COLEGIO
DE INGENIEROS
DE CHILE A.G.

LA FORMACIÓN DEL INGENIERO DE BASE CIENTÍFICA
PERFIL DEL INGENIERO DE REFERENCIA MUNDIAL

1. CONTEXTO

En la última década a nivel mundial se ha incrementado el interés por la movilidad profesional de los ingenieros. El número de países que cuentan con sistemas de acreditación de carreras de ingeniería para asegurar la calidad de la formación ha aumentado significativamente; muchos países se han incorporado a los acuerdos educacionales internacionales existentes. Estos acuerdos utilizan los sistemas de acreditación como mecanismos para el reconocimiento mutuo de la equivalencia sustancial de la formación recibida por los estudiantes, siendo ello garantía de que el titulado está preparado para el inicio del ejercicio profesional. Tal es el caso del Acuerdo de Washington, integrado por 21 países miembros plenos y administrado por la International Engineering Alliance (IEA). El perfil de egreso para la formación de los ingenieros que propone la IEA ha sido definido como el perfil de egreso de referencia mundial por la UNESCO y la WFEO (World Federation of Engineering Organizations, entidad que agrupa a más de 30.000.000 de ingenieros en el mundo).

Esta propuesta se refiere a la formación de ingenieros de base científica, caracterizada por una fuerte formación en matemáticas, ciencias básicas (por ejemplo física, química, biología) y ciencias de la ingeniería durante los primeros años de la carrera. La Ingeniería de base científica es aquella en la que el titulado diseña soluciones para problemas complejos utilizando conceptos y herramientas basadas en las ciencias de la ingeniería.

La IEA, en su documento titulado: “Graduate Attributes and Professional Competencies” en su versión 2021.1[1], define: La ingeniería es una actividad que es esencial para satisfacer las necesidades de las personas, el desarrollo económico y la prestación de servicios a la sociedad. La ingeniería implica el uso intencionado de las matemáticas y las ciencias naturales y de un cuerpo de conocimientos de las tecnologías y de las técnicas de ingeniería. La ingeniería busca producir soluciones cuyos efectos se prevén en contextos a menudo inciertos. Si bien trae beneficios, la actividad de ingeniería tiene potenciales efectos adversos. En consecuencia, la ingeniería debe llevarse a cabo de manera responsable y ética, utilizando los recursos disponibles de manera eficiente. Además, debe ser económica, debe salvaguardar la salud y la seguridad, ser ecológica y sostenible y, generalmente debe gestionar los riesgos a lo largo del ciclo de vida de un sistema.

La Ingeniería Civil, tal como se la entiende en Chile, es un caso particular de las ingenierías de base científica, que se caracteriza por la obtención de una Licenciatura en Ciencias de la Ingeniería como requisito para la obtención del título profesional. La licenciatura se otorga al haber cursado y aprobado los primeros cuatro años de estudios en un programa de ingeniería de base científica; el título se otorga luego de uno o dos años adicionales de estudio y es habilitante para el ejercicio profesional.

[1] Actualizado al 21 de junio de 2021

2. DEFINICIONES:

2.1. **Problemas complejos de ingeniería**: son aquellos que para ser resueltos requieren un conocimiento profundo de las ciencias de la ingeniería que considere la teoría, los fundamentos de la ingeniería necesarios en la especialidad, conocimientos especializados en la vanguardia de la disciplina y que involucran una o más de las siguientes características:

a) Asuntos técnicos de gran alcance;
b) No tienen una solución obvia y requieren de pensamiento abstracto, originalidad en el análisis para formular modelos adecuados;
c) Involucran problemas poco frecuentes;
d) Abordan problemas que no están cubiertos por los estándares y códigos de práctica de la ingeniería profesional;
e) Involucran varios grupos de interés con necesidades muy diversas;
f) Son problemas de alto nivel que incluyen muchos componentes o subproblemas, o
g) Tienen consecuencias significativas en un rango amplio de contextos.

2.2. **Perfil de egreso**: describe lo que se espera que los estudiantes sepan y sean capaces de hacer al momento de titularse de la carrera. La descripción se realiza en base a competencias, las que están conformadas por un conjunto de resultados de aprendizaje los que son esenciales para que los titulados puedan aplicar los conocimientos, habilidades, destrezas y actitudes necesarias en la práctica profesional. Las competencias del perfil de egreso se adquieren progresivamente a medida que el estudiante avanza en el plan de estudios.

2.3. **Resultados de aprendizaje**: se refiere a los conocimientos, habilidades y actitudes, individualmente evaluables, que cada unidad/módulo/asignatura del plan de estudios del programa de ingeniería se compromete a lograr en el estudiante.

2.4. **El grado de licenciado**: es el que se otorga a un alumno de una universidad u organismo académico equivalente que ha aprobado un programa de estudios que comprende todos los aspectos esenciales de un área del conocimiento o de una disciplina o especialidad determinada.

3. PROPUESTA DE FORMACIÓN DEL INGENIERO DE BASE CIENTÍFICA

Las competencias del perfil de egreso que se proponen a continuación se basan en un ***conjunto de conocimientos*** que los titulados deben adquirir durante su proceso formativo.

3.1. Conocimientos.

El plan de estudios debe proveer como mínimo los siguientes conocimientos para lograr las competencias del perfil de egreso indicadas en el punto 3.2. a continuación:

3.1.1. Una comprensión sistemática, basada en la teoría, de las ciencias básicas aplicables a la especialidad y conocimiento de ciencias sociales en consistencia con la misma.

Los programas de estudios de ingeniería, cualquiera sea su especialidad o mención, deben desarrollar en el titulado conocimientos y comprensión de las ciencias básicas, que corresponden al tratamiento de la física, la química, otras ciencias y/o materias que sustentan una amplia gama de especialidades de la ingeniería. Los objetivos de esta área son:

- Contribuir a la formación del pensamiento lógico-deductivo.
- Proporcionar a los titulados los fundamentos que les permitan enfrentar con éxito problemas que requieren de capacidad analítica e innovación.
- Proporcionar la preparación suficiente para actualizar y profundizar sus conocimientos.

En ciencias sociales se podrá considerar filosofía, antropología, historia, macroeconomía y artes, entre otros.

3.1.2. Matemáticas conceptuales, análisis numérico, estadística, análisis de información y aspectos formales de ciencias computacionales y de la información que soporten el análisis detallado y el modelamiento aplicable a la especialidad.

Los programas de estudios de los ingenieros, cualquiera sea su área de especialidad, deben incluir un contenido de las matemáticas, por provenir de ellas las herramientas fundamentales para la comprensión y posterior aplicación del resto de los conocimientos que se exige a los ingenieros. Es así, que los programas de estudio deben incluir a lo menos Algebra Lineal, Análisis Numérico, Probabilidades y Estadística, Cálculo Diferencial e Integral, Ecuaciones Diferenciales y Cálculo Avanzado con el nivel apropiado aplicado a cada especialidad de la ingeniería, así como también "Matemáticas Discretas" y "Algoritmos y Programación".

3.1.3. Una formulación sistemática, basada en la teoría, de los fundamentos de ingeniería requeridos en una especialidad.

Los fundamentos de la ingeniería consideran una formulación sistemática de conceptos y principios de ingeniería que se basan en las matemáticas y física, y cuando corresponda, en otras ciencias naturales, que proporcionan la base de conocimiento para las distintas especialidades. Son disciplinas relativas a los materiales, a las energías, a los sistemas y procesos y al medio ambiente, entre otras. Tienen el propósito de entregar la base conceptual y las herramientas de análisis para su utilización en el área de Ingeniería Aplicada. Por ejemplo, los programas de estudio conducentes al título de Ingeniero Civil en sus distintas especialidades, deben incluir asignaturas como las siguientes: Ciencia y Tecnología de los Materiales, Mecánica de Sólidos y Resistencia de Materiales (teoría y experimentación), Mecánica de Fluidos (teoría y experimentación), Termodinámica y utilización de la energía del calor (teoría y experimentación), Electromagnetismo y Electrotecnia, Ingeniería Ambiental, Ingeniería Económica y Financiera, Investigación de Operaciones con Programación Lineal y Dinámica entre otras asignaturas según requiera cada especialidad.

3.1.4. Conocimientos especializados de ingeniería que proporcionan los marcos teóricos y los conocimientos de las distintas áreas de cada especialidad de la ingeniería; muchos de los cuales están en la vanguardia de la especialidad.

La especialidad de la ingeniería incluye los fundamentos de la ingeniería mencionados en el párrafo anterior y otros adicionales. Amplían el conocimiento y permiten desarrollar modelos y métodos para conducir a aplicaciones y resolver problemas complejos, proporcionando la base de conocimiento para las distintas especialidades.

3.1.5. **Conocimiento que apoya el diseño y operaciones en ingeniería utilizando las tecnologías de la práctica de la especialidad de ingeniería. Esto incluye el uso eficiente de recursos, impacto al medioambiente, costo de vida del proyecto, reutilización de recursos, gestión de proyectos y conceptos similares.**

3.1.6. **Conocimiento del uso de tecnologías aplicadas en las distintas áreas de cada especialidad de la ingeniería.**

Uso eficiente de la tecnología como herramienta para la toma de decisiones y la optimización de procesos en distintos ámbitos.

3.1.7. **Comprensión del rol de la ingeniería en la sociedad y la identificación de situaciones en la práctica de la ingeniería, tales como: la responsabilidad profesional y social de un ingeniero en la seguridad pública y en el desarrollo sostenible.**

3.1.8. **Conocimiento de la literatura de investigación actualizada de la especialidad. Desarrollo del pensamiento crítico y enfoques creativos para evaluar los problemas emergentes.**

3.1.9. **Ética, comportamiento y conducta inclusiva, comunicación y trabajo en equipo y colaborativo.**

Conocimiento de la ética, responsabilidades y normas profesionales de la práctica de la ingeniería. Desarrollo de actitudes inclusivas y comprensión de la diversidad producto de etnia, género, edad, habilidad física, entre otros, considerando el respeto mutuo y desenvolviéndose eficazmente como individuo y como miembro o líder en equipos diversos. Se comunica y colabora utilizando múltiples medios de comunicación de manera clara e inclusiva con la comunidad de ingenieros, con equipos multidisciplinarios y con la audiencia objetivo en el curso de todas sus actividades. Comprende, escribe y presenta temas relevantes de su campo de acción ante una variedad de audiencias

3.2. Competencias del perfil de egreso.

Las competencias del perfil de egreso que se indican a continuación se definen de forma genérica y son aplicables a las ingenierías de base científica. Cada definición puede ser ampliada y dársele un énfasis particular en un contexto disciplinario específico mediante un perfil de egreso propio que considere el Modelo Educativo Institucional y la especialidad, pero esta definición no debe ser alterada en su esencia ni omitir sus elementos individuales.

3.2.1. **Conocimiento en Ingeniería:** Aplica conocimientos de matemáticas, ciencias básicas, computación, fundamentos de ingeniería y de una especialización de ingeniería, para la resolución de problemas complejos (relacionado por ejemplo con los conocimientos 3.1.1 a 3.1.4).

3.2.2. **Análisis de problemas:** Identifica, formula, busca literatura y analiza problemas complejos de ingeniería alcanzando conclusiones fundamentadas en el uso de principios de matemáticas, ciencias naturales y ciencias de la ingeniería con consideraciones para el desarrollo sostenible. (relacionado por ejemplo con los conocimientos 3.1.1 a 3.1.4).

3.2.3. **Diseño y desarrollo de soluciones:** Diseña soluciones para problemas complejos de ingeniería y diseña sistemas, componentes o procesos que satisfacen las necesidades identificadas, considerando aspectos de salud y seguridad pública, ciclo de vida del proyecto, huella de carbono, así como también de aspectos de recursos culturales,

sociales o ambientales, según se requiera (relacionado por ejemplo con los conocimientos del punto 3.1.5.).

3.2.4. **Indagación**: Conduce y participa en estudios de problemas complejos usando conocimientos basados en investigaciones y métodos de investigación, considerando la experimentación, el análisis e interpretación de datos, y sintetiza la información para llegar a conclusiones válidas (relacionado por ejemplo con los conocimientos del punto 3.1.8.).

3.2.5. **Uso de herramientas de apoyo**: Crea, selecciona, aplica y reconoce capacidades y limitaciones de las técnicas, los recursos disponibles, el uso de las tecnologías de la información, incluyendo predicción y modelamiento, en el diseño de soluciones a los problemas complejos de ingeniería (relacionado por ejemplo con los conocimientos de los puntos 3.1.2. y 3.1.6.).

3.2.6. **Ingeniería y Sociedad:** Analiza y evalúa el impacto para la sociedad, la economía y los impactos legales y ambientales de salud y seguridad que conllevan la práctica como ingeniero profesional en la búsqueda de soluciones para la solución de problemas complejos de ingeniería (relacionado por ejemplo con los conocimientos de los puntos 3.1.1 – 3.1.5 – 3.1.7)**.**

3.2.7. **Ética:** Aplica principios éticos y muestra actitudes de diversidad e inclusión, en los ámbitos profesional, tecnológico, de manejo de datos; y cumple con las normas de la práctica de la ingeniería (relacionado por ejemplo con los conocimientos del punto 3.1.9.).

3.2.8. **Trabajo individual y en equipo**: Se desenvuelve eficazmente como individuo y como miembro o líder en equipos diversos e inclusivos y en entornos multidisciplinarios presenciales y remotos (relacionado por ejemplo con los conocimientos del punto 3.1.9.).

3.2.9. **Comunicación:** Se comunica eficaz e inclusivamente en actividades complejas de ingeniería con la comunidad de ingenieros, con equipos multidisciplinarios y con la audiencia objetivo. Es capaz de comprender, escribir y presentar temas relevantes de su campo de acción ante una variedad de audiencias (relacionado por ejemplo con los conocimientos del punto 3.1.9.).

3.2.10. **Gestión y finanzas de un proyecto**: Conoce y comprende los principios de gestión de la ingeniería y de la toma de decisiones económicas correspondientes.

3.2.11. **Aprendizaje permanente:** Reconoce la necesidad y tiene la preparación y capacidad para el aprendizaje autónomo permanente; e incorpora creatividad, adaptabilidad y pensamiento crítico en el contexto de los cambios de escenarios tecnológicos (relacionado por ejemplo con los conocimientos del punto 3.1.8.).

COLEGIO
DE INGENIEROS
DE CHILE A.G.

4. CLASIFICACIÓN DE LAS COMPETENCIAS DEL PERFIL DE EGRESO SEGÚN CONOCIMIENTOS, HABILIDADES Y ACTITUDES A DESARROLLAR EN LOS ESTUDIANTES.

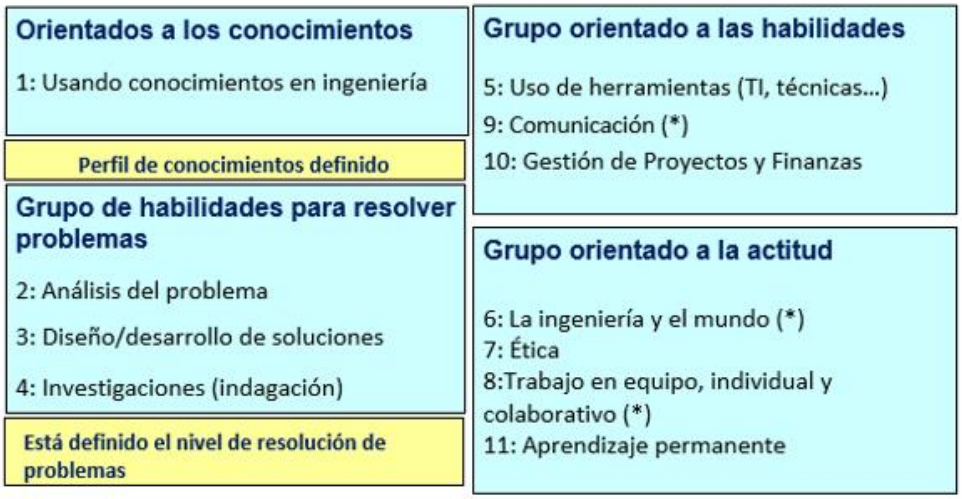

Figura 1: "Clasificación de las 11 competencias del perfil de egreso"
(*) referencia a los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible, ODS, de la ONU

5. EJEMPLO DE ASIGNATURAS DE MATEMÁTICAS, CIENCIAS BÁSICAS Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA.

Tabla 1: Ejemplo de asignaturas de matemáticas, ciencias básicas y ciencias de la ingeniería

Matemáticas y ciencias básicas	**Ciencias de la Ingeniería. Ejemplo de asignaturas tradicionales que proporcionan los fundamentos de la ingeniería. Dependen de la especialidad.**
1.- Introducción a la Matemática Superior	1.- Ciencia y Tecnología de los Materiales
2.- Cálculo Diferencial	2.- Mecánica de Sólidos
3.- Cálculo Integral	3.- Resistencia de Materiales
4.- Cálculo Multivariable	4.- Mecánica de Fluidos
5.- Ecuaciones Diferenciales	5.- Termodinámica y utilización de la Energía del Calor
6.- Álgebra Lineal	6.- Electrónica y Electrotecnia
7.- Probabilidades y Estadística	7.- Ingeniería Ambiental
8.- Introducción a la Física	8.- Ingeniería Económica y financiera
9.- Física - Mecánica	9.- Investigación de Operaciones con programación lineal y dinámica
10.- Electricidad y magnetismo	10.- Algoritmos y programación
11.- Ondas y Física Moderna	11.- Otras propias de cada especialidad
12.- Química	
13.- Geometría	
14.- Matemáticas discretas	

COLEGIO
DE INGENIEROS
DE CHILE A.G.

REFERENCIAS

Colegio de Ingenieros de Chile A.G. *Reglamento Calificación de Títulos Profesionales para admisión de socios activos (2020).* https://www.ingenieros.cl/reglamentos/

International Engineering Alliance (2021). *Graduate Attributes and Professional Competencies version: 2021.1.*
https://www.ieagreements.org/assets/Uploads/Documents/IEA-Graduate-Attributes-and-Professional-Competencies-2021.1-Sept-2021.pdf