquisiciones de la industria química y farmacéutica a nivel mundial, con indicadores sobre la reestructuración y los efectos en el empleo en dichas industrias. (Oficina Internacional del Trabajo, 2011).

2.1.1. Prospectiva de la Ingeniería Química como profesión

En el 2009, Garcés & Zartha, hacen referencia a los estudios realizados por universidades y agremiaciones norteamericanas, como American Institute of Chemical Engineers, AIChE y American Society for Engineering Education, ASEE, además de estudios llevados a cabo por agremiaciones europeas, como la European Federation of Chemical Engineering, (EFCE) y propuestas latinoamericanas, como la de la Asociación Iberoamericana de Educación en Ingeniería (ASIBEI).

En cuanto a la educación, indica que no se puede enseñar “todo”, lo que se puede hacer a futuro es equipar al egresado con fundamentos y herramientas necesarias para su ejercicio profesional en ingeniería química. Además, sugiere que la especialización en cuanto a conocimientos o habilidades específicos, deberá lograrse por parte de cada estudiante, en respuesta a las oportunidades que se le brinden, y de acuerdo a su propia iniciativa, según el estudio de Garcés& Zartha (2009), sin embargo, se propone que los planes de estudio muestren ejemplos de diversos tipos de industria durante la carrera.

Para Charpentier (2005) el futuro de la ingeniería química con respecto a la producción de nuevos materiales, debe centrarse en cuatro objetivos principales:

- Control total de procesos y procedimientos en múltiples escalas para incrementar la selectividad y productividad.
- Intensificación de procesos: diseño de quipos novedosos basados en principios científicos con nuevos modos de operación y de métodos de producción.
- Ingeniería y diseño de producto: producción con base en las propiedades de uso final, con énfasis especial en fluidos complejos y tecnología de sólidos.
- Implementación en modelación y simulación a múltiples escalas y multidisciplinario en situaciones reales de la ingeniería química. (p.3)

En 1997, ABET presenta los criterios para la acreditación de los programas de ingeniería, basados en resultados (*outcomes*), permitiendo así la flexibilidad y la intención de impulsar la innovación en la enseñanza de la ingeniería.

Fruto de la alianza entre la industria, egresados de ingeniería y la academia aparece en el 2004, una guía, para abordar la restructuración en la educación y la práctica en ingeniería, conocida como CDIO, bajo la premisa comúnmente aceptada, de que los graduados de ingeniería deberían ser capaces de concebir, diseñar, implementar y operar sistemas complejos de ingeniería, con valor agregado, en un ambiente moderno y basado en el trabajo en equipos para crear sistemas y productos. (Conceive Design Implement Operate, s.f.). Las normas CDIO sirven como herramienta para ser adoptadas libremente por los programas de ingeniería, igualmente para la evaluación y mejora continua de los mismos.

Las principales escuelas de ingeniería de Estados Unidos, Europa, Canadá, Reino Unido, África, Asia y Nueva Zelanda formaron esta iniciativa, como colaboración a nivel mundial para concebir y desarrollar una nueva visión de la enseñanza de la ingeniería, que identifica 73 elementos deseados en 4 grandes temas como:

- Razonamiento y conocimiento técnico.
- Competencias y atributos personales y profesionales.
- Competencias interpersonales: trabajo en equipo y comunicación.
- Concebir, diseñar, implementar y operar sistemas en la empresa y en contexto social.

Las sugerencias de la EFCE (2010), sobre la educación en Ingeniería Química, realizadas para el acuerdo del espacio de educación europeo regido por el acuerdo de Bologna, están encaminadas a recomendar las capacidades que debe tener un ingeniero químico en cada uno de los ciclos, según el marco Europeo. (European Federation of Chemical Engineering, 2013)

En cuanto a las competencias que deberá portar un ingeniero químico, Crosthwaite, Cameron, Lant, & Litster, (2006), apoyado en el estudio realizado por el *World Chemical Engineering Council* (WCEC, 2004) presenta las principales habilidades que necesita un ingeniero en el mundo laboral, e indica al sector educativo en ingeniería que debe centrar sus esfuerzos para garantizar el logro de estas; dichas capacidades son:

- Capacidad para trabajar eficazmente en equipo.
- Capacidad para analizar información.
- Capacidad para comunicarse de manera efectiva.
- Capacidad para recoger información.
- Capacidad de autoaprendizaje.

De igual forma, en el anterior estudio consistente en una encuesta a ingenieros químicos sobre su experiencia personal en el mundo del trabajo, se evidencia otra interesante información e indica que la capacidad de investigación y la habilidad para aplicar conocimientos de ciencias básicas son más importantes durante el proceso educativo que en el mundo laboral, y que las habilidades laborales más necesitadas no se desarrollan suficientemente en el proceso educativo.

En el estudio de Garcés & Zarthá (2009) señalan que La ASIBEI realizó algunas propuestas para la educación del ingeniero en general, que se aplican bien al contexto de la ingeniería química. Se hace énfasis en preparar al ingeniero, primero que todo, para atender el desarrollo de su país y su región. Recomiendan no excederse en el énfasis dado en la educación al sistema I+D+i (investigación, desarrollo, innovación) puesto que se siguen requiriendo ingenieros de perfil operativo y práctico, igualmente con algún nivel de capacitación específica, en las industrias del medio latinoamericano.

En la figura 1 puede observarse el esquema de la evolución histórica de la enseñanza de la ingeniería química en 7 décadas, que evidencia una vez más el dinamismo de la disciplina como tal. Allí se logra ver el decrecimiento en los cursos descriptivos y auge por la simulación y las nuevas necesidades de la industria en temas como la biología. (Favre, Falk, & Roizard, 2008. p.e23)

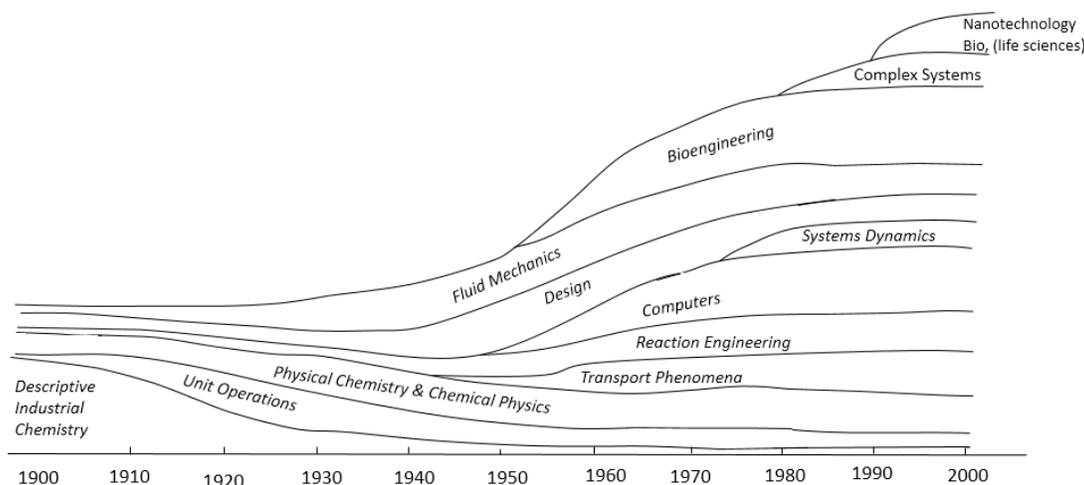


Figura 1. Esquema de la evolución histórica del plan de estudios de Ingeniería Química

Nota fuente: Adaptado de “Favre, E., Falk, V., & Roizard, C. S. (2008). Trends in chemical engineering education: Process, product and sustainable chemical engineering challenges. *Education for Chemical Engineer*, 3(1), e22–e27”

2.2. LA PROSPECTIVA

El francés Gastón Berger (1967) fue el primero en introducir la palabra prospectiva, entendida como el arte y/o la ciencia de estudiar y prever el futuro (Builes & Manrique 2000. p.33). Para Godet, (2000), la prospectiva es una reflexión para aclarar la acción del presente a la luz de futuros posibles, herramienta que permite organizar y estructurar de manera transparente y eficaz la reflexión colectiva sobre las apuestas y retos del futuro y la evaluación de opciones estratégicas.

Por su parte Restrepo (1995), la define como “elaboración de conocimientos con alto grado de certidumbre sobre los factores determinantes de eventos y procesos del futuro con base en la información de tendencias y rupturas de la realidad”. (p.1-3)

La prospectiva es una herramienta que busca prever los escenarios futuros de un campo específico, no sólo desde la posición pasiva de lo que se presiente como el rumbo más probable, sino también desde una mirada amplia al campo de las posibilidades, teniendo en mente cómo llevarlas a cabo, es decir, cómo ponerlas en acción.

2.2.1. El Método Delphi

2.2.1.1. Antecedentes históricos del método Delphi

Alrededor de los años cincuenta, investigadores de la Rand Corporation, en Estados Unidos comenzaron a utilizar pronósticos tecnológicos, en el área de la producción para la defensa; de acuerdo con Escorsa y Valls (1997), fueron aquellos, quienes introdujeron el método de iteración con retroalimentación controlada conocido desde entonces como Delphi. Para 1970, los japoneses desarrollaron su propia estrategia de prospectiva, encaminada a prever el futuro en la ciencia y la tecnología, con un horizonte de tiempo de 30 años, este estudio se considera como el primer estudio de prospectiva tecnológica.

Dentro de las primeras publicaciones más importantes sobre el método, aparece la de Linstone & Turoff (1975), en la década de los 70; desde entonces se ha utilizado en muchos países en diversos estudios prospectivos, siendo uno de los más usuales según Balaraman y Venkatakrisnan, en la planeación educativa en diferentes niveles.

2.2.1.2. Definición

Linstone y Turoff (1975) definen el método Delphi como: “...un método para estructurar el proceso de comunicación grupal, de modo que ésta sea efectiva para permitir a un grupo de individuos, como un todo, tratar con problemas complejos” (p.3). Otra definición dada por Konow y Pérez (1990) mencionando a Helmer y Rescher, apunta más al desarrollo del método: “El Método Delphi es un programa cuidadosamente elaborado, que sigue una secuencia de interrogaciones individuales a través de cuestionarios, de los cuales se obtiene la información que constituirá la retroalimentación para los cuestionarios siguientes” (p.2).

El método Delphi es una técnica prospectiva de obtención de información cualitativa o subjetiva, pero relativamente precisa en contextos de información imperfecta, conclusión de la combinación de la experiencia y sabiduría de los expertos, que trata de lograr un consenso de opiniones expresadas por las personas seleccionadas sobre el tema de estudio, por medio de la iteración sucesiva de un cuestionario, cuantificando matemáticamente sus opiniones mediante la aplicación de cálculos estadísticos como la mediana, la media, la moda, cuartiles (Vélez, 2013. p.20)

El método Delphi pretende extraer y maximizar las ventajas que presentan los métodos basados en grupos de expertos y minimizar sus inconvenientes. Para ello se aprovecha la sinergia del debate en el grupo y se eliminan las interacciones sociales indeseables que existen dentro de todo grupo. De esta forma se espera obtener un consenso lo más fiable posible del grupo de expertos. (Builes & Manrique 2000. p.59)

2.2.1.3 Características

El método presenta varias características fundamentales, una de ellas, el anonimato, ningún experto conoce la identidad de los otros participantes que

componen el grupo de discusión, lo que permite preservar la reserva de las respuestas y de los posibles cambios de opinión respecto a uno o varios de los temas tratados y elimina la influencia o el sesgo que puedan presentar diferentes expertos en la interacción personal. Otras características se refieren a la iteración y la respuesta estadística, que lo diferencian de otras técnicas grupales, lo cual se logra al presentar varias veces el mismo cuestionario, y gracias a elementos metodológicos, cada experto puede revisar sus planteamientos tomando como base los resultados de la fase anterior e ir modificando su opinión, de tal forma, que las respuestas de los demás participantes, obliga a reflexionar sobre la complejidad del tema en cuestión, lo que permite integrar de manera sistemática las opiniones del grupo, con un alto grado de consenso. La estructura de este proceso de comunicación, permite observar el crecimiento del conocimiento de un grupo de individuos, al reconocer la superioridad del juicio de grupo, sobre el juicio individual.

Sin embargo el método también presenta algunas características negativas, por ejemplo, dificultades en la elaboración del cuestionario, por la superficialidad en las preguntas o por exceso o falta de información, lo que puede inducir a una mala interpretación por parte de los expertos y por consiguiente desviar las respuestas con respecto a la media. De igual forma, hay dificultades en la precisión de lo que se entiende por experto, pues, el término en sí es poco claro y suele ir asociado a lo práctico, hábil o experimentado que podemos considerar a una persona. Al respecto, cabe citar a Cabero & Barroso (2013) en referencia a Mengual (2011), quien entiende por experto: “tanto al individuo como al grupo de personas que son capaces de proporcionar valoraciones fiables sobre un problema en cuestión, y al mismo tiempo, hacen recomendaciones en función de un máximo de competencia”. (p.26) Por su parte Landeta (2002), lo define como “...aquél individuo cuya situación y recursos personales le posibiliten contribuir positivamente a la concesión del fin que ha motivado del trabajo Delphi”. (p.57)

Otra característica que se debate frecuentemente en este tipo de estudios es la que se refiere al número de expertos, Cabero y Barroso (2013) refiriéndose

a Williams y Webb (1994); y a Powell (2003), expresan que “no hay consenso con respecto al número de expertos necesarios para llevar a cabo un estudio” (p.27). De igual forma, encontraron diferentes propuestas, como las siguientes:

Malla & Zabala (1978) que sugiere que su número debe oscilar entre 15 y 20; la de Gordon (1994) que lo sitúa entre 15-35; la de Landeta (2002) que indica que debe estar comprendido entre 7 y 30; García y Fernández (2008) para quienes el intervalo debe situarse entre 15 y 25; o la propuesta realizada por Wiskis & Altschuld (1995) quienes no señalan un número concreto, aunque se muestran conformes en que debe ser menor que 50, reconociendo que en algunos casos puede ser mayor (p.28)

2.2.1.4. Tipos de Delphi

Según la forma de conducir un ejercicio Delphi, en relación a la evaluación de las respuestas de los expertos, se pueden distinguir dos tipos:

- Delphi Convencional: “Es el más común y se caracteriza por la importancia del grupo monitor, tanto en el diseño como en la evaluación de las respuestas” (Konow & Pérez, 1990. p.47)
- Delphi Computador: “El grupo monitor es reemplazado en gran medida por un computador que es programado para realizar la compilación de los resultados del ejercicio” (Konow & Pérez, 1990. p.47)

“El Delphi convencional tiene la ventaja de adaptarse o modificarse en función de las respuestas del grupo. La ventaja del Delphi Computador es una mayor rapidez en el procesamiento de la información y minimización de los errores en la tabulación de la información” (Builes & Manrique, 2000. p.67)

Según el objetivo buscado, un ejercicio Delphi puede clasificarse como:

- Delphi prospectivo: “Diseñado para proyectar variables, eventos, tendencias, que servirán de apoyo en la toma de decisiones. Se caracteriza por la búsqueda del consenso entre las opiniones de los participantes, evitando los problemas que se producirían en un encuentro cara a cara” (Konow & Pérez, 1990. p.47)

Delphi Normativo o de Política: Es una herramienta de análisis de políticas alternativas y no un mecanismo de toma de decisiones. Su objetivo es asegurar que todas las posibles opciones de un problema han sido expuestas y consideradas de modo que se pueda estimar el impacto y consecuencias de cualquier opción en particular, analizar y estimular la aceptabilidad de una determinada opción. Su carácter normativo lo enfoca hacia lo que deberá hacerse en lugar de identificar lo que sucederá. Virtualmente todas las aplicaciones Delphi en educación son de carácter normativo (Balaraman & Venkatakrisnan, 1980. p.53)

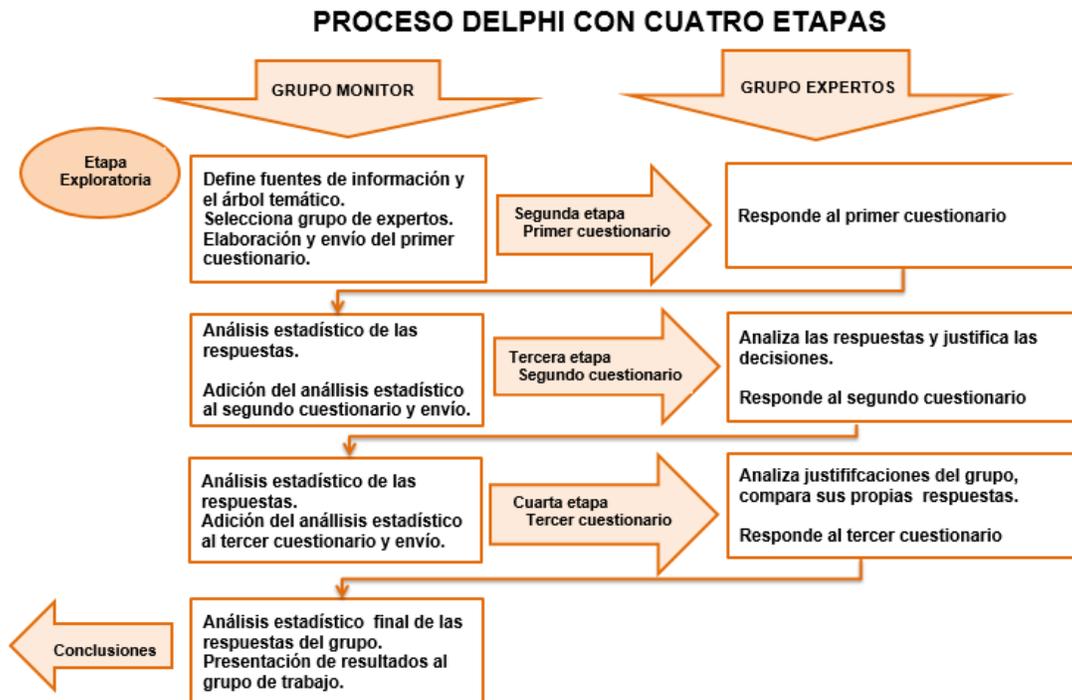
Existen otros tipos de Delphi con características muy similares, a los tipos de Delphi ya analizados en cuanto a su objetivo, aunque su diferencia radica en la forma de conducirlos:

- Delphi Cara – Cara: En este tipo de Delphi el cuestionario se lleva personalmente a cada integrante del panel, a quien se le hace la entrevista en forma individual, lo cual permite aumentar la flexibilidad de las respuestas, pues el entrevistador puede resolver cualquier duda o ambigüedad que se le presente al panelista en relación con las preguntas del cuestionario. Por otra parte, se logran considerables ventajas de tiempo (entrevista v/s correo) y se logra disminuir el porcentaje de deserción de los panelistas (Konow & Pérez, 1990. p.47)
- Mini Delphi: consiste en una conferencia de mesa redonda, en donde las opiniones y respuestas al cuestionario se hacen por escrito, y en varias mesas simultáneamente (optativo). En este caso, el grupo monitor responde cualquier duda, tabula los resultados y devuelve el cuestionario

a los participantes. Presenta como ventajas su mayor flexibilidad y ahorro de tiempo, resultando más atractivo en aquellos casos en que no hay problemas para reunir al grupo de panelistas (Konow & Pérez, 1990. p.47)

2.2.1.5. Proceso Delphi

En la figura 2 se observa un proceso Delphi desarrollado en cuatro etapas con tres rondas de encuestas.



Fuente: Adaptado de Builes y Manrique, (2000)

Figura 2. Proceso Delphi con cuatro etapas

Adaptado de “Builes, C., & Manrique, J. (2000). *Las prioridades investigativas en ingeniería mecánica: Un estudio prospectivo en Antioquia*.(Tesis inédita para optar al título de Magíster en Gestión Tecnológica), UPB. Escuela de Ingenierías. Medellín, Colombia”

2.2.2. Coeficiente de competencia experta k

Es un procedimiento para identificar la calidad, validez e incorporación de los expertos seleccionados en un estudio Delphi, consiste en la autovaloración de la

persona para determinar su competencia experta y de esta forma obtener expertos más significativos. (Cabero & Barroso, 2013)

El coeficiente se obtiene mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$K = 1/2 (Kc + Ka)$$

Donde, el coeficiente de conocimiento Kc, está determinado por la información del propio experto sobre el tema o problema planteado. Es la propia autovaloración en una escala del cero (0) al uno (1).

En la tabla 1 se observa la valoración, para la determinación de Kc; el valor cero “0” representa el conocimiento nulo, mientras que el valor de “1”, representa el pleno conocimiento del tema tratado.

Tabla 1. Valoración del coeficiente de conocimiento, Kc

VALORACIÓN SOBRE GRADO DE CONOCIMIENTO EN EL TEMA, kc	
No soy especialista ni poseo ningún conocimiento del tema.	0
No soy especialista y tengo poco conocimiento del tema	0,3
No soy especialista y tengo algún conocimiento del tema	0,6
Soy especialista en el tema y tengo bastante conocimiento del tema	0,9
Soy especialista en el tema y tengo total conocimiento del tema	1

Nota fuente: Adaptado de “Cabero Almenara, J., & Barroso Osuna, J. (2013). La utilización del juicio de experto para la evaluación de TIC : el coeficiente de competencia experta. *Revista de Pedagogía*, 65(2), 25-38”

El coeficiente de argumentación, Ka, indica la fundamentación de los criterios del experto. Este coeficiente se obtiene, a partir de la asignación de una serie de puntuaciones, a las distintas fuentes de argumentación de las que ha podido servirse el experto, e igual que Kc, es su propia autovaloración. En la tabla 2 puede observarse las puntuaciones usualmente utilizadas para la valoración de las fuentes de argumentación, de acuerdo con los diferentes autores (García y Fernández,

2008; Blasco, López, y Mangual, 2010 que han desarrollado el procedimiento, en función de las respuestas del experto. (Cabero & Barroso, 2013).

Tabla 2. Valoración de coeficiente de argumentación, Ka.

VALORACIÓN SOBRE EL COEFICIENTE DE ARGUMENTACIÓN, Ka			
Fuente de argumentación	Grado de influencia de cada una de las fuentes en sus criterios		
	A (Alto)	M (Medio)	B (Bajo)
Análisis teóricos realizados por el experto	0,3	0,2	0,1
Experiencia obtenida	0,5	0,4	0,2
Estudio de trabajos sobre el tema, de autores colombianos	0,05	0,05	0,05
Estudio de trabajos sobre el tema, de autores extranjeros	0,05	0,05	0,05
Conocimiento propio acerca del estado del problema en el extranjero	0,05	0,05	0,05
Intuición del experto	0,05	0,05	0,05

Nota fuente: Adaptado de “Cabero Almenara, J., & Barroso Osuna, J. (2013). La utilización del juicio de experto para la evaluación de TIC : el coeficiente de competencia experta. *Revista de Pedagogía*, 65(2), 25-38”

Con los valores finales obtenidos, se clasifican los expertos en tres grandes grupos:

- Si K es mayor o igual a 0,8 y menor o igual a 1, entonces hay influencia alta de todas las fuentes.
- Si K es mayor o igual a 0,7 y menor que 0,8: entonces hay influencia media de todas las fuentes
- Si K se encuentra entre 0,5, y menor que 0,7 entonces hay influencia baja de todas las fuentes. (Cabero & Barroso, 2013)

3. METODOLOGÍA

El estudio prospectivo se llevó a cabo a través de la metodología DELPHI a tres rondas, más específicamente de un Delphi normativo. (Linstone & Turoff, 1975). La finalidad del estudio fue identificar las tecnologías, temas y criterios de calidad que deben tener en cuenta los programas de Ingeniería Química de los países miembros de la OEA al 2025. Esta metodología se clasificó en cuatro etapas:

3.1. PRIMERA ETAPA EXPLORATORIA

En esta etapa se escogió el grupo monitor, conformado por 4 magister en gestión tecnológica, un magister en automática y diseño, un PhD en tecnología de recursos forestales y un candidato a magister en gestión tecnológica, quienes realizaron la búsqueda de la información básica sobre las áreas medulares de la ingeniería química, que como ya se describió, es una disciplina de gran amplitud, luego éstas áreas fueron divididas en subáreas, y a su vez éstas en temas. Las áreas medulares fueron: ingeniería de sistemas de procesos, fenómenos de transporte y operaciones unitarias, fisicoquímica y termodinámica, ingeniería de las reacciones químicas, además, se incluyeron otras tres áreas, que a juicio del grupo monitor era importante conocer, estas fueron: las tecnologías, las líneas de formación y los criterios de calidad para la educación en ingeniería, de tal forma, que permitan dar un foco sobre el panorama de la ingeniería química del futuro.

Los temas del área de las tecnologías fueron producto de consultas en artículos científicos de bases de datos especializadas en ingeniería, cruzando información con palabras claves como *emergent technologies*, *future chemistry*, *chemical vision 2020*, entre otros. Clark, (2009); Gary, (2009); Gray, (2009); Imperiali, (2009); Müller, (2009); Noyori, (2009); Tolfree y Smith, (2009). De igual forma, las líneas de formación de la ingeniería química se extraen de artículos científicos como los presentados por Crosthwaite *et al*, (2006), Glavic, Lukmana y Lozano, (2009),

Armstrong, (2006). Así mismo se hizo una revisión del estudio prospectivo de Ingeniería Química al 2019 presentado en el 2009 por Garcés y Zartha y otros estudios prospectivos realizados por el Grupo de Política y Gestión Tecnológica, para la Escuela de Ingenierías de la UPB. Zartha y Herrera, (2011).

Para la elaboración del cuestionario en el tema de criterios de calidad para la educación en ingeniería, se tuvieron en cuenta tanto las capacidades que presenta la agencia acreditadora ABET, como las recomendaciones que presenta CDIO. Crawley, Östlund, Brodeur, & Kristina, (2014).

Con el análisis de la información de los diferentes temas se procedió con su clasificación en 7 grandes categorías, lo que dio origen al árbol temático (ver Anexo C), en cuya construcción es importante establecer un adecuado nivel de detalle, para evitar caer en el error de indagar por generalidades, difíciles de implementar en procesos posteriores; es así como se garantiza resultados más específicos y por lo tanto se presenta menor incertidumbre en la toma de decisiones a mediano y largo plazo.

La construcción del árbol temático debe ser lo suficientemente amplia para abarcar toda la disciplina y con un grado de especificidad tal, que permita contener aspectos más específicos y una vez definido se constituye en el primer cuestionario del método Delphi, donde se encuentran los temas que tienen que ser priorizados por el panel de expertos.

3.2. SEGUNDA ETAPA

A la consulta, fueron convocados profesionales que se desempeñan como ingenieros químicos o de procesos, y que actúan en áreas afines y complementarias a la ingeniería química, pertenecientes a los diferentes sectores productivos, de servicios o académicos, de sectores públicos o privados y con diversos niveles de formación y de experiencia. Se contó con la base de datos de ingenieros químicos ofrecida por el director de la facultad de ingeniería química de la Universidad Pontificia Bolivariana, como miembro del consejo profesional de ingeniería química

de Colombia, además también se obtuvo información de los directores o decanos de dichas facultades, según el *ranking* de las mejores facultades de ingeniería química, de acuerdo a QS TopUniversities (2012).

La encuesta se aplicó además, a los expertos que asistieron a la sesión denominada *OAS Engineering for the Americas*, convocada por el evento LACCEI 2013 en México (*Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions*). De igual forma, la asamblea de la Unión Panamericana de Asociaciones de Ingeniería UPADI 2013 llevada a cabo en Medellín, y la reunión nacional de Directores de Ingeniería Química de Colombia en el Consejo Profesional de Ingeniería Química (CPIQ), fueron escenario de exposición del estudio con el propósito de adquirir otros expertos, a quienes posteriormente fue enviada la encuesta en formato electrónico, vía internet.

En esta etapa el panel de expertos recibió el cuestionario de primera ronda Delphi, en el cual asignan una calificación entre 0 y 5 a cada subtema, de acuerdo al nivel de importancia de los ítems, donde 5 y 0 representaron la máxima y la mínima prioridad respectivamente y “N” se tiene como la opción “No sabe / No responde”, ver figura 3. Luego de obtener las respuestas, se tomó como base el porcentaje de consenso promedio por grupo, un tema se consideró prioritario en la primera ronda DELPHI cuando se obtuvo un valor modal mayor o igual a 4 en la calificación y cuando su porcentaje de consenso es superior al porcentaje promedio de cada grupo. De igual forma, para valores modales inferiores o iguales a 3 y un porcentaje de consenso mayor al promedio del grupo, el tema se consideró no prioritario en la primera ronda DELPHI. Los temas que no cumplieron estas condiciones fueron considerados temas en discusión. Con este análisis se procedió a preparar el cuestionario de la segunda ronda Delphi.

OBJETIVO.

El objetivo de esta encuesta es priorizar e identificar nuevas tendencias , temas, tecnologías y criterios de calidad para la Ingeniería Química en países miembros de la OEA al 2025

A.Fecha recepción

Cada participante deberá priorizar todos los temas/tecnologías asignando una clasificación entre 0 y 5 en los cuadros blancos. A varios subtemas puede asignarle la misma calificación.

Calificaciones:

	0	1	2	3	4	5
	Ninguna prioridad			Alta prioridad		
	N: No sabe/No responde					

INFORMACIÓN GENERAL.

1. Nombre del encuestado:

2. Formación:

3. Correo electrónico:

1. TECNOLOGÍAS

Nanofluidos		
Materiales Nanoestructurados		
Electrotecnología		
Simulación molecular		
Bioquimiotecnología		
Biocatalisis		

Priorice:
Califique de 0 a 5 según el orden de priorización de la pregunta así:
0 - Ninguna
1 - Muy Baja
2 - Baja
3 - Media
4 - Alta
5 - Muy Alta
N- No sabe/No respode
A varios subtemas puede asignar la misma calificación.

Ronda I-ING.QUÍMICA

Figura 3. Ejemplo de la primera encuesta Delphi Ingeniería Química.

Nota fuente: Adaptado de "Builes, C., & Manrique, J. (2000)

3.3. TERCERA ETAPA

En la tercera etapa, se presentó el cuestionario de la segunda ronda Delphi (ver figura 4.), en la cual los miembros del panel deben reconsiderar sus estimaciones o respuestas y presentar sus respectivos argumentos. Se presentaron los temas por áreas y clasificados en temas prioritarios, en discusión y no prioritarios. Esta segunda ronda del ejercicio consistió en revisar los subtemas "en discusión" e identificar si alguno o algunos de ellos, en el concepto de los expertos, debe considerarse como prioritario, a cambio de alguno o algunos subtemas clasificados como tales. Como el objetivo es ser selectivo en la identificación de prioridades, el número de subtemas en el grupo de prioritarios no debe aumentarse, por lo cual la

metodología exige que si un nuevo subtema ingresa debe salir otro. Los movimientos permitidos son el 30% de los temas prioritarios, en cada categoría. (Zartha Sossa & Herrera Vargas, 2011).

Para cada uno de los subtemas que los expertos sugieren ingresar y sacar del grupo prioritario, debe haber una justificación clara y concisa que sustente su recomendación, pues tales argumentaciones son la base para la ronda final del ejercicio. (Orozco Mendoza, 2008)

Estudio de Prospectiva al 2025 de la Ingeniería Química en países miembros de la Organización de Estados Americanos



Organization of American States
Democracy for peace, security, and development



Universidad Pontificia Bolivariana

OBJETIVO.

El objetivo de esta encuesta es priorizar e identificar nuevas tendencias , áreas, tecnologías y criterios de calidad para la Ingeniería Química en países miembros de la OEA al 2025

INSTRUCCIONES

Marque con una X, **5 temas como máximo** en el grupo SUBTEMAS PRIORITARIOS que usted considera que deben someterse aún a DISCUSIÓN. A su vez, marque con una X **5 temas como máximo** en el grupo SUBTEMAS EN DISCUSIÓN ó NO PRIORITARIOS que usted considera que realmente son PRIORITARIOS. En el espacio de JUSTIFICACIÓN, escriba sus motivos para querer cambiar el tema de grupo. Si está de acuerdo con que el tema haya sido calificado como PRIORITARIO, ó EN DISCUSION ó NO PRIORITARIO, no tiene que realizar ninguna acción..

IMPORTANTE: El número de temas marcados en ambos subtemas debe ser IGUAL

7. CRITERIOS DE CALIDAD PARA INGENIERÍA

Subtemas prioritarios		Subtemas en discusión	
7.1.1.1	Demostrar capacidad para usar los principios de las ciencias básicas.	7.1.3.1	Manejo de principios basicos de la metodologia de la investigación
	Justificación:		Justificación:
7.1.1.2	Aplicar los principios de las ciencias de la ingeniería.	7.1.3.3	Busqueda y analisis de literatura impresa y electrónica.
	Justificación:		Justificación:
7.1.1.3	Demostrar capacidad para aplicar el conocimiento de las áreas profesionales de la ingeniería.	7.1.3.4	Lanzamiento de la Hipótesis, prueba y defensa
	Justificación:		Justificación:
7.1.2.1	Identificación y representación matemática del problema.	7.1.4.1	Pensamiento holístico
	Justificación:		Justificación:

6. QUÍMICA E ING.RXNES QUÍMICAS
7.CRITERIOS DE CALIDAD

Figura 4. Vista del cuestionario segunda encuesta Delphi Ingeniería Química.

Nota fuente: Adaptado de “Builes, C., & Manrique, J. (2000).

3.4. CUARTA ETAPA

Para la cuarta etapa los expertos analizaron nuevamente sus respuestas, basados en la información recibida y tomaron sus decisiones finales.

Se envió el último cuestionario de la tercera ronda Delphi, como puede verse en la figura 5., con los temas considerados como prioritarios y en discusión, las observaciones de mayor importancia realizadas por los expertos en la anterior etapa, de igual forma, aparece la letra P de color rojo, al frente de cada tema considerado prioritario en la etapa anterior. Con esta información, los expertos identificaron nuevamente los temas de mayor prioridad, y colocaron una "X" en las casillas correspondientes a los temas considerados prioritarios del cuestionario de tercera ronda. El número de temas que debían ser escogidos se especifica en las instrucciones de cada categoría y su valor debe que ser igual al número de temas que contiene el grupo prioritario, en cada una de las categorías. (ver Figura 5).

INSTRUCCIONES

Seleccione de los dos listados con una X, los **6 temas** que son prioritarios para la Ingeniería Química en países miembros de la OEA al 2025.

Tenga en cuenta que el tema marcado con una **P** ya se considera Prioritario según el consenso alcanzado en las anteriores rondas.

En la parte derecha encuentra argumentos a favor o en contra de los temas aportados por los participantes del ejercicio.

Justificación Físicoquímica y Termodinámica

Argumentos presentados para excluir los siguientes puntos del conjunto de subtemas prioritarios

Subt.	Físicoquímica y Termodinámica	Justificación
5.1.1	Gases	Puede ser considerado en cursos de Ciencias Básicas. No se conciben los gases sin las ecuaciones de estado, se sugiere agregar esta frase.
5.1.2	Equilibrio Químico	Fundamental para IQ.
5.1.3	Equilibrio de fases	Fundamental para IQ.
5.1.5	Fenómenos superficiales ((incluye emulsiones, coloides, geles, espumas, etc.)	No es necesario en pregrado. Corresponde a cursos de ingeniería aplicada. Es un tema importante pero el conocimiento es aplicado en pocos renglones de la industria.
5.1.4	Soluciones	
5.2.1	Lejes termodinámicas	P
5.2.2	Propiedades de las sustancias puras	Este ítem está abarcado y ampliado en el ítem 5.1.7

Argumentos presentados para incluir los siguientes puntos al conjunto de subtemas prioritarios

Subt.	Físicoquímica y Termodinámica	Justificación
5.1.6	Relación entre propiedades de la sustancia y su uso y desempeño	Este abarca al ítem 5.2.2 y lo amplía para el estudio de las aplicaciones.
5.1.7	Materiales porosos e irregulares, sólidos particulados, polvos y aerosoles	Los temas asociados con la tecnología de partículas y polvos debe ser consideras como prioridad dado que más del 50% de los productos de la Industria química involucra alguna tipo de material particulado y por tanto es muy importante la formación en estos temas que tradicionalmente han estado relegados de los currículos de IQUI.
5.1.8	Sistemas con memoria: fluidos viscoelásticos, sistemas vivos, sólidos reactivos	
5.1.10	Fluidos supercríticos	Es uno de los temas más estudiados hoy en industrias de productos de alto valor agregado. El diseño y uso de equipos de fluidos supercríticos está en total desarrollo, con un valor muy alto.
5.1.11	Fluidos no-newtonianos	
5.2.3	Ecuaciones de estado para sustancias puras	
	Relación entre comportamiento macroscópico de	Muy relevante en el desarrollo de nuevos productos funcionales de aplicación en

4. FENOMENOS TRANSPORTE Y OOUU 5. FÍSICOQUÍMICA Y TERMODINÁMIC 6. QUÍMICA ...

Figura 5. Ejemplo del cuestionario tercera ronda Delphi Ingeniería Química.

Nota fuente: Adaptado de “Builes, C., & Manrique, J. (2000).

Para el cálculo del consenso logrado entre la primera y tercera ronda, se identificaron los participantes comunes en las tres rondas (29 en este caso), las calificaciones de la primera ronda se tomaron como base para la tercera, los participantes colocaron una “X” en las casillas correspondientes a los temas prioritarios del cuestionario de tercera ronda, luego, se reemplazaron las “X” por los valores de calificación que cada participante había asignado en primera ronda (identificados por el color amarillo en la figura 6). Con esto, se determinó cuales temas no fueron considerados prioritarios inicialmente, es decir, se identificó cuáles de esas calificaciones fueron menores al valor modal de primera ronda por cada tema, identificado como Er3. De igual forma, fueron identificados los participantes

que calificaron el tema como prioritario en la primera ronda, pero que no lo seleccionaron con "X" en la tercera, en otros términos, se reconocen los temas con moda superior a 4 y sin la identificación del color amarillo, razón por la cual, salieron del consenso. Este resultado se denominó Sr3.

La frecuencia modal fm3 de cada tema para la tercera ronda es igual a la frecuencia modal de la primera ronda (fm1) más los participantes que entran nuevos al consenso en la tercera ronda (Er3), menos los que salen del consenso en tercera ronda (Sr3), y el porcentaje de consenso de la tercera ronda se determinó con la ecuación: $R3 = fm3 * 29 / 100$

Los temas prioritarios definitivos en cada categoría, son los valores de R3 mayores o iguales al promedio de los porcentajes de consenso de la tercera ronda para cada una de las 7 categorías. La fila resaltada de color verde en la figura 6, identifica un tema que resultó prioritarios desde la segunda ronda.

	Consenso primera ronda con 29 expertos																													Consenso tercera ronda 29 expertos				
	Modo	fm1	% Consenso	Promo- dio % Consenso	Priori- sados	Decisión	Er3	Sr3	fm3= fm1+Er3-Sr3	R3	Promedio % Consenso																							
2.5.5	4	11	38%	44%	SI	Prioritaria	11	6	16	55,17%																								
3.1.1	4	12	41%	44%	Na	Discutida	10	7	10	34,52%	44,84%																							
3.1.2	5	15	52%	44%	SI	Prioritaria	7	13	9	30,69%																								
3.1.3	4	11	38%	44%	Na	Discutida	17	9	19	65,52%																								
3.1.4	3	10	34%	44%	Na	Discutida	20	7	23	79,35%																								
3.1.5	4	14	48%	44%	SI	Prioritaria	11	11	14	48,28%																								
3.1.6	4	14	48%	44%	SI	Prioritaria	7	13	9	30,69%																								

Figura 6. Ejemplo de la hoja de cálculo para las respuestas de tercera ronda Delphi Ingeniería Química

Nota fuente: Elaboración propia.

La tercera encuesta se complementó con una información adicional, que pretendió indagar por la competencia experta, o coeficiente K de cada experto, de acuerdo a Cabero & Barroso (2013), para lo cual cada uno se autoevaluó, en cuanto a los conocimientos (Kc), y a las fuentes de argumentación (Ka), que posee sobre el tema objeto del presente estudio (la ingeniería química), tal como puede verse en la figura 7. Kc toma valores desde cero cuando el experto reportó que no es especialista en el tema y no posee ningún conocimiento sobre el mismo, hasta el valor de uno que equivale a valorarse como especialista y tener total conocimiento en el tema.

OBJETIVO.

El objetivo de esta encuesta es priorizar e identificar nuevas tendencias , áreas, tecnologías y criterios de calidad para la Ingeniería Química en países miembros de la OEA al 2025

INSTRUCCIONES

Seleccione de los dos listados con una X, los **8 temas** que son prioritarios para la Ingeniería Química en países miembros de la OEA al 2025.

Tenga en cuenta que el tema marcado con una P ya se considera Prioritario según el consenso alcanzado en las anteriores rondas.

En la parte derecha encuentra argumentos a favor o en contra de los temas aportados por los participantes del ejercicio.

INFORMACIÓN SOBRE GRADO DE CONOCIMIENTO EN EL TEMA			
No soy especialista ni poseo ningún conocimiento del tema.			
No soy especialista y tengo poco conocimiento del tema			
No soy especialista y tengo algún conocimiento del tema			
Soy especialista en el tema y tengo bastante conocimiento del tema			
Soy especialista en el tema y tengo total conocimiento del tema			
INFORMACIÓN SOBRE EL COEFICIENTE DE COMPETENCIA EXPERTA "K"			
Fuente de argumentación	Grado de influencia de cada una de las fuentes en sus		
	A (Alto)	(Medio)	B (Bajo)
Análisis teóricos realizados por el experto			
Experiencia obtenida			
Estudio de trabajos sobre el tema, de autores colombianos			
Estudio de trabajos sobre el tema, de autores extranjeros			
Conocimiento propio acerca del estado del problema en el extranjero			
Intuición del experto			

Justificación Tecnologías

Figura 7. Información sobre coeficiente de competencia experta.

Nota fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la metodología, los valores de coeficiente de competencia experta, K, por encima de 0.8; indica alta influencia en las fuentes de respuesta.

Con la información de la tercera ronda Delphi, se elaboró el informe final, con resultados definitivos, que representan el mayor nivel de consenso, el cual, según estudios realizados, a nivel mundial se considera óptimo entre el 50% y el 100%. (Builes y Manrique, 2000)

4. RESULTADOS

4.1. EXPERTOS

Inicialmente se contó con una base de datos de 104 ingenieros químicos que se desempeñan en áreas afines y complementarias a la ingeniería química, pertenecientes a sectores productivos, de servicios o académicos, y tanto del sector público como privado. Finalmente el estudio terminó con 29 expertos, donde el 41.03% contaban con formación en PhD, el 29.91% con maestría, el 8.55% fueron especialistas, el 13.68% tenían pregrado en ingeniería química. Asimismo, el 62.5% de los expertos pertenecen al sector académico y el resto 37.5%, al sector productivo. En la figura 8 se puede observar la relación de cada nivel de formación con los diferentes sectores de desempeño. El listado de expertos que participó en cada una de las tres rondas, con el correspondiente nivel de formación y área de desempeño puede verse en el Anexo A.

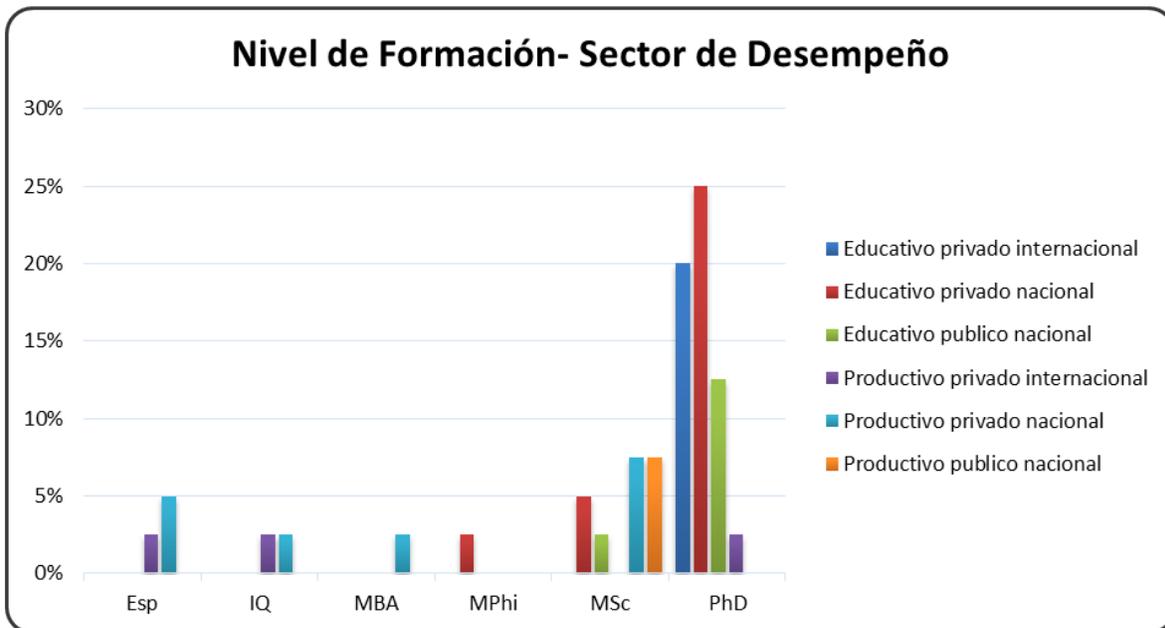


Figura 8. Distribución de expertos por nivel de formación y sector de desempeño.

Nota fuente: Elaboración propia.

El 22% del grupo de expertos estuvo conformado por mujeres y el restante 78% por hombres, representación que se puede observar en la figura 9.

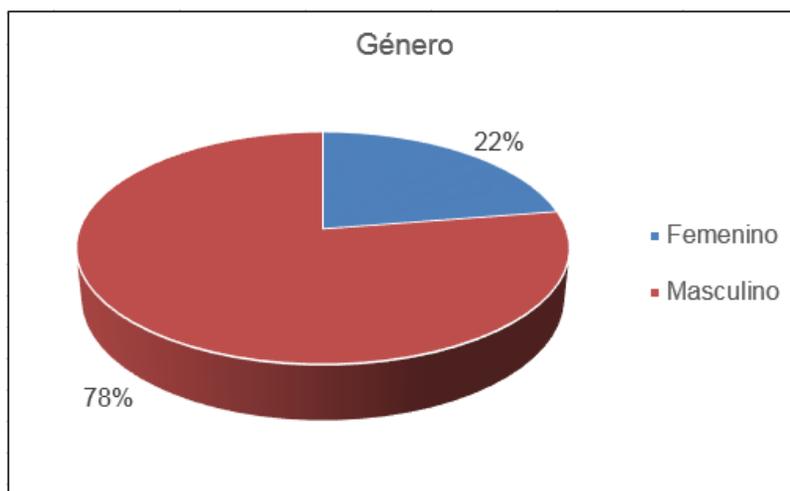


Figura 9. Porcentaje de hombres y mujeres participantes primera ronda Delphi.

Nota fuente: Elaboración propia.

El hecho de tener en el grupo de expertos, representación tanto del sector académico (62.5%) como del sector productivo (37.5%), es un indicador que permite confiar en los resultados finales, tal como se confirmó con la medición del grado de conocimiento en la temática del presente estudio, donde el 79% de los expertos que finalizaron el estudio, demostraron tener bastante conocimiento sobre la ingeniería química y ninguno de los expertos expresó tener poco o ningún conocimiento sobre el mismo tema; información que se observa en la tabla 3.

Tabla 3. Porcentajes del grado de conocimiento en el tema, Kc.

Porcentaje del grado de conocimiento en el tema, Kc	
No soy especialista ni poseo ningún conocimiento del tema.	0%
No soy especialista y tengo poco conocimiento del tema	0%
No soy especialista y tengo algún conocimiento del tema	34,78%
Soy especialista en el tema y tengo bastante conocimiento del tema	60,86%
Soy especialista en el tema y tengo total conocimiento del tema	4,35%

Fuente: Adaptado de Cabero, J.; Barroso, J.M. (2013)

Nota fuente: Adaptado de “Cabero Almenara, J., & Barroso Osuna, J. (2013). La utilización del juicio de experto para la evaluación de TIC: el coeficiente de competencia experta. *Revista de Pedagogía*, 65(2), 25-38”

En relación al coeficiente de argumentación, el análisis presentado en la tabla 4 permite señalar, que de acuerdo a los criterios expuestos, los expertos demostraron altos porcentajes de valoración, en los diferentes niveles de argumentación con respecto al conocimiento que tienen sobre la temática del estudio.

Tabla 4. Fuente de argumentación: frecuencias y porcentajes.

Valoración de diferentes fuentes por el experto frecuencias y porcentajes						
Fuente de argumentación	Alto		Medio		Bajo	
	f	%	f	%	f	%
Análisis teóricos realizados por el experto	5	22,7	13	59,1	4	18,2
Experiencia obtenida	15	68,2	6	27,3	1	4,5
Estudio de trabajos sobre el tema, de autores colombianos	3	14,3	9	42,9	9	42,9
Estudio de trabajos sobre el tema, de autores extranjeros	9	42,9	10	47,6	3	14,3
Conocimiento propio acerca del estado del problema en el extranjero	7	33,3	11	52,4	4	19,0
Intuición del experto	7	35,0	10	50,0	4	19,0

Fuente: Adaptado de Cabero, J.; Barroso, J. M. (2013)

Nota fuente: Adaptado de “Cabero Almenara, J., & Barroso Osuna, J. (2013). La utilización del juicio de experto para la evaluación de TIC: el coeficiente de competencia experta. *Revista de Pedagogía*, 65(2), 25-38”

En la tabla 5, se observan los resultados del coeficiente de conocimiento, K_c , el coeficiente de argumentación, K_a y la competencia experta K , para cada uno de los expertos que respondieron este ítem (23 de los 29 que terminaron el estudio). Los valores del coeficiente de experticia K , mayores o iguales a 0.8 (resaltados de color verde), representan el 65% del total de expertos que se autoevaluaron, lo que significa la influencia en las fuentes de respuesta.

En el Anexo B, está la información de autovaloración de cada uno de los expertos, que dio origen al análisis del coeficiente de competencia experta K .

Tabla 5. Coeficientes Kc, Ka y K obtenidos por cada uno de los expertos.

 Expertos con $K \geq 0.8$

N°	Coeficiente de conocimiento Kc	Coeficiente de argumentación Ka	Coeficiente de competencia experta K
1	0,9	1	0,95
2	1	1	1,00
3	0,6	0,8	0,70
4	0,9	0,9	0,90
5	0,9	0,9	0,90
6	0,6	0,7	0,65
7	0,9	0,9	0,90
8	0,9	0,9	0,90
9	0,9	1	0,95
10	0,9		
11	0,6	0,9	0,75
12	0,9	0,8	0,85
13	0,6	0,5	0,55
14	0,9	0,9	0,90
15	0,6	1	0,80
16	0,6	0,9	0,75
17	0,9	0,8	0,85
18	0,9	0,7	0,80
19	0,9	0,9	0,90
20	0,6	0,9	0,75
21	0,9	0,9	0,90
22	0,9	0,8	0,85
23	0,6	0,8	0,70
Promedio	0,8	0,86	0,83

Nota fuente: Elaboración propia.

4.2. ÁRBOL TEMÁTICO

El árbol temático se construyó lo suficientemente amplio para abarcar toda la disciplina, con un grado de especificidad tal, que permitiera tomar decisiones a mediano y largo plazo, lo que se convirtió en una característica sensible al estudio, por ser la ingeniería química una disciplina amplia y transversal a otras disciplinas, que implicaron una alta multiplicidad temática, para impedir el sesgo de los expertos, hacia algún campo de acción específico.

El árbol temático presentado en el Anexo C, se estableció como punto principal para la elaboración del cuestionario del método Delphi, donde los temas se agruparon en 7 grandes áreas, cada área de temas fue analizada de forma independiente, con esto se evita que los temas prioritarios pertenezcan a una misma categoría.

Las 7 áreas principales son:

- Tecnologías
- Líneas de formación
- Ingeniería de sistemas de procesos
- Fenómenos de transporte y operaciones unitarias
- Fisicoquímica y termodinámica
- Química e ingeniería de las reacciones
- Criterios de calidad para la educación en ingeniería química.

4.3. PRIMERA RONDA

En esta etapa, el panel de expertos recibió el cuestionario elaborado para la primera ronda Delphi, se priorizaron los 328 temas que serían relevantes para la ingeniería química en el año 2025. Estos temas fueron clasificados por áreas, tal como se ve en la figura 10. El cuestionario completo de la primera ronda se puede observar en el Anexo D.

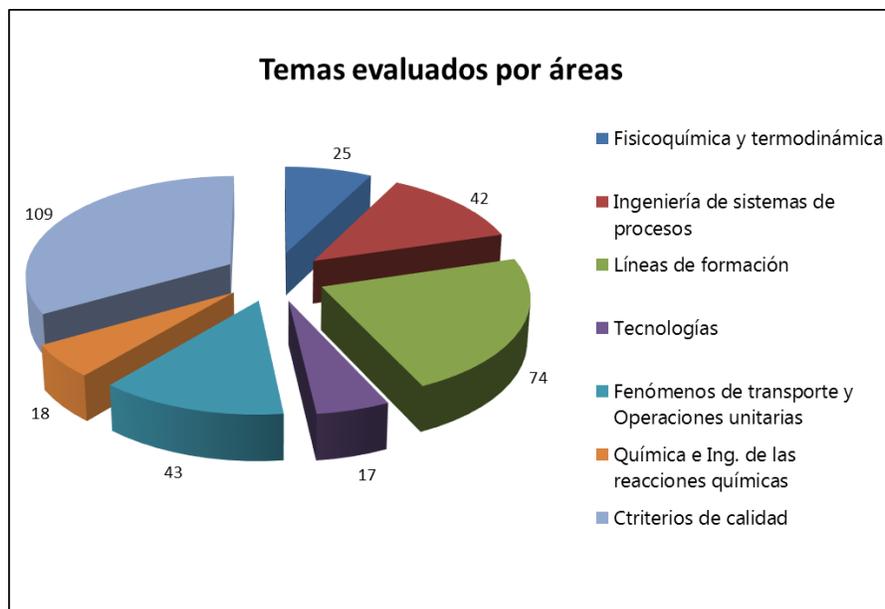


Figura10. Temas evaluados por áreas.

Fuente: Elaboración propia.

Se recibieron 40 encuestas de 41 expertos, con una respuesta anulada, todas de forma virtual, (en el informe ejecutivo de la primera ronda se notificaron 36 encuestas, esta diferencia radica en que se recibieron otras encuestas diligenciadas, luego de la fecha de corte para la realización del informe ejecutivo, razón por la cual se trabajó finalmente con el mayor número de expertos, y de ahí la diferencia presentada entre el informe ejecutivo y el informe final), el resultado de la encuesta es la organización de los temas de cada área en tres grupos: temas prioritarios, temas en discusión y temas no prioritarios.

Luego de obtener las respuestas se procedió con el análisis estadístico que incluyó cálculos de moda, frecuencia modal, porcentaje de consenso y el valor promedio en los porcentajes de consenso, con esta información se estableció que un subtema era prioritario en la primera ronda si presentaba un valor modal mayor o igual a 4 en la calificación y un porcentaje de consenso superior al valor promedio en los porcentajes de consenso de su respectiva área. Los temas prioritarios que cumplen

estas condiciones, quedan resaltados de color verde en el ejemplo de resultados de la primera ronda en la figura 11.

De igual forma, se determinó que aquellos subtemas que tenían un valor modal mayor o igual a 4, pero con un porcentaje de consenso menor al valor promedio en los porcentajes de consenso, se clasificaron en el grupo de subtemas en discusión.

Los demás subtemas que tenían un valor modal en la calificación inferior a 4, con cualquier porcentaje de consenso, se clasificaron como no prioritarios en la primera ronda Delphi, resaltados de color rojo en la figura 11.

	Moda	Frecuencia Modal	N° Encuesta	% Consenso	Promedio % Consenso	Prioritarios	Decisión
6. QUÍMICA E INGENIERÍA DE LAS REACCIONES QUÍMICAS (18 items)							
6.1.1	5	15	40	38%	38%	No	Discusión
6.1.2	4	15	40	38%		No	Discusión
6.1.3	5	12	40	30%		No	Discusión
6.2.1	5	14	40	35%		No	Discusión
6.2.2	4	15	40	38%		No	Discusión
6.2.3	3	15	40	38%		No	No prioritario
6.3.1	3	14	40	35%		No	Discusión
6.3.2	3	14	40	35%		No	Discusión
6.3.3	3	15	40	38%		No	No prioritario
6.3.4	5	15	40	38%		No	Discusión
6.3.5	4	15	40	38%		No	Discusión
6.4.1	5	18	40	45%		Si	Prioritario
6.4.2	5	17	40	43%		Si	Prioritario
6.4.3	3	18	40	45%		No	No prioritario
6.4.4	4	12	40	30%		No	Discusión
6.4.5	4	15	39	38%		Si	Prioritario
6.4.6	3	19	40	48%		No	No prioritario
6.4.7	4	16	40	40%		Si	Prioritario
7. CRITERIOS DE CALIDAD PARA PROGRAMAS DE INGENIERÍA (108 items)							
7.1.1.1	5	24	40	60%	46%	Si	Prioritario
7.1.1.2	5	26	40	65%		Si	Prioritario

Figura 101. Ejemplo de resultados primera ronda.

Fuente: Elaboración propia.

El área de mayor consenso entre los expertos es el área de “Criterios de calidad”, con un 46.10% y la de menor consenso fue el área de tecnologías, con un 35.19%; lo que es de esperarse debido a la diversidad en el perfil profesional de los expertos. En la tabla 6 se observan los promedios obtenidos en cada una de las áreas de Ingeniería Química provenientes de la primera ronda Delphi, los cuales difieren de la información presentada en el informe ejecutivo (Anexo F), debido al corte realizado para la elaboración de dicho informe, que como ya se explicó, permitió entrar mayor número de expertos al informe final.

Tabla 6. Resultados de la primera ronda: porcentaje de consensos por área.

Área	Promedio (%)
Tecnologías.	35.19.
Líneas de formación	36.92
Ingeniería de sistemas de procesos	41.13
Fenómenos de transporte y operaciones unitarias	39.24
Fisicoquímica y termodinámica	41.74
Química e ingeniería de las reacciones	38.11
Criterios de calidad para la educación en ingeniería química.	46.10

Fuente: Elaboración propia.

De la primera ronda se obtuvieron 120 temas prioritarios, 152 temas en discusión y 56 temas no prioritarios, en la figura 12 se puede observar la representación de esta información y en el Anexo E se encuentran los resultados numéricos de la evaluación de los temas por cada experto en la primera ronda y el Anexo F, es el informe ejecutivo de la misma.

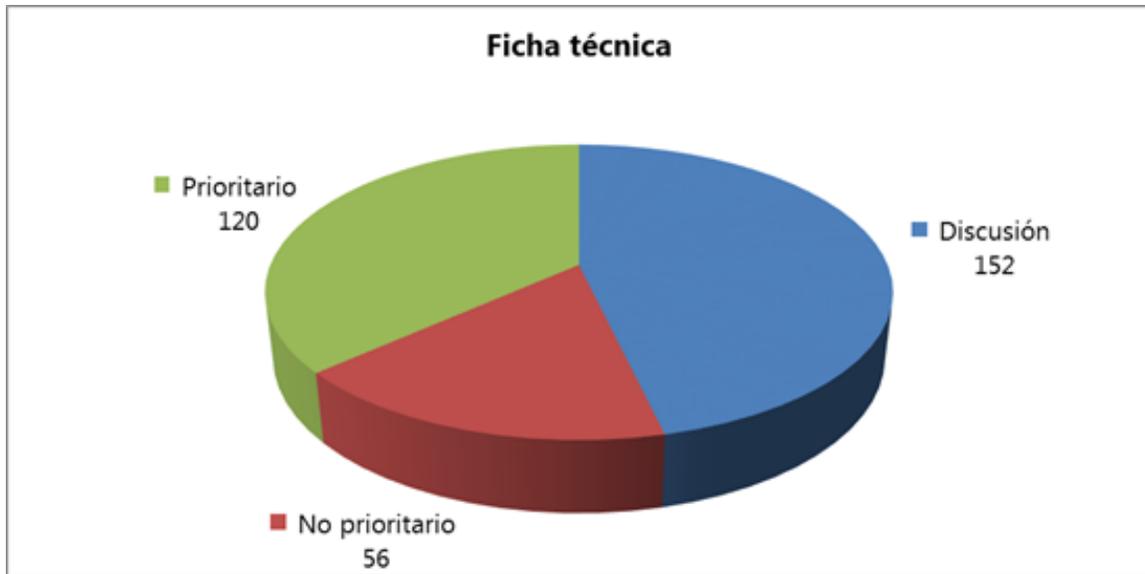


Figura 12. Ficha técnica primera ronda Delphi.

Fuente: Elaboración propia.

4.4. SEGUNDA RONDA

En esta etapa, se envió a los expertos el informe ejecutivo de la primera ronda, y se obtuvieron 29 respuestas de los 40 expertos que respondieron la primera ronda, lo que representa el 72.5%. En esta oportunidad, cada experto cambió los temas que consideró mal clasificados, y justificó su decisión. El cuestionario de la segunda ronda, puede verse completo en el Anexo G.

En cada área, el experto seleccionó con una x, el tema prioritario que consideró bajar a discusión o el tema en discusión que debía subir a prioritario que, según el número de temas prioritarios (30% de los temas prioritarios, tal como se explicó en la metodología), se permitió hacer un número máximo de movimientos así:

- Tecnologías: 1 movimiento.
- Líneas de formación: 2 movimientos.
- Ingeniería de sistemas de procesos: 2 movimientos.
- Fenómenos de transporte y operaciones unitarias: 2 movimientos.

- Físicoquímica y termodinámica: 2 movimientos.
- Química e ingeniería de las reacciones: 1 movimiento.
- Criterios de calidad: 5 movimientos.

Con los movimientos presentados en esta ronda, se realizó un conteo de los ítems que cambiaron (marcados con una “x”) y los que no cambiaron, además se resaltaron en color verde los temas que contaron con alguna justificación, tal como puede observarse en la tabla 7. Los temas que no fueron cambiados, es decir, que su conteo de cambios fue cero, quedaban marcados como prioritarios para la tercera ronda, información que puede verse completa en el Anexo H.

Tabla 7. Ejemplo de los resultados de la segunda ronda.

4. FENOMENOS DE TRANSPORTE Y OPERACIONES UNITARIAS																													Frecuencia			
Subtemas prioritarios	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29			
4.1.1 Transporte molecular y convectivo	x																													1		
4.1.2 Transporte en interfase y coeficientes de transferencia																															0	Prioritario
4.1.3 Balances macroscópicos en estado estable																															0	Prioritario
4.1.4 Balances microscópicos en estado estable																															0	Prioritario
4.2.3 Análisis Dimensional y estudio de modelos															x						x		x								3	
4.2.4 Flujo viscoso incompresible														x																	1	
4.2.9 Lechos empacados					x										x																2	
4.3.7 Separación por membranas								x									x														5	
4.4.2 Conducción en estado transitorio											x															x					1	
4.4.3 Convección forzada																															0	Prioritario
4.4.5 Ebullición y Condensación					x																										4	
4.4.6 Radiación																													x		0	Prioritario
4.4.7 Equipos de transferencia de calor																															0	Prioritario
4.5.1 Difusión molecular en estado estable													x																		1	
4.5.2 Difusión molecular en estado transitorio																												x			1	
4.5.3 Transferencia convectiva de masa												x																	x		2	
4.5.4 Métodos computacionales para cálculos de transferencia de masa					x			x																							6	
4.6.2 Absorción																															0	Prioritario
4.6.3 Extracción																															0	Prioritario
4.6.4 Destilación	x																											x			2	
Subtemas en discusión																																
4.2.1 Estática de fluidos	x																														3	
4.2.2 Balances macroscópicos aplicados a fluidos																															2	
4.2.6 Medidores de flujo																															1	
4.2.7 Maquinaria para impulsar fluidos (bombas, ventiladores, soplantes, etc.)																															1	
4.3.1 Propiedades y caracterización de partículas	x																														5	

Fuente: Elaboración propia.

A juicio de varios expertos, coinciden en bajar a discusión temas prioritarios tales como tecnologías en producción de hidrógeno, con argumentos como: la aplicación de las tecnologías en la producción de hidrógeno a corto y mediano plazo son

incipientes, además, consideran que todavía es un tema muy exploratorio en el sector energético, de igual forma, indican que las tecnologías alimentarias y la bioquimiotecnología deben ser trabajadas por otras disciplinas de la ingeniería y no por la ingeniería química. Con respecto a los argumentos presentados en los subtemas en discusión del área de tecnologías, para que sean tenidos en cuenta como prioritarios, se destacan el uso de microrreactores como una tendencia en la ingeniería química, que busca trabajar en condiciones más seguras y con procesos en los que se logre una mayor transferencia de masa y calor para llegar a procesos más efectivos, y el tema de las ciencias de las superficies, dado que la tendencia actual es hacia el diseño de productos y ésta se fundamenta en la modificación y manipulación de efectos de superficie. En la tabla 8 pueden observarse algunas justificaciones en el área de tecnologías,

Tabla 8. Resultados segunda ronda: Justificaciones área de tecnologías.

	1. TECNOLOGÍAS	Justificación
1.1	Nanofluidos	
1.3	Electrotecnología	No es un boom ahora, pero ofrece buenas oportunidades profesionales y tiende a ser menos intensivo en capital.
1.4	Simulación molecular	Será la manera futura para el cálculo de las propiedades fisicoquímicas de las sustancias.
1.8	Microrreactores	Hace parte de las nuevas tecnologías en reactores, pues permite un escalado directo, son muchas sus ventajas en cuanto a la optimización de los procesos.
1.11	Tecnología del plasma	Las tendencias futuras requerirán el desarrollo de sistemas de propulsión basados en motores iónicos y otras tecnologías de plasmas.
1.15	Ciencias de las superficies	El diseño de productos se fundamenta en su generalidad en la modificación y manipulación de efectos de superficie.
1.16	Teoría de la percolación	
1.7	Microingeniería	El análisis en escalas micro se han vuelto cada vez más relevantes.
1.9	Tecnología de los materiales metálicos	Es un área muy estudiada, sin embargo, los desarrollos de nuevos materiales plásticos y poliméricos con mejores características que los metálicos pretende migrar a materiales híbridos donde los grandes aportantes de propiedades son los materiales no metálicos. La selección de materiales en equipos de proceso pasa por las opciones metálicas, muy usadas y merecen ser mejor comprendidas. Estos siguen siendo una opción eficaz y económica.

Fuente: Adaptado de "Builes, C., & Manrique, J. (2000).

En el área de líneas de formación, hay diferencia de criterios con respecto al tema de materiales para electrónica (químicos electrónicos), informática y telecomunicaciones, debido a que un experto no lo considera como tema de prioridad para la región dado que la industria de semiconductores en Latinoamérica

es incipiente, mientras que para otro experto, el mismo tema, ofrece grandes oportunidades para los ingenieros químicos y para la industria química presenta un futuro brillante.

En sentido contrario, para la categoría de líneas de formación, varios expertos coinciden en dar prioridad en el tema de materiales compuestos (*composites*), a cambio de los énfasis en medio ambiente y biotecnología, con argumentos como:

- Los materiales compuestos son un tema complementario para equilibrar la formación en diferentes sectores industriales, de manera que se pueda tener un conocimiento básico para elegir un énfasis posterior.
- En la búsqueda de mejoras a los materiales existentes y pensando en el aprovechamiento de productos naturales y residuos, los materiales compuestos mantienen un alto grado de interés en la investigación y desarrollo de nuevos materiales.
- Se considera que los materiales compuestos crecerán 30% agregado anual en nuestros países, diversas industrias están migrando de materiales convencionales a *composites*.
- La industria de los materiales compuestos puede llegar a ser una industria que emplee en toda su cadena, más personas que la misma industria química.

En la tabla 9 se pueden ver otras justificaciones del área de líneas de formación.

Tabla 9. Resultados segunda ronda: Justificaciones área líneas de formación.

	2. Líneas de formación	Justificación
2.1.3	Materiales compuestos (composites)	En la búsqueda de mejoras a los materiales existentes y pensando en el aprovechamiento de productos naturales y residuos, los materiales compuestos mantienen un alto grado de interés en la investigación y desarrollo de nuevos materiales.
2.1.4	Cerámicas estructurales y funcionales	Necesario para el desarrollo de la industria nacional existente.
2.1.5	Superconductores	No son temas de prioridad para la región dado que la industria de semiconductores en Latinoamérica es incipientes. Es tema de posgrado.
2.1.6	Materiales para electrónica (químicos electrónicos), informática y telecomunicaciones	Ya es un área que ofrece grandes oportunidades para los IQ y para la industria química en general, tiene un futuro brillante.
2.1.8	Lubricantes sintéticos.	Un tema interesante, con gran aplicabilidad, con brillante presente y futuro.
2.1.15	Sustitución de compuestos fluorocarbonados	El impacto nefasto de los compuestos fluorocarbonados sobre la capa de ozono. Por sostenibilidad.
2.2.1	Química de los materiales fibrosos	
2.2.2	Procesos de transformación de materiales lignocelulósicos	Se deben utilizar materias primas alternativas a las que se han estado utilizando, el uso de materiales biodegradables presenta ventajas en cuanto a la transformación de materiales que podrían ser considerados como basura a productos de valor agregado y que adicionalmente son biodegradables.
2.2.3	Diseño de equipos para la transformación de materiales lignocelulósico	La biorrefinería agroforestal permite la obtención de múltiples productos de alto valor agregado, entre ellos biocombustibles de segunda generación. Además el aprovechamiento de desechos lignocelulósicos será manera de cerrar ciclos productivos.

Fuente: Adaptado de “Builes, C., & Manrique, J. (2000).

Algunas justificaciones en el área de criterios de calidad en ingeniería se presentan en la tabla 10. En ésta área los expertos hicieron énfasis en los aspectos de calidad más relevantes que se deben tener en cuenta en la enseñanza de la ingeniería química, tales como el conocimiento del contexto histórico y cultural con argumentos como:

- El conocimiento del contexto histórico y cultural es indispensable, si se desea formar ingenieros con una sólida matriz humanista, a fin de que ejerzan su profesión en forma realmente integral.
- Todas las actividades de la ingeniería se llevan a cabo dentro de un marco espacial, temporal y de contexto geográfico específicos, la habilidad para conocer, interpretar, adaptar dicho contexto es importante.
- No se puede ejercer correcta y benéfica la profesión, cumpliendo su función social, si se desconoce la historia de la sociedad en la que se vive y sus características culturales.

En cuanto al tema de la enseñanza de los principios básicos de la metodología de la investigación argumentan:

- La metodología de la investigación es competencia básica de un ingeniero, independientemente del área en la que se vaya a desempeñar profesionalmente.
- La metodología de la investigación debe ser característica de un ingeniero, no solo para investigación sino en análisis de problemas, el ingeniero químico debe tener metodología y disciplina investigadora.
- La metodología de la investigación es un plus para aprender a abordar la solución de problemas, el planteamiento y la ejecución de proyectos.

Las justificaciones completas se pueden observar en el cuestionario de la tercera encuesta, Anexo I.

Tabla 10. Resultados segunda ronda: Justificaciones criterios de calidad en ingeniería.

Subt.	Criterios de Calidad para Ingenierías	Justificación
7.1.3.1	Manejo de principios básicos de la metodología de la investigación	Debe ser una característica de un ingeniero, no solo para investigación sino en análisis de problemas. Este ítem es más integral que Investigación a través de experimentos (7.1.3.2), tema prioritario.
7.1.3.3	Busqueda y análisis de literatura impresa y electrónica.	Fundamental para llevar a cabo correctamente muchos trabajos en IQ y absolutamente necesaria para innovar y mantenerse al día como profesional.
7.1.5.5	Resiliencia	Importante en todas las áreas profesionales.
7.1.7.3	Mantener y desarrollar relaciones.	Importante establecer relaciones de confianza y duraderas en el tiempo que pueden ser altamente útiles en su desarrollo personal y profesional.
7.1.8.1	Planear, conducir y practicar debates sobre temas actuales.	Desde los días de José Ortega y Gasset, se sabe bien que la incultura típica del grueso de los ingenieros los invalida para debatir con propiedad y altura sobre temas de actualidad, por lo que aquí tenemos un serio talón de Aquiles en la formación en ingeniería.
7.1.9.1.1	Comprender el impacto de la ingeniería	Habilidad fundamental y que actualmente se evalúa por parte de los organismos acreditadores.
7.1.9.1.2	Conocer y comprender las regulaciones de la ingeniería.	Es completamente necesario que un ingeniero conozca las leyes y normas que rigen el ejercicio de su profesión en su medio laboral.
7.1.9.1.3	Conocimiento del contexto histórico y cultural.	Todas las actividades de la ingeniería se llevan a cabo dentro de un marco espacial, temporal y de contexto geográfico específicos, la habilidad para conocer, interpretar, adaptar dicho contexto es importante.
7.1.9.1.5	Planear, conducir y practicar negociaciones	Para tener éxito en la mayoría de las funciones de gestión y de ingeniería, es necesario tener buenas habilidades de negociación.
7.1.9.2.2	Aplica principios de administración y gestión	Las actividades de administración y gestión hacen parte fundamental del perfil del ingeniero químico y por lo tanto no puede ser descartadas como prioritarias.
7.1.9.2.3	Iniciativa y espíritu emprendedor	Este ítem debe ir en vez de 7.2.6

Fuente: Adaptado de "Builes, C., & Manrique, J. (2000).

En la tabla 11, se observan los 29 temas prioritarios que pasan a la tercera ronda demarcados con la letra P, lo que informa al experto que es un tema ya fijo.

Tabla 11. Resultados de la segunda ronda: temas prioritarios.

Área	Temas prioritarios
Líneas de formación	Conversión de materiales complejos o peligrosos en productos reciclables o residuos procesables.
	Conservación, mejora y recuperación del medioambiente.
	Procesos biotecnológicos.
Ingeniería de diseño de procesos	Diseño de plantas flexibles, multiproducto, para procesos discontinuos (procesos <i>batch</i>).
	Sistemas de varias fases.
Fenómenos de transporte y operaciones unitarias	Transporte en interface y coeficientes de transferencia.
	Balances macroscópicos en estado estable.
	Balances microscópicos en estado estable.
	Convección forzada.
	Radiación.
	Equipos de transferencia de calor.
	Absorción.
	Extracción.
Fisicoquímica y Termodinámica	Leyes termodinámicas.
Criterios de calidad para ingeniería	Demostrar capacidad para aplicar el conocimiento de las áreas profesionales de la ingeniería.
	Pensar en forma lógica, conceptual, deductiva y crítica.
	Tomar decisiones en presencia de incertidumbre.
	Asume su mejoramiento personal y profesional a lo largo de toda la vida.
	Escuchar activamente y mostrarse con empatía.
	Liderar, dirigir personas, actividades, proyectos, empresas.
	Trabajar en equipos y entornos internacionales.
	Presentación oral y comunicación interpersonal.
	Comunicación en idiomas extranjeros.
	Conoce y comprende los problemas y asuntos contemporáneos.
	Estudio y trabajos en equipo.

Área	Temas prioritarios
Criterios de calidad para ingeniería	El uso de ambientes virtuales para el aprendizaje.
	Metodologías en laboratorios: Aprendizaje basado en problemas.
	Preparación de trabajos en grupo (seminarios, talleres, consultas).
	Tutorías presenciales y virtuales.

Fuente: Elaboración propia.

Con resultados hasta la segunda ronda Delphi, el presente estudio participó con un artículo en el sexto simposio internacional de *Project Approaches in Engineering Education PAEE 2014*, cuyo tema principal fue innovación para la transformación. En dicho artículo se presentó un avance de los temas prioritarios de la ingeniería química al 2025.

4.5. TERCERA RONDA Y RESULTADOS FINALES

Las respuestas de los 29 expertos que terminaron el estudio, cifra que representa el 72.5% del total de expertos, generan el último análisis estadístico, como puede verse en la tabla 12, la cual se construyó teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Se Identificaron los participantes comunes en las tres rondas (29 en este caso)
- Con las calificaciones asignadas por los expertos a los subtemas en la primera ronda se calcula un valor modal de calificación. Si este valor modal es superior o igual a 4, este valor se mantendrá constante durante todas las rondas como prioritario.
- Se tomaron las calificaciones de la primera ronda como base para la tercera ronda.

- En el formulario suministrado para la tercera ronda, los participantes colocaron una “X” en las casillas correspondientes a los temas prioritarios. Posteriormente, se reemplazaron las “X”, por los valores de las calificaciones de cada participante que había asignado en la primera ronda. Se determinó el número de las calificaciones que fueron menores al valor modal de la primera ronda (Er3), por cada subtema, es decir que no fueron considerados inicialmente como prioritarios.
- De igual manera, se identificaron los participantes que calificaron el subtema como prioritario en la primera ronda, pero que no lo seleccionaron con “X” en la tercera y por lo tanto salieron del consenso. Este resultado se denominó (Sr3).
- La frecuencia modal de cada subtema para la tercera ronda se determinó mediante la siguiente ecuación: $Fm3 = Fm1 + Er3 - Sr3$ en donde Fm1 es la frecuencia modal del subtema en la primera ronda con los 29 participantes que contestaron las 3 rondas. Y el porcentaje de consenso de la tercera ronda se determinó con la fórmula: $R3 = Fm3/29 \times 100$

Con esta información se estableció que un subtema era prioritario en la tercera ronda si presentaba un valor de porcentaje de consenso (R3) superior al valor promedio en los porcentajes de consenso de su respectiva área, representados de color amarillo en la tabla 12.

El cuestionario de la tercera ronda puede observarse completo en el Anexo I., el respectivo resultado numérico de la tercera ronda se puede ver en el Anexo J.

Tabla 12. Ejemplo de resultados numéricos de la tercera ronda.

	Consenso primera ronda con 29 expertos					Consenso tercera ronda 29 expertos					
	Moda	fm1	% Consenso	Promedio % Consenso	Prioritarios	Decisión	Er3	Sr3	fm3= fm1+Er3-Sr3	R3	Promedio % Consenso
1. TECNOLOGÍAS											
1.1	3	7	24%	38%	No	Discusión	1	5	3	10,34%	29,01%
1.2	4	12	41%	38%	Si	Prioritario	3	3	12	41,38%	
1.3	3	8	28%		No	Discusión	3	4	7	24,14%	
1.4	3	11	38%		No	No prioritario	7	1	17	58,62%	
1.5	4	11	38%		Si	Prioritario	2	10	3	10,34%	
1.6	4	12	41%		Si	Prioritario	3	10	5	17,24%	
1.7	3	15	52%		No	No prioritario	8	3	20	68,97%	
1.8	3	10	34%		No	Discusión	4	6	8	27,59%	
1.9	3	12	41%		No	No prioritario	4	3	13	44,83%	
1.10	4	14	48%		Si	Prioritario	2	8	8	27,59%	
1.11	3	9	31%		No	Discusión	2	1	10	34,48%	
1.12	4	11	38%		Si	Prioritario	1	8	4	13,79%	
1.13	5	11	38%		Si	Prioritario	2	9	4	13,79%	
1.14	4	11	38%		Si	Prioritario	1	3	9	31,03%	
1.15	5	10	34%		No	Discusión	5	2	13	44,83%	
1.16	3	9	31%		No	Discusión	0	3	6	20,69%	
1.17	5	12	41%		Si	Prioritario	1	12	1	3,45%	
2. LÍNEAS DE FORMACIÓN											
2.1.1	5	14	48%	35%	Si	Prioritario	0	12	2	6,90%	17,02%
2.1.3	5	9	31%	35%	No	Discusión	3	2	10	34,48%	
2.1.4	4	9	31%		No	Discusión	3	7	5	17,24%	
2.1.5	3	10	34%		No	Discusión	1	8	3	10,34%	
2.1.6	4	12	41%		Si	Prioritario	2	5	9	31,03%	
2.1.7	5	13	45%		Si	Prioritario	3	5	11	37,93%	
2.1.8	4	9	31%		No	Discusión	1	9	1	3,45%	
2.1.9	3	11	38%		No	No prioritario	1	6	6	20,69%	
2.1.10	4	12	41%		Si	Prioritario	0	10	2	6,90%	
2.1.11	3	9	31%		No	Discusión	1	11	-1	-3,45%	
2.1.12	5	9	31%		No	Discusión	0	8	1	3,45%	
2.1.14	3	7	24%		No	Discusión	1	5	3	10,34%	
2.1.15	3	10	34%		No	Discusión	0	8	2	6,90%	
2.2.1	3	8	28%		No	Discusión	0	6	2	6,90%	
2.2.2	4	12	41%		Si	Prioritario	2	6	8	27,59%	
2.2.3	4	11	38%		Si	Prioritario	2	9	4	13,79%	

Fuente: Elaboración propia.

Los temas prioritarios definitivos del estudio son:

Área Tecnologías

- Materiales Nanoestructurados

- Simulación molecular
- Microingeniería
- Tecnología de los materiales metálicos
- Tecnología del plasma
- Tecnologías del petróleo
- Ciencias de las superficies

Área Líneas de Formación

Ciencias de los materiales

- Materiales compuestos (*composites*)
- Materiales para electrónica (químicos electrónicos), informática y telecomunicaciones
- Catalizadores
- Pigmentos, tintas.

Materiales de la industria forestal

- Procesos de transformación de materiales lignocelulósicos

Química Ambiental

- Fuentes alternas de energía.
- Conversión de materiales complejos o peligrosos en productos reciclables o residuos procesables
- Conservación, mejora y recuperación del medioambiente
- Herramientas de simulación para ubicar focos de contaminación en tiempo real y predecir su evolución
- Incineración e inertización de residuos peligrosos no valorizables
- Equipos para la corrección ambiental (ruido, a fin de línea)

Bioteología

- Microbiología industrial
- Operaciones unitarias aplicadas a la separación y purificación de productos biotecnológicos

- Modelación, optimización y control de sistemas biológicos
- Procesos biotecnológicos

Química de los alimentos

- Empaques inteligentes

Área Ingeniería de Diseño de Procesos

- Diseño de plantas para procesos continuos
- Diseño de plantas flexibles, multiproducto, para procesos discontinuos (procesos *batch*)
- Equipos básicos para la industria química

Estadística y diseño de experimentos

- Diseño de experimentos

Métodos numéricos para ingenieros de procesos

- Optimización
- Solución de ecuaciones diferenciales ordinarias y parciales

Balances en procesos de ingeniería química

- Balances con reacción química por componente y elementales
- Sistemas de varias fases
- Balances de energía

Área Fenómenos de Transporte y Operaciones Unitarias

Fenómenos de transporte

- Transporte en interface y coeficientes de transferencia
- Balances macroscópicos en estado estable.
- Balances microscópicos en estado estable.

Transferencia de calor.

- Convección forzada.
- Radiación.
- Equipos de transferencia de calor.

Operaciones de transferencia de masa.

- Etapas de equilibrio.
- Absorción.
- Extracción.
- Destilación.

Área Fisicoquímica y Termodinámica

Fisicoquímica

- Equilibrio Químico
- Equilibrio de fases
- Fenómenos superficiales (incluye emulsiones, coloides, geles, espumas)
- Materiales porosos e irregulares, sólidos particulados, polvos y aerosoles
- Fluidos supercríticos

Termodinámica clásica

- Leyes termodinámicas
- Ecuaciones de estado para sustancias puras

Termodinámica química

- Ecuaciones de estado

Área Química e Ingeniería de las Reacciones Químicas

Química orgánica

- Mecanismos de reacción

Bioquímica

- Fundamentos de bioquímica
- Cinética enzimática

Química analítica

- Métodos de análisis cuantitativos (UV-VIS, FT-IR, GC, HPLC)

Ingeniería de las reacciones químicas

- Cinética química en sistemas homogéneos y heterogéneos

- Reactores híbridos (combinan procesos y operaciones unitarias. Ej. Membrana catalítica, destilación reactiva, etc.)
- Mejoramiento de conversión, rendimiento y selectividad

Área criterios de calidad para la enseñanza de la ingeniería

Atributos y competencias personales y profesionales

Conocimiento técnico y razonamiento.

- Demostrar capacidad para usar los principios de las ciencias básicas.
- Aplicar los principios de las ciencias de la ingeniería.
- Demostrar capacidad para aplicar el conocimiento de las áreas profesionales de la ingeniería.

Ingeniería de razonamiento y solución de problemas

- Identificación y representación matemática del problema.

Experimentación y descubrimiento de conocimiento

- Manejo de principios básicos de la metodología de la investigación

Pensamiento Sistémico

- Pensar con enfoque multidisciplinario, interdisciplinario, de sistemas

Actitudes y competencias personales

- Pensar en forma lógica, conceptual, deductiva y crítica
- Tomar decisiones en presencia de incertidumbre

Actitudes y competencias profesionales

- Comprende y asume responsabilidad a nivel profesional y ético
- Comprometerse con el medioambiente y el desarrollo sostenible
- Asume su mejoramiento personal y profesional a lo largo de toda la vida.

Competencias interpersonales : Trabajo en equipo multidisciplinar

- Escuchar activamente y mostrarse con empatía
- Liderar, dirigir personas, actividades, proyectos, empresas

Competencias interpersonales: Comunicación

- Comunicación efectiva.
- Presentación oral y comunicación interpersonal.

- Comunicación en idiomas extranjeros.

Concebir, diseñar, implementar y operar en el contexto social y la empresa

Contexto externo y social

- Conoce y comprende los problemas y asuntos contemporáneos

Operativo

- Modelado y optimización de procesos

Métodos y estrategias de la enseñanza

- Clase magistral
- Estudio y trabajos en equipo
- El uso de ambientes virtuales para el aprendizaje

Presencialidad en el programa

- Alta (70% a 100% presencial)

Metodologías en laboratorios

- Aprendizaje basado en problemas

Metodología en el trabajo autónomo del estudiante

- Preparación de trabajos en grupo (seminarios, talleres, consultas)
- Tutorías presenciales y virtuales

Formación complementaria

- Ética profesional

Con el listado de temas prioritarios definitivos, se obtiene su porcentaje de participación, por cada una de las áreas, tal como se observa en la figura 13.

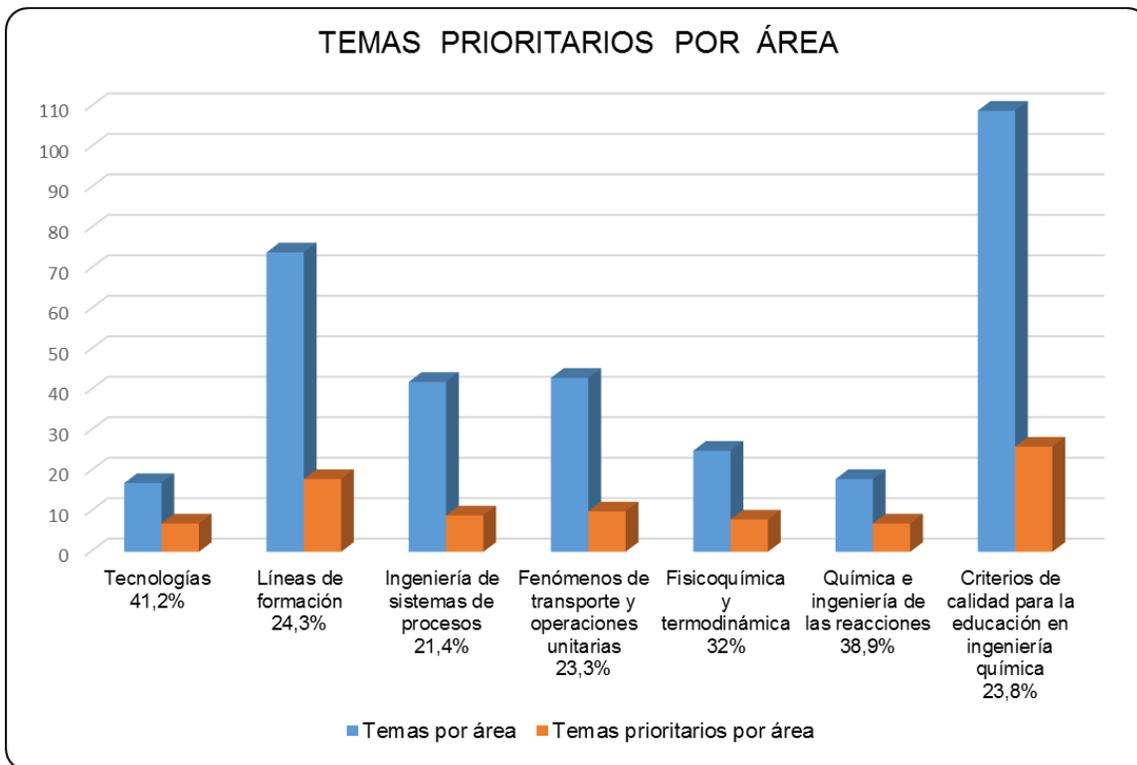


Figura 13. Temas prioritarios definitivos por área

Fuente: Elaboración propia.

En total se obtuvieron 85 temas prioritarios, de los cuales, 29 son resultado de la segunda ronda, resaltados de color verde en la tabla 13, los 56 temas prioritarios restantes, son producto de la tercera ronda, señalados en la tabla 13 de color amarillo, de estos 56, hay 24 temas que ingresaron nuevos en la tercera ronda.

En la tabla 13 se observan los temas calificados como prioritarios en cada una de las rondas Delphi.

Tabla 13. Temas prioritarios comunes en cada ronda Delphi.

Convenciones:  Tema común a primera y tercera ronda
 Tema nuevo en la tercera ronda

Áreas/Temas		Prioritarios primera ronda	Prioritarios segunda ronda justificaciones	Prioritarios tercera ronda
1. TECNOLOGÍAS				
1.2	Materiales Nanoestructurados	X		X
1.4	Simulación molecular			X
1.6	Biocatalisis	X		
1.7	Microingeniería			X
1.9	Tecnología de los materiales metálicos			X
1.11	Tecnología del plasma			X
1.14	Tecnologías en petróleo	X		X
1.15	Ciencias de las superficies			X
1.17	Tecnologías alimentarias	X		
2. LÍNEAS DE FORMACIÓN				
2.1	Ciencias de los materiales			
2.1.1	Combustibles	X		
2.1.3	Materiales compuestos (composites)			X
2.1.6	Materiales para electrónica (químicos electrónicos), informática y telecomunicaciones	X		X
2.1.7	Catalizadores.	X		X
2.1.9	Pigmentos, tintas.			X
2.1.10	Sabores, fragancias.			
2.2 Materiales de la industria forestal				
2.2.2	Procesos de transformación de materiales lignocelulósicos			X
2.3 Química ambiental				
2.3.1	Fuentes alternas de energía	X		X
2.3.2	Gas, alcohol, híbridos			
2.3.3	Combustibles derivados de residuos	X		

Áreas/Temas		Prioritarios primera ronda	Prioritarios segunda ronda justificaciones	Prioritarios tercera ronda
2.3.4	Tecnologías de gasificación y aprovechamiento de energético de residuos orgánicos (industriales y agropecuarios)	X		
2.3.5	Conversión de materiales complejos o peligrosos en productos reciclables o residuos procesables	X	X	X
2.3.7	Cero emisiones o reducción de desechos	X		
2.3.8	No generación de residuos peligrosos	X		
2.3.10	Conservación, mejora y recuperación del medioambiente	X	X	X
2.3.14	Reactivos para diagnóstico			X
2.3.16	Incineración e inertización de residuos peligrosos no valorizables			X
2.3.18	Disminución del consumo específico de agua en todos los sectores	X		
2.3.19	Equipos para la corrección ambiental (ruido, a fin de línea)			X
2.3.20	Fuentes alternas de materia prima para procesos (gas, carbón, minerales, biomasa)	X		
2.3.21	Análisis de ciclo de vida	X		
2.4 Biotecnología				
2.4.1	Bioreactores	X		
2.4.2	Diseño y modelamiento de biorreactores	X		
2.4.3	Fermentación en estado sólido	X		
2.4.9	Operaciones unitarias aplicadas a la separación y purificación de productos biotecnológicos			X
2.4.10	Diseño y modelamiento de bioseparadores	X		

Áreas/Temas		Prioritarios primera ronda	Prioritarios segunda ronda justificaciones	Prioritarios tercera ronda
2.4.11	Modelamiento, optimización y control	X		X
2.4.12	Modelación, optimización y control de sistemas biológicos			X
2.4.13	Escalado de bioprocesos	X		
2.4.14	Procesos biotecnológicos	X	X	X
2.4.24	Biolixiviación	X		
2.5 Química de los alimentos				
2.5.4	Empaques inteligentes	X		X
3. INGENIERÍA DE SISTEMAS DE PROCESOS				
3.1 Diseño de procesos				
3.1.1	Diseño de plantas para procesos continuos			X
3.1.2	Diseño de plantas flexibles, multiproducto, para procesos discontinuos (procesos batch)	X	X	X
3.1.5	Simulación dinámica	X		
3.1.12	Instrumentación industrial no invasiva (Ej. ultrasonido, infrarrojo, laser, etc.)	X		
3.1.14	Equipos básicos para la industria química			X
3.2 Control de procesos				
3.2.2	Control de procesos discontinuos (procesos por tandas, batch)	X		
3.2.3	Sistemas no lineales	X		
3.2.4	Sistemas instrumentados de seguridad	X		
3.2.5	Simulación	X		
3.3 Estadística y diseño de experimentos				
3.3.4	Diseño de experimentos	X		X
3.3.6	Análisis de datos experimentales	X		
3.4 Elementos de programación				
3.5 Métodos numéricos para ingenieros de procesos				
3.5.3	Optimización	X		X

Áreas/Temas		Prioritarios primera ronda	Prioritarios segunda ronda justificaciones	Prioritarios tercera ronda
3.5.4	Solución de ecuaciones diferenciales ordinarias y parciales	X		X
3.6 balances en procesos de ingeniería química				
3.6.1	Balances sin reacción química	X		
3.6.2	Balances con reacción química por componente y elementales	X		X
3.6.3	Sistemas de varias fases	X	X	X
3.6.4	Balances de energía	X		X
4. FENÓMENOS DE TRANSPORTE Y OPERACIONES UNITARIAS				
4.1 Fenómenos de transporte				
4.1.1	Transporte molecular y convectivo	X		
4.1.2	Transporte en interface y coeficientes de transferencia	X	X	X
4.1.3	Balances macroscópicos en estado estable	X	X	X
4.1.4	Balances microscópicos en estado estable	X	X	X
4.2 Mecánica de fluidos para ingenieros químicos				
4.2.3	Análisis Dimensional y estudio de modelos	X		
4.2.4	Flujo viscoso incompresible	X		
4.2.9	Lechos empacados	X		
4.3 Tecnología de partículas				
4.3.6	Filtración	X		
4.4 Transferencia de calor				
4.4.2	Conducción en estado transitorio	X		
4.4.3	Convección forzada	X	X	X
4.4.5	Ebullición y Condensación	X		
4.4.6	Radiación	X	X	X
4.4.7	Equipos de transferencia de calor	X	X	X
4.5 Transferencia de masa				

Áreas/Temas		Prioritarios primera ronda	Prioritarios segunda ronda justificaciones	Prioritarios tercera ronda
4.5.1	Difusión molecular en estado estable	X		
4.5.2	Difusión molecular en estado transitorio	X		
4.5.3	Transferencia convectiva de masa	X		
4.5.4	Métodos computacionales para cálculos de transferencia de masa	X		
4.6 Operaciones de transferencia de masa				
4.6.1	Etapas de equilibrio			X
4.6.2	Absorción	X	X	X
4.6.3	Extracción	X	X	X
4.6.4	Destilación	X		X
4.6.6	Lixiviación	X		
5. FISICOQUÍMICA Y TERMODINÁMICA				
5.1 Fisicoquímica				
5.1.1	Gases	X		
5.1.2	Equilibrio Químico	X		X
5.1.3	Equilibrio de fases	X		X
5.1.4	Soluciones	X		
5.1.5	Fenómenos superficiales ((incluye emulsiones, coloides, geles, espumas, etc.)	X		X
5.1.7	Materiales porosos e irregulares, sólidos particulados, polvos y aerosoles			X
5.1.10	Fluidos supercríticos			X
5.2 Termodinámica clásica				
5.2.1	Leyes termodinámicas	X	X	X
5.2.2	Propiedades de las sustancias puras	X		X
5.3 Termodinámica química				
5.3.2	Relación entre comportamiento	X		

Áreas/Temas		Prioritarios primera ronda	Prioritarios segunda ronda justificaciones	Prioritarios tercera ronda
	macroscópico de operaciones y procesos unitarios, con estructura e interacciones moleculares			
5.3.5	Ecuaciones de estado	X		X
6. QUÍMICA E INGENIERÍA DE LAS REACCIONES QUÍMICAS				
6.1 Química orgánica				
6.1.3	Mecanismos de reacción			X
6.2 Bioquímica				
6.2.1	Fundamentos de bioquímica			X
6.2.2	Cinética enzimática			X
6.3 Química analítica				
6.3.4	Métodos de análisis cuantitativos (UV-VIS, FT-IR, GC, HPLC)			X
6.4 Ingeniería de las reacciones químicas				
6.4.1	Cinética química en sistemas homogéneos y heterogéneos	X		X
6.4.2	Reactores híbridos (combinan procesos y operaciones unitarias. Ej. Membrana catalítica, destilación reactiva)	X		X
6.4.5	Microrreactores (Ej. para procesos ineficientes o peligrosos a gran escala; para investigación, etc.)	X		
6.4.7	Mejoramiento de conversión, rendimiento y selectividad	X		X
7. CRITERIOS DE CALIDAD PARA PROGRAMAS DE INGENIERÍA				
7.1 Atributos y competencias personales y profesionales				
7.1.1 Conocimiento técnico y razonamiento.				
7.1.1.1	Demostrar capacidad para usar los principios de las ciencias básicas.	X		X
7.1.1.2	Aplicar los principios de las ciencias de la ingeniería.	X		
7.1.1.3	Demostrar capacidad para aplicar el conocimiento de las áreas profesionales de la ingeniería.	X	X	X

Áreas/Temas		Prioritarios primera ronda	Prioritarios segunda ronda justificaciones	Prioritarios tercera ronda
7.1.2 Ingeniería de razonamiento y solución de problemas				
7.1.2.1	Identificación y representación matemática del problema.	X	X	X
7.1.2.3	Análisis de la solución obtenida bajo situación de incertidumbre	X		
7.1.2.4	Evaluación de la solución y cierre del problema.	X		
7.1.3 Experimentación y descubrimiento de conocimiento				
7.1.3.1	Evaluación de la solución y cierre del problema.			X
7.1.4 Pensamiento Sistémico				
7.1.4.2	Pensar con enfoque multidisciplinario, interdisciplinario, de sistemas	X		X
7.1.5 Actitudes y competencias personales				
7.1.5.1	Perseverancia y flexibilidad.	X		
7.1.5.2	Pensar en forma lógica, conceptual, deductiva y crítica	X	X	X
7.1.5.3	Crear, innovar (creatividad)	X		
7.1.5.4	Tomar decisiones en presencia de incertidumbre	X	X	X
7.1.5.5	Resiliencia	X		
7.1.5.6	Administración del tiempo y de recursos.	X		
7.1.6 Actitudes y competencias profesionales				
7.1.6.1	Comprende y asume responsabilidad a nivel profesional y ético	X	X	X
7.1.6.2	Comprometerse con el medioambiente y el desarrollo sostenible	X		X
7.1.6.3	Asume su mejoramiento personal y profesional a lo largo de toda la vida.	X	X	X
7.1.6.4	Adaptarse al cambio	X		
7.1.7 Competencias interpersonales : Trabajo en equipo multidisciplinar				
7.1.7.1	Escuchar activamente y mostrarse con empatía	X	X	X

Áreas/Temas		Prioritarios primera ronda	Prioritarios segunda ronda justificaciones	Prioritarios tercera ronda
7.1.7.2	Liderar, dirigir personas, actividades, proyectos, empresas	X	X	X
7.1.7.4	Afrontar adecuadamente la crítica y el conflicto.	X		
7.1.7.5	Trabajar en equipos y entornos internacionales.	X		
7.1.8 Competencias interpersonales: Comunicación				
7.1.8.1	Planear, conducir y practicar debates sobre temas actuales.	X		
7.1.8.2	Comunicación efectiva.	X		X
7.1.8.3	Comunicación electrónica/multimedia.	X		
7.1.8.5	Presentación oral y comunicación interpersonal.	X	X	X
7.1.8.6	Comunicación en idiomas extranjeros.	X	X	X
7.1.9 Concebir, diseñar, implementar y operar sistemas en el contexto social y la empresa				
7.1.9.1 Contexto externo y social				
7.1.9.1.4	Conoce y comprende los problemas y asuntos contemporáneos	X	X	X
7.1.9.2 La empresa y el contexto de negocios				
7.1.9.3 Concepción y sistemas de ingeniería				
7.1.9.4 Diseño				
7.1.9.4.2	Fases del Proceso de Diseño y enfoques	X		
7.1.9.5 Implementación				
7.1.9.6 Operativo				
7.1.9.6.1	Modelado y optimización de procesos	X		X
7.1.9.6.5	Seguridad de la planta y el proceso	X		
7.2 Competencias a desarrollar en futuro ingeniero químico				
7.2.1	Organiza equipos de trabajo para desarrollar tareas de manera efectiva y con una visión integral.	X		
7.2.5	Diseña alternativas de solución para problemas de	X		

Áreas/Temas		Prioritarios primera ronda	Prioritarios segunda ronda justificaciones	Prioritarios tercera ronda
	ingeniería que involucran la transformación fisicoquímica de la materia, de manera innovadora y viable desde el punto de vista técnico, con miras al desarrollo sostenible de la sociedad.			
7.3 Métodos y estrategias de la enseñanza				
7.3.1	Clase magistral			X
7.3.2	Clases prácticas (estudio de casos, análisis diagnósticos, solución a problemas de laboratorio y problemas de campo)	X		
7.3.5	Estudio y trabajos en equipo			
7.3.7	El uso de ambientes virtuales para el aprendizaje			
7.4 Actividades extracurriculares				
7.4.2	Pasantías	X		
7.5 Presencialidad en el programa				
7.5.1	Alta (70% a 100% presencial)	X		X
7.6 Metodologías en laboratorios				
7.6.3	Aprendizaje basado en problemas	X	X	X
7.7 Metodología en el trabajo autónomo del estudiante				
7.7.2	Preparación de trabajos en grupo (seminarios, talleres, consultas)	X	X	X
7.7.4	Realización de problemas y ejercicios	X		
7.7.6	Actividades que se desarrolla utilizando guías o ayudas didácticas con Tics	X		
7.7.7	Tutorías presenciales y virtuales		X	X
7.8. Formación complementaria				
7.8.5	Ética profesional	X		X

Fuente: Elaboración propia.

5. CONCLUSIONES

En este trabajo se realizó un estudio prospectivo para la Ingeniería Química al 2025, metodológicamente se puede concluir que la herramienta para el método prospectivo, DELPHI, utilizado para el desarrollo del estudio permite establecer una plataforma de comparación y evaluación de diferentes temas con el fin de visualizar escenarios de futuro para el mejoramiento y el posicionamiento de las universidades a través de sus programas de ingeniería química.

El estudio arrojó en total 85 temas prioritarios, lo que representa el 25.9% del total de los temas (328 temas). De allí, 56 temas fueron resultado de la tercera ronda, lo que equivale al 65.9% de los temas prioritarios, que a su vez, se consideran como las respuestas mejor analizadas, debido, a que fueron aquellos temas con justificaciones o argumentos, que los expertos confirmaron como prioritarios, o que fueron rescatados de los temas en discusión en la tercera ronda. Los otros 29 temas prioritarios, son resultado de la segunda ronda y representan el 34.1% de los temas prioritarios.

A juicio de los expertos, los programas académicos de ingeniería química deben tener alta presencialidad en el programa (70%-100%), favorecer la clase magistral, al mismo tiempo, se sugiere el uso de ambientes virtuales, por lo cual se hace necesario que cada programa establezca el porcentaje ideal para dar respuesta a los parámetros anteriores, sin perder el equilibrio entre la virtualidad, la experimentación y la presencialidad.

Las tecnologías prioritarias, tales como, tecnologías en materiales nanoestructurados, simulación molecular, materiales metálicos, ciencias de las superficies, pueden convertirse en un insumo para el establecimiento de nuevas líneas de investigación en grupos de investigación en el área, además, pueden servir para reforzar y validar los criterios de selección de las líneas de investigación actuales. De igual forma, los resultados del estudio también pueden servir de base para las actualizaciones curriculares, con el fin de generar estrategias de

alineamiento con las tecnologías, las líneas de formación y aspectos de calidad que se obtuvieron en el estudio.

La modelación, simulación y optimización de los diferentes procesos, son identificados como prioritarios, tanto en el área de líneas de formación, como en el área de criterios de calidad para la enseñanza de la ingeniería, de modo que, se confirma que un ingeniero químico competitivo, debe tomar decisiones y dar respuesta a desafíos en tiempo real con ayuda de estas herramientas informáticas.

En relación con el conjunto de prioridades obtenidas, en los subtemas del área de criterios de calidad para la enseñanza de la ingeniería, constituyen un insumo de alta importancia, para el análisis y posterior definición del perfil de egreso de los programas de ingeniería química, según los sectores productivos y las necesidades de cada región donde sea necesario implementarlo.

6. RECOMENDACIONES

Corresponde al programa Ingeniería para las Américas (EFTA), adscrito a la OEA, diseñar un plan de comunicación para las universidades que hacen parte de sus países miembros y hacer partícipes a todos los actores del mismo, con el objetivo de compartir los resultados del estudio prospectivo.

De acuerdo a la posibilidad de aparición de diferentes y nuevas tecnologías, se recomienda realizar una nueva ronda Delphi o un Delphi abierto, con nuevos expertos y nuevos temas, con el objetivo de ampliar los resultados de este estudio preliminar.

Para mejorar la selección de los expertos se recomienda:

Aplicar la técnica del coeficiente de competencia experta K, antes de iniciar el estudio y finalmente, invitar a participar en él, solo a aquellos expertos que obtienen valores de K por encima de 0.8.

Otra forma puede ser, aplicar la técnica del coeficiente de competencia experta K, antes de iniciar el estudio, admitir la participación de todos los convocados y eliminar las respuestas de los expertos que no cumplen con la condición de K.

De igual forma, cambiar algunos ítems o aspectos del coeficiente K por criterios que se puedan medir objetivamente, por ejemplo: índice h, índice i, publicaciones en *Scopus* o Google académico.

Conjuntamente a la lista de temas prioritarios, resultado del presente estudio, se sugiere considerar como fuente de consulta, las justificaciones dadas por los expertos, de modo que sirvan de argumento, en las decisiones de futuros cambios o transformaciones que se deseen implementar en las facultades de ingeniería química, para dichas decisiones se ejecuten, de acuerdo al contexto o a la región que impacta cada una de ellas.

BIBLIOGRAFÍA

- Accreditation Board for Engineering and Technology. (1997). *ABET*. Recuperado de <http://www.abet.org/about-abet/>
- Armstrong, R. (2006). A vision of the curriculum of the future. *Chemical Engineering Education*, 40(3), 104-109.
- Balaraman, S., & Venkatakrisnan, K. (1980). Identifying Engineering Education Goals and Priorities for the Future: an experiment with the Delphi Technique. *Higher Education*(9), 53-67.
- Blasco Mira, J., López Padrón, A., & Mangual Andrés, S. (2010). Validación mediante el método Delphi de un cuestionario para conocer las experiencias e interés hacia las actividades acuáticas con especial atención al windsurf. *Ágora para la Educación Física y el Deporte*, 12(1), 75-94.
- Builes, C., & Manrique, J. (2000). *Las prioridades investigativas en ingeniería mecánica: Un estudio prospectivo en Antioquia*. (Tesis inédita para optar al título de Magíster en Gestión Tecnológica), UPB. Escuela de Ingenierías. Medellín, Colombia.
- Cabero Almenara, J., & Barroso Osuna, J. (2013). La utilización del juicio de experto para la evaluación de TIC : el coeficiente de competencia experta. *Bordón Revista de Pedagogía*, 65(2), 25-38.
- Charpentier, J. (2005). Four main objectives for the future of chemical and process engineering mainly concerned by the science and technologies of new materials production. *Chemical Engineering Journal*(107), 3-17.
- Clark, J. H. (2009). Chemistry goes green. *Nature Chemistry*, 1, 12-13. Recuperado de <http://www.nature.com/naturechemistry>
- Conceive Design Implement Operate. (s.f.). Cdio. Obtenido de <http://www.cdio.org/>
- Crawley, E. F., Östlund, S., Brodeur, R. D., & Kristina, E. (2014). *Rethinking engineering education: the CDIO Approach*. New York: Springer.
- Crosthwaite, C., Cameron, I., Lant, P., & Litster, J. (2006). Balancing curriculum process and content in a project centered curriculum: in pursuit of graduate attributes. *Education for Chemical Engineers*, 1(1), 39-48.
- Engineering for the Americas. (s.f.). EFTA. Obtenido de <http://www.efta.oas.org/>.

- Escorsa, P., & Valls, J. V. (1997). *Manual de gestión e innovación tecnológica en la empresa*. Santiago: CINDA- AECI. p.116.
- European Federation of Chemical Engineering. (2013). EFCE. Obtenido de http://www.efce.info/Bologna_Recommendation
- Favre, E., Falk, V., & Roizard, C. S. (2008). Trends in chemical engineering education: Process, product and sustainable chemical engineering challenges. *Education for Chemical Engineers*, 3(1), e22–e27.
- Garcés, B., & Zartha, J. W. (2009). *Estudio prospectivo ingeniería química 2019. Producto N°1. El contexto de la ingeniería química*. Medellín: UPB. Escuela de Ingenierías.
- García, L., & Fernández, S. J. (2008). Procedimiento de aplicación del trabajo creativo en grupo de expertos. *Ingeniería Energética*, XXIX(2), 46-50. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/3291/329127758006.pdf>.
- Gary, H. (2009). Weighing up the future of scientific tools. *Nature Chemistry*, 1(10-11). Recuperado de <http://www.nature.com/nchem/journal/v1/n1/full/nchem.147.html>
- Glavic, P., Lukmana, R., y Lozano R. (2009). *Engineering education: environmental and chemical engineering or technology curricula – a European perspective*. European Journal of Engineering Education. Vol. 34, No. 1, 47–61.
- Godet, M. (2000). *La caja de herramientas de la prospectiva estratégica*. España: Librairie des Arts et Métiers.
- Gordon, T. J. (1994). *The Delphi method*. Recuperado de [http://www.gerenciamento.ufba.br/Downloads/delphi%20\(1\).pdf](http://www.gerenciamento.ufba.br/Downloads/delphi%20(1).pdf)
- Gray, H. B. (2009). Powering the planet with solar fuel. *Nature Chemistry*, 1(7). Recuperado de <http://www.nature.com/nchem/journal/v1/n1/full/nchem.141.html>
- Imperiali, B. (2009). Interrogating biology with a chemical lexicon. *Nature Chemistry*, 1(9-10). Recuperado de <http://www.nature.com/nchem/journal/v1/n1/full/nchem.144.html>
- Konow, I., & Pérez, G. (1990). *Métodos y técnicas de investigación prospectiva para la toma de decisiones*. Santiago: Fundación de Estudios Prospectivos. Universidad de Chile.

- Landeta, J. (2002). *El método Delphi: una técnica de previsión del futuro*. Barcelona: Ariel.
- Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions. (2013). *OAS Engineering for the Americas Encuentro. Prospective 2025: Chemical and Industrial Engineering*. Recuperado de <http://www.laccei.org/LACCEI2013-Cancun/LACCEI2013.pdf>
- Linstone, H. & Turoff, M. (1975). *Delphi Method Technique and applications*. Boston: Asdison-Wesley.
- Malla, F., & Zabala, I. (1978). La previsión del futuro en la empresa (III): el método Delphi. *Estudios Empresariales*(39), 13-24.
- Mengual, S. (2011). *La importancia percibida por el profesorado y el alumnado sobre la inclusión de la competencia digital en educación Superior*. (Tesis inédita de doctorado) Departamento de Didáctica General y Didácticas Específicas de la Facultad de Alicante.
- Müller, A. (2009). Predicting a structured future. *Nature Chemistry*, 1(13-14). Recuperado de <http://www.nature.com/nchem/journal/v1/n1/full/nchem.140.html>
- Noyori, R. (2009). Synthesizing our future. *Nature Chemistry*, 1(5-6). Recuperado de [http:// www.nature.com/naturechemistry](http://www.nature.com/naturechemistry)
- Oficina Internacional del Trabajo. (2011). *Reestructuración, empleo y diálogo social en las empresas de las industrias química y farmacéutica*. Ginebra : OIT. Recuperado de http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed_dialogue/@sector/documents/meetingdocument/wcms_164945.pdf
- Orozco Mendoza, G. (2008). *Estudio de prospectiva para el programa de ingeniería agroindustrial de la Universidad Pontificia Bolivariana al año 2020*. (Tesis inédita para optar al título de Magíster en Gestión Tecnológica), UPB. Escuela de Ingenierías. Medellín, Colombia.
- Powell, C. (2003). The Delphi technique: myths and realities. *Journal of Advanced Nursing*, 41(4), 376-382.
- QS TopUniversities (2012). Obtenido de: <http://www.topuniversities.com/university-rankings/world-university-rankings/2012/subject-rankings/technology/chemical-engineering>

- Restrepo, F. (1995). *Curso introductorio a la prospectiva*. Medellín: Comfama-Proantioquia.
- Ríos Jaramillo, L. (2012). Analisis comparativo de los programas de pregrado en ingeniería industrial en algunos países miembros de la OEA. (Tesis inédita para optar al título de Magíster en Gestión Tecnológica), UPB. Escuela de Ingenierías. Medellín, Colombia.
- Sahal, D., & Yee, K. (1975). Delphi: An Investigation from a bayesian viewpoint. *Technological Forecasting and Social Change*, 7(2), 165-178.
- Tolfree, D., & Smith, A. (2009). *Roadmapping emergent technologies: planning the future*. Recuperado de http://www.chemicalvision2020.org/pdfs/new_chemistry_roadmap.pdf
- Vélez, F. (2013). *Diagnóstico por comparación (benchmarking) aplicado a 5 programas de ingeniería industrial en américa y aplicación metodología Delphi*. (Tesis inédita de maestría), UPB. Escuela de Ingenierías. Medellín, Colombia.
- Williams, P., & Webb, C. (1994). The Delphi technique: A methodological discussion. *Journal of Advanced Nursing*(19), 180-186.
- World Chemical Engineering Council WCEC (2004). *How Does Chemical Engineering Education Meet the Requirements of Employment ?* Recuperado de: http://www.chemengworld.org/chemengworld_media/short_report-p-36.pdf
- Zartha S., J. W., & Herrera V., J. F. (2011). *Prospectiva tecnológica: aplicación del método delphi en facultades y programas de ingeniería. Caso Universidad Pontificia Bolivariana*. Medellín: UPB

ANEXOS

ANEXO A – EXPERTOS

LISTADO DE EXPERTOS PARA CONSULTA DE EXPERTOS DE LA METODOLOGÍA DELPHI

Nombre	Nivel de formación	Sector de desempeño	Primera Ronda	Segunda Ronda	Tercera Ronda
Adriana Herrera	PhD	Educativo superior público nacional	X	X	X
Aida Luz Villa	PhD	Educativo superior público nacional	X	X	X
Álvaro E. Villamizar	Esp.	Educativo superior público nacional	X	X	X
Andrea Mancera	MSc	Productivo público nacional	X	X	X
Andrés Mahecha	PhD	Productivo privado internacional	X	X	X
Andrés Ortega	Esp.	Productivo privado nacional	X	X	X
Antonio A Quintero	MSc	Productivo público nacional	X	X	X
Beatriz Garcés	MPhi	Educativo superior privado nacional	X	X	X
Carlos A Arroyave	MBA	Productivo privado nacional	X	X	X
Carlos A Smith	PhD	Educativo superior privado internacional	X	X	X
Carlos E. Sierra	MSc	Educativo superior público nacional	X	X	X
Carlos F Cadavid	MSc	Productivo público nacional	X		
Conrado Mora	IQ	Productivo privado internacional	X	X	X
Cristian Bornhardt	PhD	Educativo superior privado internacional	X		
Daniel Builes	MSc	Productivo privado nacional	X	X	X
Diana M. Caicedo	PhD	Educativo superior privado nacional	X	X	X
Diego A. Muñoz	MSc	Educativo superior privado nacional	X	X	X
Dora Carmona	PhD	Educativo superior privado nacional	X	X	X
Edgar M. Vargas	MSc	Educativo superior privado nacional	X		
Edwin Habeich	PhD	Productivo privado internacional	X		
Fabio Bravo	IQ	Productivo privado internacional	X	X	X
Fabio Castrillón	MSc	Educativo superior privado nacional	X	X	X
Fiderman Machuca	PhD	Educativo superior público nacional	X	X	X
Franco W. Pedreschi	PhD	Educativo superior privado internacional	X		
Gamaliel Zambrano	MSc	Educativo superior privado internacional	X	X	X
Germán Quintana	PhD	Educativo superior privado nacional	X	X	X
Jorge I Zapata	MSc	Productivo privado nacional	X	X	X
José Valderrama	PhD	Educativo superior privado internacional	X		
Juan C. Cadavid	IQ	Productivo privado nacional	X		
Julieth Rojas	IQ	Productivo privado nacional	X		
Lina López Aranda	Lic.	Educativo superior privado internacional	X		
María T. Dávila	PhD	Educativo superior público nacional	X	X	X
Mauricio Suarez	MSc	Productivo privado nacional	X	X	X
Mauricio A. Trujillo	PhD	Productivo privado internacional	X		
Oscar Álvarez	PhD	Educativo superior privado nacional	X		
Piedad Gañán	PhD	Educativo superior privado nacional	X	X	X
Rene Cerón	PhD	Educativo superior privado nacional	X	X	X
Rigoberto Ríos	PhD	Educativo superior público nacional	X	X	X
Ronald Rousseau	PhD	Educativo superior privado internacional	X		
Watson Vargas	PhD	Educativo superior privado nacional	X	X	X
Yuan Kuan	MSc	Educativo superior privado nacional	X	X	X

ANEXO B – RESULTADOS NUMÉRICOS COEFICIENTE DE COMPETENCIA EXPERTA

COEFICIENTE DE COMPETENCIA EXPERTA "K"				Antonio A. Quintero	Adriana Herrera	Carlos A. Arroyave	Piedad Cañán	Mauricio Suarez	Fidelmán Machuca	Carlos A. Smith	Jorge I Zapata	Carlos Eduardo Sierra	Daniel Ballez	Rigoberto Ríos	Camaliet Zambrano	Diego Alejandro Muñoz	Watson Vargas	Conrado Mora	Aida Luz Villa	Dora Carmona	Germaín Quintana	Beatriz Garcés	Alvaro E. Viamanzar-V.	María Teresa Davila A.	Fabio Bravo	Alej René Cerón					
VALORACIÓN SOBRE GRADO DE CONOCIMIENTO EN EL TEMA, kc				VALORACIÓN SOBRE GRADO DE CONOCIMIENTO EN EL TEMA, kc																											
No soy especialista ni poseo ningún conocimiento del tema.	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
No soy especialista y tengo poco conocimiento del tema	0,3			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
No soy especialista y tengo algún conocimiento del tema	0,6			0	0	0,6	0	0	0,6	0	0	0	0	0,6	0	0,6	0	0,6	0,6	0	0	0	0,6	0	0	0,6					
Soy especialista en el tema y tengo bastante conocimiento del tema	0,9			0,9	0	0	0,9	0,9	0	0,9	0,9	0,9	0,9	0	0,9	0	0,9	0	0,9	0,9	0,9	0,9	0	0,9	0,9	0					
Soy especialista en el tema y tengo total conocimiento del tema	1			0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
Grado de conocimiento Kc =				0,9	1	0,6	0,9	0,9	0,6	0,9	0,9	0,9	0,9	0,6	0,9	0,6	0,9	0,6	0,6	0,6	0,9	0,9	0,6	0,9	0,9	0,9	0,6				
VALORACIÓN SOBRE EL COEFICIENTE DE ARGUMENTACIÓN, Ka				VALORACIÓN SOBRE EL COEFICIENTE DE ARGUMENTACIÓN, Ka																											
Fuente de argumentación	Grado de influencia de cada una de las fuentes en sus criterios			Fuente de argumentación																											
	A (Alto)	M (Medio)	B (Bajo)	Grado de influencia de cada una de las fuentes en sus criterios																											
Análisis teóricos realizados por el experto	0,3	0,2	0,1	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3		0,2	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2						
Experiencia obtenida	0,5	0,4	0,2	0,5	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5		0,5	0,4	0,2	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4						
Estudio de trabajos sobre el tema, de autores colombianos	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05		0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05					
Estudio de trabajos sobre el tema, de autores extranjeros	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05		0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05					
Conocimiento propio acerca del estado del problema en el extranjero	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05		0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05					
Intuición del experto	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05		0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05					
Grado de argumentación Ka =				1	1	0,8	0,9	0,9	0,7	0,9	0,9	1		0,9	0,8	0,5	0,9	1	0,9	0,8	0,7	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8					
Coefficiente de competencia experta K =				0,95	1,00	0,70	0,90	0,90	0,65	0,90	0,90	0,95		0,75	0,85	0,55	0,90	0,80	0,75	0,85	0,80	0,90	0,75	0,90	0,85	0,70	0,80				
				Apto	Medio	Bajo	K menor de 0.8																								

ANEXO C – ÁRBOL TEMÁTICO DE INGENIERÍA QUÍMICA

ÁREA	N°	ÁRBOL TEMÁTICO DE INGENIERÍA QUÍMICA
TECNOLOGÍAS	1.1	Nanofluidos
	1.2	Materiales Nanoestructurados
	1.3	Electrotecnología
	1.4	Simulación molecular
	1.5	Bioquimiotecnología
	1.6	Biocatalisis
	1.7	Microingeniería
	1.8	Microreactores
	1.9	Tecnología de los materiales metálicos
	1.10	Tecnología de los materiales no metálicos
	1.11	Tecnología del plasma
	1.12	Conversión y almacenamiento de energía solar mediante semiconductores modificados
	1.13	Producción de hidrógeno
	1.14	Tecnologías en petróleo
	1.15	Ciencias de las superficies
	1.16	Teoría de la percolación
	1.17	Tecnologías alimentarias
LÍNEAS DE FORMACIÓN	2.1	Ciencias de los materiales
	2.1.1	Combustibles
	2.1.2	Materiales Poliméricos fundidos
	2.1.3	Materiales compuestos (<i>composites</i>)
	2.1.4	Cerámicas estructurales y funcionales
	2.1.5	Superconductores
	2.1.6	Materiales para electrónica (químicos electrónicos), informática y telecomunicaciones
	2.1.7	Catalizadores.
	2.1.8	Lubricantes sintéticos.
	2.1.9	Pigmentos, tintas.
	2.1.10	Sabores, fragancias.
	2.1.11	Aditivos
	2.1.12	Fármacos.
	2.1.13	Fibras textiles.
	2.1.14	Reactivos para diagnóstico
	2.1.15	Sustitución de compuestos fluorocarbonados
	2.2	Materiales de la industria forestal
	2.2.1	Química de los materiales fibrosos

ÁREA	N°	ÁRBOL TEMÁTICO DE INGENIERÍA QUÍMICA
LÍNEAS DE FORMACIÓN	2.2.2	Procesos de transformación de materiales lignocelulósicos
	2.2.3	Diseño de equipos para la transformación de materiales lignocelulósicos.
	2.2.4	Producción de elementos estructurales y arquitectónicos (pisos, tableros, vigas, paneles, postes, casas prefabricadas)
	2.2.5	Producción de pellets, briquetas, carbón vegetal, carbón activado
	2.2.6	Producción de papel (impresión, periódico, higiénico, de pulpa de bosque plantado)
	2.3	Química Ambiental
	2.3.1	Fuentes alternas de energía
	2.3.2	Gas, alcohol, híbridos
	2.3.3	Combustibles derivados de residuos
	2.3.4	Tecnologías de gasificación y aprovechamiento de energético de residuos orgánicos (industriales y agropecuarios)
	2.3.5	Conversión de materiales complejos o peligrosos en productos reciclables o residuos procesables
	2.3.6	Técnicas de recuperación por extracción hidrometalúrgica, pirometalúrgica, mixta, etc.
	2.3.7	Cero emisiones o reducción de desechos
	2.3.8	No generación de residuos peligrosos
	2.3.9	Vertido de residuos en condiciones seguras
	2.3.10	Conservación, mejora y recuperación del medioambiente
	2.3.11	Métodos, tecnologías y equipos
	2.3.12	Métodos y equipos de análisis, medición y control (Técnicas analíticas in situ. en continuo, de detección y seguimiento vía satélite, etc.)
	2.3.13	Protocolos de comunicación y transmisión de dato medioambientales
	2.3.14	Herramientas de simulación para ubicar focos de contaminación en tiempo real y predecir su evolución
	2.3.15	Equipos y sistemas de recogida selectiva de residuos (diferentes de sólidos urbanos)
	2.3.16	Incineración e inertización de residuos peligrosos no valorizables
	2.3.17	Generación, transporte y depósito de lodos y sedimentos
	2.3.18	Disminución del consumo específico de agua en todos los sectores
	2.3.19	Equipos para la corrección ambiental (ruido, a fin de línea)
	2.3.20	Fuentes alternas de materia prima para procesos (gas, carbón, minerales, biomasa)
	2.3.21	Análisis de ciclo de vida
	2.4	Biotecnología
	2.4.1	Bioreactores
	2.4.2	Diseño y modelamiento de biorreactores
	2.4.3	Fermentación en estado sólido
	2.4.4	Fermentación en estado líquido

ÁREA	N°	ÁRBOL TEMÁTICO DE INGENIERÍA QUÍMICA
LÍNEAS DE FORMACIÓN	2.4.5	Cultivo de células vegetales
	2.4.6	Cultivo de células animales
	2.4.7	Microbiología industrial
	2.4.8	Bioseparaciones y bioseparadores
	2.4.9	Operaciones unitarias aplicadas a la separación y purificación de productos biotecnológicos
	2.4.10	Diseño y modelamiento de bioseparadores
	2.4.11	Modelamiento, optimización y control
	2.4.12	Modelación, optimización y control de sistemas biológicos
	2.4.13	Escalado de bioprocesos
	2.4.14	Procesos biotecnológicos
	2.4.15	Biotecnología ambiental: biorremediación de aguas y suelos
	2.4.16	Biofiltros.
	2.4.17	Lodos activados.
	2.4.18	Biodigestores.
	2.4.19	Lagunas de estabilización.
	2.4.20	Fermentaciones.
	2.4.21	Diseño de medios de cultivo.
	2.4.22	Producción de enzimas comerciales.
	2.4.23	Biominería.
	2.4.24	Biolixiviación.
	2.4.25	Bioflotación.
	2.4.26	Biofloculación.
	2.4.27	Drenaje ácido de aguas residuales
	2.5	Química de los alimentos
	2.5.1	Alimentos funcionales
	2.5.2	Extractos naturales
	2.5.3	Métodos de conservación alternativos
2.5.4	Empaques inteligentes	
2.5.5	Productos encapsulados	
INGENIERÍA DE DISEÑO DE PROCESOS	3.1	Diseño de procesos
	3.1.1	Diseño de plantas para procesos continuos
	3.1.2	Diseño de plantas flexibles, multiproducto, para procesos discontinuos (procesos <i>batch</i>)
	3.1.3	Simulación: Descripciones locales y predicciones <i>a priori</i> sin ningún ajuste de parámetros
	3.1.4	Modelación molecular (programas basados en termodinámica estadística y física cuántica)
	3.1.5	Simulación dinámica
	3.1.6	Diseño de procesos a partir de propiedades o usos deseados en el producto

ÁREA	N°	ÁRBOL TEMÁTICO DE INGENIERÍA QUÍMICA
INGENIERÍA DE DISEÑO DE PROCESOS	3.1.7	Sistemas expertos
	3.1.8	Redes neuronales
	3.1.9	Lógica difusa
	3.1.10	Algoritmos genéticos
	3.1.11	Instrumentación industrial tradicional
	3.1.12	Instrumentación industrial no invasiva (Ej. ultrasonido, infrarrojo, laser, etc.)
	3.1.13	Biosensores
	3.1.14	Equipos básicos para la industria química
	3.1.15	Equipos para monitoreo y pruebas de materiales
	3.1.16	Equipos para procesos de alta severidad (alta temperatura y/o presión)
	3.1.17	Laboratorios de precisión
	3.2	Control de procesos
	3.2.1	Control de las propiedades distribuidas en un producto (ej. tamaño de partícula)
	3.2.2	Control de procesos discontinuos (procesos por tandas, <i>batch</i>)
	3.2.3	Sistemas no lineales
	3.2.4	Sistemas instrumentados de seguridad
	3.2.5	Simulación
	3.2.6	Sistemas expertos
	3.2.7	Redes neuronales
	3.2.8	Lógica difusa
	3.2.9	Algoritmos genéticos
	3.3	Estadística y diseño de experimentos
	3.3.1	Análisis de regresión
	3.3.2	Estadística aplicada a pronósticos (series de tiempo)
	3.3.3	Distribuciones estadísticas
	3.3.4	Diseño de experimentos
	3.3.5	Sistematización de la información experimental
	3.3.6	Análisis de datos experimentales
	3.4	Elementos de programación
	3.4.1	Actualización manejo de Excel
	3.4.2	Programación básica en visual Basic para aplicaciones
	3.5	Métodos numéricos para ingenieros de procesos
	3.5.1	Solución de sistemas de ecuaciones lineales y no lineales
	3.5.2	Aproximación funcional
	3.5.3	Optimización
	3.5.4	Solución de ecuaciones diferenciales ordinarias y parciales
	3.6	Balances en procesos de ingeniería química

ÁREA	N°	ÁRBOL TEMÁTICO DE INGENIERÍA QUÍMICA
INGENIERÍA DE DISEÑO DE PROCESOS	3.6.1	Balances sin reacción química
	3.6.2	Balances con reacción química por componente y elementales
	3.6.3	Sistemas de varias fases
	3.6.4	Balances de energía
FENÓMENOS DE TRANSPORTE Y OPERACIONES UNITARIAS	4.1	Fenómenos de transporte
	4.1.1	Transporte molecular y convectivo.
	4.1.2	Transporte en interface y coeficientes de transferencia
	4.1.3	Balances macroscópicos en estado estable.
	4.1.4	Balances microscópicos en estado estable.
	4.2	Mecánica de fluidos para ingenieros químicos
	4.2.1	Estática de fluidos
	4.2.2	Balances macroscópicos aplicados a fluidos
	4.2.3	Análisis Dimensional y estudio de modelos
	4.2.4	Flujo viscoso incompresible.
	4.2.5	Flujo de fluidos compresibles.
	4.2.6	Medidores de flujo.
	4.2.7	Maquinaria para impulsar fluidos (bombas, ventiladores, soplantes, etc.)
	4.2.8	Teoría de arrastre y sedimentación.
	4.2.9	Lechos empacados.
	4.2.10	Introducción a la Dinámica de Fluidos Computacional (CFD).
	4.3	Tecnología de partículas.
	4.3.1	Propiedades y caracterización de partículas.
	4.3.2	Almacenamiento y transporte de sólidos.
	4.3.3	Reducción de tamaño.
	4.3.4	Separación por gravedad y centrifugación.
	4.3.5	Fluidización.
	4.3.6	Filtración.
	4.3.7	Separación por membranas.
	4.3.8	Ciclones e hidrociclones.
	4.3.9	Agitación y mezclado.
	4.3.10	Técnicas de separación para partículas sólidas.
	4.4	Transferencia de calor.
	4.4.1	Conducción en estado estable.
	4.4.2	Conducción en estado transitorio.
	4.4.3	Convección forzada.
4.4.4	Convección natural.	
4.4.5	Ebullición y Condensación.	

ÁREA	N°	ÁRBOL TEMÁTICO DE INGENIERÍA QUÍMICA
FENÓMENOS DE TRANSPORTE Y OPERACIONES UNITARIAS	4.4.6	Radiación.
	4.4.7	Equipos de transferencia de calor.
	4.4.8	Métodos computacionales para cálculo de transferencias de calor.
	4.5	Transferencia de masa.
	4.5.1	Difusión molecular en estado estable.
	4.5.2	Difusión molecular en estado transitorio.
	4.5.3	Transferencia convectiva de masa.
	4.5.4	Métodos computacionales para cálculos de transferencia de masa.
	4.6	Operaciones de transferencia de masa.
	4.6.1	Etapas de equilibrio.
	4.6.2	Absorción.
	4.6.3	Extracción.
	4.6.4	Destilación.
	4.6.5	Evaporación.
	4.6.6	Lixiviación.
4.6.7	Métodos gráficos y rigurosos.	
FISICOQUÍMICA Y TERMODINÁMICA	5.1	Fisicoquímica
	5.1.1	Gases
	5.1.2	Equilibrio Químico
	5.1.3	Equilibrio de fases
	5.1.4	Soluciones
	5.1.5	Fenómenos superficiales ((incluye emulsiones, coloides, geles, espumas, etc.)
	5.1.6	Relación entre propiedades de la sustancia y su uso y desempeño
	5.1.7	Materiales porosos e irregulares, sólidos particulados, polvos y aerosoles
	5.1.8	Sistemas con memoria: fluidos viscoelásticos, sistemas vivos, sólidos reactivos
	5.1.9	Dispersión multifase: lodos
	5.1.10	Fluidos supercríticos
	5.1.11	Fluidos no-newtonianos
	5.1.12	Materiales poliméricos fundidos
	5.2	Termodinámica Clásica
	5.2.1	Leyes termodinámicas
	5.2.2	Propiedades de las sustancias puras
	5.2.3	Ecuaciones de estado para sustancias puras
	5.3	Termodinámica Química
	5.3.1	Relación entre comportamiento molecular y microscópico, con estructura e interacciones moleculares
	5.3.2	Relación entre comportamiento macroscópico de operaciones y procesos unitarios, con estructura e interacciones moleculares

ÁREA	N°	ÁRBOL TEMÁTICO DE INGENIERÍA QUÍMICA
FISICOQUÍMICA Y TERMODINÁMICA	5.3.3	Control de propiedades distribuidas (Ej. tamaño de partícula)
	5.3.4	Termodinámica estadística
	5.3.5	Ecuaciones de estado
	5.3.6	Modelos de actividad
	5.3.7	Equilibrio líquido-líquido-vapor
	5.3.8	Equilibrio líquido-líquido-líquido
	5.3.9	Optimización por distribución de la producción de entropía.
	5.3.10	Procesos irreversibles.
QUÍMICA E INGENIERÍA DE LAS REACCIONES QUÍMICAS	6.1	Química orgánica
	6.1.1	Relación entre la estructura de la molécula y las propiedades fisicoquímicas de la sustancia
	6.1.2	Relación entre propiedades de la sustancia y su uso y desempeño
	6.1.3	Mecanismos de reacción
	6.2	Bioquímica
	6.2.1	Fundamentos de bioquímica
	6.2.2	Cinética enzimática
	6.2.3	Caracterización de proteínas
	6.3	Química analítica
	6.3.1	Métodos gravimétricos
	6.3.2	Métodos volumétricos
	6.3.3	Métodos potenciométricos
	6.3.4	Métodos de análisis cuantitativos (UV-VIS, FT-IR, GC, HPLC)
	6.3.5	Técnicas avanzadas de caracterización.
	6.4	Ingeniería de las reacciones químicas
	6.4.1	Cinética química en sistemas homogéneos y heterogéneos
	6.4.2	Reactores híbridos (combinan procesos y operaciones unitarias. Ej. Membrana catalítica, destilación reactiva, etc.)
	6.4.3	Reactores basados en ondas (ultrasonido, sonoelectroquímica, microondas, radiofrecuencias)
	6.4.4	Reactores modulares y multifuncionales
6.4.5	Microreactores	
6.4.6	Reactores electroquímicos	
6.4.7	Mejoramiento de conversión, rendimiento y selectividad	
CRITERIOS DE CALIDAD PARA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA	7.1	Atributos y competencias personales y profesionales
	7.1.1	Conocimiento técnico y razonamiento.

ÁREA	N°	ÁRBOL TEMÁTICO DE INGENIERÍA QUÍMICA
CRITERIOS DE CALIDAD PARA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA	7.1.1.1	Demostrar capacidad para usar los principios de las ciencias básicas.
	7.1.1.2	Aplicar los principios de las ciencias de la ingeniería.
	7.1.1.3	Demostrar capacidad para aplicar el conocimiento de las áreas profesionales de la ingeniería.
	7.1.2	Ingeniería de razonamiento y solución de problemas
	7.1.2.1	Identificación y representación matemática del problema.
	7.1.2.2	Estimación y análisis cuantitativo de la solución
	7.1.2.3	Análisis de la solución obtenida bajo situación de incertidumbre
	7.1.2.4	Evaluación de la solución y cierre del problema.
	7.1.3	Experimentación y descubrimiento de conocimiento
	7.1.3.1	Manejo de principios básicos de la metodología de la investigación
	7.1.3.2	Investigación a través de experimentos.
	7.1.3.3	Búsqueda y análisis de literatura impresa y electrónica.
	7.1.3.4	Lanzamiento de la Hipótesis, prueba y defensa
	7.1.4	Pensamiento Sistémico
	7.1.4.1	Pensamiento holístico
	7.1.4.2	Pensar con enfoque multidisciplinario, interdisciplinario, de sistemas
	7.1.4.3	Enfoque y priorización.
	7.1.5	Actitudes y competencias personales
	7.1.5.1	Perseverancia y flexibilidad.
	7.1.5.2	Pensar en forma lógica, conceptual, deductiva y crítica
	7.1.5.3	Crear, innovar (creatividad)
	7.1.5.4	Tomar decisiones en presencia de incertidumbre
	7.1.5.5	Resiliencia
	7.1.5.6	Administración del tiempo y de recursos.
	7.1.6	Actitudes y competencias profesionales
	7.1.6.1	Comprende y asume responsabilidad a nivel profesional y ético
	7.1.6.2	Comprometerse con el medioambiente y el desarrollo sostenible
	7.1.6.3	Asume su mejoramiento personal y profesional a lo largo de toda la vida.
	7.1.6.4	Adaptarse al cambio
	7.1.7	Competencias interpersonales : Trabajo en equipo multidisciplinar
	7.1.7.1	Escuchar activamente y mostrarse con empatía
	7.1.7.2	Liderar, dirigir personas, actividades, proyectos, empresas
	7.1.7.3	Mantener y desarrollar relaciones.
7.1.7.4	Afrontar adecuadamente la crítica y el conflicto.	
7.1.7.5	Trabajar en equipos y entornos internacionales.	

ÁREA	N°	ÁRBOL TEMÁTICO DE INGENIERÍA QUÍMICA
CRITERIOS DE CALIDAD PARA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA	7.1.7.6	Asignación de roles en un equipo multidisciplinario (experto, facilitador, <i>coach</i>)
	7.1.8	Competencias interpersonales: Comunicación
	7.1.8.1	Planear, conducir y practicar debates sobre temas actuales.
	7.1.8.2	Comunicación efectiva.
	7.1.8.3	Comunicación electrónica/multimedia.
	7.1.8.4	Comunicación gráfica.
	7.1.8.5	Presentación oral y comunicación interpersonal.
	7.1.8.6	Comunicación en idiomas extranjeros.
	7.1.9	Concebir, diseñar, implementar y operar sistemas en el contexto social y la empresa
	7.1.9.1	Contexto externo y social
	7.1.9.1.1	Comprender el impacto de la ingeniería
	7.1.9.1.2	Conocer y comprender las regulaciones de la ingeniería.
	7.1.9.1.3	Conocimiento del contexto histórico y cultural.
	7.1.9.1.4	Conoce y comprende los problemas y asuntos contemporáneos
	7.1.9.1.5	Planear, conducir y practicar negociaciones
	7.1.9.2	La empresa y el contexto de negocios
	7.1.9.2.1	Conocimiento y análisis de diferentes culturas empresariales
	7.1.9.2.2	Aplica principios de administración y gestión
	7.1.9.2.3	Iniciativa y espíritu emprendedor
	7.1.9.2.4	Comprender el rol de las PyMEs como factor de desarrollo e innovación.
	7.1.9.2.5	Comprender el rol de los emprendedores como factor de desarrollo e innovación.
	7.1.9.3	Concepción y sistemas de ingeniería
	7.1.9.3.1	Establecimiento de objetivos y requisitos
	7.1.9.3.2	Definición de función, el concepto y arquitectura
	7.1.9.3.3	Modelar, simular sistemas y realidades complejas
	7.1.9.3.4	Gestión de Proyectos
	7.1.9.4	Diseño
	7.1.9.4.1	El proceso de diseño
	7.1.9.4.2	Fases del Proceso de Diseño y enfoques
	7.1.9.4.3	Utilización del Conocimiento en Diseño
	7.1.9.4.4	Diseño de Disciplina
	7.1.9.4.5	Diseño multidisciplinario
	7.1.9.4.6	Diseño Multi-objetivo
	7.1.9.5	Implementación
7.1.9.5.1	Diseño del proceso de implementación	
7.1.9.5.2	Proceso de fabricación de equipos para procesos	

ÁREA	N°	ÁRBOL TEMÁTICO DE INGENIERÍA QUÍMICA
CRITERIOS DE CALIDAD PARA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA	7.1.9.5.3	Proceso de la implementación de Software para monitoreo, supervisión y control de procesos
	7.1.9.5.4	Integración de la planta con el proceso y con el software para monitoreo.
	7.1.9.5.5	Prueba, Verificación, Validación y Certificación
	7.1.9.6	Operativo
	7.1.9.6.1	Modelado y optimización de procesos
	7.1.9.6.2	Entrenamiento de operarios e ingenieros de procesos
	7.1.9.6.3	Soporte al ciclo de vida del proceso
	7.1.9.6.4	Operación evolutiva
	7.1.9.6.5	Seguridad de la planta y el proceso
	7.1.9.6.6	Gestión de Operaciones
	7.2	Competencias a desarrollar en futuro ingeniero químico
	7.2.1	Organiza equipos de trabajo para desarrollar tareas de manera efectiva y con una visión integral.
	7.2.2	Utiliza las TIC de manera ética para buscar información y trabajar en redes en la solución de problemas de ingeniería.
	7.2.3	Participa en la planeación y evaluación de proyectos de ingeniería aplicando principios de administración y gestión, siguiendo consideraciones adecuadas desde los aspectos técnico, económico, legal, ambiental y ético.
	7.2.4	Participa en actividades y proyectos de investigación con el fin de resolver problemas de ingeniería, a partir de metodologías apropiadas y teniendo en cuenta elementos de innovación y responsabilidad ética.
	7.2.5	Diseña alternativas de solución para problemas de ingeniería que involucran la transformación fisicoquímica de la materia, de manera innovadora y viable desde el punto de vista técnico, con miras al desarrollo sostenible de la sociedad.
	7.3	Métodos y estrategias de la enseñanza
	7.3.1	Clase magistral
	7.3.2	Clases prácticas (estudio de casos, análisis diagnósticos, solución a problemas de laboratorio y problemas de campo)
	7.3.3	Discusiones en grupos grandes (seminario Alemán, conferencias entre otros)
	7.3.4	Aprendizaje orientado a proyectos
	7.3.5	Estudio y trabajos en equipo
	7.3.6	Demostraciones en clase de herramientas, equipos y software pertinente
	7.3.7	El uso de ambientes virtuales para el aprendizaje
	7.3.8	Excursiones o visitas a empresas/ Plantas
	7.3.9	Profesores invitados de la industria
	7.4	Actividades extracurriculares
	7.4.1	Investigación de pregrado

ÁREA	N°	ÁRBOL TEMÁTICO DE INGENIERÍA QUÍMICA
CRITERIOS DE CALIDAD PARA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA	7.4.2	Pasantías
	7.4.3	Programas de educación CO-OP
	7.4.4	Estudios en el extranjero
	7.4.5	Prácticas internacionales
	7.5	Presencialidad en el programa ¿Cómo cree usted que debe ser la presencialidad en los programas de ingeniería química?
	7.5.1	Alta (70% a 100% presencial)
	7.5.2	Moderada (30% a 70%)
	7.5.3	Baja (10 % a 30%)
	7.6	Metodologías en laboratorios
	7.6.1	Demostrativo
	7.6.2	Simulación
	7.6.3	Aprendizaje basado en problemas
	7.7	Metodología en el trabajo autónomo del estudiante
	7.7.1	Consultas y trabajos en biblioteca
	7.7.2	Preparación de trabajos en grupo (seminarios, talleres, consultas)
	7.7.3	Preparar exámenes.
	7.7.4	Realización de problemas y ejercicios
	7.7.5	Lecturas complementarias
	7.7.6	Actividades que se desarrolla utilizando guías o ayudas didácticas con TIC.
	7.7.7	Tutorías presenciales y virtuales
	7.8	Formación complementaria
	7.8.1	Matemáticas Financieras
	7.8.2	Calidad, certificación y normalización técnica
	7.8.3	Mentalidad emprendedora e innovadora
	7.8.4	Economía
	7.8.5	Ética profesional
	7.8.6	Cultura ciudadana (incluye sentido de legalidad, justicia social, rechazo al uso de violencia, solidaridad)
	7.8.7	Formación cultural y artística (historia, geografía, idiomas, artes, etc.)
	7.8.8	Metodología de la investigación
	7.8.9	Gestión de proyectos
7.8.10	Preparación y evaluación de proyectos	

2. LÍNEAS DE FORMACIÓN	
2.1 Ciencias de los materiales	
2.1.1	Combustibles
2.1.2	Materiales Polimericos fundidos
2.1.3	Materiales compuestos (composites)
2.1.4	Cerámicas estructurales y funcionales
2.1.5	Superconductores
2.1.6	Materiales para electrónica (químicos electrónicos), informática y telecomunicaciones
2.1.7	Catalizadores.
2.1.8	Lubricantes sintéticos.

Estudio de Prospectiva al 2025 de la ingeniería química en países miembros de la Organización de Estados Americanos



Organization of American States
Democracy for peace, security, and development



Universidad Pontificia Bolivariana

2.1.9	Pigmentos, tintas.
2.1.10	Sabores, fragancias.
2.1.11	Aditivos
2.1.12	Fármacos.
2.1.13	Fibras textiles.
2.1.14	Reactivos para diagnóstico
2.1.15	Sustitución de compuestos fluorocarbonados
2.2 Materiales de la industria forestal	
2.2.1	Química de los materiales fibrosos
2.2.2	Procesos de transformación de materiales lignocelulósicos
2.2.3	Diseño de equipos para la transformación de materiales lignocelulósico
2.2.4	Producción de elementos estructurales y arquitectónicos (pisos, tableros, vigas, paneles, postes, casas prefabricadas)
2.2.5	Producción de pellets, briquetas, carbón vegetal, carbón activado
2.2.6	Producción de papel (impresión, periódico, higiénico, de pulpa de bosque plantado)
2.3 Química Ambiental	
2.3.1	Fuentes alternas de energía
2.3.2	Gas, alcohol, híbridos
2.3.3	Combustibles derivados de residuos
2.3.4	Tecnologías de gasificación y aprovechamiento de energético de residuos organicos (industriales y agropecuarios)
2.3.5	Conversión de materiales complejos o peligrosos en productos reciclables o residuos procesables
2.3.6	Técnicas de recuperación por extracción hidrometalúrgica, pirometalúrgica, mixta, etc
2.3.7	Cero emisiones o reducción de desechos

2.3.8	No generación de residuos peligrosos	
2.3.9	Vertido de residuos en condiciones seguras	
2.3.10	Conservación, mejora y recuperación del medioambiente	
2.3.11	Métodos, tecnologías y equipos	
2.3.12	Métodos y equipos de análisis, medición y control (Técnicas analíticas in situ, en continuo, de detección y seguimiento vía satélite, etc.)	
2.3.13	Protocolos de comunicación y transmisión de dato medioambientales	
2.3.14	Herramientas de simulación para ubicar focos de contaminación en tiempo real y predecir su evolución	
2.3.15	Equipos y sistemas de recogida selectiva de residuos (diferentes de sólidos urbanos)	
2.3.16	Incineración e inertización de residuos peligrosos no valorizables	
2.3.17	Generación, transporte y depósito de lodos y sedimentos	
2.3.18	Disminución del consumo específico de agua en todos los sectores	
2.3.19	Equipos para la corrección ambiental (ruido, a fin de línea)	
2.3.20	Fuentes alternas de materia prima para procesos (gas, carbón, minerales, biomasa)	
2.3.21	Análisis de ciclo de vida	
	2.4 Biotecnología	
2.4.1	Bioreactores	
2.4.2	Diseño y modelamiento de biorreactores	
2.4.3	Fermentación en estado sólido	
2.4.4	Fermentación en estado líquido	
2.4.5	Cultivo de células vegetales	
2.4.6	Cultivo de células animales	
2.4.7	Microbiología industrial	
2.4.8	Bioseparaciones y bioseparadores	

Estudio de Prospectiva al 2025 de la ingeniería química en países miembros de la Organización de Estados Americanos



Organization of American States
Democracy for peace, security, and development



Universidad Pontificia Bolivariana

2.4.9	Operaciones unitarias aplicadas a la separación y purificación de productos biotecnológicos	
2.4.10	Diseño y modelamiento de bioseparadores	
2.4.11	Modelamiento, optimización y control	
2.4.12	Modelación, optimización y control de sistemas biológicos	
2.4.13	Escalado de bioprocesos	
2.4.14	Procesos biotecnológicos	
2.4.15	Biotecnología ambiental: biorremediación de aguas y suelos	
2.4.16	Biofiltros	
2.4.17	Lodos activados	

2.4.18	Biodigestores	
2.4.19	Lagunas de estabilización	
2.4.20	Fermentaciones	
2.4.21	Diseño de medios de cultivo	
2.4.22	Producción de enzimas comerciales	
2.4.23	Biominería	
2.4.24	Biolixiviación	
2.4.25	Bioflotación	
2.4.26	Biofloculación	
2.4.27	Drenaje ácido de aguas residuales	
2.5 Química de los alimentos		
2.5.1	Alimentos funcionales	
2.5.2	Extractos naturales	
2.5.3	Métodos de conservación alternativos	
2.5.4	Empaques inteligentes	
2.5.5	Productos encapsulados	
SUGERENCIAS:		
3. INGENIERÍA DE SISTEMAS DE PROCESOS		
3.1 Diseño de procesos		
3.1.1	Diseño de plantas para procesos continuos	
3.1.2	Diseño de plantas flexibles, multiproducto, para procesos discontinuos (procesos batch)	
3.1.3	Simulación: Descripciones locales y predicciones a priori sin ningún ajuste de parámetros	
3.1.4	Modelación molecular (programas basados en termodinámica estadística y física cuántica)	
3.1.5	Simulación dinámica	
3.1.6	Diseño de procesos a partir de propiedades o usos deseados en el producto	
3.1.7	Sistemas expertos	
3.1.8	Redes neuronales	
3.1.9	Lógica difusa	
3.1.10	Algoritmos genéticos	
3.1.11	Instrumentación industrial tradicional	
3.1.12	Instrumentación industrial no invasiva (Ej. ultrasonido, infrarrojo, laser, etc.)	
3.1.13	Biosensores	
3.1.14	Equipos básicos para la industria química	
3.1.15	Equipos para monitoreo y pruebas de materiales	
3.1.16	Equipos para procesos de alta severidad (alta temperatura y/o presión)	

Estudio de Prospectiva al 2025 de la ingeniería química en países miembros de la Organización de Estados Americanos



3.1.17	Laboratorios de precisión		
	3.2 Control de procesos		
3.2.1	Control de las propiedades distribuidas en un producto (ej. tamaño de partícula)		
3.2.2	Control de procesos discontinuos (procesos por tandas, batch)		
3.2.3	Sistemas no lineales		
3.2.4	Sistemas instrumentados de seguridad		
3.2.5	Simulación		
3.2.6	Sistemas expertos		
3.2.7	Redes neuronales		
3.2.8	Lógica difusa		
3.2.9	Algoritmos genéticos		
	3.3 Estadística y diseño de experimentos		
3.3.1	Análisis de regresión		
3.3.2	Estadística aplicada a pronósticos (series de tiempo)		
3.3.3	Distribuciones estadísticas		
3.3.4	Diseño de experimentos		
3.3.5	Sistematización de la información experimental		
3.3.6	Análisis de datos experimentales		
	3.4 Elementos de programación		
3.4.1	Actualización manejo de Excel		
3.4.2	Programación básica en visual Basic para aplicaciones		
	3.5 Métodos numéricos para ingenieros de procesos		
3.5.1	Solución de sistemas de ecuaciones lineales y no lineales		
3.5.2	Aproximación funcional		
3.5.3	Optimización		
3.5.4	Solución de ecuaciones diferenciales ordinarias y parciales		
	3.6 Balances en procesos de ingeniería química		
3.6.1	Balances sin reacción química		
3.6.2	Balances con reacción química por componente y elementales		
3.6.3	Sistemas de varias fases		
3.6.4	Balances de energía		
	SUGERENCIAS:		

4. FENÓMENOS DE TRANSPORTE Y OPERACIONES UNITARIAS	
4.1 Fenómenos de transporte	
4.1.1	Transporte molecular y convectivo
4.1.2	Transporte en interfase y coeficientes de transferencia
4.1.3	Balances macroscópicos en estado estable
4.1.4	Balances microscópicos en estado estable
4.2 Mecánica de fluidos para ingenieros químicos	
4.2.1	Estática de fluidos
4.2.2	Balances macroscópicos aplicados a fluidos
4.2.3	Análisis Dimensional y estudio de modelos
4.2.4	Flujo viscoso incompresible

Estudio de Prospectiva al 2025 de la ingeniería química en países miembros de la Organización de Estados Americanos



Organization of American States
Democracy for peace, security, and development



Universidad Pontificia Bolivariana

4.2.5	Flujo de fluidos compresibles
4.2.6	Medidores de flujo
4.2.7	Maquinaria para impulsar fluidos (bombas, ventiladores, soplantes, etc.)
4.2.8	Teoría de arrastre y sedimentación
4.2.9	Lechos empacados
4.2.10	Introducción a la Dinámica de Fluidos Computacional (CFD)
4.3 Tecnología de partículas	
4.3.1	Propiedades y caracterización de partículas
4.3.2	Almacenamiento y transporte de sólidos
4.3.3	Reducción de tamaño
4.3.4	Separación por gravedad y centrifugación
4.3.5	Fluidización
4.3.6	Filtración
4.3.7	Separación por membranas
4.3.8	Ciclones e hidrociclones
4.3.9	Agitación y mezclado
4.3.10	Técnicas de separación para partículas sólidas
4.4 Transferencia de calor	
4.4.1	Conducción en estado estable
4.4.2	Conducción en estado transitorio
4.4.3	Convección forzada

4.4.4	Convección natural	
4.4.5	Ebullición y Condensación	
4.4.6	Radiación	
4.4.7	Equipos de transferencia de calor	
4.4.8	Métodos computacionales para cálculo de transferencias de calor	
4.5 Transferencia masa		
4.5.1	Difusión molecular en estado estable	
4.5.2	Difusión molecular en estado transitorio	
4.5.3	Transferencia convectiva de masa	
4.5.4	Métodos computacionales para cálculos de transferencia de masa	
4.6 Operaciones de transferencia de masa		
4.6.1	Etapas de equilibrio	
4.6.2	Absorción	
4.6.3	Extracción	
4.6.4	Destilación	
4.6.5	Evaporación	
4.6.6	Lixiviación	
4.6.7	Netos gráficos y rigurosos	
SUGERENCIAS:		
5. FISICOQUÍMICA Y TERMODINÁMICA		
5.1 Físicoquímica		
5.1.1	Gases	
5.1.2	Equilibrio Químico	

Estudio de Prospectiva al 2025 de la ingeniería química en países miembros de la Organización de Estados Americanos



Organization of American States

Democracy for peace, security, and development



Universidad Pontificia Bolivariana

5.1.3	Equilibrio de fases	
5.1.4	Soluciones	
5.1.5	Fenómenos superficiales ((incluye emulsiones, coloides, geles, espumas, etc.)	
5.1.6	Relación entre propiedades de la sustancia y su uso y desempeño	
5.1.7	Materiales porosos e irregulares, sólidos particulados, polvos y aerosoles	
5.1.8	Sistemas con memoria: fluidos viscoelásticos, sistemas vivos, sólidos reactivos	
5.1.9	Dispersión multifase: lodos	
5.1.10	Fluidos supercríticos	

5.1.11	Fluidos no-newtonianos	
5.1.12	Materiales poliméricos fundidos	
5.2 Termodinámica Clásica		
5.2.1	Leyes termodinámicas	
5.2.2	Propiedades de las sustancias puras	
5.2.3	Ecuaciones de estado para sustancias puras	
5.3 Termodinámica Química		
5.3.1	Relación entre comportamiento molecular y microscópico, con estructura e interacciones moleculares	
5.3.2	Relación entre comportamiento macroscópico de operaciones y procesos unitarios, con estructura e interacciones moleculares	
5.3.3	Control de propiedades distribuidas (Ej. tamaño de partícula)	
5.3.4	Termodinámica estadística	
5.3.5	Ecuaciones de estado	
5.3.6	Modelos de actividad	
5.3.7	Equilibrio líquido-líquido-vapor	
5.3.8	Equilibrio líquido-líquido-líquido	
5.3.9	Optimización por distribución de la producción de entropía.	
5.3.10	Procesos irreversibles.	
SUGERENCIAS:		
6. QUÍMICA E INGENIERÍA DE LAS REACCIONES QUÍMICAS		
6.1 Química orgánica		
6.1.1	Relación entre la estructura de la molécula y las propiedades fisicoquímicas de la sustancia	
6.1.2	Relación entre propiedades de la sustancia y su uso y desempeño	
6.1.3	Mecanismos de reacción	
6.2 Bioquímica		
6.2.1	Fundamentos de bioquímica	
6.2.2	Cinética enzimática	
6.2.3	Caracterización de proteínas	
6.3 Química analítica		
6.3.1	Métodos gravimétricos	
6.3.2	Métodos volumétricos	
6.3.3	Métodos potenciométricos	
6.3.4	Métodos de análisis cuantitativos (UV-VIS, FT-IR, GC, HPLC)	
6.3.5	Técnicas avanzadas de caracterización.	
6.4 Ingeniería de las reacciones químicas		
6.4.1	Cinética química en sistemas homogéneos y heterogéneos	
6.4.2	Reactores híbridos (combinan procesos y operaciones unitarias. Ej. membrana catalítica, destilación reactiva, etc.)	

6.4.3	Reactores basados en ondas (ultrasonido, sonoelectroquímica, microondas, radiofrecuencias)	
6.4.4	Reactores modulares y multifuncionales	
6.4.5	Microrreactores (Ej. para procesos ineficientes o peligrosos a gran escala; para investigación, etc.)	
6.4.6	Reactores electroquímicos	
6.4.7	Mejoramiento de conversión, rendimiento y selectividad	
	SUGERENCIAS:	
	7. CRITERIOS DE CALIDAD PARA PROGRAMAS DE INGENIERÍA	
	7.1 Atributos y competencias personales y profesionales	
	7.1.1 Conocimiento técnico y razonamiento.	
7.1.1.1	Demostrar capacidad para usar los principios de las ciencias básicas.	
7.1.1.2	Aplicar los principios de las ciencias de la ingeniería.	
7.1.1.3	Demostrar capacidad para aplicar el conocimiento de las áreas profesionales de la ingeniería.	
	7.1.2 Ingeniería de razonamiento y solución de problemas	
7.1.2.1	Identificación y representación matemática del problema.	
7.1.2.2	Estimación y análisis cuantitativo de la solución	
7.1.2.3	Análisis de la solución obtenida bajo situación de incertidumbre	
7.1.2.4	Evaluación de la solución y cierre del problema.	
	7.1.3 Experimentación y descubrimiento de conocimiento	
7.1.3.1	Manejo de principios básicos de la metodología de la investigación	
7.1.3.2	Investigación a través de experimentos.	
7.1.3.3	Busqueda y análisis de literatura impresa y electrónica.	
7.1.3.4	Lanzamiento de la Hipótesis, prueba y defensa	
	7.1.4 Pensamiento Sistémico	
7.1.4.1	Pensamiento holístico	
7.1.4.2	Pensar con enfoque multidisciplinario, interdisciplinario, de sistemas	
7.1.4.3	Enfoque y priorización.	
	7.1.5 Actitudes y competencias personales	
7.1.5.1	Perseverancia y flexibilidad.	
7.1.5.2	Pensar en forma lógica, conceptual, deductiva y crítica	
7.1.5.3	Crear, innovar (creatividad)	
7.1.5.4	Tomar decisiones en presencia de incertidumbre	
7.1.5.5	Resiliencia	
7.1.5.6	Administración del tiempo y de recursos.	
	7.1.6 Actitudes y competencias profesionales	
7.1.6.1	Comprende y asume responsabilidad a nivel profesional y ético	

7.1.6.2	Comprometerse con el medioambiente y el desarrollo sostenible	
7.1.6.3	Asume su mejoramiento personal y profesional a lo largo de toda la vida.	
7.1.6.4	Adaptarse al cambio	
7.1.7 Competencias interpersonales : Trabajo en equipo multidisciplinar		
7.1.7.1	Escuchar activamente y mostrarse con empatía	
7.1.7.2	Liderar, dirigir personas, actividades, proyectos, empresas	
7.1.7.3	Mantener y desarrollar relaciones.	
7.1.7.4	Afrontar adecuadamente la crítica y el conflicto.	
7.1.7.5	Trabajar en equipos y entornos internacionales.	

Estudio de Prospectiva al 2025 de la ingeniería química en países miembros de la Organización de Estados Americanos



Organization of
American States
Democracy for peace, security, and development



7.1.7.6	Asignación de roles en un equipo multidisciplinario (experto, facilitador, coach)	
7.1.8 Competencias interpersonales: Comunicación		
7.1.8.1	Planear, conducir y practicar debates sobre temas actuales.	
7.1.8.2	Comunicación efectiva.	
7.1.8.3	Comunicación electrónica/multimedia.	
7.1.8.4	Comunicación gráfica.	
7.1.8.5	Presentación oral y comunicación interpersonal.	
7.1.8.6	Comunicación en idiomas extranjeros.	
7.1.9 Concebir, diseñar, implementar y operar sistemas en el contexto social y la empresa		
7.1.9.1 Contexto externo y social		
7.1.9.1.1	Comprender el impacto de la ingeniería	
7.1.9.1.2	Conocer y comprender las regulaciones de la ingeniería.	
7.1.9.1.3	Conocimiento del contexto histórico y cultural.	
7.1.9.1.4	Conoce y comprende los problemas y asuntos contemporáneos	
7.1.9.1.5	Planear, conducir y practicar negociaciones	
7.1.9.2 La empresa y el contexto de negocios		
7.1.9.2.1	Conocimiento y análisis de diferentes culturas empresariales	
7.1.9.2.2	Aplica principios de administración y gestión	
7.1.9.2.3	Iniciativa y espíritu emprendedor	
7.1.9.2.4	Comprender el rol de las PyMEs como factor de desarrollo e innovación.	
7.1.9.2.5	Comprender el rol de los emprendedores como factor de desarrollo e innovación.	
7.1.9.3 Concepción y sistemas de ingeniería		
7.1.9.3.1	Establecimiento de objetivos y requisitos	

7.1.9.3.2	Definición de función, el concepto y arquitectura		
7.1.9.3.3	Modelar, simular sistemas y realidades complejas		
7.1.9.3.4	Gestión de Proyectos		
7.1.9.4 Diseño			
7.1.9.4.1	El proceso de diseño		
7.1.9.4.2	Fases del Proceso de Diseño y enfoques		
7.1.9.4.3	Utilización del Conocimiento en Diseño		
7.1.9.4.4	Diseño de Disciplina		
7.1.9.4.5	Diseño multidisciplinario		
7.1.9.4.6	Diseño Multi-objetivo		
7.1.9.5 Implementación			
7.1.9.5.1	Diseño del proceso de implementación		
7.1.9.5.2	Proceso de fabricación de equipos para procesos		
7.1.9.5.3	Proceso de la implementación de Software para monitoreo, supervisión y control de procesos		
7.1.9.5.4	Integración de la planta con el procesos y con el software para monitoreo, supervisión y control de procesos		
7.1.9.5.5	Prueba, Verificación, Validación y Certificación		
7.1.9.6 Operativo			
7.1.9.6.1	Modelado y optimización de procesos		
7.1.9.6.2	Entrenamiento de operarios e ingenieros de procesos		
7.1.9.6.3	Soporte al ciclo de vida del proceso		
7.1.9.6.4	Operación evolutiva		
7.1.9.6.5	Seguridad de la planta y el proceso		

Estudio de Prospectiva al 2025 de la ingeniería química en países miembros de la Organización de Estados Americanos



7.1.9.6.6	Gestión de Operaciones		
7.2 Competencias a desarrollar en futuro ingeniero químico			
7.2.1	Organiza equipos de trabajo para desarrollar tareas de manera efectiva y con una visión integral.		
7.2.2	Utiliza las TIC de manera ética para buscar información y trabajar en redes en la solución de problemas de ingeniería.		
7.2.3	Participa en la planeación y evaluación de proyectos de ingeniería aplicando principios de administración y gestión, siguiendo consideraciones adecuadas desde los aspectos técnico, económico, legal, ambiental y ético.		
7.2.4	Participa en actividades y proyectos de investigación con el fin de resolver problemas de ingeniería, a partir de metodologías apropiadas y teniendo en cuenta elementos de innovación y responsabilidad ética.		
7.2.5	Diseña alternativas de solución para problemas de ingeniería que involucran la transformación fisicoquímica de la materia, de manera innovadora y viable desde el punto de vista técnico, con miras al desarrollo sostenible de la sociedad.		

	7.3 Métodos y estrategias de la enseñanza	
7.3.1	Clase magistral	
7.3.2	Clases prácticas (estudio de casos, análisis diagnósticos, solución a problemas de laboratorio y problemas de campo)	
7.3.3	Discusiones en grupos grandes (seminario Alemán, conferencias entre otros)	
7.3.4	Aprendizaje orientado a proyectos	
7.3.5	Estudio y trabajos en equipo	
7.3.6	Demostraciones en clase de herramientas, equipos y software pertinente	
7.3.7	El uso de ambientes virtuales para el aprendizaje	
7.3.8	Excursiones o visitas a empresas/ Plantas	
7.3.9	Profesores invitados de la industria	
	7.4 Actividades extracurriculares	
7.4.1	Investigación de pregrado	
7.4.2	Pasantías	
7.4.3	Programas de educación Co-op	
7.4.4	Estudios en el extranjero	
7.4.5	Prácticas internacionales	
	7.5 Presencialidad en el programa	
	¿Cómo cree usted que debe ser la presencialidad en los programas de ingeniería química?	
7.5.1	Alta (70% a 100% presencial)	
7.5.2	Moderada (30% a 70%)	
7.5.3	Baja (10 % a 30%)	
	7.6 Metodologías en laboratorios	
7.6.1	Demostrativo	
7.6.2	Simulación	
7.6.3	Aprendizaje basado en problemas	
	7.7 Metodología en el trabajo autónomo del estudiante	
7.7.1	Consultas y trabajos en biblioteca	
7.7.2	Preparación de trabajos en grupo (seminarios, talleres, consultas)	
7.7.3	Preparar exámenes.	
7.7.4	Realización de problemas y ejercicios	
7.7.5	Lecturas complementarias	
7.7.6	Actividades que se desarrolla utilizando guias o ayudas didacticas con Tics	
7.7.7	Tutorías presenciales y virtuales	
	7.8. Formación complementaria	
7.8.1	Matemáticas Financieras	

Estudio de Prospectiva al 2025 de la ingeniería química en países miembros de la Organización de Estados Americanos



Organization of American States
Democracy for peace, security, and development.



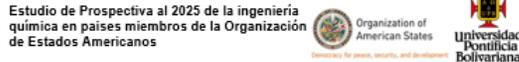
Universidad Pontificia Bolivariana

7.8.2	Calidad, certificación y normalización técnica	
7.8.3	Mentalidad emprendedora e innovadora	
7.8.4	Economía	
7.8.5	Ética profesional	
7.8.6	Cultura ciudadana (incluye sentido de legalidad, justicia social, rechazo al uso de violencia, solidaridad)	
7.8.7	Formación cultural y artística (historia, geografía, idiomas, artes, etc.)	
7.8.8	Metodología de la investigación	
7.8.9	Gestión de proyectos	
7.8.10	Preparación y evaluación de proyectos	
	SUGERENCIAS:	

¡MUCHAS GRACIAS POR SU IMPORTANTE CONTRIBUCIÓN!

ANEXO E – RESULTADOS NUMÉRICOS PRIMERA RONDA

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z AA AB AC AD AE AF AG AH AI AJ AK AL AM AN AO AP AQ AR AS AT AU AV AW AX AY AZ BA BB BC BD BE BF BG BH BI BJ BK BL



OBJETIVO.

El objetivo de esta encuesta es priorizar e identificar nuevas tendencias, temas, tecnologías y criterios de calidad para la Ingeniería Química en países miembros de la OEA al 2025

A. Fecha recepción: [] [] []

Cada participante deberá priorizar todos los temas/tecnologías asignando una clasificación entre 0 y 5 en los cuadros blancos. A varios subtemas puede asignarle la misma calificación.

Calificaciones: 0 1 2 3 4 5
 Ninguna prioridad Alta prioridad
 N: No sabe/No responde

INFORMACION GENERAL

Calificación de la primera ronda	ID	Miembro																																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
		Antonio A. Quiñero	Adriano Henrico	Carlos A. Amador	Piedad Corbin	Caroleo	Andrés Ortega	Miguelo Suarez	Infermar Martinez	Carlos A. Smith	Jorge Echebri	Juan Carlos Caballero	Francisco Gonzalez	Rafael Cruz Millon	Diego B. Balle	Rigoberto Nave	Jorge Valdezmaria	Camelito Zambrano	Yuan Kuan	Julie H. Reiser	Carlos F. Castro	Interoceano	Walter A. Vargas	Gerardo Mora	Patricia P.	Edgar R. Vargas S.	Alba Luz Villa	Boris Camacho	Osval Alvarez	Rodrigo Ballester	Carolina Quintero	Bertha Garcia	Christian Gonzalez	Yanira Hernandez	Maria Patricia Ramirez	Maria A.	Mauricio A. Tullio	Fabio Bizaro	Alej. René Cortón	Eduin Hübner	Uma Lopez Arevalo	

ID	Tecnología	Calificación																																									Frecuencia	Mediana	N Encuestas	%	Promedio	Prioritaria	Decisión
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41							
1.1	Manufacturación	3	5	4	4	0	2	5	4	3	5	4	4	2	4	3	3	3	4	4	5	2	5	2	4	4	3	2	4	2	4	2	5	3	1	2	3	2	3	4	3	4	11	40	24%	35%	Me	Discutida	
1.2	Materiales Nanoestructurados	4	5	4	5	1	3	5	4	3	4	4	4	4	4	5	3	3	4	4	5	2	5	2	4	4	4	5	3	4	2	4	4	3	3	3	5	3	3	4	5	4	15	40	38%		Si	Prioritaria	
1.3	Electrocatálisis	1	3	4	4	4	3	5	4	3	5	3	2	3	4	4	3	3	4	3	5	2	4	2	4	2	4	1	4	1	4	1	5	4	1	2	3	3	3	3	3	3	12	39	31%		Me	Discutida	
1.4	Simulación molecular	3	4	3	3	5	3	3	2	2	4	4	3	2	4	4	2	4	3	5	3	5	4	3	4	4	4	4	5	2	3	4	1	3	3	2	4	2	4	3	3	3	3	14	40	35%		Me	Discutida
1.5	Bioquímica	0	5	4	4	4	4	5	4	5	4	5	4	2	4	4	5	2	4	5	2	5	5	3	4	4	4	4	4	4	1	4	1	5	4	1	2	2	5	2	4	4	4	14	40	35%		Me	Discutida
1.6	Biocatalisis	2	4	4	3	4	4	3	4	4	5	5	4	4	5	5	2	4	3	5	5	3	4	3	4	5	5	5	4	3	3	5	4	4	5	5	5	5	5	3	4	5	4	15	40	38%		Si	Prioritaria
1.7	Micromoléculas	3	5	3	3	1	3	3	4	2	4	4	4	3	3	4	3	3	5	5	3	4	2	4	2	4	2	3	4	3	1	3	5	3	2	3	4	4	3	5	3	3	18	40	45%		Me	Prioritaria	
1.8	Microrreactores	3	5	3	3	1	3	4	4	2	4	4	4	4	4	5	4	2	4	4	5	4	4	4	4	4	4	5	3	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	2	5	4	14	40	35%		Me	Discutida	
1.9	Tecnología de los materiales metálicos	2	4	3	3	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	4	3	3	4	1	3	5	2	3	4	4	2	2	1	3	15	40	38%		Me	Prioritaria	
1.10	Tecnología de los materiales no metálicos	2	4	4	5	3	4	4	5	4	4	4	4	4	4	5	3	4	4	4	5	2	4	4	1	3	4	2	3	5	2	4	5	5	2	3	4	2	3	4	3	4	15	40	38%		Si	Prioritaria	
1.11	Tecnología del plasma	3	3	4	2	4	0	3	3	3	3	4	3	2	4	3	2	4	2	5	2	3	2	3	2	1	4	1	4	1	4	4	4	3	3	3	2	3	2	2	3	12	40	30%		Me	Discutida		
1.12	Conversión y almacenamiento de energía solar mediante semiconductores modificados	3	4	3	3	5	0	4	4	4	5	5	3	4	4	4	4	5	4	4	5	3	4	5	4	4	3	3	1	1	4	4	5	5	1	4	3	4	3	3	4	14	40	35%		Me	Discutida		
1.13	Producción de hidrógeno	4	3	3	5	4	3	5	4	2	4	4	3	3	5	3	2	5	5	4	5	4	5	4	5	4	1	2	4	1	5	5	5	5	5	4	3	2	3	5	14	40	35%		Me	Discutida			
1.14	Tecnología en petróleo	2	3	4	3	4	5	5	4	4	5	4	4	4	4	3	3	5	3	4	2	3	5	4	3	4	3	4	4	2	5	4	4	4	4	4	4	4	5	2	3	4	16	40	40%		Si	Prioritaria	
1.15	Diagnóstico de las superficies	3	4	5	5	1	2	4	4	5	4	3	3	5	4	4	3	3	5	4	3	5	4	3	4	5	5	3	5	3	3	2	3	4	2	4	4	4	5	12	40	30%		Me	Discutida				
1.16	Tour de la percolación	0	4	4	3	4	4	2	4	4	2	4	3	3	4	2	4	3	3	4	5	3	2	3	2	3	3	1	4	4	2	1	4	2	1	2	3	3	3	3	12	40	30%		Me	Discutida			
1.17	Tecnología alimentaria	5	4	5	3	5	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	3	5	5	3	4	4	4	4	5	4	4	5	1	3	5	5	4	5	5	4	3	5	16	40	40%		Si	Prioritaria				

Calificación de la primera runda		Jurado																				Meda	Frecuencia Meda	N Encuentros	% Satisfacción	Promedio %	Prioritaria	Decisión																
ID	Nombre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41		
2. LÍNEAS DE FORMACIÓN (74 ítems)																																												
2.1.1	Camburliz	5	4	3	4	5	5	5	3	4	5	5	4	4	4	5	4	3	5	3	5	3	4	5	4	2	5	3	5	3	5	3	5	5	4	4	5	5	3	4	4	N		
		5	18	40	45%	37%																																						
2.1.2	Materiales Poliméricos fundidos	1	5	3	3	M	5	3	3	3	5	5	4	3	3	5	4	2	5	3	3	3	4	2	3	4	M	4	3	1	4	M	4	1	4	4	3	4	4	N				
		3	14	40	35%																																							
2.1.3	Materiales compuestos (compósito)	1	5	4	3	4	5	4	4	3	5	M	4	3	4	5	4	2	5	3	5	5	3	5	2	4	5	3	5	3	3	5	5	1	M	5	3	4	4	5				
		5	14	40	35%																																							
2.1.4	Cardinas estructurales y funcionales	2	3	4	3	4	5	4	4	M	4	M	4	3	3	4	4	2	5	3	3	5	3	5	2	3	4	3	1	5	M	2	1	2	5	3	2	3	M					
		3	12	40	30%																																							
2.1.5	Superconductores	1	3	3	3	4	3	4	4	2	3	M	4	3	3	5	4	2	4	3	3	5	3	5	2	4	3	3	5	1	1	3	3	4	4	N								
		3	13	40	33%																																							
2.1.6	Materiales para electrónica (química electrónica), informática y telecomunicaciones	2	4	3	3	4	2	3	5	2	4	M	4	4	4	M	3	3	4	5	3	3	4	5	4	4	3	2	4	5	5	3	4	5	4	4	5	M						
		4	15	40	34%																																							
2.1.7	Catalizadores.	3	5	3	5	4	2	5	2	5	M	4	4	3	4	5	2	5	5	3	5	4	5	4	3	5	4	0	4	3	5	4	5	5	3	4	5	4	4					
		5	15	40	34%																																							
2.1.8	Lubricantes sintéticos.	1	5	4	2	3	4	3	4	M	4	5	4	3	2	M	4	2	5	3	3	2	3	1	3	3	2	4	5	2	3	M	4	1	4	2	3	5	4	4				
		3	11	40	24%																																							
2.1.9	Pigmentos, tintos.	1	5	4	3	3	4	2	4	M	3	5	4	3	3	M	4	2	M	4	2	3	3	5	2	4	3	3	1	3	M	2	1	4	3	2	3	M						
		3	13	40	33%																																							
2.1.10	Señales, frecuencias.	1	3	4	2	3	4	2	4	M	5	5	3	4	1	4	4	2	4	2	5	5	3	4	2	3	3	4	3	5	1	3	4	2	0	4	3	3	2	4	N			
		4	12	40	30%																																							
2.1.11	Aditivos.	2	4	5	5	3	M	3	4	M	5	5	3	3	2	M	4	2	4	2	5	2	3	4	4	2	5	3	3	5	0	4	5	4	0	4	3	3	M	4				
		3	10	40	25%																																							
2.1.12	Fármacos.	1	5	5	3	3	4	2	4	M	5	M	4	5	3	M	5	2	4	3	2	3	3	5	4	5	4	2	1	2	5	5	2	4	5	3	5	3	4	4				
		5	11	40	24%																																							
2.1.13	Fibras textiles.	3	5	3	3	4	4	3	4	M	5	4	3	2	4	4	2	4	3	5	4	3	4	2	3	4	1	3	1	4	5	M	5	1	3	3	2	3	M					
		3	15	40	34%																																							
2.1.14	Reactivos para diagnóstico	1	5	2	3	M	5	4	5	M	3	5	3	4	1	5	4	2	4	3	2	2	2	3	4	3	M	M	3	0	M	2	0	4	2	5	1	M	4					
		3	9	39	23%																																							
2.1.15	Sustitución de compuestos fluorocarbonados	4	5	3	3	4	3	3	M	5	5	3	2	4	4	3	5	5	1	5	4	3	5	4	3	4	5	0	1	3	M	3	3	5	2	3	3	3	4					
		5	10	40	25%																																							
2.2.1	Química de los materiales fibrosos	1	3	4	4	2	5	1	M	3	5	4	3	2	5	M	2	4	2	5	3	3	3	5	M	5	3	2	5	4	5	1	5	3	4	2	3	M						
		5	10	40	25%																																							
2.2.2	Procesos de transformación de materiales lignocelulósicos	2	3	4	4	3	3	4	M	4	M	4	3	3	5	5	2	4	3	4	5	4	3	4	3	5	4	5	1	2	5	5	5	2	5	4	4	3	M					
		4	14	40	35%																																							
2.2.3	Diseño de equipar para la transformación de materiales lignocelulósicos	3	4	4	4	3	3	2	M	3	M	4	2	3	5	5	2	4	3	5	5	4	4	3	3	5	4	5	1	0	3	M	5	2	4	4	5	3	3	M				
		4	11	40	24%																																							
2.2.4	Producción de elementos estructurales y arquitectónicos (pavos, tableros, vigas, paneles, puentes, cercos prefabricados)	2	3	4	3	3	4	4	3	M	3	5	3	4	3	4	4	2	4	2	5	2	2	3	2	3	3	4	4	0	3	4	4	2	4	2	3	1	4	N				
		4	14	40	35%																																							
2.2.5	Producción de pellets, briquetas, carbón vegetal, carbón activado	2	3	5	3	3	5	4	4	M	5	M	3	3	4	3	4	2	4	3	2	1	2	3	4	4	3	3	1	0	3	M	4	2	5	3	4	2	3	M				
		3	13	40	33%																																							
2.2.6	Producción de papel (impresión, periódicos, higiénico, de pulpa de bagazo blanqueado)	2	4	3	2	3	4	5	1	M	3	M	3	3	4	4	2	4	2	5	2	3	3	5	3	4	3	1	2	3	4	3	1	4	3	5	2	3	M					
		3	15	40	34%																																							
2.3.1	Fuentes alternas de energía	4	5	3	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	3	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	4	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5				
		5	31	40	74%																																							
2.3.2	Gas, alcohol, líquidos	4	4	3	4	4	5	4	4	5	M	4	3	3	5	5	3	5	4	4	5	4	5	4	5	4	3	3	3	3	4	M	5	2	5	5	5	3	M					
		4	14	40	35%																																							
2.3.3	Camburliz derivado de residuos	5	4	5	5	5	5	4	4	5	5	5	4	4	5	5	3	5	5	5	5	4	5	4	3	5	4	4	3	2	5	5	5	5	5	5	4	5	5					
		5	24	40	65%																																							
2.3.4	Tecnologías de quincencia y aprovechamiento de energías de residuos orgánicos (industriales y agropecuarios)	3	4	3	5	5	4	4	5	4	5	4	3	5	5	3	5	5	5	4	5	4	4	5	4	5	4	5	3	3	3	5	5	5	5	5	4	4	4					
		5	24	40	50%																																							
2.3.5	Unificación de materiales compuestos a polímeros en productos reciclables o residuos aprovechables	3	5	4	3	5	5	4	5	3	4	5	4	4	3	5	5	3	5	4	5	3	4	3	4	5	5	5	3	3	3	5	5	5	4	4	5	3	5	M				
		5	18	40	45%																																							

Calificación de la primera ronda	Nombre	
	ID	
1	ANDRÉS DURÁN	
2	ADRIÁN HERRERA	
3	CARLOS A. ANTONI	
4	PIEDAD CORTI	
5	CAROLINA	
6	ANDRÉS ORTIZ	
7	MARCO GARCÍA	
8	EDUARDO MORALES	
9	CARLOS A. SMITH	
10	JORGE I. ZAPATA	
11	JUAN CARLOS CASTAÑO	
12	OSCAR ALVAREZ	
13	FABIO CUELLAR	
14	PEREGRINO	
15	RAFAEL RAMÍREZ	
16	ROBERTO RIVERA	
17	JOSÉ VILLAMENA	
18	CARLOS ZAMBRANO	
19	YURI LUZ	
20	JUAN PABLO	
21	CARLOS I. CASTAÑO	
22	WILSON	
23	WILSON VARGAS	
24	CORRADO MORA	
25	RODRÍGUEZ P.	
26	EDUARDO VARGAS	
27	ANDRÉS VILLA	
28	IBRAHIM	
29	OSCAR ALVAREZ	
30	ROBERTO RAMÍREZ	
31	CARLOS RAMÍREZ	
32	ROBERTO RAMÍREZ	
33	CARLOS RAMÍREZ	
34	ROBERTO RAMÍREZ	
35	ROBERTO RAMÍREZ	
36	ROBERTO RAMÍREZ	
37	ROBERTO RAMÍREZ	
38	ROBERTO RAMÍREZ	
39	FABIO RAMÍREZ	
40	ALDO RAMÍREZ	
41	EDUARDO RAMÍREZ	
42	EDUARDO RAMÍREZ	
43	LINA LÓPEZ AVILA	

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	Medio	Frecuencia Medial	N Encuentros	% Coeficiente	Promedio %	Prioritaria	Decisión
4.1.1 Transporte molecular y convección	5	5	3	3	5	3	2	2	5	3	3	4	3	3	5	4	3	3	3	3	5	5	5	2	4	4	4	5	5	5	5	5	3	5	5	4	5	4	4	4	4	5	16	40	40%	39%	SI	Primitoria
4.1.2 Transporte en interfase y coeficientes de transferencia	5	5	4	3	5	4	2	4	5	5	4	3	3	3	5	4	3	3	3	3	5	5	5	2	4	4	4	5	5	5	5	5	3	5	5	4	5	4	3	4	4	5	17	40	43%		SI	Primitoria
4.1.3 Balanzas microrráficas en estado estable	5	5	3	4	4	5	2	4	5	3	3	5	3	4	5	4	4	5	3	4	5	5	5	4	4	4	5	4	5	5	5	3	4	5	5	4	5	3	3	3	5	16	40	40%		SI	Primitoria	
4.1.4 Balanzas microrráficas en estado estable	5	5	3	4	4	5	2	1	5	3	3	5	3	3	5	4	3	3	4	5	4	5	5	4	4	4	5	5	5	5	4	4	4	5	5	5	5	3	4	4	5	17	40	43%		SI	Primitoria	
4.2.1 Estática de fluidos	4	4	3	4	4	5	2	3	5	3	3	5	3	3	5	4	4	4	5	3	3	5	4	2	4	3	3	5	5	3	3	4	4	5	5	4	5	4	4	3	4	5	13	40	33%		Me	Dircurida
4.2.2 Balanzas microrráficas aplicadas a fluidos	4	4	3	3	4	5	3	3	5	3	3	5	3	4	5	4	3	3	3	3	5	4	3	3	3	4	3	5	4	5	3	3	4	4	4	5	5	3	4	4	5	13	40	33%		Me	Dircurida	
4.2.3 Análisis Dimensional y estudio de modelos	4	5	4	3	4	5	2	5	5	3	3	4	4	4	4	3	5	4	4	3	4	5	3	4	3	4	5	5	4	4	4	4	5	3	5	5	5	3	4	4	5	16	40	40%		SI	Primitoria	
4.2.4 Flujo viscoso incompresible	5	4	4	4	4	5	3	3	4	3	5	3	3	4	4	3	3	3	3	3	4	5	4	4	4	4	4	5	5	5	3	3	4	4	4	4	5	5	4	4	4	5	17	40	43%		SI	Primitoria
4.2.5 Flujo de fluidos compresibles	5	4	4	4	4	5	2	3	5	3	3	4	3	3	4	4	3	3	3	3	4	5	4	3	3	4	4	4	5	4	3	3	4	4	4	5	5	5	3	3	3	4	14	40	35%		Me	Dircurida
4.2.6 Medición de flujo	2	4	4	3	3	5	2	4	4	5	3	3	4	3	3	5	2	4	4	5	2	4	4	5	2	4	4	5	3	1	4	3	3	3	4	4	5	3	3	3	3	4	13	40	33%		Me	Dircurida
4.2.7 Maquinaria para impulsar fluidos (bomba, ventilador, soplador, etc.)	2	5	4	3	3	5	5	4	5	5	3	3	4	4	4	3	5	3	5	2	4	4	4	5	3	4	4	5	3	3	2	3	3	5	4	5	5	5	3	3	3	5	15	40	38%		Me	Dircurida
4.2.8 Torso de arrastre y radiación	4	5	4	3	3	5	3	3	3	3	5	4	4	2	4	3	5	3	3	4	4	3	3	3	3	4	4	3	4	4	4	4	3	4	4	5	3	3	3	3	4	17	40	43%		Me	Dircurida	
4.2.9 Lechar ampedora	4	5	3	3	4	5	4	4	3	3	3	4	4	3	2	4	3	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4	3	4	4	4	3	3	4	4	3	3	4	4	4	17	40	43%		SI	Primitoria	
4.2.10 Introducción a la Dinámica de Fluidos Computacional (CFD)	5	4	3	5	4	4	4	3	3	3	5	3	4	3	3	5	3	4	3	3	5	3	4	3	3	4	3	5	5	3	5	3	4	4	5	3	4	1	4	3	3	15	40	38%		Me	Dircurida	
4.3.1 Propiedades y caracterización de partículas	4	5	4	5	5	4	2	3	3	3	3	4	4	2	5	3	4	3	4	5	4	4	3	4	5	5	3	5	3	1	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	15	40	38%		Me	Dircurida	
4.3.2 Almacenamiento y transporte de sólidos	3	4	4	5	5	3	4	3	3	3	3	4	2	5	3	4	3	4	5	4	4	3	4	5	3	1	3	3	4	0	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	17	40	43%		Me	Dircurida	
4.3.3 Reducción de tamaño	3	5	4	5	4	5	3	3	3	4	5	3	3	3	4	2	5	3	3	3	4	5	4	3	2	5	4	5	1	4	3	3	3	4	4	2	3	5	3	14	40	35%		Me	Dircurida			
4.3.4 Separación por gravedad y centrifugación	4	4	3	4	5	2	3	3	3	3	3	4	2	5	3	4	2	5	3	4	5	4	3	2	5	4	5	1	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	16	40	40%		Me	Dircurida	
4.3.5 Fluidización	4	4	3	3	4	5	3	3	3	3	5	3	2	3	3	4	2	5	4	4	4	5	3	3	3	5	5	3	4	3	5	4	5	4	2	4	5	4	2	4	5	12	40	30%		Me	Dircurida	
4.3.6 Filtración	4	4	4	3	4	5	2	4	4	5	3	3	4	4	2	5	4	5	3	4	5	4	4	3	2	5	4	5	2	3	3	2	3	4	4	4	4	4	3	4	4	16	40	40%		SI	Primitoria	
4.3.7 Separación por membranas	5	5	3	4	5	2	3	3	5	5	4	3	4	3	4	2	5	5	3	5	4	5	5	4	4	3	5	4	5	3	1	4	5	4	4	4	4	4	4	4	5	15	40	38%		Me	Dircurida	
4.3.8 Ciclones e hidrociclones	4	4	3	4	5	2	4	3	3	3	2	5	4	5	3	2	5	4	5	3	2	5	4	3	1	3	3	3	2	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	15	40	38%		Me	Dircurida		
4.3.9 Agitación y mezcla	4	5	4	3	4	5	2	4	3	5	3	4	3	5	4	2	5	3	5	5	5	5	3	2	5	5	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	16	40	40%		Me	Dircurida		
4.3.10 Técnicas de separación para partículas sólidas	3	4	4	3	4	5	4	4	3	3	3	2	3	4	2	5	3	5	3	4	5	5	4	3	4	5	5	2	4	3	2	3	4	3	4	4	4	4	4	4	12	40	30%		Me	Dircurida		
4.4.1 Convección en estado estable	5	4	3	4	4	5	3	3	5	3	3	4	4	4	3	5	3	4	4	5	3	4	3	5	3	5	5	3	3	4	4	4	3	5	3	3	3	3	4	13	40	33%		Me	Dircurida			
4.4.2 Convección en estado transitorio	5	4	4	4	5	3	4	5	3	4	4	4	4	4	3	4	3	4	4	4	4	4	3	4	5	5	4	4	4	2	4	4	5	3	4	3	4	3	4	4	17	40	43%		SI	Primitoria		
4.4.3 Convección forzada	5	5	4	4	4	5	3	5	4	4	4	4	4	4	3	5	3	4	4	5	5	4	4	5	5	4	4	5	5	3	3	4	4	4	3	5	5	4	3	4	17	40	43%		SI	Primitoria		
4.4.4 Convección natural	5	5	3	3	4	5	3	4	5	4	4	4	4	4	3	5	3	4	4	5	5	4	2	5	4	5	5	3	4	4	4	3	5	5	3	4	4	4	4	14	40	35%		Me	Dircurida			
4.4.5 Ebullición y Condensación	4	5	4	4	4	5	3	4	5	3	3	4	4	4	3	5	3	4	4	4	5	3	2	5	4	4	5	5	3	3	4	4	4	5	4	4	4	4	4	5	18	40	45%		SI	Primitoria		
4.4.6 Radiación	4	4	4	3	4	5	3	3	5	4	4	4	4	4	3	5	3	4	4	4	5	3	3	4	4	3	2	5	3	4	3	5	4	5	3	3	3	3	4	17	40	43%		SI	Primitoria			
4.4.7 Equipos de transferencia de calor	4	5	5	4	5	5	5	5	4	5	3	3	4	4	4	5	3	5	4	5	5	4	4	3	5	5	5	3	5	5	5	4	5	4	4	5	4	4	5	22	40	55%		SI	Primitoria			
4.4.8 Método computacional para cálculo de transferencia de calor	3	5	4	3	5	4	2	5	3	3	4	3	4	5	4	4	4	5	5	4	4	4	5	5	4	3	4	5	5	5	4	5	4	3	4	3	4	4	5	14	40	35%		Me	Dircurida			
4.5.1 Difusión molecular en estado estable	4	5	3	4	4	3	3	5	4	4	4	3	4	5	4	4	5	3	4	5	4	4	4	3	5	5	4	4	3	5	3	4	4	3	5	3	3	4	17	40	43%		SI	Primitoria				
4.5.2 Difusión molecular en estado transitorio	5	5	4	4	4	3	3	5	4	4	3	4	5	4	4	5	4	4	4	4	5	5	4	4	4	5	5	3	3	4	4	5	3	4	4	4	4	4	17	40	43%		SI	Primitoria				
4.5.3 Transferencia convectiva de masa	5	5	4	4	4	5	4	5	5	3	3	4	4	4	5	4	4	5	5	5	5	5	4	3	4	5	5	5	3	3	4	4	4	4	5	3	4	3	5	16	40	40%		SI	Primitoria			
4.5.4 Método computacional para cálculo de transferencia de masa	4	5	4	3	5	3	4	5	3	3	4	3	4	5	3	5	5	5	4	4	2	4	5	5	5	5	3	5	5	4	3	4	3	4	3	4	4	4	5	16	40</							

Calificación de la primera runda		Nombre																																									Meda	Frecuencia Meda	N Encuentros	X Calificación	Promedio %	Prioritaria	Decisión	
ID		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41								
7.2.3	Participa en actividades y proyectos de investigación con el fin de resolver problemas de ingeniería, a partir de metodologías apropiadas y teniendo en cuenta elementos de innovación y responsabilidad ética.	5	5	4	4	4	4	5	3	5	5	5	4	4	4	4	3	5	4	4	3	5	4	4	4	5	5	4	4	5	5	3	4	5	5	5	4	4	5	3	3	4	5	5	18	40	45%		Na	Dirigida
7.2.4	Participa en actividades y proyectos de investigación con el fin de resolver problemas de ingeniería, a partir de metodologías apropiadas y teniendo en cuenta elementos de innovación y responsabilidad ética.	5	5	3	3	4	4	3	5	4	3	5	5	4	5	4	4	3	5	4	5	4	5	4	4	4	5	3	4	5	5	3	4	4	5	5	5	5	3	2	5	4	5	18	40	45%		Na	Dirigida	
7.2.5	Diseña alternativas de solución para problemas de ingeniería que involucran la transformación físico-química de la materia, de manera innovadora y viable desde el punto de vista técnico, con miras al desarrollo claro societal	3	5	3	4	5	4	4	4	4	3	5	3	5	5	4	5	3	5	4	5	3	5	4	5	5	5	4	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	2	4	N	5	22	39	56%	Si	Prioritaria			
7.3.1	Usar prácticas (técnicas de curar, entornos de equilibrio, solución a problemas de laboratorio y problemas de campo)	3	3	4	3	2	5	2	2	5	3	M	5	2	4	5	3	5	5	4	2	4	4	3	2	3	2	3	3	5	4	2	4	4	3	3	3	4	3	3	3	15	40	34%	Na	Dirigida				
7.3.2	Discusiones en grupos grandes (seminario técnico, conferencias entre otros)	3	5	5	3	4	5	5	4	5	M	5	4	4	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	27	40	64%	Si	Prioritaria				
7.3.3	Discusiones en grupos grandes (seminario técnico, conferencias entre otros)	3	4	3	4	5	M	4	3	5	5	5	5	2	3	5	4	2	5	5	3	5	4	3	5	4	4	4	3	M	3	4	M	4	3	3	4	3	2	4	2	3	11	40	24%	Na	Dirigida			
7.3.4	Aprendizaje orientado a proyectos	4	5	4	4	4	5	3	5	5	4	M	4	4	5	3	4	3	5	5	3	4	5	4	4	3	4	5	5	4	3	4	5	5	5	4	4	3	3	5	4	4	16	40	40%	Na	Dirigida			
7.3.5	Estudiar y trabajar en equipo	4	5	4	4	5	5	3	4	5	4	5	5	4	3	5	4	3	5	5	3	4	5	4	5	4	5	4	4	4	5	3	4	5	5	5	5	3	4	4	4	5	17	40	43%	Na	Dirigida			
7.3.6	Demonstraciones en clase de herramientas, equipar y software pertinente	3	5	4	4	3	5	4	4	5	M	3	4	3	3	4	3	5	4	3	5	4	3	5	4	4	4	4	4	5	3	4	5	5	5	5	4	5	3	4	4	N	4	18	40	45%	Na	Dirigida		
7.3.7	El uso de ambientes virtuales para el aprendizaje	4	5	4	4	3	3	2	4	4	3	5	3	3	3	2	4	4	5	4	4	5	4	5	4	4	4	4	5	5	3	4	5	4	4	1	5	4	3	4	5	3	4	18	40	45%	Na	Dirigida		
7.3.8	Excursiones o visitas a empresas Plantar	4	5	5	3	4	5	3	3	4	5	3	3	3	3	2	5	4	3	5	5	3	5	4	3	5	4	3	3	3	5	5	4	4	4	4	3	5	5	4	5	15	40	34%	Na	Dirigida				
7.3.9	Profesores invitados de la industria	5	5	5	M	4	5	5	4	5	M	4	3	4	5	5	2	M	4	5	5	2	4	5	4	4	5	5	2	3	4	4	5	1	4	4	5	4	4	5	4	5	16	40	40%	Na	Dirigida			
7.4.1	Investigación de progreso	5	5	4	4	3	3	4	4	M	5	5	5	4	3	3	4	5	4	3	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	5	5	4	5	4	4	4	4	4	4	4	5	16	40	40%	Na	Dirigida		
7.4.2	Parentar	4	5	3	5	5	5	4	5	M	4	4	4	5	3	4	4	4	5	4	5	4	5	4	4	5	5	3	5	4	5	4	5	4	5	4	4	4	5	5	5	5	20	40	50%	Si	Prioritaria			
7.4.3	Programar de educación Cu-up	3	5	4	4	M	5	4	4	5	2	M	4	M	M	M	3	M	4	M	5	4	5	4	4	M	4	3	5	2	M	4	5	4	3	4	4	4	N	4	15	40	34%	Na	Dirigida					
7.4.4	Estudiar en el extranjero	3	5	3	5	5	2	4	4	3	M	4	3	4	5	M	4	5	4	5	4	5	5	4	3	4	3	5	2	M	5	5	4	3	3	4	5	5	5	5	16	40	40%	Na	Dirigida					
7.4.5	Prácticas internacionales	5	5	4	3	4	5	2	4	4	3	M	4	3	4	5	M	4	5	4	5	4	5	5	4	3	4	3	5	2	M	5	5	4	3	4	5	5	5	5	17	40	43%	Na	Dirigida					
7.5.1	Alto (70% a 100% presencial)	5	5	5	2	4	5	5	5	5	1	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5	M	N	1	5	4	2	5	5	4	5	M	3	5	5	5	4	5	4	5	5	26	40	65%	Si	Prioritaria			
7.5.2	Mediano (30% a 70%)	3	2	0	4	5	1	3	3	0	M	0	5	2	4	0	3	M	4	3	0	N	4	5	3	3	5	0	N	2	3	5	5	0	0	2	4	3	5	3	9	39	23%	Na	Dirigida					
7.5.3	Bajo (10% a 30%)	0	1	0	1	2	0	M	0	0	1	M	0	1	1	M	0	0	M	3	0	0	M	3	1	2	0	0	M	1	2	M	0	0	0	1	2	0	1	0	16	39	41%	Na	Dirigida					
7.4.1	Demonstrativa	5	5	4	4	2	4	3	3	4	2	5	2	3	1	5	4	3	3	1	5	4	3	3	1	4	4	5	5	3	4	M	2	1	3	4	2	2	4	4	5	9	40	23%	Na	Dirigida				
7.4.2	Simulada	4	5	3	3	4	2	3	3	5	4	5	3	3	4	1	3	4	5	4	3	5	4	4	3	4	4	4	5	5	3	4	4	5	3	5	4	3	3	5	3	3	15	40	34%	Na	Dirigida			
7.4.3	Aprendizaje basado en problemas	4	5	5	4	5	4	5	5	5	4	5	4	5	5	4	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	3	5	4	5	5	29	40	73%	Si	Prioritaria		
7.7.1	Casualidad y trabajar en biblioteca	2	4	4	3	5	3	4	4	2	5	5	2	2	5	4	3	4	4	3	5	5	5	3	4	4	4	5	3	4	M	4	3	5	5	3	4	4	4	4	4	15	40	34%	Na	Dirigida				
7.7.2	Preparación de trabajo en grupo (seminarios, talleres, consultas)	4	5	4	4	4	2	3	5	5	5	3	3	5	4	2	5	4	5	5	3	5	4	2	5	4	5	5	3	5	5	5	1	4	5	3	4	5	4	5	4	5	18	40	45%	Na	Dirigida			
7.7.3	Preparar exámenes.	3	4	4	3	4	4	4	3	5	1	M	5	3	4	4	4	2	5	4	4	3	3	3	5	4	5	3	4	4	5	3	3	M	3	3	5	3	3	5	3	4	3	15	40	34%	Na	Dirigida		
7.7.4	Realización de problemas y ejercicios	4	5	4	5	5	4	4	5	4	5	4	5	4	4	5	4	5	4	3	5	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5	5	5	4	3	5	4	3	5	4	4	5	20	40	50%	Si	Prioritaria			
7.7.5	Lectura complementaria	3	5	4	4	5	4	4	4	5	5	5	3	4	2	5	4	5	4	4	5	4	5	5	5	4	5	3	4	5	3	5	M	4	2	4	5	3	3	4	4	5	16	40	40%	Na	Dirigida			
7.7.6	Actividades que se desarrollan utilizando quini o ayudas didácticas con TIC	4	5	3	4	4	3	2	3	4	3	M	3	4	4	N	4	5	4	4	5	4	4	5	4	4	5	4	5	3	4	5	4	5	4	5	1	4	3	3	5	4	4	19	39	49%	Si	Prioritaria		
7.7.7	Tutorías presenciales y virtuales	5	5	4	4	4	4	4	2	5	5	5	4	4	4	2	4	4	5	4	5	5	4	3	5	4	5	5	5	2	4	5	4	1	4	4	3	3	5	4	4	4	18	40	45%	Na	Dirigida			
7.8.1	Matemáticas Financieras	4	4	4	3	4	5	4	4	5	2	5	4	4	3	3	2	4	4	5	4	3	3	5	3	3	3	3	5	4	3	2	3	3	3	5	4	3	5	4	3	3	15	40	34%	Na	Dirigida			
7.8.2	Calidad, certificación y normalización técnica	2	5	3	4	4	5	3	5	4	3	4	3	3	2	4	2	4	4	5	3	2	3	4	3	3	5	3	2	3	4	3	3	1	4	2	2	1	4	3	5	3	18	40	45%	Na	Dirigida			
7.8.3	Mentalidad emprendedora e innovadora	2	5	4	4	5	4	3	4	5	3	5	3	4	5	3	4	5	4	3	5	4	5	3	3	4	5	5	3	4	4	0	5	5	2	4	5	5	2	4	5	5	5	18	40	45%	Na	Dirigida		
7.8.4	Economía	1	5	4	4	4	4	3	4	5	2	5	3	3	2	4	3	4	4	3	4	3	4	3	3	4	3	3	3	3	4	3	3	4	2	2	4	5	4	5	4	15	40	34%	Na	Dirigida				
7.8.5	Ética profesional	2	4	5	5	4	4	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	2	5	4	4	5	5	27	40	64%	Si	Prioritaria		
7.8.6	Cultura ciudadana (técnicas contra la desigualdad, justicia racial, rechazo al uso de violencia, solidaridad)	2	5	4	5	4	3	4	4	5	3	5	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	3	3	4	5	4	5	4	5	4	2	2	4	4	5	16	40	40%	Na	Dirigida				
7.8.7	Formación cultural y artística (historia, geografía, idiomas, artes, etc.)	1	4	3	4	3	3	4	5	2	5	2	3	4	3	4	4	5	4	5	5	3	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	1	4	4	2	2	3	4	4	3	14	40	35%	Na	Dirigida			
7.8.8	Metodología de la investigación	3	5	3																																														

ANEXO F – INFORME EJECUTIVO PRIMERA RONDA



Organization of
American States



Universidad
Pontificia
Bolivariana

PROSPECTIVA 2025 DE LA INGENIERÍA QUÍMICA EN ALGUNOS PAÍSES MIEMBROS DE LA OEA

Primera Ronda

Medellín, Septiembre 23 de 2013

INFORME ELABORADO POR

E-mail: Jhon Wilder Zartha Sossa. Jhon.zartha@upb.edu.co

1. PRESENTACIÓN.

La gran demanda mundial de consumidores y las restricciones provenientes de la inquietud por la protección del medio ambiente y la seguridad, han hecho que la Ingeniería Química y sus industrias relacionadas tales como el petróleo, petroquímica, bituminosos, farmacéuticos y de salud, agroindustria y alimentación, medio ambiente, textiles, hierro y acero, materiales de construcción, vidrio, surfactantes, cosméticos y el perfume, la electrónica, enfrenten, desde el punto de vista tecnológico y científico varios desafíos; que desencadenan en un reto a los campos de acción del ingeniero químico hacia las áreas de los nuevos materiales, la investigación de procesos innovadores para pasar de la química intermedia tradicional a nuevas especialidades, a la química del material activo e industrias afines, la búsqueda de nuevas fuentes de energía y a la conservación y uso racional de las que actualmente posee, la biotecnología, la ciencia de las superficies, entre otras.

Consecuentemente y ante estos retos se hace inevitable la evolución de la Ingeniería Química a través del tiempo, creando y desarrollando nuevas técnicas y herramientas para enfrentar estos cambios que se presentan en las industrias, lo que conlleva a que el campo de acción de la Ingeniería Química se amplíe cada vez más, por tal razón, los programas académicos en las universidades, necesitan mantenerse actualizados, con miras a obtener un enriquecimiento teórico y práctico en conocimientos y habilidades que se adapten al nuevo orden económico y tecnológico mundial.

Dentro de este contexto, es necesario responder dos preguntas vitales para el liderazgo de las facultades de Ingeniería Química: ¿Qué capacidades se deben construir en los futuros ingenieros químicos?, ¿Cuáles son las nuevas tendencias, variables de futuro, temas y tecnologías que deben ser incorporadas en los programas de Ingeniería Química para el año 2025?, ¿Qué criterios de calidad deben tenerse en cuenta en los programas de Ingeniería Química al 2025?

Es así, como la Oficina de Ciencia, Tecnología e Innovación (OCTI) del Departamento de Desarrollo Económico, Comercio y Turismo de la Organización de Estados Americanos (OEA), con el apoyo del Advanced Research and Technology Collaboratory for the Americas (ARTCA) y de la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB) de Medellín, Colombia, está llevando a cabo un estudio de futuro (método Delphi) de los programas de pregrado de Ingeniería Química en algunos Estados miembros de la OEA. Este estudio se realiza en el contexto del Plan de Acción de Panamá 2012-2016, aprobado durante la III Reunión de Ministros y Altas

Autoridades de Ciencia y Tecnología del Hemisferio, celebrada en la Ciudad de Panamá en noviembre de 2011.

Linstone y Turoff (1975)¹ definen el método DELPHI como: *“...un método para estructurar el proceso de comunicación grupal, de modo que ésta sea efectiva para permitir a un grupo de individuos, como un todo, tratar con problemas complejos”*. Otra definición dada por Konow&Pérez(1990)², en el cual mencionan a Helmer y Rescher (1959), apunta más al desarrollo del método: El Método Delphi es *“un programa cuidadosamente elaborado, que sigue una secuencia de interrogaciones individuales a través de cuestionarios, de los cuales se obtiene la información que constituirá la retroalimentación para los cuestionarios siguientes”*. Los mismos autores haciendo mención de Sahal y Yee (1975)³, sostienen que *“la base de la metodología Delphi surge del reconocimiento de la superioridad del juicio de grupo sobre el juicio individual, y como resultado se puede observar el crecimiento del conocimiento de un grupo de individuos al estructurar un proceso de comunicación humana en problemas particulares”*.

El método Delphi pretende extraer y maximizar las ventajas que presentan los métodos basados en grupos de expertos y minimizar sus inconvenientes. Para ello se aprovecha la sinergia del debate en el grupo y se eliminan las interacciones sociales indeseables que existen dentro de todo grupo. De esta forma se espera obtener un consenso lo más fiable posible del grupo de expertos.

En un ejercicio DELPHI interactúan dos grupos. Un grupo o equipo monitor o moderador está encargado del diseño y desarrollo del ejercicios en todas sus fases. El otro grupo son los panelistas, quienes responden las preguntas de la encuesta preparada por el grupo monitor.

La correcta elaboración de los cuestionarios y la adecuada elección de los expertos garantizan la calidad de los resultados del ejercicio DELPHI.

“Generalmente, las aplicaciones y ejercicios DELPHI en educación, son de carácter normativo, es decir, enfocadas hacia lo que deberá hacerse, en lugar de lo que sucederá”⁴. A nivel educativo, esta metodología es muy utilizada en planeación curricular y universitaria, desarrollo y evaluación de criterios de excelencia universitaria y docente, estudios de costo – beneficio, etc.

¹ Linstone y Tudoff (1975).

² Konow y Pérez (1990).

³ Sahal y Yee (1975).

⁴Balaraman y Venkatakrisnan.

2. OBJETIVO.

El objetivo, en esta fase del estudio, fue realizar una consulta a expertos involucrados en los diferentes procesos y organizaciones relacionadas con el tema. La consulta se realizó mediante la aplicación del método Delphi para identificar y priorizar nuevas tecnologías, temas, criterios y variables estratégicas de futuro para la Ingeniería Química al año 2025”.

3. METODOLOGÍA.

Se realizó una consulta estructurada, anónima y reiterativa a expertos internacionales sobre nuevas tecnologías, temas, áreas, criterios y variables estratégicas de futuro para la Ingeniería Química año 2025 a través de un cuestionario digital, de 328 ítems, que deberían ser priorizados. En la primera fase se desarrolló una exploración del tema en discusión, en la cual, cada experto contribuyó eligiendo la información que consideraba pertinente en cada uno de las áreas. En la segunda fase el grupo debe lograr un entendimiento del contenido y deben salir a relucir los acuerdos y desacuerdos entre los participantes respecto al tema en discusión. En una tercera fase se exploran los puntos comunes y los desacuerdos y se realiza una evaluación de ellos con el fin de llevar a cabo una retroalimentación con nuevas consideraciones sobre el tema.

4. PANEL DE EXPERTOS.

A la consulta fueron convocados expertos de las Universidades, gobierno, sector privado y otras organizaciones, participantes del evento LACCEI 2013 en México, (Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions), los participantes a la asamblea de la UPADI, (Unión Panamericana de Asociaciones de Ingeniería), en Medellín, y de la reunión nacional de Directores de Ingeniería Química de Colombia en el Consejo Profesional de Ingeniería Química (CPIQ), a los cuales se les envió la encuesta en formato electrónico, vía internet.

5. RESPUESTAS.

La primera ronda fue realizada vía directa a través de formatos digitales (archivo Excel). El formato fue resuelto satisfactoriamente por los 36 representantes de

las instituciones y organizaciones, lo cual representó el 100% del total de los encuestados.

6. RESULTADOS PRINCIPALES.

Los temas consultados fueron agrupados en 7 áreas: **tecnologías, líneas de formación, ingeniería de sistemas de procesos, fenómenos de transporte y operaciones unitarias, fisicoquímica y termodinámica, química e ingeniería de las reacciones y criterios de calidad.** El promedio obtenido para cada una de las áreas sirvió de base para la generación de los porcentajes de consenso de los temas y para la selección de los grupos de prioridad, los grupos en discusión y los no prioritarios, los cuales reflejan el resultado de la primera ronda.

ÁREA	PROMEDIO
Tecnologías.	35.33%
Líneas de formación	37.36%
Ingeniería de sistemas de procesos	42.46%
Fenómenos de transporte y operaciones unitarias	39.92%
Fisicoquímica y termodinámica	41.89
Química e ingeniería de las reacciones	39.51%
Criterios de calidad.	46.76%

6.1. Definición de los grupos de prioridad

Tomando como base el porcentaje de consenso promedio por grupo, un tema se considera prioritario en la primera ronda DELPHI cuando se obtiene un valor modal igual a 4 en la calificación y cuando su porcentaje de consenso es superior al porcentaje promedio del grupo. De igual forma, si se obtiene un valor modal inferior a 3 y un porcentaje de consenso mayor al promedio del grupo el tema se considera no prioritario en la primera ronda DELPHI. Los temas que no cumplieron estas condiciones fueron considerados temas en discusión.

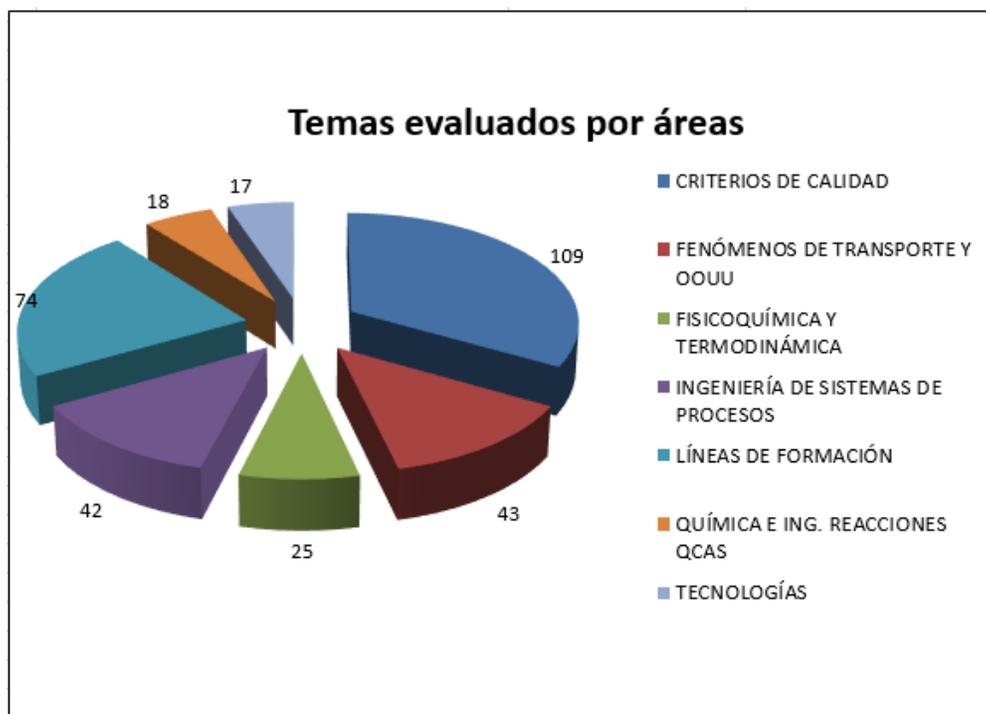


Figura 1: Temas evaluados primera ronda por áreas.

7. FICHA TECNICA.

Encuestas enviadas: 36 expertos recibieron la encuesta en formatos Archivo electrónico de Excel.

Total variables: 328.

Total temas prioritarios: 120.

Total temas en discusión: 152.

Total temas no prioritarios: 56.

Respuestas: 36 expertos (100%).

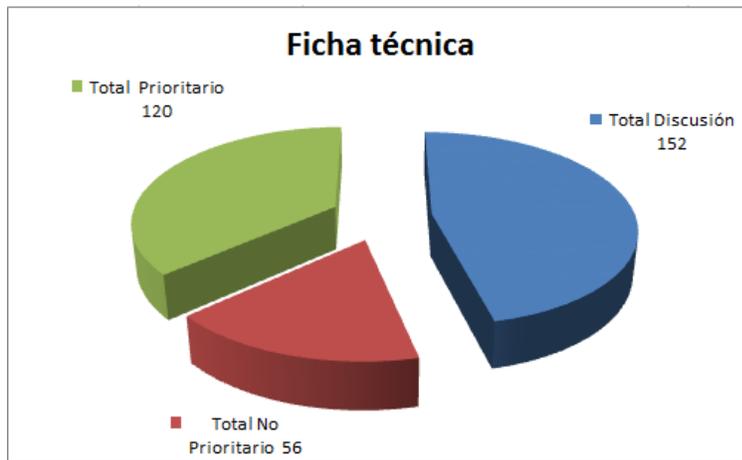


Figura 2: Ficha técnica primera ronda DELPHI.

Masculino: 29 - Femenino: 7

Género

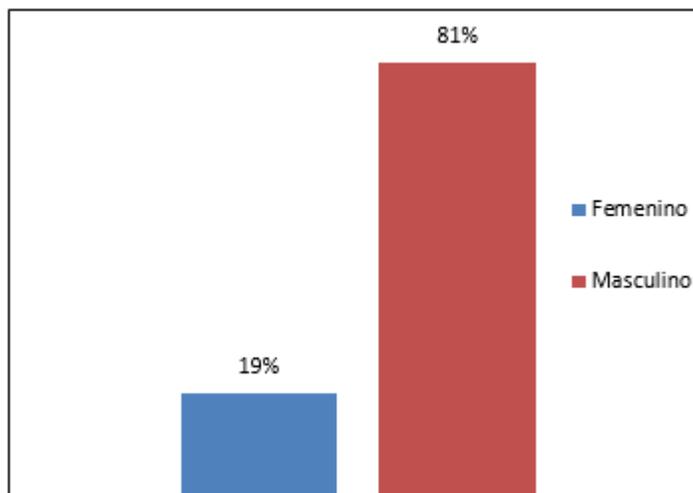


Figura 3: Porcentaje de hombres y mujeres participantes primera ronda DELPHI.

Formación expertos

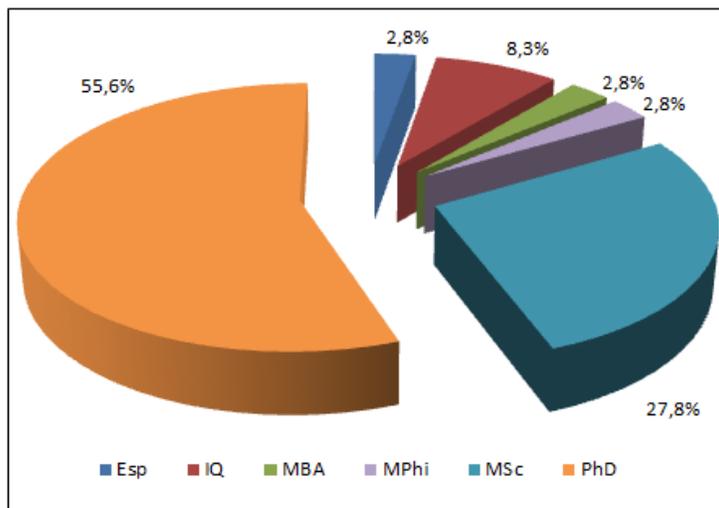


Figura 4: Formación académica expertos participantes primera ronda DELPHI.

Doctores: 55.6% - **Magíster:** 27.8% - **Ing. Químico:** 8.3% - **Especialistas:** 2.8% - **MBA:** 2.8% - **Mphi:** 2.8%

ANEXO G – CUESTIONARIO SEGUNDA ENCUESTA

Estudio de Prospectiva al 2025 de la Ingeniería Química en países miembros de la Organización de Estados Americanos



OBJETIVO.

El objetivo de esta encuesta es priorizar e identificar nuevas tendencias, áreas, tecnologías y criterios de calidad para la Ingeniería Química en países miembros de la OEA al 2025

INSTRUCCIONES

Marque con una X, **1 tema como máximo** en el grupo SUBTEMAS PRIORITARIOS que usted considera que deben someterse aún a DISCUSIÓN. A su vez, marque con una X **1 temas como máximo** en el grupo SUBTEMAS EN DISCUSIÓN ó NO PRIORITARIOS que usted considera que realmente son PRIORITARIOS. En el espacio de JUSTIFICACIÓN, escriba sus motivos para querer cambiar el tema de grupo. Si está de acuerdo con que el tema haya sido calificado como PRIORITARIO, ó EN DISCUSIÓN ó NO PRIORITARIO, no tiene que realizar ninguna acción..

IMPORTANTE: El número de temas marcados en ambos subtemas debe ser IGUAL

1. TECNOLOGÍAS

Subtemas prioritarios		Subtemas en discusión	
1.2	Materialer Nanoestructurada	1.1	Membranas
	Justificación:		Justificación:
1.5	Bioquímico tecnología	1.3	Electroquímica
	Justificación:		Justificación:
1.6	Biocatalisis	1.4	Simulación molecular
	Justificación:		Justificación:
1.10	Tecnología de los materiales nanométricos	1.8	Microrreactores
	Justificación:		Justificación:
1.12	Generación y almacenamiento de energía solar mediante semiconductores modificados	1.11	Tecnología del plasma
	Justificación:		Justificación:
1.13	Producción de hidrógeno	1.15	Ciencia de las superficies
	Justificación:		Justificación:
1.14	Tecnología en petróleo	1.16	Tercera revolución industrial
	Justificación:		Justificación:
1.17	Tecnología alimentaria		
	Justificación:		

Subtemas no prioritarios	
1.7	Micromoléculas
	Justificación:
1.9	Tecnología de los materiales metálicos
	Justificación:

OBJETIVO.

El objetivo de esta encuesta es priorizar e identificar nuevas tendencias , áreas, tecnologías y criterios de calidad para la Ingeniería Química en países miembros de la OEA al 2025

INSTRUCCIONES

Marque con una X, **2 temas como máximo** en el grupo SUBTEMAS PRIORITARIOS que usted considera que deben someterse aún a DISCUSIÓN. A su vez, marque con una X **2 temas como máximo** en el grupo SUBTEMAS EN DISCUSIÓN ó NO PRIORITARIOS que usted considera que realmente son PRIORITARIOS. En el espacio de JUSTIFICACIÓN, escriba sus motivos para querer cambiar el tema de grupo. Si está de acuerdo con que el tema haya sido calificado como PRIORITARIO, o EN DISCUSIÓN ó NO PRIORITARIO, no tiene que realizar ninguna acción..

IMPORTANTE: El número de temas marcados en ambos subtemas debe ser IGUAL

2. LÍNEAS DE FORMACIÓN (74 ítems)

Subtemas prioritarios		Subtemas en discusión	
2.1.1	Combustibles	2.1.3	Materiales compuestos (composites)
	Justificación:		Justificación:
2.1.7	Catalizadores.	2.1.4	Cerámicas estructurales y funcionales
	Justificación:		Justificación:
2.3.1	Fuentes alternativas de energía	2.1.5	Superconductores
	Justificación:		Justificación:
2.3.2	Gas, alcohol, híbridos	2.1.6	Materiales para electrónica [químicos electrónicos], informática y telecomunicaciones
	Justificación:		Justificación:
2.3.3	Combustibles derivados de residuos	2.1.8	Lubricantes sintéticos.
	Justificación:		Justificación:
2.3.4	Tecnologías de gasificación y aprovechamiento de energético de residuos orgánicos industriales	2.1.9	Pigmentos, tintas.
	Justificación:		Justificación:
2.3.5	Conversión de materiales complejos o peligrosos en productos reciclables o residuos procesables	2.1.10	Sabores, fragancias.
	Justificación:		Justificación:

2.3.7	Cero emisiones o reducción de desechos		2.1.11	Aditivos	
	Justificación:			Justificación:	
2.3.10	Conservación, mejora y recuperación del medio ambiente		2.1.12	Fármacos.	
	Justificación:			Justificación:	
2.3.18	Disminución del consumo específico de agua en todos los sectores		2.1.14	Reactivos para diagnóstico	
	Justificación:			Justificación:	
2.3.20	Fuentes alternativas de materia prima para procesos (gas, carbón, minerales, biomasa)		2.1.15	Sustitución de compuestos fluorocarbonados	
	Justificación:			Justificación:	
2.3.21	Análisis de ciclo de vida		2.2.1	Química de los materiales fibrosos	
	Justificación:			Justificación:	
2.4.1	Bioreactores		2.2.2	Procesos de transformación de materiales lignocelulósicos	
	Justificación:			Justificación:	
2.4.2	Diseño y modelamiento de biorreactores		2.2.3	Diseño de equipos para la transformación de materiales lignocelulósicos	
	Justificación:			Justificación:	
2.4.10	Diseño y modelamiento de bioseparadores		2.2.4	Producción de elementos estructurales y arquitectónicos (pisos, tableros, vigas, paneles, postes, casas prefabricadas)	
	Justificación:			Justificación:	
2.4.11	Modelamiento, optimización y control		2.2.5	Producción de pellets, briquetas, carbón vegetal, carbón activado	
	Justificación:			Justificación:	
2.4.13	Escalado de bioprocesos		2.3.8	No generación de residuos peligrosos	
	Justificación:			Justificación:	
2.4.14	Procesos biotecnológicos		2.3.9	Vertido de residuos en condiciones seguras	
	Justificación:			Justificación:	
2.4.15	Bioteología ambiental: biorremediación de aguas y suelos		2.3.11	Métodos, tecnologías y equipos	
	Justificación:			Justificación:	
2.4.24	Biolixiviación		2.3.12	Métodos y equipos de análisis, medición y control [Técnicas analíticas in situ, en continuo, de detección y seguimiento vía satélite, etc.]	
	Justificación:			Justificación:	
			2.3.14	Herramientas de simulación para ubicar focos de contaminación en tiempo real y predecir su evolución	
				Justificación:	
			2.3.15	Equipos y sistemas de recogida selectiva de residuos (diferentes de sólidos urbanos)	
				Justificación:	
			2.3.16	Incineración e inertización de residuos peligrosos no valorizables	
				Justificación:	
			2.3.19	Equipos para la corrección ambiental (ruido, a fin de línea)	
				Justificación:	

2.4.3	Fermentación en estado sólido	
	Justificación:	
2.4.5	Cultivo de células vegetales	
	Justificación:	
2.4.6	Cultivo de células animales	
	Justificación:	
2.4.7	Microbiología industrial	
	Justificación:	
2.4.8	Bioseparaciones y bioseparadores	
	Justificación:	
2.4.9	Operaciones unitarias aplicadas a la separación y purificación de productos biotecnológicos	
	Justificación:	
2.4.12	Modelación, optimización y control de sistemas biológicos	
	Justificación:	
2.4.19	Lagunas de estabilización	
	Justificación:	
2.4.22	Producción de enzimas comerciales	
	Justificación:	
2.4.23	Biominería	
	Justificación:	
2.4.25	Bioflotación	
	Justificación:	
2.4.26	Biofloculación	
	Justificación:	
2.5.1	Alimentos funcionales	
	Justificación:	
2.5.2	Extractos naturales	
	Justificación:	
2.5.3	Métodos de conservación alternativos	
	Justificación:	
2.5.4	Empaques inteligentes	
	Justificación:	
2.5.5	Productos encapsulados	
	Justificación:	

Subtemas no prioritarios		
2.1.2	Materiales Polimericos fundidos	<input type="checkbox"/>
	Justificación:	
2.1.13	Fibras textiles.	<input type="checkbox"/>
	Justificación:	
2.2.6	Produccion de papel (imprensa, periodico, higienico, de pulpa de bosque plantado)	<input type="checkbox"/>
	Justificación:	
2.3.6	Tecnicas de recuperacion por extraccion hidrometalurgica, pirometalurgica, mixta, etc.	<input type="checkbox"/>
	Justificación:	
2.3.13	Protocolos de comunicación y transmisión de dato medioambientales	<input type="checkbox"/>
	Justificación:	
2.3.17	Generación, transporte y depósito de lodos y sedimentos	<input type="checkbox"/>
	Justificación:	
2.4.4	Fermentación en estado líquido	<input type="checkbox"/>
	Justificación:	
2.4.16	Biofiltros	<input type="checkbox"/>
	Justificación:	
2.4.17	Lodos activados	<input type="checkbox"/>
	Justificación:	
2.4.18	Biodigestores	<input type="checkbox"/>
	Justificación:	
2.4.20	Fermentaciones	<input type="checkbox"/>
	Justificación:	
2.4.21	Diseño de medios de cultivo	<input type="checkbox"/>
	Justificación:	
2.4.27	Drenaje ácido de aguas residuales	<input type="checkbox"/>
	Justificación:	

OBJETIVO.

El objetivo de esta encuesta es priorizar e identificar nuevas tendencias , áreas, tecnologías y criterios de calidad para la Ingeniería Química en países miembros de la OEA al 2025

INSTRUCCIONES

Marque con una X, **2 temas como máximo** en el grupo SUBTEMAS PRIORITARIOS que usted considera que deben someterse aún a DISCUSIÓN. A su vez, marque con una X **2 temas como máximo** en el grupo SUBTEMAS EN DISCUSIÓN ó NO PRIORITARIOS que usted considera que realmente son PRIORITARIOS. En el espacio de JUSTIFICACIÓN, escriba sus motivos para querer cambiar el tema de grupo. Si está de acuerdo con que el tema haya sido calificado como PRIORITARIO, o EN DISCUSION ó NO PRIORITARIO, no tiene que realizar ninguna acción..

IMPORTANTE: El número de temas marcados en ambos subtemas debe ser IGUAL

3. INGENIERÍA DE SISTEMAS DE PROCESO

Subtemas prioritarios			Subtemas en discusión		
3.1.2	Diseño de plantas flexibles, multiproducto, para procesos discontinuos (procesos batch)		3.1.1	Diseño de plantas para procesos continuos	
	Justificación:			Justificación:	
3.1.5	Simulación dinámica		3.1.7	Sistemas expertos	
	Justificación:			Justificación:	
3.1.6	Diseño de procesos a partir de propiedades o usos deseados en el producto		3.1.8	Redes neuronales	
	Justificación:			Justificación:	
3.2.4	Sistemas instrumentados de seguridad		3.1.14	Equipos básicos para la industria química	
	Justificación:			Justificación:	
3.2.5	Simulación		3.1.15	Equipos para monitoreo y pruebas de materiales	
	Justificación:			Justificación:	
3.3.4	Diseño de experimentos		3.1.16	Equipos para procesos de alta severidad (alta temperatura y/o presión)	
	Justificación:			Justificación:	
3.3.6	Análisis de datos experimentales		3.2.1	Control de las propiedades distribuidas en un producto (ej. tamaño de partícula)	
	Justificación:			Justificación:	

3.5.2	Optimización		3.2.2	Control de procesos discontinuos (procesos por tandas, batch)	
	Justificación:			Justificación:	
3.6.1	Balances sin reacción química		3.2.3	Sistemas no lineales	
	Justificación:			Justificación:	
3.6.2	Balances con reacción química por componente y elementales		3.2.6	Sistemas expertos	
	Justificación:			Justificación:	
3.6.3	Sistemas de varias fases		3.3.2	Estadística aplicada a pronósticos (series de tiempo)	
	Justificación:			Justificación:	
3.6.4	Balances de energía		3.4.1	Actualización manejo de Excel	
	Justificación:			Justificación:	
			3.5.1	Solución de sistemas de ecuaciones lineales y no lineales	
				Justificación:	
			3.5.2	Aproximación funcional	
				Justificación:	
			3.5.4	Solución de ecuaciones diferenciales ordinarias y parciales	
				Justificación:	
Subtemas no prioritarios					
3.1.3	Simulación: Descripciones locales y predicciones a priori sin ningún ajuste de parámetros				
	Justificación:				
3.1.4	Modelación molecular (programas basados en termodinámica estadística y física cuántica)				
	Justificación:				
3.1.9	Lógica difusa				
	Justificación:				
3.1.10	Algoritmos genéticos				
	Justificación:				
3.1.11	Instrumentación industrial tradicional				
	Justificación:				
3.1.12	Instrumentación industrial no invasiva (Ej. ultrasonido, infrarrojo, laser, etc.)				
	Justificación:				

3.1.13	Biosensores	<input type="checkbox"/>
	Justificación:	
3.1.17	Laboratorios de precisión	<input type="checkbox"/>
	Justificación:	
3.2.7	Redes neuronales	<input type="checkbox"/>
	Justificación:	
3.2.8	Lógica difusa	<input type="checkbox"/>
	Justificación:	
3.2.9	Algoritmos genéticos	<input type="checkbox"/>
	Justificación:	
3.3.1	Análisis de regresión	<input type="checkbox"/>
	Justificación:	
3.3.3	Distribuciones estadísticas	<input type="checkbox"/>
	Justificación:	
3.3.5	Sistematización de la información experimental	<input type="checkbox"/>
	Justificación:	
3.4.2	Programación básica en visual Basic para aplicaciones	<input type="checkbox"/>
	Justificación:	

OBJETIVO.

El objetivo de esta encuesta es priorizar e identificar nuevas tendencias , áreas, tecnologías y criterios de calidad para la Ingeniería Química en países miembros de la OEA al 2025

INSTRUCCIONES

Marque con una X, **2 temas como máximo** en el grupo SUBTEMAS PRIORITARIOS que usted considera que deben someterse aún a DISCUSIÓN. A su vez, marque con una X **2 temas como máximo** en el grupo SUBTEMAS EN DISCUSIÓN ó NO PRIORITARIOS que usted considera que realmente son PRIORITARIOS. En el espacio de JUSTIFICACIÓN, escriba sus motivos para querer cambiar el tema de grupo. Si está de acuerdo con que el tema haya sido calificado como PRIORITARIO, o EN DISCUSIÓN ó NO PRIORITARIO, no tiene que realizar ninguna acción..

IMPORTANTE: El número de temas marcados en ambos subtemas debe ser IGUAL

4. FENOMENOS DE TRANSPORTE Y OPERACIONES UNITARIAS

Subtemas prioritarios		Subtemas en discusión	
4.1.1	Transporte molecular y convectivo	4.2.1	Estática de fluidos
	Justificación:		Justificación:
4.1.2	Transporte en interfase y coeficientes de transferencia	4.2.2	Balances macroscópicos aplicados a fluidos
	Justificación:		Justificación:
4.1.3	Balances macroscópicos en estado estable	4.2.6	Medidores de flujo
	Justificación:		Justificación:
4.1.4	Balances microscópicos en estado estable	4.2.7	Maquinaria para impulsar fluidos (bombas, ventiladores, soplantes, etc.)
	Justificación:		Justificación:
4.2.3	Análisis Dimensional y estudio de modelos	4.3.1	Propiedades y caracterización de partículas
	Justificación:		Justificación:
4.2.4	Flujo viscoso incompresible	4.3.5	Fluidización
	Justificación:		Justificación:
4.2.9	Lechos empacados	4.3.6	Filtración
	Justificación:		Justificación:

4.3.7	Separación por membranas		4.3.8	Ciclones e hidrociclones	
	Justificación:			Justificación:	
4.4.2	Conducción en estado transitorio		4.3.10	Técnicas de separación para partículas sólidas	
	Justificación:			Justificación:	
4.4.3	Convección forzada		4.4.1	Conducción en estado estable	
	Justificación:			Justificación:	
4.4.5	Ebullición y Condensación		4.4.4	Convección natural	
	Justificación:			Justificación:	
4.4.6	Radiación		4.4.8	Métodos computacionales para calculo de transferencias de calor	
	Justificación:			Justificación:	
4.4.7	Equipos de transferencia de calor		4.6.1	Etapas de equilibrio	
	Justificación:			Justificación:	
4.5.1	Difusión molecular en estado estable		4.6.5	Evaporación	
	Justificación:			Justificación:	
4.5.2	Difusión molecular en estado transitorio		4.6.6	Lixiviación	
	Justificación:			Justificación:	
4.5.3	Transferencia convectiva de masa		4.6.7	Métodos gráficos y rigurosos	
	Justificación:			Justificación:	
4.5.4	Métodos computacionales para calculos de transferencia de masa		Subtemas no prioritarios		
	Justificación:		4.2.5	Flujo de fluidos compresibles	
4.6.2	Absorción			Justificación:	
	Justificación:		4.2.8	Teoría de arrastre y sedimentación	
4.6.3	Extracción			Justificación:	
	Justificación:		4.2.10	Introducción a la Dinámica de Fluidos Computacional (CFD)	
4.6.4	Destilación			Justificación:	
	Justificación:		4.3.2	Almacenamiento y transporte de sólidos	
				Justificación:	
			4.3.3	Reducción de tamaño	
				Justificación:	
			4.3.4	Separación por gravedad y centrifugación	
				Justificación:	
			4.3.9	Agitación y mezclado	
				Justificación:	

OBJETIVO.

El objetivo de esta encuesta es priorizar e identificar nuevas tendencias, áreas, tecnologías y criterios de calidad para la Ingeniería Química en países miembros de la OEA al 2025

INSTRUCCIONES

Marque con una X, **1 tema como máximo** en el grupo SUBTEMAS PRIORITARIOS que usted considera que deben someterse aún a DISCUSIÓN. A su vez, marque con una X **1 tema como máximo** en el grupo SUBTEMAS EN DISCUSIÓN ó NO PRIORITARIOS que usted considera que realmente son PRIORITARIOS. En el espacio de JUSTIFICACIÓN, escriba sus motivos para querer cambiar el tema de grupo. Si está de acuerdo con que el tema haya sido calificado como PRIORITARIO, o EN DISCUSIÓN ó NO PRIORITARIO, no tiene que realizar ninguna acción..

IMPORTANTE: El número de temas marcados en ambos subtemas debe ser IGUAL

5. FISCOQUÍMICA Y TERMODINÁMICA

Subtemas prioritarios		Subtemas en discusión	
5.1.1	Gases	5.1.6	Relación entre propiedades de la sustancia y su uso y desempeño
	Justificación:		Justificación:
5.1.2	Equilibrio Químico	5.1.7	Materiales porosos e irregulares, sólidos particulados, polvos y aerosoles
	Justificación:		Justificación:
5.1.3	Equilibrio de fases	5.1.8	Sistemas con memoria: fluidos viscoelásticos, sistemas vivos, sólidos reactivos
	Justificación:		Justificación:
5.1.5	Fenómenos superficiales (incluye emulsiones, coloides, geles, espumas, etc.)	5.1.10	Fluidos supercríticos
	Justificación:		Justificación:
5.1.4	Soluciones	5.1.11	Fluidos no-newtonianos
	Justificación:		Justificación:
5.2.1	Leges termodinámicas	5.2.3	Ecuaciones de estado para sustancias puras
	Justificación:		Justificación:

5.2.2	Propiedades de las sustancias puras	
	Justificación:	
5.3.2	Relación entre comportamiento macroscópico de operaciones y procesos unitarios, con estructura e interacciones moleculares	
	Justificación:	
5.3.3	Control de propiedades distribuidas (Ej. tamaño de partícula)	
	Justificación:	
5.3.5	Ecuaciones de estado	
	Justificación:	
5.3.6	Modelos de actividad	
	Justificación:	
5.3.7	Equilibrio líquido-líquido-vapor	
	Justificación:	
5.3.8	Equilibrio líquido-líquido-líquido	
	Justificación:	
5.3.9	Optimización por distribución de la producción de entropía.	
	Justificación:	
5.3.10	Procesos irreversibles.	
	Justificación:	

Subtemas no prioritarios		
5.1.9	Dispersión multifase: lodos	
	Justificación:	
5.1.12	Materiales poliméricos fundidos	
	Justificación:	
5.3.1	Relación entre comportamiento molecular y microscópico, con estructura e interacciones moleculares	
	Justificación:	
5.3.4	Termodinámica estadística	
	Justificación:	

OBJETIVO.

El objetivo de esta encuesta es priorizar e identificar nuevas tendencias , áreas, tecnologías y criterios de calidad para la Ingeniería Química en países miembros de la OEA al 2025

INSTRUCCIONES

Marque con una X, **1 tema como máximo** en el grupo SUBTEMAS PRIORITARIOS que usted considera que deben someterse aún a DISCUSIÓN. A su vez, marque con una X **1 tema como máximo** en el grupo SUBTEMAS EN DISCUSIÓN ó NO PRIORITARIOS que usted considera que realmente son PRIORITARIOS. En el espacio de JUSTIFICACIÓN, escriba sus motivos para querer cambiar el tema de grupo. Si está de acuerdo con que el tema haya sido calificado como PRIORITARIO, o EN DISCUSION ó NO PRIORITARIO, no tiene que realizar ninguna acción..

IMPORTANTE: El número de temas marcados en ambos subtemas debe ser IGUAL

6. QUÍMICA E INGENIERÍA DE LAS REACCIONES QUÍMICAS

Subtemas prioritarios		Subtemas en discusión	
6.1.1	Relación entre la estructura de la molécula y las propiedades fisicoquímicas de la sustancia Justificación:	6.1.3	Mecanismos de reacción Justificación:
6.1.2	Relación entre propiedades de la sustancia y su uso y desempeño Justificación:	6.2.1	Fundamentos de bioquímica Justificación:
6.3.5	Técnicas avanzadas de caracterización. Justificación:	6.2.2	Cinética enzimática Justificación:
6.4.1	Cinética química en sistemas homogéneos y heterogéneos Justificación:	6.3.4	Métodos de análisis cuantitativos (UV-VIS, FT-IR, GC, HPLC) Justificación:
6.4.7	Mejoramiento de conversión, rendimiento y selectividad Justificación:	6.4.2	Reactores híbridos (combinan procesos y operaciones unitarias. Ej. membrana catalítica, destilación reactiva, etc.) Justificación:
		6.4.4	Reactores modulares y multifuncionales Justificación:

6.4.5	Microrreactores (Ej. para procesos ineficientes o peligrosos a gran escala; para investigación, etc.)	
	Justificación:	

Subtemas no prioritarios		
---------------------------------	--	--

6.2.3	Caracterización de proteínas	
	Justificación:	
6.3.1	Métodos gravimétricos	
	Justificación:	
6.3.2	Métodos volumétricos	
	Justificación:	
6.3.3	Métodos potenciométricos	
	Justificación:	
6.4.3	Reactores basados en ondas (ultrasonido, sonoelectroquímica, microondas, radiofrecuencias)	
	Justificación:	
6.4.6	Reactores electroquímicos	
	Justificación:	

OBJETIVO.

El objetivo de esta encuesta es priorizar e identificar nuevas tendencias , áreas, tecnologías y criterios de calidad para la Ingeniería Química en países miembros de la OEA al 2025

INSTRUCCIONES

Marque con una X, **5 temas como máximo** en el grupo SUBTEMAS PRIORITARIOS que usted considera que deben someterse aún a DISCUSIÓN. A su vez, marque con una X **5 temas como máximo** en el grupo SUBTEMAS EN DISCUSIÓN ó NO PRIORITARIOS que usted considera que realmente son PRIORITARIOS. En el espacio de JUSTIFICACIÓN, escriba sus motivos para querer cambiar el tema de grupo. Si está de acuerdo con que el tema haya sido calificado como PRIORITARIO, o EN DISCUSION ó NO PRIORITARIO, no tiene que realizar ninguna acción..

IMPORTANTE: El número de temas marcados en ambos subtemas debe ser IGUAL

7. CRITERIOS DE CALIDAD PARA INGENIERÍA

Subtemas prioritarios			Subtemas en discusión		
7.1.1.1	Demostrar capacidad para usar los principios de las ciencias básicas.	<input type="checkbox"/>	7.1.3.1	Manejo de principios básicos de la metodología de la investigación	<input type="checkbox"/>
	Justificación:			Justificación:	
7.1.1.2	Aplicar los principios de las ciencias de la ingeniería.	<input type="checkbox"/>	7.1.3.3	Busqueda y analisis de literatura impresa y electrónica.	<input type="checkbox"/>
	Justificación:			Justificación:	
7.1.1.3	Demostrar capacidad para aplicar el conocimiento de las áreas profesionales de la ingeniería.	<input type="checkbox"/>	7.1.3.4	Lanzamiento de la Hipótesis, prueba y defensa	<input type="checkbox"/>
	Justificación:			Justificación:	
7.1.2.1	Identificación y representación matemática del problema.	<input type="checkbox"/>	7.1.4.1	Pensamiento holístico	<input type="checkbox"/>
	Justificación:			Justificación:	
7.1.2.2	Estimación y análisis cuantitativo de la solución	<input type="checkbox"/>	7.1.5.5	Resiliencia	<input type="checkbox"/>
	Justificación:			Justificación:	
7.1.2.3	Análisis de la solución obtenida bajo situación de incertidumbre	<input type="checkbox"/>	7.1.7.3	Mantener y desarrollar relaciones.	<input type="checkbox"/>

7.1.2.4	Evaluación de la solución y cierre del problema.		7.1.8.1	Planear, conducir y practicar debates sobre temas actuales.	
	Justificación:			Justificación:	
7.1.3.2	Investigación a través de experimentos.		7.1.8.4	Comunicación gráfica.	
	Justificación:			Justificación:	
7.1.4.2	Pensar con enfoque multidisciplinario, interdisciplinario, de sistemas		7.1.9.1.1	Comprender el impacto de la ingeniería	
	Justificación:			Justificación:	
7.1.4.3	Enfoque y priorización.		7.1.9.1.2	Conocer y comprender las regulaciones de la ingeniería.	
	Justificación:			Justificación:	
7.1.5.1	Perseverancia y flexibilidad.		7.1.9.1.3	Conocimiento del contexto histórico y cultural.	
	Justificación:			Justificación:	
7.1.5.2	Pensar en forma lógica, conceptual, deductiva y crítica		7.1.9.1.5	Planear, conducir y practicar negociaciones	
	Justificación:			Justificación:	
7.1.5.3	Crear, innovar (creatividad)		7.1.9.2.2	Aplica principios de administración y gestión	
	Justificación:			Justificación:	
7.1.5.4	Tomar decisiones en presencia de incertidumbre		7.1.9.2.3	Iniciativa y espíritu emprendedor	
	Justificación:			Justificación:	
7.1.5.6	Administración del tiempo y de recursos.		7.1.9.2.5	Comprender el rol de los emprendedores como factor de desarrollo e innovación.	
	Justificación:			Justificación:	
7.1.6.1	Comprende y asume responsabilidad a nivel profesional y ético		7.1.9.3.1	Establecimiento de objetivos y requisitos	
	Justificación:			Justificación:	
7.1.6.2	Comprometerse con el medioambiente y el desarrollo sostenible		7.1.9.3.3	Modelar, simular sistemas y realidades complejas	
	Justificación:			Justificación:	
7.1.6.3	Asume su mejoramiento personal y profesional a lo largo de toda la vida.		7.1.9.3.4	Gestión de Proyectos	
	Justificación:			Justificación:	
7.1.6.4	Adaptarse al cambio		7.1.9.4.1	El proceso de diseño	
	Justificación:			Justificación:	
7.1.7.1	Escuchar activamente y mostrarse con empatía		7.1.9.4.3	Utilización del Conocimiento en Diseño	
	Justificación:			Justificación:	

7.1.7.2	Liderar, dirigir personas, actividades, proyectos, empresas		7.1.9.4.4	Diseño de Disciplina	
	Justificación:			Justificación:	
7.1.7.4	Afrontar adecuadamente la crítica y el conflicto.		7.1.9.4.5	Diseño multidisciplinario	
	Justificación:			Justificación:	
7.1.7.5	Trabajar en equipos y entornos internacionales.		7.1.9.4.6	Diseño Multi-objetivo	
	Justificación:			Justificación:	
7.1.7.6	Asignación de roles en un equipo multidisciplinario (experto, facilitador, coach)		7.1.9.5.1	Diseño del proceso de implementación	
	Justificación:			Justificación:	
7.1.8.2	Comunicación efectiva.		7.1.9.5.3	Proceso de la implementación de Software para monitoreo, supervisión y control de procesos	
	Justificación:			Justificación:	
7.1.8.3	Comunicación electrónica/multimedia.		7.1.9.5.4	Integración de la planta con el proceso y con el software para monitoreo	
	Justificación:			Justificación:	
7.1.8.5	Presentación oral y comunicación interpersonal.		7.1.9.5.5	Prueba, Verificación, Validación y Certificación	
	Justificación:			Justificación:	
7.1.8.6	Comunicación en idiomas extranjeros.		7.1.9.6.2	Entrenamiento de operarios e ingenieros de procesos	
	Justificación:			Justificación:	
7.1.9.1.4	Conoce y comprende los problemas y asuntos contemporáneos		7.1.9.6.3	Soporte al ciclo de vida del proceso	
	Justificación:			Justificación:	
7.1.9.4.2	Fases del Proceso de Diseño y enfoques		7.1.9.6.4	Operación evolutiva	
	Justificación:			Justificación:	
7.1.9.6.1	Modelado y optimización de procesos		7.1.9.6.6	Gestión de Operaciones	
	Justificación:			Justificación:	
7.1.9.6.5	Seguridad de la planta y el proceso		7.2.2	Utiliza las TIC de manera ética para buscar información y trabajar en redes en la solución de problemas de ingeniería.	
	Justificación:			Justificación:	
7.2.1	Organiza equipos de trabajo para desarrollar tareas de manera efectiva y con una visión integral.		7.3.1	Clase magistral	
	Justificación:			Justificación:	
7.2.3	Participa en la planeación y evaluación de proyectos de ingeniería aplicando principios de administración y		7.3.3	Discusiones en grupos grandes (seminario Alemán, conferencias entre otros)	
	Justificación:			Justificación:	

7.2.4	Participa en actividades y proyectos de investigación con el fin de resolver problemas de ingeniería, a partir		7.3.4	Aprendizaje orientado a proyectos	
	Justificación:				
7.2.5	Diseña alternativas de solución para problemas de ingeniería que involucran la transformación		7.3.6	Demostraciones en clase de herramientas, equipos y software pertinente	
	Justificación:			Justificación:	
7.3.2	Clases prácticas (estudio de casos, análisis diagnósticos, solución a problemas de laboratorio y		7.3.8	Excursiones o visitas a empresas/ Plantas	
	Justificación:			Justificación:	
7.3.5	Estudio y trabajos en equipo		7.3.9	Profesores invitados de la industria	
	Justificación:			Justificación:	
7.3.7	El uso de ambientes virtuales para el aprendizaje		7.4.1	Actividades extracurriculares: Investigación de pregrado	
	Justificación:			Justificación:	
7.4.2	Actividades extracurriculares: Pasantías		7.4.3	Actividades extracurriculares: Programas de educación Co-op	
	Justificación:			Justificación:	
7.5.1	Presencialidad en el programa: Alta (70% a 100% presencial)		7.4.4	Actividades extracurriculares: Estudios en el extranjero	
	Justificación:			Justificación:	
7.6.3	Metodologías en laboratorios: Aprendizaje basado en problemas		7.4.5	Actividades extracurriculares: Prácticas internacionales	
	Justificación:			Justificación:	
7.7.2	Preparación de trabajos en grupo (seminarios, talleres, consultas)		7.5.2	Presencialidad en el programa: Moderada (30% a 70%)	
	Justificación:			Justificación:	
7.7.4	Realización de problemas y ejercicios		7.6.1	Metodologías en laboratorios: Demostrativo	
	Justificación:			Justificación:	
7.7.6	Actividades que se desarrolla utilizando guías o agudas didacticas con Tics		7.6.2	Metodologías en laboratorios: Simulación	
	Justificación:			Justificación:	
7.7.7	Tutorías presenciales y virtuales		7.7.1	Consultas y trabajos en biblioteca	
	Justificación:			Justificación:	
7.8.5	Formación complementaria: Ética profesional		7.7.5	Lecturas complementarias	
	Justificación:			Justificación:	
7.8.10	Formación complementaria: Preparación y evaluación de proyectos		7.8.3	Formación complementaria: Mentalidad emprendedora e innovadora	
	Justificación:			Justificación:	

7.8.4	Formación complementaria: Economía	
	Justificación:	
7.8.6	Formación complementaria: Cultura ciudadana (incluye sentido de legalidad, justicia social, rechazo al uso de violencia, solidaridad)	
	Justificación:	
7.8.8	Formación complementaria: Metodología de la investigación	
	Justificación:	
7.8.9	Formación complementaria: Gestión de proyectos	
	Justificación:	

Subtemas no prioritarios		
7.1.9.2.1	Conocimiento y análisis de diferentes culturas empresariales	
	Justificación:	
7.1.9.2.4	Comprender el rol de las PyMEs como factor de desarrollo e innovación.	
	Justificación:	
7.1.9.3.2	Definición de función, el concepto y arquitectura	
	Justificación:	
7.1.9.5.2	Proceso de fabricación de equipos para proceso	
	Justificación:	
7.5.3	Presencialidad en el programa: Baja (10 % a 30%)	
	Justificación:	
7.7.3	Preparar exámenes.	
	Justificación:	
7.8.1	Formación complementaria: Matemáticas Financieras	
	Justificación:	
7.8.2	Formación complementaria: Calidad, certificación y normalización técnica	
	Justificación:	
7.8.7	Formación complementaria: Formación cultural y artística (historia, geografía, idiomas, artes, etc.)	

5. FÍSICOQUÍMICA Y TERMODINÁMICA		Piedad Corbin	Miguelo Suarez	Carlos Eduardi	Andrés Ortega	Walter Vargas	Mra. Teresa Da	Alvaro E. Villa	Jorge Zapala	Adriana Henon	Diana Milena C	Carlos A. Smil	Daniel Balle	Andrés Maheo	Conrado Mora	Germán Zam	Diego Muñoz	Antonio Olarte	Beatriz Carosa	Fabio Casallo	Rigoberto Rios	Fidelman Maca	Carlos Amoray	Andrés Marica	Aida Luz Villa	Yuan Kuan	Germán Oquie	Fabio Bravo	Rene Genon	Irene Camacho	FECHA ICB	
Subtemas prioritarios		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
5.1.1	Gasos																				x							x				2
5.1.2	Equilibrio Químico																					x										1
5.1.3	Equilibrio de fases							x														x										3
5.1.5	Fenómenos superficiales ((incluye emulsiones, coloides, sales, espuma, etc.)	x												x								x					x					4
5.1.4	Soluciones											x																		x		2
5.2.1	Leyes termodinámicas																															0
5.2.2	Propiedades de las sustancias puras																			x												1
Subtemas en discusión																																
5.1.6	Relación entre propiedades de la sustancia y su estructura y composición	x				x					x			x						x												5
5.1.7	Materiales puros o irregulares, sólidos particulados, sales y mezclas				x									x								x										3
5.1.8	Sistemas con memoria: fluidos viscoelásticos, sistemas iónicos, sólidos reactivos																						x									1
5.1.10	Fluidos supercríticos							x		x	x					x																4
5.1.11	Fluidos no-newtonianos																															0
5.2.3	Ecuaciones de estado para sustancias puras																															0
5.3.2	Relación entre comportamientos macroscópico de mezclas y sus características moleculares, con estructura o control de propiedades distribuidas (Ej. tamaño de moléculas)										x																x					2
5.3.3	Ecuaciones de estado										x																					1
5.3.5	Ecuaciones de estado													x							x							x				3
5.3.6	Modelos de actividad																															0
5.3.7	Equilibrio líquido-líquido-vapor																				x											1
5.3.8	Equilibrio líquido-líquido-líquido																															0
5.3.9	Optimización por distribución de la producción de sustancias				x											x						x										3
5.3.10	Procesos irreversibles.																													x		1
Subtemas no prioritarios																																
5.1.9	Dispersión multifase: lodos																															0
5.1.12	Materiales poliméricos fundidos																															0
5.3.1	Relación entre comportamientos molecular y microscópico, con estructura e interacciones															x																1
5.3.4	Termodinámica estadística																									x				x		2

Prioritario

6. QUÍMICA E INGENIERÍA DE LAS REACCIONES QUÍMICAS		Fredy Carlin	Mauricio Suarez	Carlos Eduardo Siles	Andrés Ortega	Waldson Vargas	Ma. Teresa Davilla	Alyvaro E. Villamilza	Jorge Zapata	Adriana Herrera	Blanca Milena Calvo	Carlos A. Smith	Isabel Bules	Andrés Mariche	Conrado Mora	Camaleli Zambano	Braigo Muñoz	Antonio Oquintero	Reahtz Caracas	Fabio Cas Millón	Rigoberto Rios	Hilerman Machuca	Carlos Anaya	Andrés Mancera	Alita Luz Villa	Yuan Kuan	Cesman Oquintero	Fabio Bravo	René Ceñón	Ivora Camero	Frecuencia				
Subtemas prioritarios		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30				
6.1.1	Relación entre la estructura de la molécula y las propiedades fisicoquímicas de la sustancia	x				x	x					x									x											5			
6.1.2	Relación entre propiedades de la sustancia y su uso y desempeño																								x								2		
6.3.5	Técnicas avanzadas de caracterización.								x								x					x											3		
6.4.1	Cinética química en sistemas homogéneos y heterogéneos															x																	1		
6.4.7	Mejoramiento de conversión, rendimiento y selectividad			x				x							x			x								x							5		
Subtemas en discusión																																			
6.1.3	Mecanismos de reacción	x									x											x												5	
6.2.1	Fundamentos de bioquímica			x		x						x																						3	
6.2.2	Cinética enzimática					x			x		x											x												7	
6.3.4	Métodos de análisis cuantitativo (UV-VIS, FT-IR, GC, HPLC)															x									x									2	
6.4.2	Reactores híbridos (combinan procesos y operaciones unitarias. Ej. membranas catalíticas,						x											x								x		x						4	
6.4.4	Reactores modulares y multifuncionales																																	0	
6.4.5	Microreactores (Ej. para procesos ineficientes o poliquímicos a gran escala; para investigación, etc.)																																	0	
Subtemas no prioritarios																																			
6.2.3	Caracterización de proteínas																							x											1
6.3.1	Métodos gravimétricos																x																		1
6.3.2	Métodos volumétricos																																		0
6.3.3	Métodos potenciométricos																																		0
6.4.3	Reactores basados en ondas (ultrasonido, radiofrecuencia, microondas, radiofrecuencia)																										x								1
6.4.6	Reactores electroquímicos																															x			1

Subtemas prioritarios		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
7.1.9.6.1	Metodología y optimización de procesos					x		x																									2
7.1.9.6.5	Seguridad de la planta y el proceso												x																			1	
7.2.1	Organiza equipos de trabajo para desarrollar tareas de manera efectiva y con una visión												x															x				2	
7.2.3	Participa en la planeación y evaluación de proyectos de ingeniería aplicando principios de																											x				1	
7.2.4	Participa en actividades y proyectos de investigación con el fin de resolver problemas de								x																							1	
7.2.5	Diseña alternativas de solución para problemas de ingeniería que involucren la transformación								x																			x				2	
7.3.2	Clase práctica (artículo de curso, análisis diagnóstico, solución a problemas de laboratorio)					x																										1	
7.3.5	Estudia y trabaja en equipo																															0	
7.3.7	El uso de ambientes virtuales para el aprendizaje																															0	
7.4.2	Actividades extracurriculares: Parentar					x																										1	
7.5.1	Presencialidad en el programa: Alta (70% a 100% presencial)					x																										1	
7.6.3	Metodología en laboratorio: Aprendizaje basado en problemas																															0	
7.7.2	Preparación de trabajo en grupo (seminarios, talleres, consultas)																															0	
7.7.4	Realización de problemas y ejercicios					x	x													x												3	
7.7.6	Actividades que se desarrollan utilizando herramientas de apoyo didáctico con TIC												x	x																		2	
7.7.7	Tutorías presenciales y virtuales																															0	
7.8.5	Formación complementaria: Ética profesional																										x					1	
7.8.10	Formación complementaria: Preparación y evaluación de proyectos																												x			1	

Prioritario

Prioritario

Prioritario

Prioritario

Prioritario

Subtemas en discusión		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
7.1.3.1	Manejo de principios básicos de la metodología de la investigación	x					x				x	x	x	x	x																	7
7.1.3.3	Búsqueda y análisis de literatura impresa y electrónica.				x																						x		x	x		5
7.1.3.4	Exposiciones de la Hipótesis, prueba y defensa																															0
7.1.4.1	Presentación oral											x					x										x					3
7.1.5.5	Rendimiento	x											x																			2
7.1.7.3	Mantener y desarrollar relaciones.	x																														2
7.1.8.1	Planear, conducir y practicar debates sobre temas actuales.			x																												1
7.1.8.4	Comunicación gráfica.																															0
7.1.9.1.1	Comprender el impacto de la ingeniería					x					x																					3
7.1.9.1.2	Conocer y comprender las regulaciones de la ingeniería.												x																			3
7.1.9.1.3	Conocimiento del contexto histórico y cultural.	x	x	x																												4
7.1.9.1.5	Planear, conducir y practicar negociaciones																												x			3
7.1.9.2.2	Aplica principios de administración y gestión																													x	x	2
7.1.9.2.3	Iniciativa y espíritu emprendedor																												x			1

ANEXO I – CUESTIONARIO TERCERA ENCUESTA

Estudio de Prospectiva al 2025 de la Ingeniería Química en países miembros de la Organización de Estados Americanos



OBJETIVO.

El objetivo de esta encuesta es priorizar e identificar nuevas tendencias , áreas, tecnologías y criterios de calidad para la Ingeniería Química en países miembros de la OEA al 2025

INSTRUCCIONES

Seleccione de los dos listados con una X, los **8 temas** que son prioritarios para la Ingeniería Química en países miembros de la OEA al 2025.

Tenga en cuenta que el tema marcado con una P ya se considera Prioritario según el consenso alcanzado en las anteriores rondas.

En la parte derecha encuentra argumentos a favor o en contra de los temas aportados por los participantes del ejercicio.

INFORMACIÓN SOBRE GRADO DE CONOCIMIENTO EN EL TEMA

No soy especialista ni poseo ningún conocimiento del tema.	
No soy especialista y tengo poco conocimiento del tema	
No soy especialista y tengo algún conocimiento del tema	
Soy especialista en el tema y tengo bastante conocimiento del tema	
Soy especialista en el tema y tengo total conocimiento del tema	

INFORMACIÓN SOBRE EL COEFICIENTE DE COMPETENCIA EXPERTA "K"

Fuente de argumentación	Grado de influencia de cada una de las fuentes en sus		
	A (Alto)	(Medio)	B (Bajo)
Análisis teóricos realizados por el experto			
Experiencia obtenida			
Estudio de trabajos sobre el tema, de autores colombianos			
Estudio de trabajos sobre el tema, de autores extranjeros			
Conocimiento propio acerca del estado del problema en el extranjero			
Intuición del experto			

Justificación Tecnologías

Argumentos presentados para excluir los siguientes puntos del conjunto de subtemas prioritarios

Subt	1. TECNOLOGÍAS	Justificación
1.2	Materiales Nanoestructurados	Son los tipos de sistemas que se esperan más se desarrollen en los próximos años.
1.5	Bioquimiotecnología	Todavía no tiene mucho potencial de explotación en las industrias actuales.
1.6	Biocatalisis	Es un subtema del tema 1.5, se debe eliminar y agregarlo al tema 1.6
1.10	Tecnología de los materiales no metálicos	No es un tema con un límite claramente definido.
1.12	Conversión y almacenamiento de energía solar mediante semiconductores modificados	Existen todavía múltiples fuentes de energía no convencional que pueden competir con la energía solar. Lo que debería estar es tecnologías en almacenamiento de energía.
1.13	Producción de hidrógeno	Hay otros temas con mayor potencial de trabajo, todavía es un tema muy exploratorio en el sector energético.
1.14	Tecnologías en petróleo	Lo urgente es estudiar y desarrollar fuentes alternas de energía.
1.17	Tecnologías alimentarias	Es un tema que hace parte de otro tipo de disciplinas.

Argumentos presentados para incluir los siguientes puntos al conjunto de subtemas prioritarios

Subt	1. TECNOLOGÍAS	Justificación
1.1	Nanofluidos	
1.3	Electrotecnología	No es un boom ahora, pero ofrece buenas oportunidades profesionales y tiende a ser menos intensivo en capital.
1.4	Simulación molecular	Será la manera futura para el cálculo de las propiedades fisicoquímicas de las sustancias.
1.8	Microreactores	Hace parte de las nuevas tecnologías en reactores, pues permite un escalado directo, son muchas sus ventajas en cuanto a la optimización de los procesos.
1.11	Tecnología del plasma	Las tendencias futuras requerirán el desarrollo de sistemas de propulsión basados en motores iónicos y otras tecnologías de plasmas.
1.15	Ciencias de las superficies	El diseño de productos se fundamenta en su generalidad en la modificación y manipulación de efectos de superficie.
1.16	Teoría de la percolación	
1.7	Microingeniería	El análisis en escalas micro se han vuelto cada vez más relevantes.
1.9	Tecnología de los materiales metálicos	Es un área muy estudiada, sin embargo, los desarrollos de nuevos materiales plásticos y poliméricos con mejores características que los metálicos pretende migrar a materiales híbridos donde los grandes aportantes de propiedades son los materiales no metálicos. La selección de materiales en equipos de proceso pasa por las opciones metálicas, muy usadas y merecen ser mejor comprendidas. Estos siguen siendo una opción eficaz y económica.

OBJETIVO.

El objetivo de esta encuesta es priorizar e identificar nuevas tendencias , áreas, tecnologías y criterios de calidad para la Ingeniería Química en países miembros de la OEA al 2025

INSTRUCCIONES

Seleccione de los dos listados con una X, los **17 temas** que son prioritarios para la Ingeniería Química en países miembros de la OEA al 2025.

Tenga en cuenta que el tema marcado con una **P** ya se considera Prioritario según el consenso alcanzado en las anteriores rondas.

En la parte inferior encontrará argumentos a favor o en contra de los temas aportados por

Justificación Líneas de Formación

Argumentos presentados para excluir los siguientes puntos del conjunto de subtemas prioritarios

Subt	2. Líneas de formación	Justificación
2.1.1	Combustibles	Conviene superar el uso de combustibles fósiles como fuente de energía.
2.1.7	Catalizadores.	Un porcentaje alto de la industria química utiliza catalizadores.
2.3.1	Fuentes alternas de energía	
2.3.2	Gas, alcohol, híbridos	Tiene consideración en combustibles, por ser un tema puntual.
2.3.3	Combustibles derivados de residuos	Puede agruparse con el tema fermentaciones (No prioritario)
2.3.4	Tecnologías de gasificación y aprovechamiento de energético de residuos orgánicos (industriales y agropecuarios)	Es un tema de actualidad y de mucho futuro. Se debe considerar como una opción de procesos a estudiar, investigar y controlar.
2.3.5	Conversión de materiales complejos o peligrosos en productos reciclables o residuos procesables	P Prioritario
2.3.7	Cero emisiones o reducción de desechos	Puede agruparse con el tema 2.3.10 (Conservación, mejora y recuperación del medioambiente)
2.3.10	Conservación, mejora y recuperación del medioambiente	P Prioritario
2.3.18	Disminución del consumo específico de agua en todos los sectores	En los procesos se busca la optimización en el uso de los recursos, incluida el agua

2.3.2f	Fuentes alternas de materia prima para procesos (gas, carbón, minerales, biomasa)		Biorefinería.
2.3.2f	Análisis de ciclo de vida		Hace parte prioritaria en otras disciplinas.
2.4.1	Bioreactores		Puede agruparse con el tema 2.3.14 (Procesos biotecnológicos, tema prioritario)
2.4.2	Diseño y modelamiento de biorreactores		Puede agruparse con el tema 2.3.14 (Procesos biotecnológicos, tema prioritario)
2.4.10	Diseño y modelamiento de bioseparadores		Es un tema muy puntual.
2.4.11	Modelamiento, optimización y control		La IQ es por la naturaleza la que opera las plantas y debe tener formación en esta área.
2.4.13	Escalado de bioprocesos		Esta incluido en el numeral 2.4.14 de procesos biotecnológicos.
2.4.14	Procesos biotecnológicos	p	.
2.4.15	Biotecnología ambiental: biorremediación de aguas y suelos		Puede incluirse o mencionarse dentro de procesos biotecnológicos (tema prioritario)
2.4.24	Biolixiviación		Puede agruparse con el tema 2.3.14 (Procesos biotecnológicos, tema prioritario)

Argumentos presentados para incluir los siguientes puntos al conjunto de subtemas prioritarios

Subt	2. Líneas de formación	Justificación
2.1.3	Materiales compuestos (composites)	En la búsqueda de mejoras a los materiales existentes y pensando en el aprovechamiento de productos naturales y residuos, los materiales compuestos mantienen un alto grado de interés en la investigación y desarrollo de nuevos materiales.
2.1.4	Cerámicas estructurales y funcionales	Necesario para el desarrollo de la industria nacional existente.
2.1.5	Superconductores	No son temas de prioridad para la región dado que la industria de semiconductores en Latinoamérica es incipientes. Es tema de posgrado.
2.1.6	Materiales para electrónica (químicos electrónicos), informática y telecomunicaciones	Ya es un área que ofrece grandes oportunidades para los IQ y para la industria química en general, tiene un futuro brillante.
2.1.8	Lubricantes sintéticos.	Un tema interesante, con gran aplicabilidad, con brillante presente y futuro.
2.1.9	Pigmentos, tintas.	
2.1.10	Sabores, fragancias.	
2.1.11	Aditivos	
2.1.12	Fármacos.	
2.1.14	Reactivos para diagnóstico	
2.1.15	Sustitución de compuestos fluorocarbonados	El impacto nefasto de los compuestos fluorocarbonados sobre la capa de ozono. Por sostenibilidad.
2.2.1	Química de los materiales fibrosos	

2.2.2	Procesos de transformación de materiales lignocelulósicos	Se deben utilizar materias primas alternativas a las que se han estado utilizando, el uso de materiales biodegradables presenta ventajas en cuanto a la transformación de materiales que podrían ser considerados como basura a productos de valor agregado y que adicionalmente son biodegradables.
2.2.3	Diseño de equipos para la transformación de materiales lignocelulósicos	La biorrefinería agroforestal permite la obtención de múltiples productos de alto valor agregado, entre ellos biocombustibles de segunda generación. Además el aprovechamiento de desechos lignocelulósicos será manera de cerrar ciclos productivos.
2.2.4	Producción de elementos estructurales y arquitectónicos (pisos, tableros, vigas, paneles, postes, casas prefabricadas)	
2.2.5	Producción de pellets, briquetas, carbón vegetal, carbón activado	
2.3.8	No generación de residuos peligrosos	Hace parte de los principios fundamentales de la Química Verde y la Ingeniería Verde. Importante en la evaluación de procesos. Evitar las emisiones debe ser una actitud en el diseño de procesos - es una forma general de pensar.
2.3.9	Vertido de residuos en condiciones seguras	Es más crítico hoy que la no generación de residuos
2.3.11	Métodos, tecnologías y equipos	Es un tema genérico aplicable a todas las ramas de la IQ.
2.3.12	Métodos y equipos de análisis, medición y control (Técnicas analíticas in situ, en continuo, de detección y seguimiento vía satélite, etc.)	
2.3.14	Herramientas de simulación para ubicar focos de contaminación en tiempo real y predecir su evolución	El poder de las herramientas de simulación en tiempo real permite entender los procesos con mayor criterio para evaluarlos, controlarlos o tomar decisiones.
2.3.15	Equipos y sistemas de recogida selectiva de residuos (diferentes de sólidos urbanos)	
2.3.16	Incineración e inertización de residuos peligrosos no valorizables	
2.3.19	Equipos para la corrección ambiental (ruido, a fin de línea)	
2.4.3	Fermentación en estado sólido	
2.4.5	Cultivo de células vegetales	
2.4.6	Cultivo de células animales	
2.4.7	Microbiología industrial	Un Ingeniero químico debe conocer las bases de la microbiología.
2.4.8	Bioseparaciones y bioseparadores	
2.4.9	Operaciones unitarias aplicadas a la separación y purificación de productos biotecnológicos	
2.4.12	Modelación, optimización y control de sistemas biológicos	Los sistemas biológicos han ganado una gran importancia en nuestros procesos y los temas relacionados son de alta importancia.
2.4.19	Lagunas de estabilización	
2.4.22	Producción de enzimas comerciales	
2.4.25	Biominería	De relevancia en el contexto colombiano.

2.4.25	Bioflotación		
2.4.26	Biofloculación		
2.5.1	Alimentos funcionales		De relevancia en el contexto colombiano, en la industria de la alimentos.
2.5.2	Extractos naturales		Los extractos naturales son una materia prima renovable que puede ser transformada en muchos productos de interés comercial; área en la que la Ingeniería Química puede aportar y con más énfasis en un país biodiverso como Colombia.
2.5.3	Métodos de conservación alternativos		
2.5.4	Empaques inteligentes		Pertencen a la importante línea de las tecnologías de cero residuos y de aprovechamiento completo de los recursos.
2.5.5	Productos encapsulados		
2.3.6	Técnicas de recuperación por extracción hidrometalúrgica, pirometalúrgica, mixta, etc		Temas clave para el desarrollo minero en Colombia.
2.4.2	Fermentaciones		Los procesos de fermentación entendidos como no sólo el desarrollo de nuevos o mejores microorganismos, sino como el desarrollo de nuevos conceptos puede ser radicalmente importante para la industria del futuro. Si se compara con los reactores convencionales, los fermentadores no han sufrido todavía un avance tecnológico realmente radical que permita hacer estos procesos más eficientes. La generación de residuos es la más alta de todos los procesos industriales y los consumos de energía para la separación de los productos es consecuentemente alta debido a las bajas concentraciones a las que se obtiene el producto de la fermentación.

ANEXO J – RESULTADOS NUMÉRICOS TERCERA RONDA

	Consenso primera ronda con 29 expertos																																								Consenso tercera ronda 29 expertos				
	Antonio Quiñero	Adriana Herrera	Carlos A. Arroyave	Paula Carden	Marta Milena Cardozo	Andrés Ortega	Marcos Suarez	Hilman Mackica	Carlos A. Smith	Jorge I. Zapata	Carlos Eduardo	Fabio Castellon	Yolimar Jimenez	Isabel Torres	Hilman Mackica	Camelid Zapata	Yuan Juan Lopez	Alvaro Alvarado	Welson Vague	Corrado Mori	Alia Luc Vill	Dora Camargo	German Quintero	Breitz Caracas	Yolimar Jimenez	Alvaro E. Villaniza y Villaniza	Marta Teresa Balleza	Fabio Banzo	Alca René Centon	Moda	fml	% Consenso	Promedio % Consenso	Prioritarios	Decisión	Er3	Sr3	fml3= fml+Er 3-Sr3	R3	Promedio % Consenso					
1.1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	18	19	20	23	24	27	28	31	32	35	36	37	39	40	1. TECNOLOGÍAS					3	7	24%	38%	No	Discusión	1	5	3	10,34%	29,01%
1.2	4	5	5	4	5	1	3	5	4	3	4	4	4	5	3	4	4	2	5	4	5	3	4	4	3	3	5	3	4	4	12	41%		Si	Prioritario	3	3	12	41,38%						
1.3	1	3	4	4	N	5	4	3	5	3	2	3	3	4	N	3	4	2	4	2	0	4	5	N	1	2	3	3	3	3	8	28%		No	Discusión	3	4	7	24,14%						
1.4	3	4	3	3	5	3	3	2	2	4	4	3	3	4	4	N	3	3	5	4	4	4	3	N	2	4	2	3	3	3	11	38%		No	No prioritario	7	1	17	58,62%						
1.5	0	5	4	4	4	4	4	5	4	5	5	4	2	4	N	4	4	2	5	5	4	N	N	5	1	2	2	2	N	4	11	38%		Si	Prioritario	2	10	3	10,34%						
1.6	2	4	4	3	4	4	3	4	4	5	5	4	4	5	5	4	3	3	4	3	5	3	5	3	5	4	5	5	3	4	4	12	41%		Si	Prioritario	3	10	5	17,24%					
1.7	3	5	3	3	3	1	3	3	4	2	4	4	3	3	N	3	3	3	4	2	3	4	3	5	2	3	4	3	5	3	15	52%		No	No prioritario	8	3	20	68,97%						
1.8	3	5	3	3	3	1	3	4	4	2	4	4	4	5	4	3	3	4	4	2	3	4	5	3	5	3	4	2	5	5	3	10	34%		No	Discusión	4	6	6	27,59%					
1.9	2	4	3	3	3	4	4	4	N	4	3	3	3	0	3	4	3	2	3	1	2	3	3	N	2	3	4	2	2	2	3	12	41%		No	No prioritario	4	3	13	44,83%					
1.10	2	4	4	5	3	4	4	5	N	4	4	4	3	4	5	4	4	2	4	1	2	3	4	5	2	3	4	3	4	4	14	48%		Si	Prioritario	2	8	8	27,59%						
1.11	3	3	4	2	4	0	3	3	N	3	4	3	2	N	N	3	4	2	3	2	1	4	N	N	0	2	3	2	2	3	9	31%		No	Discusión	2	1	10	34,48%						
1.12	3	4	3	3	5	0	4	4	4	5	5	3	4	N	5	4	4	3	4	5	3	3	4	N	5	1	4	4	3	4	11	38%		Si	Prioritario	1	8	4	13,79%						
1.13	4	3	3	3	5	4	3	5	4	2	4	4	3	3	5	5	3	2	5	5	5	4	4	5	5	5	5	3	2	5	11	38%		Si	Prioritario	2	3	4	13,79%						
1.14	2	3	4	3	4	5	5	4	4	5	2	4	4	4	4	3	5	3	3	5	4	3	4	5	N	0	4	4	5	2	4	11	38%		Si	Prioritario	1	3	3	31,03%					
1.15	3	4	5	5	5	1	2	4	N	5	4	3	3	5	N	4	3	3	5	4	5	5	5	5	3	2	3	2	4	5	10	34%		No	Discusión	5	2	13	44,83%						
1.16	0	4	4	3	N	N	3	2	N	3	4	2	2	N	N	3	3	3	2	3	N	3	N	5	1	N	2	3	N	3	9	31%		No	Discusión	0	3	6	20,69%						
1.17	5	4	5	3	5	5	4	4	4	5	4	4	3	5	5	4	4	2	4	5	4	5	3	5	4	5	5	4	3	5	12	41%		Si	Prioritario	1	12	1	3,45%						
2.1.1	5	4	3	4	5	5	5	3	4	5	4	4	5	5	4	5	3	4	5	4	5	3	5	5	4	5	5	4	4	2. LÍNEAS DE FORMACIÓN					5	14	48%	35%	Si	Prioritario	0	12	2	6,30%	17,02%
2.1.3	1	5	4	3	4	5	4	4	3	5	4	3	4	5	4	5	3	3	5	2	3	5	3	5	1	N	5	4	4	5	9	31%		No	Discusión	3	2		10	34,48%					
2.1.4	2	3	4	3	4	5	4	4	N	4	4	3	3	4	4	5	3	3	5	2	3	4	5	N	1	2	5	2	3	4	9	31%		No	Discusión	3	7		5	17,24%					
2.1.5	1	3	3	3	4	3	4	4	4	2	3	4	3	5	4	5	4	3	3	3	2	4	5	N	1	1	3	4	4	3	10	34%		No	Discusión	1	8		3	10,34%					
2.1.6	2	4	3	3	4	2	3	5	2	4	4	4	4	4	N	3	3	3	3	3	4	4	4	5	3	4	5	4	5	4	12	41%		Si	Prioritario	2	5		3	31,03%					
2.1.7	3	5	3	3	5	4	2	5	2	5	4	4	3	4	5	5	5	4	5	4	5	4	3	5	5	5	3	5	4	5	13	45%		Si	Prioritario	3	5		11	37,93%					
2.1.8	1	5	4	2	3	4	3	4	N	4	4	3	2	N	4	5	3	3	3	1	2	4	3	N	1	4	2	5	4	4	9	31%		No	Discusión	1	3		1	3,45%					
2.1.9	1	5	4	3	4	2	4	N	3	4	3	3	3	N	4	N	3	4	3	4	2	3	3	N	1	4	3	2	3	3	11	38%		No	No prioritario	1	6		6	20,69%					
2.1.10	1	3	4	2	3	4	2	4	N	5	3	4	1	4	4	4	2	3	4	2	4	3	3	4	0	4	3	2	4	4	12	41%		Si	Prioritario	0	10		2	6,30%					
2.1.11	2	4	5	5	3	N	3	4	N	5	3	3	2	N	4	4	2	3	4	4	3	3	4	5	0	4	3	3	N	3	9	31%		No	Discusión	1	11		-1	-3,45%					
2.1.12	1	5	5	3	3	4	2	4	N	5	4	5	3	N	5	4	3	3	3	5	4	2	5	5	4	5	3	3	4	5	9	31%		No	Discusión	0	8		1	3,45%					
2.1.14	1	5	2	3	N	5	4	5	N	3	3	4	1	5	4	4	3	3	2	3	N	N	N	N	0	4	3	1	N	3	7	24%		No	Discusión	1	5		3	10,34%					
2.1.15	4	5	3	3	4	3	3	N	N	2	5	3	2	4	4	5	5	4	3	5	4	5	3	N	3	5	2	3	3	3	10	34%		No	Discusión	0	8		2	6,30%					
2.2.1	1	3	4	4	4	2	5	1	N	3	4	3	2	5	N	4	2	3	3	3	N	5	5	4	1	5	3	2	3	3	8	28%		No	Discusión	0	6		2	6,30%					
2.2.2	2	3	4	4	4	3	3	4	N	4	4	3	3	5	5	4	3	4	4	3	4	5	5	5	2	5	4	4	3	4	12	41%		Si	Prioritario	2	6		8	27,59%					
2.2.3	3	4	4	4	4	3	3	2	N	3	4	2	3	5	5	4	3	4	4	3	4	5	3	N	2	4	4	3	3	4	11	38%		Si	Prioritario	2	3		4	13,79%					
2.2.4	2	3	4	3	3	4	4	3	N	3	3	4	3	4	4	4	2	2	3	2	4	4	3	4	2	4	2	1	4	4	12	41%		Si	Prioritario	1	3		4	13,79%					
2.2.5	2	3	5	3	3	5	4	4	N	5	3	4	3	4	3	4	4	3	2	3	4	3	3	N	2	5	3	2	3	3	13	45%		No	No prioritario	0	8	5	17,24%						
2.3.1	4	5	3	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	22	76%		Si	Prioritario	0	10	12	41,38%						
2.3.2	4	4	4	3	4	4	5	4	4	5	4	3	3	5	5	5	4	4	5	5	3	3	4	N	2	5	5	3	3	4	11	38%		Si	Prioritario	0	11	0	0,00%						
2.3.3	5	4	5	5	5	5	4	4	4	5	5	4	4	5	5	5	5	4	5	4	4	4	5	5	5	5	5	4	5	5	19	66%		Si	Prioritario	0	13	0	0,00%						
2.3.4	3	4	4	3	5	5	5	4	4	5	4	4	3	5	5	5	5	4	5	4	4	5	3	5	5	5	5	4	4	5	14	48%		Si	Prioritario	1	12	3	10,34%						
2.3.5	3	5	4	3	5	5	4	5	3	4	4	4	3	5	5	5	4	3	4	3	5	5	3	5	5	4	4	3	5	5	12	41%		Si	Prioritario	29	0	41	100,00%						

																																									Consenso primera ronda con 29 expertos					Consenso tercera ronda 29 expertos				
	Andrés A. Ourbano	Sofía Herrera	Carlos A. Zambrano	Felisa Carrón	Bianca Milena Cacerado	Angelo Ortega	Manuel Suarez	Edmundo Mariscal	Carlos A. Smith	Jorge I. Zapata	Carlos Eduardo	Felipe Castañon	Yanira Mancera	Israel Buitrago	Ricardo Rios	Camelino Zambrano	Yuan Juan Ojeda	Diego Alejandro Muñoz	Wilson Vargas	Conrado Mesa	John Luc Villa	Isaac Camacho	Santiago Oulizano	Reiner Carraz	Marcelo Moreno	Ayvaro E. Villaniza V	Maria Ines Banzia A.	Fabio Inano	Alcy Berge Caden	Moda	fml	% Consenso	Promedio % Consenso	Prioritarios	Decisión	Er3	Sr3	fml3- fml+Er3-Sr3	R3	Promedio % Consenso										
3.1.1	5	4	3	3	4	5	4	4	3	4	4	3	4	4	4	5	3	5	3	4	4	3	3	N	5	5	4	5	4	4	4	12	41%	46%	No	Discusión	4	7	9	31,03%	22,99%									
3.1.2	5	4	5	5	5	5	3	5	4	5	4	4	5	4	4	3	3	5	5	5	5	4	5	5	N	4	5	5	5	3	5	15	52%		Si	Prioritario	29	0	44	100,00%										
3.1.5	5	4	3	3	4	1	4	4	4	4	4	4	5	2	N	4	4	3	5	5	3	4	N	4	N	4	4	3	2	4	4	14	48%		Si	Prioritario	2	11	5	17,24%										
3.1.6	4	4	3	5	5	1	5	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	5	4	5	N	5	N	3	4	5	5	3	4	14	48%		Si	Prioritario	0	13	1	3,45%											
3.1.7	2	3	4	3	N	4	4	3	4	4	2	N	N	N	4	4	4	2	4	4	N	N	4	N	0	3	3	2	4	4	13	45%		No	Discusión	0	11	2	6,30%											
3.1.8	1	3	4	3	N	4	3	2	3	5	4	2	2	N	N	4	3	4	2	3	3	N	N	3	N	0	4	2	2	4	8	28%		No	Discusión	1	5	4	13,79%											
3.1.14	5	5	5	4	3	5	5	1	3	4	4	3	3	4	3	4	3	3	4	4	5	3	2	N	1	5	4	5	3	9	31%		No	Discusión	3	4	8	27,59%												
3.1.15	1	5	4	3	3	5	4	1	3	4	4	2	3	4	3	4	3	3	3	4	4	4	4	N	1	3	4	2	4	12	41%		No	Discusión	1	10	3	10,34%												
3.1.16	5	4	3	3	4	5	5	4	3	2	4	3	2	3	N	4	3	3	3	4	4	N	4	N	3	4	4	3	4	11	38%		No	Discusión	1	11	1	3,45%												
3.2.1	5	4	5	4	5	1	2	3	3	3	4	2	3	4	4	3	3	3	5	4	4	5	4	N	3	4	4	3	4	11	38%		No	Discusión	0	12	-1	-3,45%												
3.2.2	5	4	5	4	5	2	2	4	4	4	5	3	4	4	4	3	3	4	5	5	4	5	5	N	2	4	4	4	4	13	45%		No	Discusión	1	8	6	20,69%												
3.2.3	5	3	3	3	4	3	4	4	4	5	5	5	4	5	4	3	4	4	5	2	3	3	4	N	5	4	4	1	4	12	41%		No	Discusión	1	7	6	20,69%												
3.2.4	5	3	3	3	5	4	2	4	4	3	4	4	3	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	N	5	4	4	5	3	16	55%		Si	Prioritario	1	11	6	20,69%												
3.2.5	3	4	3	3	5	2	3	4	4	4	4	3	3	4	4	4	5	4	4	2	4	2	4	5	5	5	4	2	4	14	48%		Si	Prioritario	2	11	5	17,24%												
3.2.6	3	3	4	3	N	3	3	3	4	4	4	2	N	N	4	2	4	3	4	2	N	4	4	N	0	4	3	1	4	11	38%		No	Discusión	0	8	3	10,34%												
3.3.2	4	4	4	3	3	5	5	4	4	5	4	2	3	5	3	5	4	4	4	4	3	4	4	N	2	4	3	1	4	14	48%		Si	Prioritario	0	14	0	0,00%												
3.3.4	5	5	5	3	4	5	4	3	4	4	4	5	5	5	5	5	3	3	3	5	5	5	4	5	5	4	4	1	4	14	48%		Si	Prioritario	0	6	8	27,59%												
3.3.6	5	5	4	3	5	5	4	5	4	3	4	4	5	5	5	5	4	3	3	5	5	5	4	5	4	4	5	2	4	14	48%		Si	Prioritario	1	9	6	20,69%												
3.4.1	5	5	5	3	4	5	5	4	4	5	3	3	4	4	5	4	3	4	2	4	5	4	3	N	5	4	5	4	3	10	34%		No	Discusión	1	10	1	3,45%												
3.5.1	5	5	4	3	5	4	4	3	4	3	5	4	3	3	4	5	4	5	4	4	5	5	4	N	5	4	5	3	4	12	41%		No	Discusión	3	11	4	13,79%												
3.5.2	3	5	5	3	4	4	2	N	3	3	4	4	3	N	N	5	4	5	4	4	3	N	4	N	3	4	4	2	4	10	34%		No	Discusión	0	9	1	3,45%												
3.5.3	3	5	3	3	4	5	3	5	4	5	4	5	4	4	5	4	5	5	2	4	5	4	5	3	4	5	3	5	13	45%		No	Discusión	2	7	8	27,59%													
3.5.4	5	5	3	4	4	3	3	3	3	4	5	4	3	3	5	5	4	5	5	4	5	5	3	N	5	5	5	2	3	12	41%		No	Discusión	4	8	8	27,59%												
3.6.1	5	5	5	4	5	5	2	5	5	4	5	2	4	4	4	5	4	5	5	5	5	4	5	N	0	5	5	5	4	17	59%		Si	Prioritario	1	19	-1	-3,45%												
3.6.2	5	5	5	4	5	5	3	5	5	5	5	2	4	4	N	5	4	5	5	5	5	5	5	N	5	5	5	4	20	69%		Si	Prioritario	1	5	16	55,17%													
3.6.3	5	5	3	4	5	5	3	5	5	5	5	4	3	4	4	5	4	5	5	3	5	5	N	4	5	5	4	4	16	55%		Si	Prioritario	29	0	45	100,00%													
3.6.4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	4	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	23	79%		Si	Prioritario	0	10	13	44,83%												
4.1.1	5	5	3	3	5	3	2	2	5	3	4	3	3	5	4	5	3	5	5	2	4	5	5	N	5	5	4	4	4	12	41%	42%	No	Discusión	1	12	1	3,45%	24,14%											
4.1.2	5	5	4	3	5	4	2	4	5	5	4	4	4	5	4	5	3	5	5	3	4	5	5	N	5	5	4	4	3	13	45%		Si	Prioritario	29	0	42	100,00%												
4.1.3	5	5	3	4	4	5	2	4	5	3	5	3	4	5	4	5	3	5	5	4	5	4	3	N	5	5	4	3	3	12	41%		No	Discusión	29	0	41	100,00%												
4.1.4	5	5	3	4	4	5	2	1	5	3	5	3	3	5	4	5	3	4	5	4	3	5	4	N	5	5	5	3	4	12	41%		No	Discusión	29	0	41	100,00%												
4.2.1	4	4	4	3	4	5	2	3	5	3	5	2	3	5	4	5	3	5	4	2	5	3	3	N	1	4	5	4	4	9	31%		No	Discusión	0	12	-3	-10,34%												
4.2.2	4	4	3	3	4	5	3	3	5	3	5	3	4	5	4	5	3	5	5	2	5	4	3	N	4	4	5	3	4	9	31%		No	Discusión	1	8	2	6,30%												
4.2.3	4	5	4	3	4	5	2	5	5	3	4	4	4	4	4	5	4	4	5	3	5	5	4	N	5	3	5	3	4	12	41%		No	Discusión	0	12	0	0,00%												
4.2.4	5	4	4	4	4	5	3	3	4	3	5	3	3	4	4	5	3	4	5	4	4	5	3	N	4	4	4	5	4	14	48%		Si	Prioritario	1	16	-1	-3,45%												
4.2.6	2	4	4	3	3	5	5	2	4	4	4	3	4	3	4	5	3	4	4	5	5	3	3	N	3	4	4	3	3	11	38%		No	Discusión	1	10	2	6,30%												
4.2.7	2	5	4	3	3	5	5	5	4	5	3	3	4	4	4	5	3	4	4	5	5	3	3	N	3	4	5	3	11	38%		No	Discusión	1	11	1	3,45%													
4.2.9	4	5	3	3	4	5	4	4	N	3	4	4	3	2	4	5	4	4	4	3	4	4	3	N	3	5	4	3	4	15	52%		Si	Prioritario	0	11	4	13,79%												
4.3.1	4	5	4	5	5	4	2	3	N	3	4	3	3	4	4	5	3	4	5	4	4	5	4	5	N	1	3	4	3	11	38%		No	Discusión	0	12	-1	-3,45%												
4.3.5	4	4	3	3	4	5	3	3	N	5	3	2	3	3	4	5	4	5	3	5	5	4	N	5	4	5	2	4	9	31%		No	Discusión	1	8	2	6,30%													
4.3.6	4	4	4	3	4	5	2	4	N	4	3	3	3	4	4	5	4	4	5	4	5	4	3	N	2	3	4	4	3	14	48%		Si	Prioritario	0	9	5	17,24%												
4.3.7	5	5	5	3	4	5	2	3	N	5	4	3	4	3	4	5	5	4	5	5	3	5	5	N	1	4	5	4	4	12	41%		No	Discusión	1	10	3	10,34%												
4.3.8	4	4	3	3	4	5	2	4	N	2	4	3	3	3	4	5	4	4	5	5	5	5	3	N	2	3	3	3	3	10	34%		No	Discusión	0	10	0	0,00%												

																														Consenso primera ronda con 29 expertos				Consenso tercera ronda 29 expertos							
	Antonio A. Oluchano	Zohaira Benito	Carlos A. Amozar	Piedad Carbon	Blanca Milena Calcedo	Verónica Ortega	Mauricio Suarez	Hilman Machado	Carlos A. Smith	Jorge Zapata	Eduardo Cordero	Fabio Cordero	Marcos	Barcel Buller	Rigoberto Rios	Camelini Zambrano	Yvian Yvian	Alcira	Walter	Conrado	Mena	Johan Luc Villa	Ilma Camacho	Campan	Rosario	Marcel	Alvaro E. Villamil	Marta Benita	Fabio Benito	Alicy Riera	Concepcion	Moda	fml	% Consenso	Promedio % Consenso	Prioritarios	Decisión	Er3	Sr3	fml-Er3-Sr3	R3
6.1.1	5	5	5	5	4	5	2	4	5	4	5	3	3	4	4	5	3	4	5	5	4	3	5	5	4	4	5	4	2	3	5	13	45%	39%	Si	Prioritario	0	16	-3	-10,34%	10,34%
6.1.2	4	5	5	5	4	5	4	4	4	4	3	3	4	4	5	3	4	5	3	4	5	4	5	4	N	3	5	5	2	3	4	12	41%	Si	Prioritario	0	15	-3	-10,34%		
6.1.3	5	5	5	3	4	5	3	4	5	4	4	2	4	4	3	5	3	3	5	5	4	5	3	N	2	3	5	2	4	4	5	9	31%	No	Discusión	4	4	3	31,03%		
6.2.1	4	5	5	3	4	5	2	5	5	5	5	3	3	4	5	4	3	4	4	5	3	4	3	N	2	4	4	1	3	4	9	31%	No	Discusión	2	6	5	17,24%			
6.2.2	3	5	4	3	4	5	3	5	5	5	5	3	4	4	5	4	4	4	4	3	3	5	4	5	2	4	4	1	4	4	12	41%	Si	Prioritario	1	5	8	27,59%			
6.3.4	4	5	3	4	5	5	4	5	4	3	4	3	5	5	4	4	3	3	4	5	5	5	5	N	3	4	5	1	4	5	11	38%	No	Discusión	2	10	3	10,34%			
6.3.5	4	5	3	4	5	5	4	3	4	3	4	2	5	5	4	4	4	3	4	3	5	5	4	5	1	4	5	1	5	4	11	38%	No	Discusión	1	13	-1	-3,45%			
6.4.1	5	5	3	3	4	4	2	5	5	5	5	5	4	4	5	3	5	5	3	5	3	5	3	5	5	5	4	4	4	4	5	13	45%	Si	Prioritario	0	6	7	24,14%		
6.4.2	5	4	4	3	4	4	N	4	5	5	4	4	3	4	5	5	3	5	5	3	4	4	5	N	5	5	5	2	5	5	12	41%	Si	Prioritario	2	7	7	24,14%			
6.4.4	3	4	N	3	N	4	3	4	4	5	4	4	3	3	5	5	3	5	5	4	4	4	5	4	N	0	4	5	3	5	4	10	34%	No	Discusión	1	12	-1	-3,45%		
6.4.5	3	5	4	3	N	4	2	3	4	5	4	4	4	4	5	5	3	5	4	2	4	4	5	2	4	4			5	4	12	41%	Si	Prioritario	2	12	2	6,90%			
6.4.7	4	5	3	3	5	5	4	3	4	5	4	4	3	N	5	5	4	4	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4	3	4	5	13	45%	Si	Prioritario	2	12	3	10,34%		
7.1.1.1	2	5	3	4	5	5	3	5	5	3	5	4	3	5	5	5	3	5	5	5	5	5	3	5	3	5	4	5	3	5	17	59%	48%	Si	Prioritario	0	11	6	20,63%	18,55%	
7.1.1.2	4	5	4	4	5	5	4	5	5	3	5	4	4	5	5	5	3	5	5	4	5	5	4	5	3	5	5	5	4	5	17	59%	Si	Prioritario	0	10	7	24,14%			
7.1.1.3	3	5	4	4	4	5	4	4	5	5	4	5	4	4	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	4	5	18	62%	Si	Prioritario	29	0	47	100,00%		
7.1.2.1	3	5	4	4	4	5	4	4	5	5	5	4	3	3	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	4	5	16	55%	Si	Prioritario	29	0	45	100,00%		
7.1.2.2	2	5	4	4	4	5	3	5	5	5	5	4	4	4	5	5	3	4	5	4	5	5	4	5	1	4	4	4	4	4	4	13	45%	Si	Prioritario	1	15	-1	-3,45%		
7.1.2.3	2	5	5	4	N	5	4	5	5	5	5	4	4	5	5	5	4	4	5	3	5	5	4	5	5	4	4	5	4	5	4	16	55%	Si	Prioritario	0	13	3	10,34%		
7.1.2.4	4	5	4	4	5	5	5	4	5	5	5	3	3	5	5	5	4	4	5	5	5	5	4	4	5	4	4	4	5	4	5	16	55%	Si	Prioritario	0	18	-2	-6,90%		
7.1.3.1	4	5	5	4	4	4	3	4	4	4	5	3	3	4	4	5	4	5	5	5	4	5	3	5	5	4	5	1	4	4	13	45%	Si	Prioritario	1	8	6	20,63%			
7.1.3.2	3	5	5	4	4	4	3	4	4	5	5	3	3	4	4	5	4	4	5	5	4	4	N	5	5	4	1	5	5	12	41%	Si	Prioritario	1	8	5	17,24%				
7.1.3.3	3	5	5	4	4	5	3	4	4	3	4	4	4	5	4	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	2	5	5	13	45%	Si	Prioritario	1	11	3	10,34%		
7.1.3.4	4	5	4	4	4	4	3	4	3	5	3	3	5	4	N	4	4	4	5	5	5	4	N	5	5	4	2	4	4	4	13	45%	Si	Prioritario	0	14	-1	-3,45%			
7.1.4.1	5	5	5	4	4	5	3	3	5	4	5	3	3	N	5	5	4	4	4	5	4	4	N	5	4	4	3	5	5	11	38%	No	Discusión	2	12	1	3,45%				
7.1.4.2	5	5	4	4	5	5	3	5	5	5	5	4	4	N	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4	5	5	21	72%	Si	Prioritario	1	10	12	41,38%			
7.1.4.3	5	5	5	4	5	5	4	4	5	5	5	4	5	4	5	5	4	3	5	5	5	5	4	4	5	5	4	5	4	5	18	62%	Si	Prioritario	0	18	0	0,00%			
7.1.5.1	4	5	5	4	4	4	5	5	5	4	5	4	4	3	4	5	4	4	4	5	5	4	4	5	4	5	4	5	4	4	16	52%	Si	Prioritario	0	18	-3	-10,34%			
7.1.5.2	4	5	5	4	5	5	4	4	5	5	5	3	4	5	4	5	4	5	5	4	4	5	4	5	4	5	4	5	5	5	16	55%	Si	Prioritario	29	0	29	100,00%			
7.1.5.3	5	5	4	4	5	5	3	5	5	5	5	4	5	4	4	5	5	4	5	5	4	5	4	5	5	5	5	5	5	5	20	69%	Si	Prioritario	0	16	4	13,79%			
7.1.5.4	4	5	5	4	4	5	3	4	4	5	5	5	3	5	4	5	4	3	5	4	5	4	5	4	5	5	5	4	4	5	16	55%	Si	Prioritario	29	0	29	100,00%			
7.1.5.5	4	5	4	4	5	3	4	4	5	3	5	5	4	N	N	5	4	4	4	4	4	5	4	4	5	5	5	4	4	4	15	52%	Si	Prioritario	0	12	3	10,34%			
7.1.5.6	5	5	4	4	5	4	5	5	3	5	4	5	4	5	4	5	4	4	5	5	5	4	5	4	4	5	4	5	4	5	14	48%	Si	Prioritario	1	16	-1	-3,45%			
7.1.6.1	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	4	5	4	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4	4	22	76%	Si	Prioritario	29	0	29	100,00%			
7.1.6.2	4	5	5	4	5	5	3	5	5	5	3	4	4	4	5	5	5	3	5	5	5	3	4	5	5	5	5	5	5	5	20	69%	Si	Prioritario	0	11	3	31,03%			
7.1.6.3	4	5	4	4	5	5	4	4	5	5	5	4	4	5	4	5	5	3	5	4	4	3	3	4	3	5	5	5	5	14	48%	Si	Prioritario	29	0	29	100,00%				
7.1.6.4	5	5	4	4	5	5	4	4	5	5	4	5	4	4	4	5	4	4	5	4	5	3	4	4	3	5	4	4	4	4	16	55%	Si	Prioritario	0	15	1	3,45%			
7.1.7.1	5	5	5	4	4	5	4	4	5	3	5	5	3	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	3	4	4	5	4	5	14	48%	Si	Prioritario	29	0	29	100,00%			
7.1.7.2	4	5	5	4	4	5	3	5	5	4	5	3	4	3	4	5	4	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	5	5	4	13	45%	Si	Prioritario	29	0	29	100,00%			
7.1.7.3	4	5	5	4	4	5	3	3	5	4	5	3	4	3	4	5	4	4	5	4	5	4	4	5	4	2	4	4	5	4	14	48%	Si	Prioritario	0	17	-3	-10,34%			
7.1.7.4	5	5	4	4	5	5	3	3	5	3	5	4	4	5	4	5	4	4	4	5	4	4	5	5	3	4	4	5	4	4	13	45%	Si	Prioritario	0	14	-1	-3,45%			
7.1.7.5	4	5	5	4	5	5	4	4	5	5	5	3	5	4	4	5	4	5	5	5	4	5	4	5	5	5	5	4	5	5	18	62%	Si	Prioritario	0	15	3	10,34%			

