



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

# **Estrategia de Innovación en Educación en Ingeniería**

**Universidad Nacional de Colombia**

**Facultad de Minas**

**Medellín, Colombia**

**2017**

***“En Colombia el modelo de formación en ingeniería se manifestó en la orientación dada a La Escuela Nacional de Minas de Medellín: instrucción simultánea sobre los principios científicos y su aplicación práctica, liderazgo en los negocios y racionalismo económico; la institución se constituyó en un centro de formación de los cuadros directivos de la industria y la política regional y nacional”.***

***En: Mayor Mora Alberto. Ética, Trabajo y Productividad en Antioquia. Una interpretación sociológica sobre la influencia de la Escuela Nacional de Minas en la vida, costumbres e industrialización regionales. TM Editores. Cuarta edición. 2005***

Equipo Gestor:

Juan Manuel Vélez Restrepo

Doctor en ingeniería

Profesor Asociado

Departamento de Materiales y Minerales

Pedro Nel Benjumea Hernández

Doctor en ingeniería

Decano Facultad de Minas

Profesionales de Apoyo

Karem Johanna Castro Peláez

Ingeniera Química

Diana Carolina Ríos Echeverri

Ingeniera Administradora

## Tabla de Contenido

<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>4</b>
<b>INTRODUCCIÓN Y PRESENTACIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1. El escenario Actual para el ejercicio de la Ingeniería. ....</b>	<b>4</b>
<b>1.2. Innovación en educación en Ingeniería.....</b>	<b>8</b>
<b>1.3. Descripción de la estrategia en la Facultad de Minas .....</b>	<b>9</b>
1.3.1 Promover Nuevos Métodos de Enseñanza / Aprendizaje:.....	9
1.3.2. Formación Interdisciplinar y Flexibilización del Currículo.....	10
<b>CAPITULO II .....</b>	<b>11</b>
<b>ANTECEDENTES Y TENDENCIAS DE LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1. Evolución de la Estructura Curricular .....</b>	<b>12</b>
<b>2.2. La Educación en Ingeniería como campo de estudio.....</b>	<b>16</b>
<b>2.3. Nuevas Pedagogías: Aprendizaje Basado en Problemas y Proyectos.....</b>	<b>19</b>
2.3.1. Antecedentes internacionales en Universidades.....	22
2.3.2. Otras experiencias internacionales y nacionales .....	28
<b>CAPITULO III .....</b>	<b>30</b>
<b>IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRATEGIA.....</b>	<b>30</b>
<b>3.2. Aprendizaje Basado en Proyectos y en Problemas .....</b>	<b>30</b>
3.2.1. Antecedentes y Estructura Actual.....	30
3.2.2. Nueva estructura de los Cursos de Proyectos en Ingeniería .....	32
<b>3.2.2.1. Periodos Académicos y oferta de cupos.....</b>	<b>34</b>
<b>3.2.2.2. Tipologías de Proyectos. ....</b>	<b>36</b>
<b>3.2.2.3. Plan de temas y Contenido detallado de los cursos.....</b>	<b>39</b>
3.4.1. Cursos Complementarios y Transversales .....	56
3.4.2. Ética en Ingeniería .....	56
<b>REFERENCIAS CITADAS.....</b>	<b>57</b>

# **CAPÍTULO I.**

## **INTRODUCCIÓN Y PRESENTACIÓN DEL PROYECTO**

### **1.1. El escenario Actual para el ejercicio de la Ingeniería.**

El escenario para la práctica de la ingeniería ha cambiado de forma rápida e irreversible en las últimas décadas. La relevancia de la tecnología y la innovación en el crecimiento económico durante las últimas décadas ha promovido la utilización de los términos “*sociedad del conocimiento*” y “*economía de la innovación*” para describir la dinámica socioeconómica actual (David and Foray 2002).

El concepto de sociedad del conocimiento se sustenta en: 1) una acelerada producción de conocimiento; 2) la expansión del capital intangible en el plano macroeconómico; 3) la innovación, convertida en actividad económica dominante y 4) la revolución de los instrumentos del saber, materializados en las tecnologías de la información y la instrumentación de la ciencia (David and Foray 2002).

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD 1996) define la sociedad o economía basada en el conocimiento como aquella en la que el conocimiento y la información son los motores de la productividad y el crecimiento económico; por otro lado, Powell y Snellman (2004) la definen como la producción de bienes y servicios basados en actividades intensivas en

conocimiento, que aceleran el avance científico y tecnológico al tiempo que generan su rápida obsolescencia.

En la práctica, hay una mayor dependencia de las capacidades intelectuales que de los insumos físicos o recursos naturales; esas capacidades científicas y tecnológicas están presentes en todo el proceso productivo: el laboratorio de investigación y desarrollo (I + D), el proceso de fabricación y la interfaz con los clientes. Estos cambios se reflejan en el aumento de la participación relativa del producto interno bruto atribuible al capital “intangible”. En esta visión se advierte una conexión directa con las potencialidades de innovación de una sociedad; esto es, el progreso económico y social de los países, así como el éxito empresarial dependen de la eficiencia y eficacia con la cual el conocimiento tecno-científico es producido, transferido, difundido e incorporado a los productos y servicios (Reis 2004). Las actividades desarrolladas en la ingeniería son un potencial para generar capacidades científicas y tecnológicas acumulables, en individuos, empresas y regiones (Malpas 2000).

Según (Auyang 2006) las capacidades se apoyan en cuatro componentes fundamentales:

- ✓ **capital intelectual** formado por teorías, patentes, algoritmos, ciencia;
- ✓ **capital humano**, basado en conocimientos y habilidades de científicos, ingenieros y técnicos;
- ✓ **capital físico** formado por maquinaria e infraestructura y
- ✓ **capital social**, entendido como la organización de los sistemas industrial, educativo, de investigación, entre otros.

Las grandes transformaciones tecnológicas y los acelerados cambios políticos, económicos y culturales, experimentados por la sociedad en el último medio siglo, son los generadores de los nuevos escenarios del ejercicio de la ingeniería. Como resultado de esos procesos socio-técnicos, los campos de acción para el ejercicio de la ingeniería se han ampliado:

1. *El ingeniero Técnico o Profesional de ingeniería.* Dedicado a la dirección de procesos productivos, a la gestión de proyectos tecnológicos o al diseño y la construcción de obras.
2. *El ingeniero de Investigación, o de I+D.* Este es otro campo bien reconocido en las naciones industrializadas y que empieza a ganar importancia en otros contextos socioeconómicos, que abre puertas al I+D+i+a (investigación, desarrollo, innovación, adaptación).

3. *El Ingeniero en cargos administrativos o de dirección estratégica.* La gestión, tanto en las organizaciones privadas y públicas, como en los sus propios proyectos de emprendimiento, requieren del ingeniero capacidades para la dirección.
4. *El Ingeniero consultor.* Dedicadas a la gestión de proyectos, procesos y productos, su fortaleza estará identificada en el conocimiento tácito, propio de la práctica profesional (saber hacer, saber quién y saber cómo). Este es un campo de acción que mueve grandes recursos humanos y económicos en el mundo.
5. *El profesor de Ingeniería.* Un campo de acción, vital para la profesión en el actual contexto, es la formación de nuevo recurso humano.

El ingeniero del futuro debe ser capaz de actuar como gestor de la innovación y emprendedor, con capacidad para dirigir una empresa, elaborar planes de negocio, desarrollar estrategias de marketing y generar crecimiento económico. Para lograr este perfil profesional es necesario desarrollar nuevos conocimientos y habilidades en los ingenieros; esto demanda cambios importantes en los programas de estudio de todo el mundo, que deberán centrarse cada vez más en el desarrollo sostenible, la internacionalidad y los enfoques interdisciplinarios.” (Fuchs 2012)

Desde hace varias décadas en **Colombia** se debate sobre estrategias económicas y sociales que le permitan salir del escenario caracterizado por la dependencia tecnológica, la venta de materias primas sin valor agregado, el empleo mal remunerado o informal y los altos índices de pobreza e inequidad (CEPAL-SEGIB 2010). Si a este escenario se le suma una lucha armada de más de cinco décadas entre el Estado y diferentes actores políticos y militares, el panorama resultante no es menos que desolador.

El contexto nacional actual, marcado por los acuerdos de paz, ya firmados, y la reducción de la lucha armada, plantea retos y oportunidades en diferentes temáticas relacionadas con la generación de condiciones para el desarrollo económico, político y social del país. Como lo afirma Álvarez (2016), “en un escenario de posconflicto el desarrollo local surge como una opción complementaria a las políticas de paz a escala nacional, para recuperar el territorio y a sus pobladores mediante la planificación del territorio”. Esta alternativa toma relevancia en el sector agrícola colombiano, el mayor afectado por la violencia”.

Para alcanzar una transformación social sustentable es fundamental reconocer la necesidad del cambio tecnológico y su capacidad de impactar positivamente los procesos productivos, como una componente esencial para la mejora de la competitividad y el desarrollo socioeconómico. Según Kim, los procesos de *cambio tecnológico* en los países en vía de desarrollo deben ser enfocados a la obtención y el mejoramiento de las *capacidades tecnológicas* más que a la producción de innovaciones en la frontera de la tecnología; se hace referencia al aprendizaje de la utilización, adaptación y perfeccionamiento de tecnologías ya existentes en el contexto global (Kim 2001).

El proceso de adquisición de capacidades tecnológicas involucra diferentes actores; sector empresarial, el Estado y el sistema académico como formador de recurso humano, técnico, profesional y de investigación; sin un esfuerzo coordinado entre los protagonistas del sistema de ciencia, tecnología e innovación, el avance será incierto. Como lo expresa la CEPAL, las capacidades tecnológicas se pueden analizar desde tres dimensiones: “la base disponible (recursos humanos, infraestructura, “calidad” del entorno), los esfuerzos realizados para el incremento y consolidación de las capacidades (adquisición de conocimiento en sus diversas formas, I+D, entre otras) y los resultados logrados a partir de las capacidades existentes (patentes, tasa de innovación y contenido tecnológico de las exportaciones) (CEPAL 2007).

Es así que la ingeniería colombiana tiene la gran responsabilidad de liderar los procesos de *cambio* tecnológico necesarios para el desarrollo en el contexto presente del país, ya que es considerada el puente entre la ciencia y la tecnología, y entre la tecnología y la innovación (Malpas 2000). Sin embargo, la importancia de la ingeniería no corresponde solo a sus capacidades de investigación y transferencia de conocimiento; la formación de recurso humano es una categoría del desarrollo en la que la ingeniería tiene un papel fundamental. Estos elementos, por lo tanto, generan retos para la compleja estructura curricular, cultural y organizacional de la educación en ingeniería.

En este terreno se requieren cambios importantes: nuevos métodos de enseñanza aprendizaje, currículos más flexibles y atractivos para la juventud, mayor conexión entre los sistemas educativo y productivo, entre otros. Es necesario promover el reconocimiento de la educación en ingeniería como área estratégica dentro de las facultades de ingeniería, más allá de la perspectiva de actividad marginal de algunos docentes y especialistas. Estos elementos son vitales para la formación de líderes, maestros, y egresados que actúen como agentes promotores de la innovación en su espacio laboral y en su convivencia ciudadana, en lugar de ingenieros manipuladores de información.

## **1.2. Innovación en educación en Ingeniería**

Durante los últimos cincuenta años se han producido un considerable número de diagnósticos, estudios y prospectivas sobre la educación en ingeniería a cargo de paneles de expertos utilizando diferentes metodologías. Algunas conclusiones identificadas en todos esos estudios son:

- ✓ La necesidad de hacer una reingeniería de los procesos de enseñanza y aprendizaje utilizados en la educación en ingeniería;
- ✓ Reconocer la práctica de la ingeniería y la investigación en ingeniería como campos de acción igualmente importantes para el profesional;
- ✓ Superar la visión reducida que identifica la ingeniería con una disciplina o una ocupación.

Sin embargo, a pesar de la consciencia de requerir un nuevo norte para la educación en ingeniería, evidenciada en las recomendaciones, propuestas y advertencias contenidas en esos estudios, la estructura de la formación en ingeniería ha permanecido inalterada en el último siglo (White 1940). El profesional egresado, tiene un perfil tradicional, diseñado para desarrollar tareas “técnicas” asociadas a un campo disciplinar específico, o a una ocupación.

La formación profesional basada en las ciencias de la ingeniería y en los cursos propios de una especialidad es un modelo limitado para la formación del ingeniero del siglo XXI; no confiere al egresado las actitudes y habilidades que el actual escenario mundial exige en la práctica de la ingeniería. El profesional se enfrenta a un contexto laboral caracterizado por la alta competitividad y regido por la innovación, en un planeta con un crecimiento exponencial de la población y con gran fragilidad ambiental.

Como lo advierte la UNESCO, uno de los problemas y desafíos internos más serios que enfrentan las universidades e instituciones de educación es la disminución del interés de los jóvenes en la ingeniería como una opción profesional, en la mayoría de los países del mundo. Esto tendrá un grave impacto en las capacidades nacionales en ingeniería, necesarias para enfrentar los retos de reducción de la pobreza, desarrollo sostenible y los demás objetivos de desarrollo del milenio (ODM) en los países en desarrollo (BOKOVA 2010). Es imperativo hacer transformaciones que garanticen la innovación permanente en el sistema de educación en ingeniería.

En el contexto actual, el concepto de innovación aplica tanto a la obtención de nuevos productos, como a la mejora de procesos, productos, servicios y a la

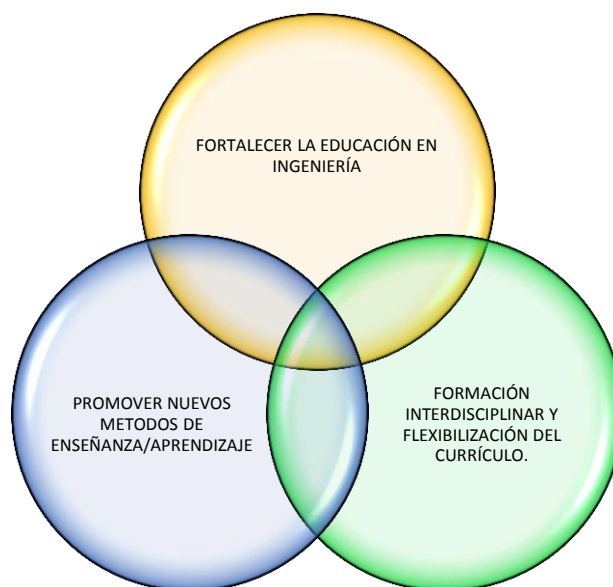


gestión en las empresas y organizaciones. La incursión de las universidades en el terreno de la innovación tecnológica es reciente; ésta siempre fue considerada una actividad propia del sistema empresarial, no incluida en las funciones del quehacer académico (Salvat and Navarra 2009). Las instituciones de educación superior están en mora de incorporar la innovación a sus principios y fines, a las funciones misionales y a su estructura organizacional. Específicamente, en los procesos de formación de profesionales e investigadores hay tres grandes campos de acción: 1) la renovación curricular y las estrategias pedagógicas; 2) la investigación sobre educación en ingeniería y 3) la estructura organizacional académica (Salvat and Navarra 2009, STREVELER and SMITH 2006).

### **1.3. Descripción de la estrategia en la Facultad de Minas**

La propuesta de innovación de la educación en ingeniería en la Facultad de Minas sigue las tendencias internacionales y nacionales; está constituida por tres elementos principales, estrechamente relacionados, como se ilustra en la figura 1.

**Figura 1. La estrategia de innovación en educación en ingeniería.**



#### **1.3.1 Promover Nuevos Métodos de Enseñanza / Aprendizaje:**

La exploración de nuevas pedagogías, que vinculen el currículo con la sociedad, la industria y la investigación, siempre será bienvenida. En lo que relacionado con

este componente, la estrategia inicia con la reestructuración de los cursos de Seminario de Proyectos en Ingeniería, establecidos en 2009 e incluye el desarrollo de facilidades para la aplicación de estas y otras metodologías activas de enseñanza/aprendizaje. Estos cursos son el resultado de largas y profundas discusiones sobre la necesidad de generar competencias en la formulación, ejecución y evaluación de proyectos en los egresados de ingeniería.

### **1.3.2. Formación Interdisciplinaria y Flexibilización del Currículo.**

La estructura académica definida por la Universidad Nacional en el Acuerdo 033 del Consejo Superior Universitario de 2007 considera que el estudiante dispone de un 20% de cursos de libre elección. Ese componente curricular constituye una oportunidad para el diseño de cursos transversales que generen competencias profesionales, personales e interpersonales de apoyo a todos los programas de pregrado de la Facultad, y de otros programas de la Sede.

## **CAPITULO II**

# **ANTECEDENTES Y TENDENCIAS DE LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA**

De acuerdo con los escenarios internacional y nacional actuales, en los que se desarrolla el ejercicio de la ingeniería, se requiere un nuevo norte para la educación en ingeniería que proporcione a los graduados competencias transversales, adicionales a las disciplinares de cada énfasis profesional:

- ✓ Capacidad de entender la dinámica del sistema socioeconómico actual: económico, político, tecnológico, humano, ambiental y ético.
- ✓ Fuertes habilidades en comunicación, trabajo en equipo, integración de conocimiento.
- ✓ Competencias en la gestión de recursos físicos y humanos.
- ✓ Actitudes de liderazgo, ética y aprendizaje para toda la vida.

El diagrama de la figura 2 muestra las competencias que requiere el profesional de ingeniería para hacer frente a los retos impuestos por la nueva sociedad; como se observa las capacidades profesionales están acompañadas de un conjunto de competencias complejas, en gran medida asociadas a las actitudes del individuo y de difícil desarrollo con los métodos convencionales de enseñanza aprendizaje.

Para responder a estos retos es necesario hacer modificaciones a la estructura utilizada en la formación del ingeniero (currículos, contenidos, métodos). La formación debe centrarse en metodologías de aprendizaje activo, en las cuales el estudiante es el centro y actor principal del proceso de aprendizaje. Entre ellas se

destacan: Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), Aprendizaje Basado en fenómenos, Aprendizaje Significativo a través de la Resolución de Problemas (ASARP), Videojuego y simulación, Aprendizaje cooperativo – colaborativo, Aprendizaje Basado en Proyectos (ABPy), entre otras (Savin-Baden 2007).

**Figura 2. Competencias y actitudes del profesional de ingeniería**



## **2.1. Evolución de la Estructura Curricular**

La formación en ingeniería ha evolucionado continuamente como consecuencia de los diferentes modos de producción asociados al desarrollo socio económico; desde el modo de producción agrícola y minero, pasando por las diferentes revoluciones tecnológicas hasta llegar a la actual sociedad del conocimiento, la profesión ha sido “moldeada” para ajustarse a las necesidades de la sociedad.

En la primera fase de su desarrollo ingeniería fue proyectada para atender la demanda de la agricultura y la mecánica; ese fue su origen en las escuelas francesas y americanas. El currículo fue estructurado por cursos técnicos para generar habilidades para la solución de problemas muy específicos: topografía,

estructuras, túneles, dibujo técnico, hidráulica, fabricación metalmecánica, entre otros.

En los inicios del siglo XX la ingeniería fabril fue impactada por el debate sobre la producción industrial introducido por las teorías de Taylor, relacionadas con la administración del trabajo, la seguridad industrial y el método científico; en ese periodo el currículo de ingeniería buscaba generar fortalezas en la utilización de las técnicas, con una reducida aplicación de matemáticas; su énfasis era el diseño guiado por códigos y métodos, bien definidos en manuales de ingeniería. Los profesores eran, normalmente, procedentes de la industria o con un fuerte vínculo con la práctica de la ingeniería (Seely 1995, Prados. 1998, Issapour and Sheppard 2015).

Los años posteriores a la segunda guerra mundial, décadas de los 50s y 60s, trajeron transformaciones profundas para la educación en ingeniería. Los desarrollos tecnológicos basados en la ciencia impulsaron el cambio de paradigma en la educación en ingeniería, donde la formación práctica dio lugar a una estructura curricular con énfasis en matemáticas, ciencias naturales y las llamadas ciencias de la ingeniería (termodinámica, materiales, mecánicas de sólidos y de fluidos). Esta estructura curricular, presente en la mayoría de los programas de ingeniería, pretendió que la fuerte fundamentación en matemáticas y ciencias estuviera “conectada” con la práctica de la ingeniería, o sea con el diseño, la simulación y el modelamiento, etc. Para algunos autores, sin embargo, el currículo terminó convertido en un programa de ciencia aplicada que intenta cumplir con los mínimos requisitos exigidos por las agencias de acreditación.

Este diseño curricular ha generado un continuo debate sobre su utilidad en el contexto socio tecnológico actual; numerosos estudios de análisis y prospectiva realizados a lo largo de varias décadas, principalmente en Estados Unidos, han cuestionado su conveniencia en la formación de ingenieros:

- ✓ En primer lugar, la disminución de los cursos de diseño en las fases inicial y final de programa ha sido vista con preocupación. Esos cursos fueron la piedra angular de los programas dado que en ellos se establecía la conexión entre los fundamentos y la práctica de la ingeniería para dar al estudiante una experiencia más cercana al ejercicio profesional (CRANCH 1986).
- ✓ En segundo lugar, según el National Research Council de Estados Unidos, se ha enfatizada la necesidad de incluir un conjunto complejo de habilidades no técnicas esenciales, como la comunicación escrita y oral, la planificación y la gestión técnica de proyectos (incluida la gestión del propio trabajo y

carrera del individuo), carente en la mayoría de los planes de estudios (Haddad 1985).

Una década después, el estudio titulado *Engineering Education: Designing an Adaptive System* hizo un llamado sobre la necesidad de realizar cambios “revolucionarios” en la educación en ingeniería para garantizar el futuro de la profesión, en un contexto global y cambiante; exhortó a las instituciones para que desarrollen sus propias fortalezas y replanteen la estructura curricular y los métodos utilizados en la formación y dejó algunas recomendaciones, de gran actualidad y que contribuyen a pensar la educación en ingeniería como un sistema flexible (Pister 1995). A continuación, se enumeran algunas de ellas:

- ✓ Un currículo único, rígido, no permite preparar al recién egresado de ingeniería para todas las alternativas que el entorno ofrece: a) ejercer como profesional, b) ingresar a estudios de posgrado e investigación en ingeniería y c) realizar estudios de posgrado en otros campos. Al contrario, se requiere un currículo flexible, que ofrezca opciones: formarse en una disciplina en particular; obtener una formación general que le permita realizar estudios de posgrado; o una opción de investigación, que le permita ingresar a un programa doctoral.
- ✓ Los métodos de enseñanza y aprendizaje utilizados en ingeniería son considerados críticos en ese estudio: la adopción de métodos de aprendizaje activo, trabajo en equipo, seminarios, estudio de casos, aprendizaje basado en proyectos, entre otros son más motivadores que la tradicional clase magistral.
- ✓ La estructura de las instituciones es un aspecto que dificulta la adaptación de las facultades de ingeniería a los fuertes y rápidos cambios económicos y sociales. El trabajo interdisciplinario se dificulta por las barreras creadas por las unidades de la organización basadas en disciplinas: escuelas, departamentos o facultades.
- ✓ El estudio también advierte sobre la necesidad de alcanzar un equilibrio entre las actividades realizadas por los profesores: docencia, investigación y consultoría; la actividad docente tiene riesgos de pasar a un segundo plano debido a que los incentivos estimulan la generación de productos académicos como publicaciones indexadas e informes de asesorías y consultorías.

La situación de las universidades de investigación fue analizada en el estudio realizado por la Commission Boyer (2004) impulsado por Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching. Aunque el informe no discute los contenidos de los planes de estudio, propone estrategias valiosas para estructurar la formación de pregrado, entre ellas: 1) implementar el aprendizaje basado en preguntas e investigación, desde el primer año, que esté relacionado con la práctica de la ingeniería y que fortalezca los métodos de aprendizaje autónomo; 2) remover las barreras para la educación interdisciplinaria, generadas por las estructuras organizacionales; y 3) establecer cursos basados en proyectos para el último semestre y promover el sentido de comunidad en los estudiantes.

La enseñanza del diseño en ingeniería también ha sido un tema de estudio. Según Iroyuki Yoshikawa, la educación en diseño desde el punto de vista disciplinar o departamental (química, mecánica, eléctrica, civil, etc.), a través de la aplicación de métodos analíticos que relacionan la teoría y la práctica en campos específicos, restringe el desarrollo de habilidades transversales con la síntesis (el diseño, la planeación, la innovación, la gestión, entre otras) no presentes en las metodologías convencionales de ingeniería; en este modelo el método de la síntesis se adquiere con el ejercicio de la profesión. El autor sugiere que la metodología general de diseño debería ser un área transversal a todos los programas de ingeniería (Yoshikawa 2004).

Durante varios años diferentes organizaciones de ingeniería han postulado sus visiones sobre el futuro de la educación para el año 2020 y posteriores. El liderazgo, la sostenibilidad, el aprendizaje para toda la vida, el enfoque global, las habilidades de comunicación, entre otras competencias aparecen como esenciales en esos estudios prospectivos (Duderstadt J. , 2008; ASME. American Society for Mechanical Engineering, 2008; American Society of Civil Engineers ASCE, 2007; Killgore, 2014).

Las exigencias del ingeniero del siglo XXI en Inglaterra, de cara a las necesidades de la industria, se consideran integradas por dos conjuntos convergentes de capacidades, que están en el mismo nivel de importancia: el **dominio técnico**, que incluye la formación teórica, la aplicación práctica y la creatividad e innovación, debe conjugarse con el **dominio social**, relacionado con capacidades de comunicación, trabajo en equipo y habilidades para los negocios (Spinks, Silburn and Birchall 2006). El camino sugerido para atender estos requerimientos es incentivar los cursos que contemplan una componente práctica de proyectos y negocios y fortalecer la relación entre universidad – industria.

The Royal Academy of Engineering (RAENG) 2007, afirma que los límites disciplinarios heredados del siglo XIX están siendo trasgredidos por nuevas industrias y disciplinas, tales como la ingeniería médica, la nanotecnología, la biotecnología y, obviamente, por los rápidos desarrollos en tecnologías de información. Las tecnologías emergentes exigen perfiles, cada vez interdisciplinarios (King 2007).

Finalmente, es importante destacar la Visión de la Universidad de Princeton (“Engineering for a Better World: A Vision for Princeton,” 2004):

*“Durante demasiado tiempo, la educación tradicional de la ingeniería se ha caracterizado por enfoques y métodos estrechos y específicos de cada disciplina; por un currículo inflexible centrado exclusivamente en la educación de los ingenieros (en contraposición a todos los demás estudiantes); con énfasis en el esfuerzo individual, en lugar de proyectos de equipo, y con poco aprecio por el contexto social de la tecnología. En general, en la enseñanza de la ingeniería no se ha hecho hincapié en habilidades de comunicación y liderazgo, que a menudo obstaculizan la eficacia de los ingenieros en la aplicación de soluciones. La ingeniería es percibida por gran parte de la comunidad como especializada e inaccesible, y se considera a los ingenieros como un gran grupo homogéneo, apartado de sus compañeros de clase en las humanidades, ciencias sociales y ciencias naturales”.*

La evolución del currículo en ingeniería ha generado tendencias globales que promueven la modificación de la estructura curricular y de las pedagogías de enseñanza en la ingeniería. Se destacan las estrategias centradas en el aprendizaje activo, en las que se destacan el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) y el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABPy). (Savin-Baden 2007, Dym, et al. 2005).

## **2.2. La Educación en Ingeniería como campo de estudio**

Es ampliamente reconocido que el modelo económico actual tiene fuerte dependencia del conocimiento científico y la innovación tecnológica. La ingeniería, como eslabón clave en los procesos de la innovación y desarrollo tecnológico, es un componente estratégico para avanzar hacia la construcción de una sociedad en la que se armonicen el desarrollo sustentable, el avance tecnológico y la calidad de vida de la sociedad. Esta afirmación tiene mayor validez en el contexto de los países con déficit en el desarrollo socioeconómico, que presentan fuerte dependencia de los avances tecnológicos logrados en las naciones industrializadas, en las cuales las capacidades tecnológicas constituyen



la base de generación de riqueza y calidad de vida. El papel de la ingeniería en este contexto ha generado preocupación en diferentes actores de la sociedad como gremios económicos, universidades, asociaciones de profesionales y líderes en educación.

De acuerdo con lo discutido anteriormente (numeral 2.1), la educación en ingeniería ha tenido una respuesta lenta frente a las demandas generadas en las transformaciones propias del desarrollo político, económico y tecnológico, principalmente en el periodo posterior a la segunda guerra mundial (1939 – 1945). La aplicación del conocimiento de las matemáticas y las ciencias a la creación productos, dispositivos, procesos o a la gestión de sistemas tecnológicos es un concepto muy limitado en el contexto real del acelerado crecimiento socioeconómico actual. Las definiciones tradicionales sobre la ingeniería y su rol en la sociedad han limitado sus objetivos y alcances y le resta posibilidades como plataforma de creación, transmisión y transferencia de conocimiento.

Un punto de vista integral concibe la práctica de la ingeniería como una actividad creativa e ingeniosa insertada en el contexto social y consciente del efecto de sus decisiones en los campos económico, humano y ambiental. La profesión se ha transformado de una concepción lineal, centrada en el análisis y solución de problemas, a un enfoque sistémico, en red, colaborativo e interdisciplinario. En conclusión, hay un nuevo escenario que impone la generación de nuevas competencias y conocimientos en el ejercicio de la profesión.

Diversos estudios sobre la estructura “tradicional” de la educación en ingeniería en el mundo coinciden en la necesidad de hacer cambios en los fundamentos y métodos de enseñanza de la ingeniería (J. J. Duderstadt 2008, Killgore 2014, Pister 1995). En general, los expertos académicos, industriales, asociaciones de profesionales exponen tres grandes razones que impulsan el cambio:

- ✓ La reducción de la vocación profesional de los estudiantes hacia carreras en ingeniería. La forma como la sociedad, en general, percibe la naturaleza de la ingeniería, ayuda a explicar esta falta de preferencia. Se asocia a los ingenieros con la industria convencional, la defensa, la aeronáutica, entre otras, donde las disciplinas tradicionales tienen su nicho de aplicación. No obstante, han surgido nuevas áreas de aplicación de la ingeniería, con campos de gran futuro por su aplicación en las nuevas tendencias del desarrollo científico y tecnológico, entre ellas se destacan la nanotecnología, la biotecnología, las tecnologías de la información y comunicaciones y la logística, entre otras; asimismo, hay un gran espacio para la ingeniería en áreas como la salud, la calidad de vida y el medio

ambiente. La próxima generación de ingenieros tendrá como desafío encontrar soluciones a los problemas de población, energía, medio ambiente, alimentos, agua, control al terrorismo, vivienda, salud y transporte. Estos problemas requieren conocimientos multidisciplinarios, pensamiento sistémico y una comprensión de las cuestiones sociales.

- ✓ La formación de ingenieros debe cambiar al ritmo de las demandas de la fuerza laboral en ingeniería, en el contexto internacional. Esto es, además de las habilidades analíticas, que son bien provistas por el sistema educativo actual, las empresas quieren ingenieros con pasión, con aptitudes para innovar, capaces de entender el actual contexto empresarial de la ingeniería, caracterizado por la innovación, la interdisciplinaridad y el trabajo en entornos multiculturales.
- ✓ La alta deserción de estudiantes es otro factor al que no se le ha dado la importancia suficiente y es de gran preocupación. A menudo se pueden atribuir a problemas con la enseñanza y asesoría en el primer y segundo año, cuando los estudiantes tienen poco contacto con ingeniería. Se necesita atención para mejorar la enseñanza y el apoyo a los estudiantes durante este periodo. Es importante atraer y retener a los estudiantes que son creativos y tienen habilidades de liderazgo y comunicación, no sólo las habilidades en matemáticas y ciencias son importantes.

En las instituciones de educación superior recae la mayor parte de la responsabilidad para llevar a cabo las mejoras requeridas en la educación en ingeniería. La problemática es compleja y exige acciones en diferentes frentes del gran espectro de la formación en ingeniería: flexibilización en los planes de estudio; mayor interacción entre la facultad y el estudiante; nuevas pedagogías; estrechar la relación enseñanza – investigación, entre otras.

La gestión del cambio ha conducido a la creación de programas especializados y a la creación de unidades académicas (Departamentos) en educación en ingeniería (BENSON, et al. 2010). Los enfoques principales están en cursos abiertos a todos los programas, cátedras, seminarios, prácticas, entre otros.

A continuación se presentan algunos referentes internacionales que muestran la tendencia de creación de unidades académicas para fortalecer el conocimientos sobre los procesos de formación de ingenieros e investigadores:

**Purdue University, School of Engineering Education**

<https://engineering.purdue.edu/ENE>

**The OHIO State University, The Department of Engineering Education (EED),**

<https://eed.osu.edu/undergraduate>

**Virginia Tech University. The Department of Engineering Education**

<http://www.enge.vt.edu/>

**The Engineering and Science Education Department at Clemson University**

<http://www.clemson.edu/cecas/departments/ese/>

**University of South of California - USC Viterbi School's Division of Engineering Education.**

<http://viterbi.usc.edu/academics/dee/>

**Aalborg University. UNESCO Chair in Problem Based Learning in Engineering.**

<http://www.ucpbl.net>

**Chalmers University of Technology. Department of Applied Information Technology.**

<http://www.chalmers.se/en/departments/ait/Pages/default.aspx>

Una compilación de la información sobre Departamentos, Centros, programas de posgrado y diplomas es presentada en el sitio WEB

[http://engineeringeducationlist.pbworks.com/w/page/27610307/Engineering%20Education%20Departments%20and%20Programs%20\(Graduate](http://engineeringeducationlist.pbworks.com/w/page/27610307/Engineering%20Education%20Departments%20and%20Programs%20(Graduate)

### **2.3. Nuevas Pedagogías: Aprendizaje Basado en Problemas y Proyectos**

Las metodologías de Aprendizaje Basado en Problemas (ABPs) y Aprendizaje Basado en Proyectos (ABPy), pretenden organizar los procesos de aprendizaje de una forma que involucre activamente a los estudiantes para encontrar respuestas por sí mismos.

El concepto que identifica estas metodologías tiene referencias en la filosofía Clásica y China. Sócrates cuestionaba a sus aprendices para activar lo que él llamaba conocimiento latente; Confucio, por su parte, expresó la importancia del

aprendizaje activo en las siguientes líneas: *"Dime y lo olvidaré; mostrarme y me acordaré; involucrarme y lo entenderé"*. Expresiones más recientes de estas estrategias se encuentran en conceptos como *'Learning by Doing'*, *'Experimental Learning'*, y *'Student-centred-learning'*, que muestran la búsqueda constante de estrategias de aprendizaje efectivas (Savin-Baden 2007).

La estrategia **ABPs** tienen su origen en la Universidad de McMaster's en Canadá. Las prácticas realizadas durante la residencia en la Escuela de Medicina generaban gran entusiasmo en los estudiantes, en comparación con la actitud que se tenía en las clases teóricas (Barret 2005, Kolmos, Kuru, et al. 2007). El aprendizaje fue sacado del aula de clase y movido a un escenario de la vida real (Gavin 2011)

Es *"un enfoque centrado en el aprendiz que faculta a los estudiantes a investigar, integrar la teoría y la práctica, y a aplicar conocimiento y habilidades para desarrollar una solución viable a un problema definido"* (Savery 2006). El uso de ABPs se extendió rápidamente en la educación médica y en otras disciplinas como el derecho y la ingeniería. El problema que el estudiante desea resolver, es el motor del ABP y el punto de partida del proceso de aprendizaje; permite desarrollar capacidad de trabajo en equipo, habilidades de resolución de problemas y liderazgo dentro de un marco, en el que el estudiante tiene el control de lo que necesita y debería aprender (De Graaff and Ravesteijn. 2001). Entre las características clave del método están (Gavin 2011):

- ✓ Considera preguntas no estructuradas (*ill-structured*) y complejas, basadas en escenarios del mundo real.
- ✓ Hay aprendizaje activo centrado en el estudiante.
- ✓ El aprendizaje se logra con pequeños grupos de trabajo considerando y revisando problemas con múltiples soluciones (*open-ended*).
- ✓ El docente es un facilitador, y
- ✓ La autoevaluación aumenta la eficacia.

Por su parte, el **ABPy** surge en Dinamarca en los años 70, resultado sinérgico de la creación de nuevas universidades, movimientos estudiantiles y demandas de la industria sobre el perfil del egresado. En la estrategia ABPy se identificaron seis principios fundamentales del aprendizaje: orientación por problemas, organización por proyectos, integración de teoría y práctica, trabajo en equipo, interdisciplinaridad y autocontrol de la participación (Barge 2010)

Las características clave en los procesos de Aprendizaje Basado en Proyectos son las siguientes (Harmer 2014):

- ✓ **Aprender haciendo:** poner la teoría en práctica.
- ✓ **Problemas del mundo real:** se busca una conexión entre la academia y la realidad, social, política y ambiental. Adicionalmente, el problema debe ser complejo y admitir diversas respuestas y soluciones.
- ✓ **El tutor como una guía:** se ve al docente como un facilitador o mentor que ayuda a los estudiantes en su proceso de aprendizaje, con un menor control por parte del tutor, los estudiantes se ven en la necesidad de tomar mayor responsabilidad de su proceso de aprendizaje.
- ✓ **La interdisciplinariedad:** se espera que la investigación cubra más de una disciplina.
- ✓ **Trabajo en equipo y colaborativo:** busca desarrollar habilidades como la comunicación, la planeación y el trabajo en equipo, la colaboración puede incluir incluso pares externos a la academia.
- ✓ **Un producto terminado:** este es un factor distintivo del enfoque ABPy, el tipo de resultado varía según las disciplinas, pero es deseable algún tipo de artefacto o producto terminado.

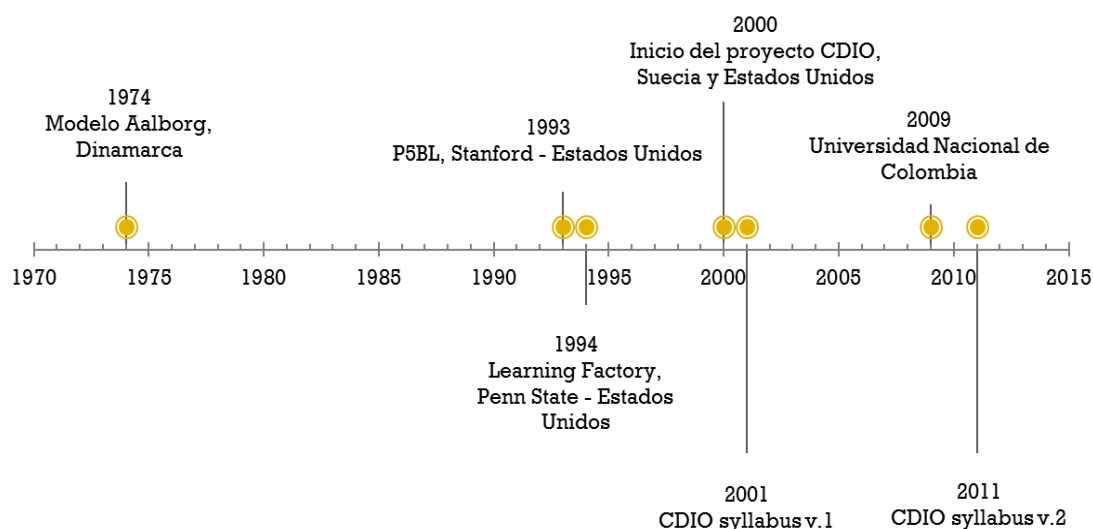
El **ABPy** refleja, en general, el modo de acción propio del ejercicio profesional de la ingeniería, es decir frente a un problema complejo o una oportunidad, se responde con una estrategia de proyecto, basado en situaciones del mundo real; y se propician experiencias de aprendizaje en las que el estudiante identifica, encuentra y usa los recursos apropiados. El trabajo se realiza en equipo, preferiblemente interdisciplinario; el aprendizaje es activo, integrado, acumulativo y conectado con el mundo real; se desarrollan habilidades de comunicación, dentro y fuera del equipo de trabajo.

El ABPy se asume como un proceso de enseñanza aprendizaje centrado en el estudiante, donde aplica conocimientos básicos, profesionales y transversales para gestionar la solución de problemas reales. Lo anterior brinda a los alumnos la oportunidad de presentar sus propias soluciones en proyectos de ingeniería y les permite tener confianza en la propuesta y realización de proyectos de trabajo dentro de la disciplina ingenieril escogida por ellos (Chandrasekaran, et al. 2012).

### 2.3.1. Antecedentes internacionales en Universidades

El modelo de aprendizaje basado en problemas y proyectos que se ha implementado en los cursos de Seminario de Proyectos I, II y III de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, y que se pretende potenciar con le presente proyecto tiene diversos referentes y antecedentes internacionales, cuyos principios se describen a continuación (Figura 3).

**Figura 3. Modelos pedagógicos de referencia**



(elaboración propia)

#### 2.3.1.1. Modelo pedagógico de la Universidad de Aalborg: aprendizaje basado en problemas y proyectos

Desde su fundación en el año 1974, la Universidad de Aalborg tuvo un gran interés por dar a los estudiantes un rol activo en su proceso de adquisición y creación de conocimiento, y por redefinir el rol del docente en el proceso de aprendizaje; en razón de esto, planteó un modelo pedagógico de aprendizaje basado en problemas y proyectos, conocido como el Modelo Aalborg (Barge 2010).

Dicho modelo, tiene como punto de inicio la formulación de un problema, a partir del cual los estudiantes trabajan bajo un marco interdisciplinario en equipos que son supervisados desarrollando un proyecto que responda al problema

formulado. La propuesta educativa de la Universidad de Aalborg se rige por nueve principios que apuntan a una transformación del paradigma educativo, los cuales se presentan en la Tabla 1.

Desde el nivel institucional, se elige un tema que guía la formulación del problema y el trabajo del proyecto, el cual puede ser fijo para todo un programa curricular o puede variar semestre a semestre. Durante el período académico los estudiantes asisten a cursos de estudio, cursos de proyecto y desarrollan este último en equipo con otros compañeros, cuyas características se describen a continuación

- ✓ Los **cursos de estudio** introducen a los estudiantes en patrones de pensamiento, teorías, habilidades y conocimiento fundamental de la disciplina o profesión
- ✓ Los **cursos de proyecto** están directamente relacionados con el tema del semestre y el trabajo del proyecto de los estudiantes, quienes los eligen según la relevancia que estos tengan para su trabajo durante el semestre.

Teniendo como base el tema del semestre, se plantean problemas en conjunto con entidades externas que dan soporte a la implementación del Modelo Aalborg.

Con este modelo educativo los estudiantes desarrollan habilidades de gestión, síntesis y construcción de conocimiento; en tanto son capaces de evaluar, integrar y aplicar conocimiento no explícitamente incluido dentro del currículo académico.

**Tabla 1. Principios del modelo pedagógico de Aalborg – Aprendizaje basado en problemas y proyectos**

<p><b>1. Visión educativa</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compromiso y visión institucional con el modelo de aprendizaje basado en problemas y proyectos.</li> <li>• La visión institucional rige el desarrollo de los programas y currículos.</li> </ul>
<p><b>2. Currículo</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El modelo pedagógico orienta el diseño de los programas curriculares, específicamente, respecto al vínculo entre teoría y práctica.</li> <li>• Cada programa considera "cursos de estudio" y "cursos de proyecto". Aproximadamente el 75% de los créditos del semestre son de "cursos de proyecto" y trabajo en el proyecto mismo.</li> </ul>
<p><b>3. Estudiantes</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los estudiantes tienen un nivel alto de motivación y responsabilidad personal por su aprendizaje.</li> <li>• Desarrollan habilidades de gestión y son capaces de lidiar con conflictos propios del trabajo colaborativo. Se caracterizan por tener un claro compromiso por la mejora, el análisis crítico y la realimentación constructiva.</li> </ul>
<p><b>4. Facultad</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los miembros de la Facultad tienen la responsabilidad de adaptar y desarrollar continuamente el modelo pedagógico de la Institución.</li> <li>• Tienen un rol fundamental en el desarrollo de los temas semestrales que guían la formulación de problemas y el trabajo de los proyectos de los estudiantes.</li> </ul>
<p><b>5. Evaluación de estudiantes</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se evalúa el rendimiento de los estudiantes y la efectividad de los programas.</li> <li>• Se hace una evaluación formativa, con el propósito de desarrollar habilidades en los estudiantes para dar realimentación a otros y evaluar su propio progreso.</li> </ul>
<p><b>6. Recursos</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se provee un espacio físico adecuado para el trabajo en grupo de los estudiantes.</li> <li>• A cada equipo de trabajo se le proporciona un espacio de trabajo para el semestre, pudiendo ser salones individuales o salones grandes dividido en espacios de trabajo.</li> <li>• Se proveen recursos tecnológicos y suscripciones a bases de datos académicas.</li> </ul>
<p><b>7. Administración del programa</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La administración de los programas es descentralizada, orientada por los miembros de Facultad.</li> <li>• Para cada programa se tiene un coordinador de semestre.</li> </ul>
<p><b>8. Relaciones externas</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se mantienen relaciones y contactos con empresas, entidades sociales, agencias gubernamentales, fundaciones y otras instituciones académicas.</li> <li>• Se dispone de políticas y estructuras para manejar derechos de propiedad intelectual y confidencialidad. Las conexiones con organizaciones externas permiten la participación de expertos y su acompañamiento a las soluciones propuestas.</li> </ul>
<p><b>9. Investigación educativa</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La institución realiza investigación educativa sobre la implementación, adaptación y resultados del modelo pedagógico basado en problemas y proyectos.</li> </ul>

Fuente: Tomado de “*Principles of Problem and Project Based Learning*” (Barge 2010).



### **2.3.1.2. Fábrica del Aprendizaje – “Learning Factory”**

La Fábrica del Aprendizaje tuvo sus inicios en 1994 en Estados Unidos, con la participación de la Universidad de Pennsylvania, la Universidad de Puerto Rico-Mayagüez, la Universidad de Washington, el Laboratorio Nacional Sandia y 24 socios corporativos más.

La iniciativa surge a partir de que en los años 50 el currículo de ingeniería se tornara más abstracto, con mayor énfasis en el cálculo y la ciencia. De igual forma, el desarrollo de la simulación computacional reemplazó la realización de prototipos físicos de funcionamiento; así, los estudiantes utilizaban menos tiempo “haciendo” ingeniería y dependían en mayor medida de las estimaciones computacionales. Lo anterior llamó la atención sobre la necesidad de que las universidades tuvieran un mayor balance entre la ciencia y la práctica de la ingeniería.

La Fábrica del Aprendizaje se fundamenta en el aprendizaje activo, colaborativo y basado en problemas, sus iniciadores se plantearon la misión de “*integrar el diseño, la manufactura y las realidades de los negocios en el currículo de ingeniería*” a través de (Lamancusa, et al. 2008):

- ✓ **Instalaciones para el aprendizaje activo:** con ambientes de aprendizaje propicios para realizar prototipos y diseño.
- ✓ **Un currículo basado en la práctica:** considerando el balance entre el conocimiento analítico y teórico, y el diseño, la manufactura y los negocios.
- ✓ **Asociaciones con la industria:** siendo este un elemento clave para el éxito y la sostenibilidad de la Fábrica de Aprendizaje, mediante conferencias de invitados y patrocinadores de proyectos, quienes ofrecen tutorías en cuanto a aspectos técnicos y no técnicos de los proyectos.

### **2.3.1.3. P5BL – Universidad de Stanford**

El Laboratorio de P<sup>5</sup>BL (Problema, Proyecto, Producto, Proceso y Personas) inició en 1993 en el Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad de Stanford (Fruchter and Lewis. 2003).

P<sup>5</sup>Bl es una metodología de enseñanza y aprendizaje que se enfoca en actividades basadas en problemas y proyectos que generan un producto para un cliente. Esta iniciativa funciona como un curso o clase que se toma entre enero y mayo, es ofrecida a arquitectos, ingenieros estructurales y constructores de universidades

de Estados Unidos, Europa y Japón; tiene como objetivo ofrecer una experiencia académica colaborativa, con compañeros de diferentes ubicaciones geográficas, donde el trabajo en equipo, especialmente el aprendizaje interdisciplinario, es clave para este modelo educativo.

La actividad central es construir un proyecto a partir de un programa, un presupuesto, un lugar, un tiempo de entrega y un propietario; para esto, en el primer trimestre el enfoque es en el desarrollo del **concepto** y el segundo en el desarrollo del **proyecto**. Se progresa desde un diseño conceptual hasta un modelo computacional de la propuesta y un reporte final.

Entre sus características distintivas se encuentran: el enfoque sobre un problema, el modelo pedagógico basado en el aprendizaje situacional; el aprendizaje interdisciplinario y el acompañamiento de tutores, tal como se presenta en la Tabla 2.

**Tabla 2. Características del modelo P5BL**

<b>Problema</b>	Se parte de un problema indefinido ( <i>open-ended</i> ).
<b>Aprendizaje situacional</b>	El modelo pedagógico se basa en la teoría del aprendizaje situacional, el cual da un mayor enfoque a la participación efectiva en prácticas de investigación y discursivas que incluyan la construcción de conceptos y significados, y el uso de habilidades.
<b>Aprendizaje interdisciplinario</b>	Se forman equipos de tres disciplinas diferentes (arquitectura, ingeniería y construcción), con estudiantes de diferentes universidades de Europa, Estados Unidos y Japón.
<b>Tutorías</b>	Juegan un rol fundamental para dar soporte a los estudiantes y realimentación respecto a los proyectos, cada estudiante debe reunirse con por lo menos dos tutores de su disciplina.

Fuente: Tomado de (Fruchter and Lewis. 2003)

#### **2.3.1.4. CDIO – Estrategia Global**

El desarrollo y la implementación del enfoque CDIO inició con tres universidades suecas y una estadounidense: Chalmers University of Technology (Chalmers) en Göteborg, the Royal Institute of Technology (KTH) en Stockholm, Linköping University (LiU) en Linköping — y Massachusetts Institute of Technology (MIT) en Cambridge, Massachusetts, Estados Unidos; y se ha expandido a más de 100 universidades alrededor del mundo (E. F. Crawley, et al. 2014).

La iniciativa CDIO surgió a partir de la necesidad de re-pensar y re-diseñar los programas de educación en ingeniería, ya que ésta se enfocaba en la “ciencia de la ingeniería” y en general, la mayoría de estudiantes graduados tenían falencias respecto a habilidades requeridas en situaciones del mundo real. Ante esto, varias compañías crearon una lista de habilidades deseables en sus ingenieros y educadores de las universidades mencionadas, asumieron el reto de reformar la educación en ingeniería. Como resultado surgió la iniciativa CDIO. A partir de la cual se construyó una estrategia para que los ingenieros graduados tuvieran la capacidad de:

*Concebir – Diseñar – Implementar – Operar - (CDIO)*

*Sistemas de ingeniería complejos y con valor agregado - (Técnico)*

*En un ambiente moderno basado en equipo - (Interpersonal)*

*Siendo individuos maduros y reflexivos - (Personal)*

En 1997 empezó la labor de planear la estrategia e identificar habilidades que eran deseables en los ingenieros; en el 2001 “nació” la primera versión de la iniciativa CDIO *syllabus, v. 1.0* (E. Crawley 2001); en el año 2011 se propuso la segunda versión CDIO *syllabus v. 2.0* (E. F. Crawley, et al. 2011).

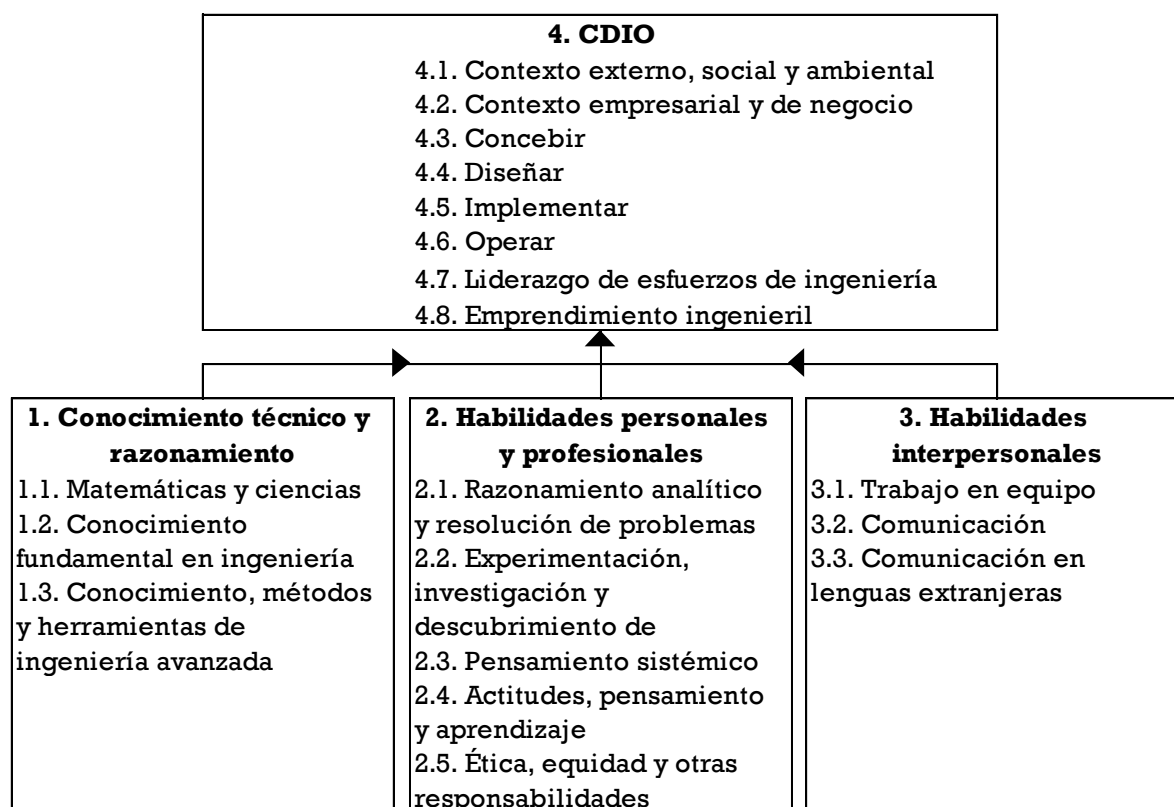
De esta forma, se concibió una estructura de cuatro niveles, tres orientados a conocimientos, habilidades y actitudes que fundamentan o dan soporte a las actividades de Concebir – Diseñar – Implementar – Operar sistemas de ingeniería, tal como se presenta en la Figura .

- ✓ **“Concebir”** se orienta a un diseño conceptual de alto nivel a partir del mercado o de una oportunidad e incluye la ingeniería del sistema y la gestión del proyecto de desarrollo;
- ✓ **El “diseño”** incluye aspectos del proceso de diseño, así como el diseño disciplinario, multidisciplinario y multi-objetivo.
- ✓ **La “implementación”** incluye los procesos de software y hardware, testeo y verificación, así como el diseño y la gestión del proceso de implementación.
- ✓ **La “operación”** involucra aspectos desde el diseño y la gestión de operaciones, la mejora y soporte del ciclo de vida del producto, así como la planeación de la disposición final; los cursos sirven como plataforma para poner en funcionamiento y operación proyectos en alianza con entidades externas de darse la posibilidad de recibir recursos para tal fin.

El propósito específico de la estrategia CDIO ha sido crear una lista clara de objetivos para la educación en ingeniería que sirvan de base para formular objetivos de aprendizaje, diseño de currículos y esquemas de evaluación del aprendizaje (E. F. Crawley, et al. 2011).

La Figura 4 presenta la estructura CDIO, una combinación compleja de conocimientos científicos y técnicos, habilidades personales y profesionales y actitudes interpersonales.

**Figura 4. Niveles de la estructura CDIO (primer y segundo nivel)**



Fuente: adaptación de *The CDIO Syllabus v2.0. An Updated Statement of Goals for Engineering Education* (E. F. Crawley, et al. 2011).

### 2.3.2. Otras experiencias internacionales y nacionales

#### **Buck Institute for Education (BIE)**

En el Buck Institute for Education (BIE), nuestra mayor prioridad es ayudar a los maestros a preparar a los estudiantes para tener vidas exitosas. Hacemos esto enseñando a los maestros cómo usar el Aprendizaje Basado en Proyectos en todos los cursos y niveles de formación. Como una organización sin fines de lucro impulsada por la misión, el BIE crea, reúne y comparte prácticas y productos de

instrucción de ABPy de alta calidad y proporciona servicios altamente efectivos a maestros, escuelas y distritos. [https://www.bie.org/about/what\\_pbl](https://www.bie.org/about/what_pbl)

## **Edutopia**

El aprendizaje basado en proyectos es un enfoque dinámico de la enseñanza en el que los estudiantes exploran problemas y retos del mundo real. Con este tipo de aprendizaje activo y comprometido, los estudiantes se inspiran para obtener un conocimiento más profundo de los temas que están estudiando.

<https://www.edutopia.org/project-based-learning>

## **West Virginia Department of Education**

Cuando los estudiantes participan en el Aprendizaje Basado en Proyectos (PBL) enfocado en estándares, trabajan en equipos para experimentar y explorar problemas, preguntas, problemas y retos relevantes del mundo real. Derivado de ese proceso deben crear presentaciones y productos para compartir lo que han aprendido. El papel del maestro es de entrenador, facilitador, guía, consejero o mentor; No se trata de dirigir y gestionar todo el trabajo del alumno. Los proyectos bien diseñados que cumplen con los criterios PBL difieren de las actividades, o incluso proyectos, que han sido tradicionales en el aula.

<https://wvde.state.wv.us/teach21/pbl.html>

## **Colombia: Universidad ICESI,**

Aprendizaje Activo y Implementación de CDIO en Colombia.

[http://www.cdio.org/files/document/file/m3c2\\_ulloa\\_167.pdf](http://www.cdio.org/files/document/file/m3c2_ulloa_167.pdf)

## **Universidad Javeriana,**

## **Escuela de Ingeniería de Antioquia, EIA**

## **CAPITULO III**

# **IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRATEGIA**

### **3.2. Aprendizaje Basado en Proyectos y en Problemas**

#### **3.2.1. Antecedentes y Estructura Actual**

El objetivo general de los cursos de Proyectos de Ingeniería fue cubrir los campos de formación relacionados con liderazgo, comunicación efectiva, gestión de proyectos, trabajo en equipo, formación de líderes y maestros; en lugar de ingenieros manipuladores de información. Una formación con esta visión deberá mejorar el perfil del egresado y, con certeza, aumentará la motivación para ingresar a programas de ingeniería (Kolmos, Du, et al. 2008).

La manera de implementar la metodología de trabajo por proyectos dentro de los programas de ingeniería, ha tenido variantes en función de los contextos culturales y organizacionales. Esta metodología puede ser aplicada a un curso o a una parte específica del mismo, a un área o componente del currículo o, a un programa curricular (Kolmos, Holgaard and Dahl 2013, Harmer 2014, Gerhart and Fletcher. 2011).

La inclusión de esta componente curricular en los planes de estudio de pregrado de la Facultad de Minas, tuvo como objetivo general inculcar valores personales (éticos, sociales y ambientales) y desarrollar competencias profesionales, transversales y esenciales, en la formación del ingeniero del siglo XXI y posteriores. La estrategia para lograr ese objetivo fue implementar un espacio

académico donde el estudiante debe enfrentar los retos reconocidos en el ejercicio de la profesión de ingeniería, entre los que se destacan:

- ✓ Identificar y plantear problemas, necesidades y oportunidades (PNO)
- ✓ Formular proyectos en el campo de la ingeniería y plantear la factibilidad técnico económica.
- ✓ Desarrollar un ejercicio de puesta en marcha de un proyecto, que incluya los componentes: gestión, financiero, económico, social, ambiental, normativo y legal.
- ✓ Trabajar en ambientes colaborativos e interdisciplinarios
- ✓ Expresar sus argumentos y conceptos, de manera clara por medios orales, escritos, gráficos;
- ✓ Identificar y medir los impactos ambientales, sociales y políticos derivados de los proyectos de ingenierías.

Para la estructuración del grupo de asignaturas, se tuvo en cuenta que el Acuerdo 033 de 2007 del Consejo Superior Universitario, establece que el programa curricular de ingeniería lo conforman tres grandes componentes identificados como fundamentación, formación disciplinar o profesional y libre elección. Bajo el concepto de que la capacitación en Proyectos de Ingeniería es parte esencial del componente disciplinar (profesional), se creó la agrupación de Seminario de Proyectos en Ingeniería que ofrece tres cursos distribuidos en las diferentes etapas de la formación del ingeniero, para los doce (12) programas de pregrado de la Facultad de Minas. Algunos elementos importantes que sustentan esta estructura son:

- ✓ La búsqueda de soluciones a problemas originados en la industria y en las comunidades (o la identificación de necesidades y oportunidades), a través de la formulación de proyectos lleva al estudiante, y al profesor, al terreno de las preguntas no estructuradas, abiertas, complejas y con múltiples soluciones;
- ✓ El desarrollo de competencias transversales requiere periodos prolongados en la vida académica;
- ✓ Es deseable que el estudiante tenga una aproximación a la solución de problemas reales desde los inicios de su programa curricular;
- ✓ La capacidad de trabajo en equipo y la interdisciplinaridad fueron considerados como un sello del egresado;

La agrupación actual comprende tres cursos obligatorios, con los objetivos que se indican en la Tabla 3.

**Tabla 3. Objetivos de los cursos actuales de Seminario de Proyectos en Ingeniería - SPI**

<b>Asignatura y créditos</b>	<b>Objetivos</b>
<b>SPI 1</b>  (3)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identificar y plantear problemáticas, problemas, necesidades u oportunidades (PNO) con base en el análisis de las necesidades de desarrollo de una comunidad.</li> <li>2. Utilizar información y conceptos elaborados autónomamente en la solución de problemas.</li> <li>3. Generar capacidades de trabajo en ambientes colaborativos e interdisciplinarios</li> <li>4. Mejorar la capacidad de argumentación oral y escrita</li> </ol>
<b>SPI 2</b>  (3)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Conocer los métodos de Formulación de proyectos en el campo de la Ingeniería teniendo en cuenta los elementos propios de la metodología de proyectos</li> <li>2. Desarrollar capacidades para la evaluación de proyectos en los tópicos financiero, económico y de mercado, ambiental y político.</li> <li>3. Generar capacidades de trabajo en ambientes colaborativos e interdisciplinarios</li> </ol>
<b>SPI 3</b>  (4)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Desarrollar capacidades gerenciales y de diseño de plantas industriales.</li> <li>2. Realizar evaluaciones financieras y de riesgos de proyectos enfocados en la fabricación de productos de consumo masivo y productos tecnológicos.</li> <li>3. Generar capacidades de trabajo en ambientes colaborativos e interdisciplinarios</li> </ol>

### **3.2.2. Nueva estructura de los Cursos de Proyectos en Ingeniería**

A partir del estudio de la literatura sobre la estrategia de Aprendizaje Basado en Problemas y Proyectos en los programas de formación en ingeniería, a nivel internacional, y del análisis de los resultados de los cursos de Seminario de Proyectos en Ingeniería presentes en la malla curricular de los 12 programas de pregrado que ofrece la Facultad de Minas desde enero de 2009, cuando se implementó el Acuerdo 033 de 2007; se propuso hacer una reingeniería de la agrupación de enseñanza de proyectos en sus diferentes dimensiones: nombres,



objetivos, contenidos y metodologías utilizadas, estrategia de operación y evaluación de resultados, la cual se presenta a continuación.

Se espera que en esta nueva etapa se consolide el uso de las metodologías activas en los procesos enseñanza/aprendizaje y se generen beneficios para la Institución, adicional a las competencias transversales en la formación de los ingenieros, como:

- ✓ La disminución de la deserción en los inicios del programa, atribuida por algunos autores al distanciamiento entre teoría y práctica en la estructura curricular de ingeniería y a la falta de conexión entre los contenidos de los cursos básicos y los problemas reales que enfrenta la práctica de la ingeniería (Froyd & Ohland, 2005).
- ✓ La vinculación del estudiante de pregrado a los proyectos de investigación y extensión;
- ✓ La identificación de temas trabajo dirigido de grado,
- ✓ Facilitar el acceso a los programas de posgrado.
- ✓ Abrir las puertas al emprendimiento desde el pregrado y acercar al futuro egresado a la realidad de la vida laboral.

Se propone que la estrategia de los cursos de Proyectos en Ingeniería de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional tenga dos objetivos, el desarrollo de habilidades en la gestión de proyectos y la formación en diseño en ingeniería.

El primer propósito busca consolidar la formación en gestión de proyectos, en cada una de las fases del ciclo de vida del proyecto: Identificación, Formulación, Presupuesto, Implementación, Evaluación y Cierre (informe).

El segundo propósito hace referencia al reconocimiento del diseño como una componente sustancial de la ingeniería; se hace énfasis en el diseño conceptual, la toma de decisiones, los criterios de sostenibilidad y el uso de herramientas avanzadas en el proceso de diseño.

Para la actualización del modelo metodológico es necesario redefinir los objetivos y competencias de los cursos. Se parte de las experiencias reportadas por docentes, monitores, estudiantes, egresados, directivos de la Facultad y colaboradores externos, durante los siete años de existencia de la agrupación SPI, y se toma como referencia las estrategias pedagógicas relacionadas en la sección 2.3.1.

Los conocimientos básicos y la capacidad de razonamiento, considerado como primer nivel, son respaldados por el conjunto de asignaturas de los componentes de fundamentación y de formación disciplinar o profesional que los estudiantes de cada uno de los programas curriculares asisten, como Cálculo, Estadística, Física, entre otras.

Los cursos de Proyectos de Ingeniería buscan fortalecer y desarrollar *habilidades personales, profesionales e interpersonales* y aptitudes para el diseño en ingeniería, consistentes con los niveles 2, 3 y 4 respectivamente descritos por la estrategia Global CDIO. En la Tabla 4 se presentan los nombres propuestos para los tres cursos obligatorios de Proyectos en Ingeniería con sus restricciones curriculares.

**Tabla 4. Cursos de Proyectos de Ingeniería (PI)**

<b>Nombre actual</b>	<b>Nombre propuesto</b>	<b>NC</b>	<b>Prerrequisitos</b>	<b>Obligatoriedad</b>
Seminario de Proyectos en Ingeniería I	Fundamentos de Proyectos de Ingeniería -PIF	3	Introducción a la Ingeniería + 40 % Fundamentación	Sí
Seminario de Proyectos en Ingeniería II	Estructuración y evaluación de proyectos - PíEE	3	PIF + 20% Disciplinar	Sí
Seminario de Proyectos en Ingeniería III	Proyecto Integrado en Ingeniería - PII	4	PíEE + 100% Fundamentación + 70% disciplinar	Sí

Notas: NC: número de créditos

### **3.2.2.1. Periodos Académicos y oferta de cupos.**

Como política general se propone dictar los cursos en los tres periodos académicos, siendo que el curso correspondiente al segundo periodo (intersemestral) es de carácter intensivo. Esta estrategia se propone para apoyar los estudiantes que deseen adelantar asignaturas en sus períodos vacacionales.

La primera tarea es determinar el número de cupos necesarios, y por lo tanto los grupos y aulas necesarias. La demanda se puede estimar con base en el histórico de las matrículas y en los censos previos que se realizan en cada periodo académico. Se deja claro que la mayor demanda la constituyen los alumnos de la

Facultad de Minas, dado que la agrupación forma parte del componente disciplinar obligatorio para los doce (12) programas de pregrado.

El modelo a desarrollar para la programación de los cursos, se basa en la disponibilidad docente para el período I de cada año, de tal forma que se puedan ofertar las optativas de Proyectos en Ingeniería Propuestas en dicho período, y en el período III se mantenga la oferta del histórico en número de cupos. En ambos casos se buscará una estrategia para mantener los cupos, con aumento docente, es decir, disminuyendo el número de estudiantes por docente por asuntos metodológicos.

La tabla 5 ilustra un ejemplo de la demanda de cupos y los recursos necesarios para atenderla.

**Tabla 5. Demanda estimada de cupos, docentes y auxiliares.**

Curso	Periodo académico	No Cupos	Docentes	Auxiliares	Becarios	Monitores Posgrado	Aulas
Fundamentos de Proyectos de Ingeniería -FPI	I - 2016	230	4	2	2	1	4
	II - 2016	77	1	2	0	1	3
	III - 2016	310	5	2	3	1	4
	I - 2017	420	7	3	5*	1	2*
Estructuración y evaluación de proyectos - EEPI	I - 2016	362	3	2	8	1	4
	II - 2016	143	0	2	0	4	2
	III - 2016	372	3	2	5	3	4
	I - 2017	360	4	3	6*	2	4*
Proyecto Integrado en Ingeniería - PII	I - 2016	328	6	2	3	2	3
	II - 2016	114	2	2	0	2	3
	III - 2016	351	6	2	3	2	4
	I - 2017	420	7	3	5*	2	4*

\* Proyectados

La gestión académica y administrativa de la estrategia de Proyectos en ingeniería tiene dos escenarios. En primer lugar se debe desarrollar un plan anual de actividades que permita estimar la demanda de cupos y los recursos necesarios para atenderla: aulas, docentes, auxiliares, entre otros. El segundo se da en el marco de gestión académica, se refiere al desarrollo de cada curso dentro del aula; caso en el cual se propone un programa Calendario (syllabus), que puede ser adaptado por el docente según las características de su grupo y de los resultados esperados.

### 3.2.2.2. Tipologías de Proyectos.

**Problemática, Problema, Necesidades y Oportunidades.** Es importante iniciar con algunos conceptos claves en la definición de los proyectos. Según la Real Academia de la Lengua Española (RAE), un Problema es el “Planteamiento de una situación cuya respuesta desconocida debe obtenerse a través de métodos científicos” o un “Conjunto de hechos o circunstancias que dificultan la consecución de algún fin”; por otro lado la Problemática puede ser definida como un “Conjunto de problemas pertenecientes a una ciencia o actividad determinadas” ( <http://del.rae.es> ). A continuación se presenta un cuadro ejemplo donde se enuncia una problemática escogida y un grupo de problemas relacionados.

#### Ejemplo de selección de la Problemática y problemas asociados.

<b>Problemática</b>	<b>Problemas asociados</b>
<b>Contaminación del aire en el Valle de Aburrá</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Aumento en el x% en las emisiones de vehículos.</li><li>2. Deficiencia en sumideros de carbono en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.</li><li>3. X% de emisiones industriales</li><li>4. Diseño de sensores para monitorear las emisiones.</li></ol>
<b>Movilidad vehicular en la ciudad</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Diseño de infraestructura vial para el actual parque automotor de la ciudad de Medellín.</li><li>2. Oferta de sistemas colectivos de transporte.</li><li>3. La Cultura ciudadana</li></ol>

Otro concepto destacado a tener en cuenta es el tipo problemas considerados en las metodologías ABPs. En su contexto, los problemas deben ser del tipo abiertos (open-ended) y poco estructurados (ill-structured). Según (Shelton and Smith 1998) este tipo de problemas tienen múltiples soluciones y requieren de los estudiantes el estudio de diversos métodos antes de decidirse por una solución particular. Según Stanford University los problemas ill-structured se caracterizan por (Stanford University Newsletter on Teaching, 2001, p. 3.

( [http://web.stanford.edu/dept/CTL/cgi-bin/docs/newsletter/problem\\_based\\_learning.pdf](http://web.stanford.edu/dept/CTL/cgi-bin/docs/newsletter/problem_based_learning.pdf) )

- ✓ Mayor requerimiento de información para su comprensión, comparado con la disponible inicialmente para el problema.
- ✓ Tener muchas rutas de solución.
- ✓ Cambiar a medida que se obtiene más información.
- ✓ Evitar que los estudiantes creen que han tomado la decisión “correcta”.

- ✓ Generar interés y controversia y posibilitan que el aprendiz formule preguntas.
- ✓ Ser suficientemente abiertos (open-ended) y complejos, por lo que requieren colaboración y ejercicio de pensamiento.

Aun cuando la metodología de ABPy considera como punto de partida un **problema**, en el desarrollo de los cursos de Proyectos en Ingeniería se ha visto la pertinencia de considerar también las problemáticas, necesidades y **oportunidades**. Un problema se define como una situación no deseada y en condiciones actuales. La oportunidad por su parte, se define como una coyuntura favorable de circunstancias, como una posibilidad para avanzar o progresar. Las oportunidades se enfocan en condiciones positivas y futuras, algo que puede ser realizado de mejor forma (Charles & Orth, 1996).

Dentro de la estrategia de ABPy existen diferentes modalidades de proyectos, en función de los actores involucrados y los objetivos a cumplir; con finalidades sociales, tecnológicas, comerciales o académicas. A continuación se describen algunos tipos de proyectos.

### **Proyecto para el desarrollo de productos o de procesos:**

En ingeniería, muchos de los proyectos se centran en el diseño de un producto, proceso o artefacto. Algunos Ejemplos: un coche alimentado por energía solar, un sistema de desalinización de agua, un sistema de pruebas cardiológicas remoto, un sistema de riego automatizado, un sistema de globo de aire caliente, limpieza de aguas, obtención de energías alternativas, entre otros muchos. Estos proyectos son aptos para ejercitar a los estudiantes en la identificación de nuevas necesidades socio técnicas (tecnológicas), evidenciadas en el mundo real.

La agencia de ABET (*The United States Accreditation Board for Engineering and Technology*) propone que la instrucción en diseño que incluya aspectos como el uso de preguntas abiertas (*open-ended questions*), la formulación de problemas de diseño y el análisis de alternativas, puede conducir al desarrollo de ingenieros más innovadores (Gavin 2011).

### **Proyectos de desarrollo (proyectos comunitarios o sociales):**

Ofrecen una oportunidad única para extender el aprendizaje del estudiante y ampliar experiencias más allá del ámbito académico. Los estudiantes trabajan de forma multidisciplinaria para desarrollar proyectos significativos de apoyo a la

comunidad, y a la misma sociedad. Al hacer estos proyectos, los estudiantes no sólo estarán aportando sus conocimientos y habilidades para apoyar la comunidad, también toman experiencias importantes en la creación de redes, el trabajo en equipo fuera de la universidad, el mercadeo y el acercamiento al sector público. Igualmente enfrentan tareas relacionadas con supervisar, coordinar, organizar, hablar en público y otras.

### **Proyectos industriales o de negocios:**

Los estudiantes completan un proyecto que es de interés para alguna industria o una organización atendiendo una necesidad específica o una oportunidad de negocios. El proyecto deberá tener la coordinación de un profesor y un tutor externo. El proyecto consiste en un componente sustancial de investigación sobre el tema objeto: investigación de mercado, trabajo de campo (observación y medición), entrevistas o análisis de datos existentes en profundidad.

Los lugares de trabajo pueden estar en los sectores privado, público o en organizaciones sin ánimo de lucro, que van desde las multinacionales, agencias gubernamentales, hasta pequeñas y medianas empresas. El cliente recibirá el informe final del proyecto se detallan las conclusiones y recomendaciones pertinentes y aplicables.

### **Proyectos universitarios: investigación, extensión, asesorías:**

Estos proyectos universitarios requieren que los estudiantes se vinculen con un grupo de investigación o de extensión. Los estudiantes de ingeniería tienen la oportunidad de aplicar los conceptos que aprenden en el aula para proyectos prácticos con aplicaciones del mundo real.

Los estudiantes de todas las carreras de ingeniería pueden desarrollar competencias de trabajo en equipo, resolución de problemas y práctica del diseño, con base en los proyectos de diferente grado de complejidad, que pueden ser atendidos por alumnos de diferentes niveles (PIF, PIEE, PII). Los proyectos a menudo se centran en la creación de soluciones innovadoras a problemas del mundo real-.

Los estudiantes deben seguir un proceso que refleja la forma en que los ingenieros trabajan en la industria. El informe escrito del proyecto debe contener secciones sobre la motivación, planeamiento del problema, los métodos de investigación y experimentación, análisis, resultados y conclusiones.

Todos los proyectos formulados en esta estrategia serán del tipo multidisciplinario, es decir, son de carácter grupal e involucran estudiantes de diferentes disciplinas de la ingeniería, y/o de otras áreas profesionales. El trabajar en equipos multidisciplinarios simula el entorno del mundo real, y ayuda a los ingenieros en formación a desarrollar una amplia gama de habilidades transferibles importantes como el trabajo en equipo, la comunicación y la planificación de proyectos. La ejecución de un proyecto multidisciplinario exitoso cubre muchas de las actividades contempladas en la estrategia ABPy; pero también requiere del docente consideraciones sobre algunas particularidades o factores, únicos para este tipo de trabajo.

### **3.2.2.3. Plan de temas y Contenido detallado de los cursos**

Los tres cursos de Proyectos en Ingeniería pretenden dar una formación progresiva respecto a la formulación y evaluación de proyectos y el diseño en ingeniería, como se presenta en la Figura 5 y son descritos a continuación.

1. El curso de ***Fundamentos de Proyectos en Ingeniería*** está enfocado en desarrollar capacidades de análisis de problemas u oportunidades y en generar los conocimientos necesarios para resolverlo; se centra en introducir al estudiante en las metodologías de identificación y formulación de proyectos en ingeniería, partiendo del análisis del problema y oportunidad, la identificación de soluciones de tipo ingenieril y el análisis para la escogencia de la más viable. Se pretende desarrollar en el estudiante habilidades para el trabajo en equipo, la búsqueda y el análisis de información de calidad y la toma de decisiones. Conocimientos básicos y aplicación de la herramienta Marco lógico
2. El curso de ***Estructuración y Evaluación de Proyectos en Ingeniería*** desarrolla conocimientos avanzados sobre formulación, evaluación y gestión de proyectos, con un mayor énfasis en herramientas de evaluación financiera, económica y ambiental. Este curso se centra en introducir al estudiante en el uso de criterios y herramientas básicas para la estructuración y evaluación de proyectos, que los apoye en la toma de decisiones sobre la factibilidad y viabilidad de los mismos.
3. El ***Proyecto Integrado en Ingeniería*** por su parte, pretende poner en práctica conceptos sobre formulación, gestión y evaluación de proyectos adquiridos en los cursos previos, y desarrollar habilidades de análisis, diseño

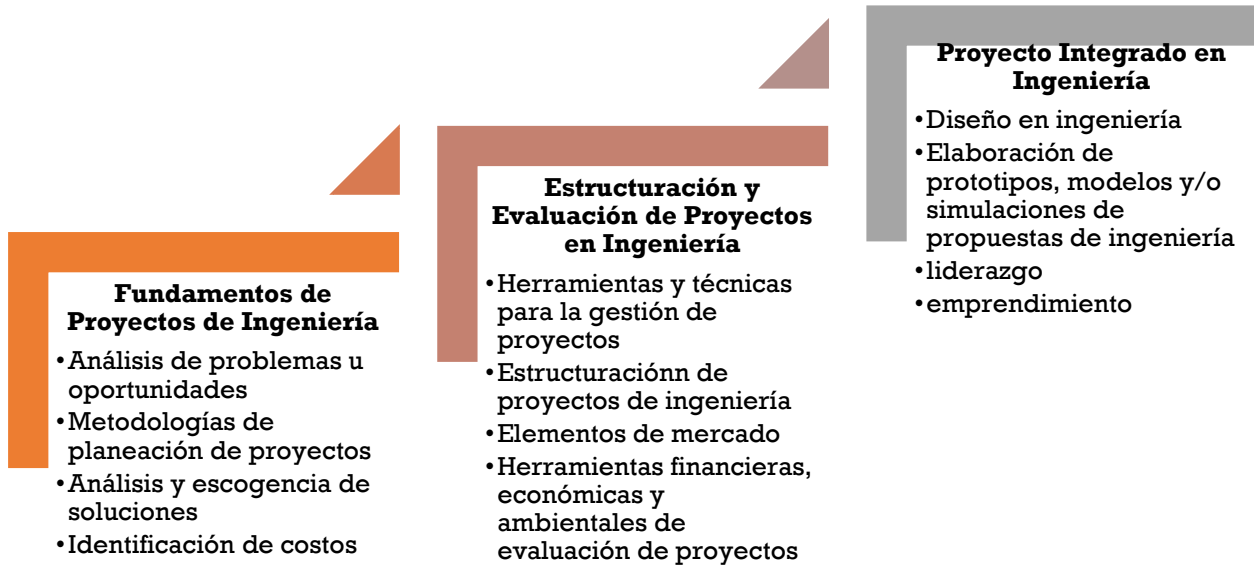
e implementación de sistemas de ingeniería en problemas reales. Se desarrolla a modo de Proyecto Integrador, incorporando los elementos de ingeniería de proyecto, diseño, modelizado y simulación a los de formulación y gestión, de forma tal que el diseño técnico y el análisis de factibilidad tengan aplicabilidad y aprendizaje práctico.

Los tres cursos cumplen con objetivos comunes o transversales, de formación personal, inter-personal y profesional, que se dirigen a cinco grupos de competencias, siendo estos:

- ✓ **Trabajo en Equipo:** Desarrollar capacidades de trabajo y gestión de equipos interdisciplinarios.
- ✓ **Aprendizaje Autónomo:** Desarrollar capacidades para el aprendizaje autónomo, la adquisición de nuevos conocimientos y la investigación.
- ✓ **Pensamiento/Creatividad:** Desarrollar capacidades de pensamiento sistémico, razonamiento y creatividad.
- ✓ **Comunicación:** Mejorar las competencias en comunicación oral, escrita y gráfica.
- ✓ **Aprendizaje para la vida:** Acercar al estudiante a la realidad de su futura vida profesional, en donde aplique las habilidades desarrolladas



**Figura 5. Descripción general de los cursos de Proyectos en Ingeniería**



Asimismo, en la Tabla 6 se presentan los objetivos específicos para cada uno de los tres cursos, cada uno de los cuales apunta al desarrollo de competencias de complejidad creciente en la medida que se avanza hacia los cursos superiores.

**Tabla 6 Objetivos de los cursos de Proyectos en Ingeniería**

<b>Curso</b>	<b>Objetivos específicos.</b>
<b>Fundamentos de Proyectos de Ingeniería PIF</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Conocer y aplicar técnicas de identificación, caracterización y análisis de problemáticas, problemas, necesidades u oportunidades (PNO) en ingeniería.</li> <li>2. Desarrollar habilidades de búsqueda y análisis de alternativas de solución en ingeniería.</li> <li>3. Plantear soluciones en ingeniería adaptadas a PNO reales y/o locales.</li> <li>4. Adquirir conocimientos sobre fundamentos de gestión y planeación de proyectos en ingeniería.</li> <li>5. Identificar costos mínimos de la puesta en marcha de la alternativa propuesta.</li> </ol>
<b>Estructuración y Evaluación de</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identificar, caracterizar y analizar PNO de acuerdo a una situación real.</li> </ol>

<b>Proyectos -PIEE</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Adquirir conocimientos en el uso de herramientas para la gestión y planeación de proyectos de ingeniería.</li> <li>3. Introducir al estudiante en el diseño y la evaluación de proyectos de ingeniería a nivel técnico, financiero, económico y ambiental.</li> <li>4. Evaluar la viabilidad técnica, financiera, económica y ambiental de proyectos productivos.</li> </ol>
<b>Proyecto Integrado en Ingeniería - PII</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Formular un proyecto de ingeniería dirigido a la solución de un problema real o al aprovechamiento de una oportunidad</li> <li>2. Adquirir habilidades de gestión y planeación de proyectos de ingeniería</li> <li>3. Adquirir conocimientos sobre métodos, estrategias y técnicas para el diseño en ingeniería</li> <li>4. Proponer y desarrollar una solución real aplicando conceptos de diseño en ingeniería a nivel técnico, ambiental y financiero.</li> <li>5. Evaluar la viabilidad técnica, financiera, económica y ambiental mediante técnicas de análisis, modelos y prototipos de funcionamiento</li> </ol>

A continuación se da una descripción amplia de los cursos, sus objetivos, tópicos centrales y directrices generales respecto al desarrollo de los proyectos.

## Curso 1. Fundamentos de Proyectos de Ingeniería – FP

NOMBRE: Fundamentos de Proyectos en Ingeniería – PIF . DISCIPLINAR	CÓDIGO	CR 3	PREREQUISITO Introducción a la ingeniería. 40% de Avance en componente fundamentación
--	--------	---------	---

### DESCRIPCIÓN DEL CURSO:

El objetivo principal de este curso, que utiliza la metodología de aprendizaje basado en proyectos, es desarrollar en el estudiante pensamiento crítico y habilidades para identificar y resolver problemas, problemáticas, necesidades o aprovechar oportunidades, mediante el análisis y la pesquisa, y plantear soluciones sostenibles a problemas reales. A través del trabajo en un proyecto de equipo, y del conocimiento de otros proyectos, el estudiante también desarrolla habilidades profesionales genéricas, tales como la comunicación (escrita y oral), la toma de decisiones, el trabajo en equipo y la gestión de proyectos.

Este curso ayudará a los estudiantes a reconocer las actividades de los ingenieros y en especial el campo de acción de su programa. El curso es ideal para estudiantes de los semestres 4 y 5, con el objetivo de involucrarlos en el amplio espectro de retos y problemas contemporáneos que enfrenta la ingeniería, especialmente en lo que respecta a la sostenibilidad y el diseño.

### Objetivos del curso

- ✓ Conocer y aplicar técnicas de identificación, caracterización y análisis de problemáticas, problemas, necesidades u oportunidades en ingeniería.
- ✓ Desarrollar habilidades de búsqueda y análisis de alternativas de solución en ingeniería.
- ✓ Plantear soluciones en ingeniería adaptadas a problemas u oportunidades reales y/o locales.
- ✓ Identificar costos mínimos de la puesta en marcha de la alternativa propuesta.

### Tópicos o temas centrales

Son los temas principales que aportan conocimiento nuevo al estudiante para desarrollar las capacidades de formulación y ejecución de proyectos:

- ✓ Métodos de formulación de proyectos basados en Teoría del Cambio, Mapa de Resultados y Marco Lógico, con énfasis en esta última metodología.
- ✓ Introducción al diseño en Ingeniería
- ✓ Búsqueda de información de patentes y propiedad intelectual.
- ✓ Toma de decisiones en ingeniería.
- ✓ Análisis básico de costos.

### **Compromisos de los estudiantes del curso.**

Para lograr los objetivos del curso, relacionados con la adquisición de nuevos conocimientos y con el desarrollo de competencias, se espera que los estudiantes comprometan con:

- ✓ Asistir puntualmente a todas las clases;
- ✓ Participar activamente en los debates en clase;
- ✓ Realizar con puntualidad y en forma eficiente las lecturas previas y tareas asignadas, necesarias para la realización de los proyectos;
- ✓ Contribuir proactivamente y de manera responsable en el trabajo en equipo;
- ✓ comunicar ideas, sugerencias, inquietudes y preguntas a las personas y/o profesores correspondientes.

### **Proyecto del semestre.**

El curso de *Fundamentos en Proyectos de Ingeniería* se enmarca en la identificación de una problemática, problema, necesidad u oportunidad del contexto real, no restringido a una temática en específico, los estudiantes tienen la posibilidad de explorar temas que sean de su interés académico. Los proyectos pueden tener origen en Instituciones, Entes Territoriales, Investigación, Extensión, Estudiantes o Empresas.

### **Evaluación del curso**

Ideas de proyecto, Actividades en equipo e individuales, Participación en clase, Cuestionarios y Tareas	20%
Proyecto Semestre	Primera sustentación 15%
	Segunda sustentación 20%
	Tercera sustentación 30%
	Poster/Presentación 15%

**Autocoevaluación** aplicada a la nota final del proyecto (80%), se aplicará un instrumento que permita la evaluación entre los integrantes del grupo y los equipos conformados a su interior. Las notas del equipo serán las correspondientes al integrante que menos saque. Cada nota es relacionada con el trabajo en equipo.

**Entregables del proyecto de semestre**

<b>Entrega</b>	<b>Contenido</b>	<b>%</b>
1	Idea y estructura del proyecto. Incluye una descripción detallada y justificación del problema a tratar, así como un acercamiento inicial a la solución o al planteamiento del proyecto.	15
2	Incluye los aspectos de la primera entrega, corregidos según las recomendaciones de los docentes, además de estudios.	20
3 (Final)	El informe incluye:  La última versión a criterio del docente director incluyendo Documento con Resumen Ejecutivo no mayor de 5 páginas; Ficha del Proyecto), material de sustentación (.ppt, maquetas, simuladores, software, póster, etc.);  Se hará, adicional a las actividades que cada docente realice en el salón de clase, una Muestra final pública obligatoria donde es necesaria la presentación de un póster; y, una maqueta o prototipo (físico o virtual).	30 docente  15 Jurado Externo

**Programa detallado**

Curso	Tema sugerido	Semana del período académico															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Fundamentos de Proyectos en Ingeniería - PIF	Contexto externo, social y ambiental en ingeniería: roles y responsabilidades de los ingenieros, impacto de la ingeniería	■															
	Ruta crítica y diagrama de Gantt		■														
	Identificación de problemas y oportunidades en ingeniería (Trabajo en equipo)		■														
	Enfoques de planeación orientados a los resultados: Marco Lógico, teoría de cambio, mapa de resultados		■														
	Metodología ampliada del análisis situacional y construcción del marco lógico (Trabajo en equipo)		■														
	Competencias en búsqueda de información y patentes (Trabajo en equipo)			■													
	Entrega y sustentación 1				■												
	Introducción al diseño en ingeniería					■											
	Análisis de soluciones potenciales y escogencia de la mejor solución (Trabajo en equipo)						■										
	Conceptualización sobre el diseño en ingeniería y factibilidad técnica de proyectos							■	■								
	Entrega y sustentación 2									■							
	Identificación de costos de implementación de la propuesta (Trabajo en equipo)										■						
	Estudios complementarios para el proyecto (Trabajo en equipo)											■					
	Entrega y sustentación 3												■	■			
	Muestra de proyectos																■

## **Curso 2: Estructuración y Evaluación de Proyectos de Ingeniería - PIEE**

<b>NOMBRE:</b> Estructura y Evaluación de Proyectos en Ingeniería – FPI . DISCIPLINAR	<b>CÓDIGO</b>	<b>CRÉDITOS</b>	<b>PREREQUISITO</b>  Fundamentos de Proyectos en Ingeniería.  20% de avance en componente disciplinar.
---	---------------	-----------------	--

### **Descripción del curso:**

El objetivo principal de este curso, que utiliza la metodología de aprendizaje basado en proyectos, es desarrollar en el estudiante pensamiento crítico y habilidades para resolver problemas, mediante el análisis y la pesquisa, y plantear soluciones sostenibles a problemas reales. A través del trabajo en un proyecto de equipo, y del conocimiento de otros proyectos, el estudiante también desarrolla habilidades profesionales genéricas, tales como la comunicación (escrita y oral), la toma de decisiones, el trabajo en equipo y la gestión de proyectos.

Para las temáticas de herramientas financieras, económicas y ambientales, se utiliza una metodología enmarcada en estudios de caso, a través de trabajo en parejas aleatorias, de forma tal que los estudiantes desarrollen las habilidades profesionales genéricas y se apropien de los conceptos desarrollados, y al final se realiza un parcial individual de herramientas financieras para corroborar la apropiación de conceptos.

Este curso aportará a los estudiantes conocimientos sobre herramientas para la estructuración y evaluación de proyectos desde el punto de vista financiero, económico y ambiental, teniendo en cuenta los aspectos técnicos y legales. Se espera que los estudiantes se encuentren cursando los semestres 6 o 7. Con el objetivo que adquieran herramientas para evaluar la factibilidad y viabilidad de proyectos productivos.

### **Objetivos del curso.**

- ✓ Identificar, caracterizar y analizar un problema u oportunidad de acuerdo a una situación real.
- ✓ Adquirir conocimientos avanzados de gestión y planeación de proyectos de ingeniería.

- ✓ Introducir al estudiante en el diseño y uso de herramientas para la estructuración y evaluación de proyectos de ingeniería a nivel técnico, financiero, ambiental y económico.
- ✓ Evaluar la viabilidad técnica, financiera, económica y ambiental de proyectos productivos.

### **Tópicos o temas centrales**

Son los temas principales que aportan conocimiento nuevo al estudiante para desarrollar las capacidades de estructuración y evaluación de proyectos:

- ✓ Elementos de gerencia de proyectos.
- ✓ Estructuración de proyectos
- ✓ Elementos para identificación de mercado (Metodologías de Porter y 4P+2) y estudio de la demanda.
- ✓ Herramientas de evaluación financiera. (Costos, Capital de Trabajo, Fijación de precios, VPN, TIR, WACC, Análisis Costo-Beneficio Financiero, Punto de equilibrio)
- ✓ Herramientas para la Evaluación Ambiental. (Metodologías de Conesa, Leopold y Análisis de Ciclo de Vida para productos).
- ✓ Herramientas de evaluación económica. (Análisis Costo-Beneficio Económico-Social y RPC).
- ✓ Gestión de riesgos financieros y de contratación.
- ✓ Análisis de sensibilidad probabilístico y determinístico.

### **Compromisos de los estudiantes del curso:**

Para lograr los objetivos del curso, relacionados con la adquisición de nuevos conocimientos y con el desarrollo de competencias, se espera que los estudiantes comprometan con:

- ✓ Asistir puntualmente a todas las clases;
- ✓ Participar activamente en los debates en clase;
- ✓ Realizar con puntualidad y en forma eficiente las lecturas previas y tareas asignadas, necesarias para la realización de los proyectos;
- ✓ Prepararse adecuada y oportunamente para el desarrollo de los estudios de caso, aplicados a los temas de la asignatura.
- ✓ Prepararse adecuada y oportunamente para el parcial individual que se llevará a cabo en la asignatura.
- ✓ Contribuir proactivamente y de manera responsable en el trabajo en equipo;
- ✓ Comunicar ideas, sugerencias, inquietudes y preguntas a las personas y/o profesores correspondientes.



### Proyecto del semestre.

El curso de *Estructuración y Evaluación de Proyectos* en ingeniería está orientado a problemas, oportunidades o proyectos de tipo productivo que posibiliten la aplicación de metodologías de evaluación económica, financiera y ambiental de los proyectos.

La selección de ideas para proyectos al inicio del período académico se realizará a través de la herramienta de estructuración Canvas,

Los proyectos pueden tener origen en instituciones, entes territoriales, investigación, extensión, estudiantes, empresas.

### Entregables del proyecto de semestre

Entrega	Contenido	%
1	Estructuración y Formulación general del proyecto productivo, y estructuración de los costos del proyecto, ruta crítica.	10
2	Incluye los aspectos de la primera entrega, corregidos según las recomendaciones de los docentes, estructuración de la evaluación financiera y ambiental del proyecto, y avance sobre los otros estudios que componen el proyecto.	10
3 (Final)	El informe incluye: La totalidad del proyecto finalizado en todas sus evaluaciones. La última versión a criterio del docente director incluyendo Documento con Resumen Ejecutivo no mayor de 5 páginas; Ficha del Proyecto), material de sustentación (.ppt, maquetas, simuladores, software, póster, etc.); Se hará, adicional a las actividades que cada docente realice en el salón de clase, una Muestra final pública obligatoria donde es necesaria la presentación de un póster; y, una maqueta o prototipo (físico o virtual).	15 (Evaluación del docente)
		15 (Evaluación de Jurado Externo)

### Evaluación del curso

Estudios de Caso (parejas aleatorias)	20%
Parcial de Flujo de Caja (Individual)	30%
Proyecto Semestre	Primera sustentación 10%
	Segunda sustentación 10%
	Tercera sustentación 15%
	Poster/Presentación 15%

**Autocoevaluación aplicada a la nota final del proyecto (50%)**, se aplicará un instrumento que permita la evaluación entre los integrantes del grupo y los equipos conformados a su interior.

Las notas del equipo serán las correspondientes al integrante que menos saque.

Cada nota es relacionada con el trabajo en equipo.

### Programa detallado

Curso	Tema sugerido	Semana del período académico															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Estructuración y Evaluación de Proyectos en Ingeniería	Identificación de problemas y oportunidades en ingeniería (Aplicación práctica para proyectos productivos) - CANVAS	■															
	Análisis situación y planeación del proyecto		■														
	Identificación y selección de alternativas o soluciones potenciales		■														
	Propuesta de adaptación del diseño o solución al problema particular			■													
	Elementos de gerencia de proyectos				■												
	Estructuración de proyectos				■												
	Entrega y sustentación 1					■											
	Elementos para identificación de mercado (Metodologías de Porter y 4P+2) y estudio de la demanda						■										
	Herramientas de evaluación financiera. (Costos, Capital de Trabajo, Fijación de precios, VPN, TIR, WACC, Análisis Costo-Beneficio Financiero, Punto de equilibrio)							■	■								
	Herramientas para la Evaluación Ambiental. (Metodologías de Conesa, Leopold y Análisis de Ciclo de Vida para productos)									■							
	Entrega y sustentación 2										■						
	Herramientas de evaluación económica. (Análisis Costo-Beneficio Económico-Social y RPC)											■					
	Gestión de riesgos financieros y de contratación												■				
	Análisis de sensibilidad probabilístico y determinístico													■			
	Estudios complementarios para el proyecto														■		
	Entrega y sustentación 3															■	
	Muestra																■

### Curso 3: Proyecto Integrado de Ingeniería - PII

NOMBRE: Proyectos Integrado de Ingeniería – PII . DISCIPLINAR	CÓDIGO	CRÉDITOS 4	PREREQUISITO Estructuración y Evaluación de Proyectos en Ingeniería.  100% del Componente de fundamentación  70% del componente disciplinar
---	--------	---------------	--

#### Descripción del curso:

El objetivo principal de este curso, que utiliza la metodología de aprendizaje basado en proyectos, es desarrollar en el estudiante pensamiento crítico y habilidades para resolver problemas, mediante el análisis y la pesquisa, y plantear soluciones sostenibles a problemas reales. A través del trabajo en un proyecto de equipo, y del conocimiento de otros proyectos, el estudiante también desarrolla habilidades profesionales genéricas, tales como la comunicación (escrita y oral), la toma de decisiones, el trabajo en equipo y la gestión de proyectos.

Este curso tienen un mayor énfasis en el fortalecimiento de habilidades para el diseño en ingeniería, el desarrollo de la creatividad y la capacidad de concebir propuestas novedosas y sostenibles. Se espera que los estudiantes estén en los semestres 8 o 9.

#### Objetivos del curso.

- ✓ Formular un proyecto de ingeniería dirigido a la solución de un problema real o al aprovechamiento de una oportunidad.
- ✓ Adquirir habilidades de gestión y planeación de proyectos de ingeniería.
- ✓ Adquirir conocimientos sobre métodos, estrategias y técnicas para el diseño en ingeniería.
- ✓ Proponer y desarrollar una solución real aplicando conceptos de diseño en ingeniería a nivel técnico, ambiental y financiero.
- ✓ Evaluar la viabilidad técnica, financiera y ambiental mediante técnicas de análisis, modelos y prototipos de funcionamiento.

### **Tópicos o temas centrales.**

Son los temas principales que aportan conocimiento nuevo al estudiante para desarrollar las capacidades de diseño en ingeniería, así como mejorar las competencias para la formulación y ejecución de proyectos. Para el curso PII se propone una estrategia de desarrollo del curso comprendida por dos modalidades:

- ✓ Conferencias de apoyo en las temáticas componentes de proyectos y las temáticas PNO.
- ✓ Desarrollo y seguimiento a los proyectos de semestre.

Luego de seleccionar los temas del semestre, el grupo académico que hace parte de la Agrupación Proyectos en Ingeniería, programará las conferencias de apoyo del semestre según los siguientes módulos:

- ❖ El **módulo de PNO**, con actividades de ampliación de conocimiento específicamente relacionado con la temáticas o problemáticas del semestre, como:
  - ✓ Conferencias con expertos,
  - ✓ Películas,
  - ✓ Foros

En las que se abordarán los siguientes temas desde las PNO específicas:

- ✓ Identificación del proyecto – Requerimientos de Ingeniería
- ✓ Estudio técnico – Proyecto tecnológico y diseño en ingeniería
- ✓ Normatividad y Marco Legal del proyecto
- ✓ Análisis de impactos y cierre del proyecto

Se espera que haya tres sesiones de clase (cada una de dos horas) durante el semestre, que conformen el módulo de proyecto. Las fechas, los responsables y los objetivos de aprendizaje deben ser fijados antes del inicio del período académico.

- ❖ El **módulo de fundamentación de proyecto** hace referencia a la adquisición de conocimiento relacionado con el plan de temas que se sugiere para el desarrollo de la asignatura, como se muestra a continuación:
  - ✓ Estudio de mercado
  - ✓ Evaluación de Costos y financiera
  - ✓ Evaluación económica - Social

- ✓ Modelo y evaluación ambiental

Se espera que haya 4 sesiones de clase (cada una de una hora) durante el semestre, que conformen el módulo de proyecto. Las fechas, los responsables y los objetivos de aprendizaje deben ser fijados antes del inicio del período académico.

### **Compromisos de los estudiantes del curso.**

Para lograr los objetivos del curso, relacionados con la adquisición de nuevos conocimientos y con el desarrollo de competencias, se espera que los estudiantes se comprometan con:

- ✓ Asistir puntualmente a todas las clases;
- ✓ Participar activamente en los debates en clase;
- ✓ Realizar con puntualidad y en forma eficiente las lecturas previas y tareas asignadas, necesarias para la realización de los proyectos;
- ✓ Contribuir proactivamente y de manera responsable en el trabajo en equipo;
- ✓ comunicar ideas, sugerencias, inquietudes y preguntas a las personas y/o profesores correspondientes.

### **Proyecto del semestre.**

El *Proyecto Integrado en Ingeniería* se enmarca en varias PNO generales propuestas por el grupo académico que hace parte de la Agrupación Proyectos en Ingeniería, teniendo en cuenta los lineamientos que se exponen a continuación sobre la definición del tema del semestre y la planeación de módulos. La selección del tema del semestre corresponde a una línea general o problemática amplia a partir de la cual se identificarán problemas relacionados. Los proyectos pueden tener origen en Instituciones, entes Territoriales, Investigación, Extensión, Estudiantes, Empresas.

### Entregables del proyecto de semestre:

Entrega	Contenido	%
1	Estructuración y Formulación general del proyecto productivo, y estructuración de los costos del proyecto, ruta crítica. Requerimientos de ingeniería bien establecidos Objetivos y estrategias de solución	15
2	Incluye los aspectos de la primera entrega, corregidos y finalizados, según las recomendaciones de los docentes, estructuración de la evaluación financiera y ambiental del proyecto, y avance sobre los otros estudios que componen el proyecto. Estudio de mercado Revisión de normatividad y marco legal Estudio técnico y propuesta de ingeniería Identificación de costos e inversiones	25
3 (Final)	Proyecto con la propuesta de ingeniería finalizada Diseño de detalle Informe final de proyecto Muestra interna para seleccionar equipos que irán a la muestra final El informe incluye: La última versión a criterio del docente director incluyendo Documento con Resumen Ejecutivo no mayor de 1 página; Ficha del Proyecto), material de sustentación (.ppt, maquetas, simuladores, software, póster, etc.); Se hará, adicional a las actividades que cada docente realice en el salón de clase, una Muestra final pública obligatoria donde es necesaria la presentación de un póster; y una maqueta o prototipo (físico o virtual).	25 Docente
		15 Jurado Externo

### Evaluación del curso

Ensayos y/o Revisión técnica, Reuniones con expertos, actividades de, seguimiento del proyecto	20%
Proyecto Semestre	Primera sustentación 15%
	Segunda sustentación 20%
	Tercera sustentación 25%
	Poster/Presentación (Jurado Externo) 20%

**Autocoevaluación aplicada a la nota final del proyecto (100%)**, se aplicará un instrumento que permita la evaluación entre los integrantes del grupo y los equipos conformados a su interior. Las notas del equipo serán las correspondientes al integrante que menos saque. Cada nota es relacionada con el trabajo en equipo.

### Programa detallado

Curso	Tema sugerido	Semana del período académico															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Proyecto Integrado en Ingeniería - PII	Sesión introductoria a la problemática del semestre, identificación de posibles problemas asociados	■															
	Análisis situacional y planeamiento del proyecto		■														
	Sesión 1 del Módulo del Proyecto			■													
	Identificación y selección de alternativas o soluciones potenciales				■												
	Entrega y sustentación 1					■											
	Sesión 2 del Módulo del Proyecto						■										
	Diseño en ingeniería							■	■								
	Sesión 3 del Módulo del Proyecto									■							
	Asesoría y trabajo en equipo										■						
	Entrega y sustentación 2											■					
	Evaluación técnica, financiera y ambiental de la solución propuesta												■				
	Asesoría y trabajo en equipo													■			
	Desarrollo de prototipos, modelos y simulaciones														■		
	Entrega y sustentación 3															■	
	Muestra de proyectos																■

### 3.4.1. Cursos Complementarios y Transversales

Los cursos complementarios y transversales se proponen en modalidad de cursos optativos, en principio para los 12 programas de ingeniería de la Facultad de Minas, dichos cursos se encuentran enmarcados en el área de Proyectos en Ingeniería con miras a los requerimientos profesionales de la sociedad actual:

Ítem	Asignatura	Créditos	Prerrequisitos
1	Gestión de Proyectos Bajo el Enfoque PMI	3	Estructuración y Evaluación de Proyectos en Ingeniería
2	Gestión de Proyectos de Desarrollo y MGA	3	Estructuración y Evaluación de Proyectos en Ingeniería
3	Gestión y Formulación de Proyectos de I+D+i	3	Proyecto Integrado en Ingeniería
4	Principios para el Proceso de Diseño en Ingeniería	3	Estructuración y Evaluación de Proyectos en Ingeniería
5	Análisis de Ciclo de Vida en Ingeniería	3	Proyecto Integrado en Ingeniería

La programación de los cursos optativos, se basa en la disponibilidad docente para el período I de cada año, de tal forma que se puedan ofertar las optativas de Proyectos en Ingeniería Propuestas en dicho período, y en el período III se mantenga la oferta del histórico en número de cupos. Estos cursos optativos serían de oferta anualizada.

### 3.4.2. Ética en Ingeniería

En la responsabilidad del ingeniero debe primar el bienestar de la sociedad en todas sus dimensiones: una intachable conducta moral, sobre todo en el manejo de recursos públicos, respeto a los derechos humanos, protección del medio ambiente y reconocimiento de las identidades y valores culturales. Las obras, productos, procesos y, en general los desarrollos alcanzados en la ingeniería, deben indubitablemente estar enmarcadas dentro de estos principios. Todos los componentes de la formación en ingeniería deberán promover la ética y responsabilidad social de los egresados de la Facultad de Minas y de la Universidad Nacional.



## REFERENCIAS CITADAS

- Álvarez, Karen T. «Desarrollo local como herramienta de postconflicto en Colombia.» *GeoGraphos. [En línea]*. 7, no. 82 (Enero 2016): 1-35.
- American Society of Civil Engineers ASCE. *Achieving The Vision for Civil Engineering in 2025. A roadmap for the Profession*. American Society of Civil Engineers ASCE, [www.asce.org](http://www.asce.org), 2007.
- ASME. American Society for Mechanical Engineering. *2028 VISION FOR MECHANICAL ENGINEERING. A report of the Global Summit on the Future of Mechanical Engineering*. ASME, Three Park Avenue, New York, NY 10016, USA, ([www.asme.org](http://www.asme.org)), 2008.
- Auyang, Sunny Y. *Engineering -- an Endless Frontier*. New York: Harvard University Press, 2006.
- Barge, Scott. *Principles of Problem and Project Based Learning The Aalborg PBL Model*. Aalborg University, 2010.
- Barret, Terry. «Understanding Problem-based Learning (PBL) .» In *Handbook of Enquiry and Problem-based Learning Irish Case Studies and International Perspectives*, by Iain Mac Labhrainn and Helen Fallon (Editors) Terry Barrett, 13-25. Galway: CELT, NUI Galway, 2005.
- BENSON, LISA C., KURT BECKER, MELANIE M. COOPER, and O. HAYDEN GRIFFIN and KARL A. SMITH. «Engineering Education: Departments, Degrees and Directions.» *International Journal of Engineering Education* 26, no. 5 (2010): 1042-1048.
- BOKOVA, Irina. «Engineering: Issues, Challenges and Opportunities for Development.» 2010.
- Brinkley, Ian. «The Work Foundation.» *Defining the knowledge economy: knowledge economy programme report*. Ian Brinkley. 27 de 07 de 2006.  
<http://www.theworkfoundation.com/Reports/65/Defining-the-knowledge-economy-knowledge-economy-programme-report> (accessed 30 de 10 de 2013).
- CEPAL. «Indicadores de capacidades Tecnológicas en America Latina.» *Series Estudios y Perspectivas. No 89*. Mexico, Octubre de 2007.
- CEPAL-SEGIB. «INNOVAR PARA CRECER Desafíos y oportunidades para el desarrollo sostenible e inclusivo en Iberoamérica.» *NACIONES UNIDAS - CEPAL*.

CEPAL-SEGIB. 2010. [http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/8/37968/2010-100-Innovar\\_para\\_creecer\\_Espa%C3%B1ol\\_Formato\\_nuevo.pdf](http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/8/37968/2010-100-Innovar_para_creecer_Espa%C3%B1ol_Formato_nuevo.pdf) (accessed 7 de 07 de 2014).

Chandrasekaran, S, A. Stojcevski, G. Littlefair, and M. Joordens. «Learning through projects in engineering education. In SEFI 2012 Engineering Education 2020: Meet The Future:» *40th SEFI Annual Conference 2012. European Society for Engineering Education (SEFI)*. 2012.

Commission-Boyer. «Education, Reinventing Undergraduate. "A Blueprint for America's Research Universities (1998).» The Boyer Commission on Educating Undergraduates in the Research University, 2004, 54.

CRANCH, EDMUND T. *Engineering Undergraduate Education ENGINEERING EDUCATION AND PRACTICE IN THE UNITED STATES*. National Academy of Sciences. , Whashington: NATIONAL ACADEMY PRESS, 1986, 104.

Crawley, Edward . «The CDIO Syllabus. A statement of goals for Undergraduate Engineering Education (2001).» *The CDIO Syllabus V 1*. Boston, 2001.

Crawley, Edward F, Johan Malmqvist, Sören Östlund, Doris R. Brodeur, and Kristina Edström. «Historical accounts of engineering education.» In *In Rethinking engineering education*,, 231-255. Springer International Publishing,, 2014.

Crawley, Edward F., Johan Malmqvist, William A. Lucas, and Doris R. Brodeur. «"The CDIO syllabus v2. 0. An updated statement of goals for engineering education.» In *Proceedings of 7th International CDIO Conference, Copenhagen, Denmark. 2011*. 2011.

David, Paul A., and Dominique Foray. «Una introducción a la economía y a la sociedad del saber.» *Revista Internacional de Ciencias Sociales* (Unesco), no. 171 (Marzo 2002).

De Graaff, Erik, and Wim Ravesteijn. «Training complete engineers: global enterprise and engineering education." 26, no. 4 (2001): 419-427.» *European Journal of Engineering Education* 26, no. 4 (2001): 419-427.

de Graff, Erik, and Anette Kolmos. «History of Problem-Based and Project-Based Learning.» In *Management of Change – Implementation of Problembased and Project-based Learning in Engineering*, edited by E. de, and Kolmos, A. Graff, 1-29. Sense Publishers., 2007.

Duderstadt , James. «Engineering for a Changing World. A Roadmap to the Future of Engineering Practice, Research, and Education.» The University of Michigan., 2008.

Duderstadt, James J. «Engineering for a Changing World A Roadmap to the Future of Engineering Practice, Research, and Education.» *The Millennium Project, The University of Michigan*. 2008. <http://milproj.dc.umich.edu/>.

Dym, Clive, Alice Agogino, Ozgur Eris, Daniel Frey, and Larry, and Leifer. «Engineering Design Thinking, Teaching, and Learning.» *Journal of Engineering Education* 94, no. 1 (January 2005): 103-120.

Foray, Dominique, and Paul A. David. “Una introducción a la economía y a la sociedad del saber.” *Revista Internacional de Ciencias Sociales* (Unesco), no. 171 (Marzo 2002).

Fruchter, Renate, and Sarah Lewis. «Mentoring Models in Support of P5BL in Architecture/Engineering/Construction Global Teamwork.» *International Journal of Engineering Education* 19, no. 5 (): 19, no. 5 (2003): 663-671.

Fuchs, Willi. «The New Global Responsibilities of Engineers Create Challenges for Engineering Education.» *Journal of Education for Sustainable Development* 6, no. 1 (April 2012): 111-113.

Gavin, K. «Case study of a project-based learning course in civil engineering design.» *European Journal of Engineering Education* 36, no. 6 (2011).

Gerhart, Andrew L, and Robert W. Fletcher. «"Project-Based Learning and Design Experiences in Introduction to Engineering Courses-Assessing an Incremental Introduction of Engineering Skills."» *In American Society for Engineering Education*. American Society for Engineering Education, 2011.

Haddad, J. A. *Engineering Education and Practice in the United States. Foundations of Our Techno-Economic Future*. . National Research Council., Washington: National Academy Press, 1985, 138.

Harmer, Nichola. *Project-based learning Literature review* . PLYMOUTH UNIVERSITY , 2014.

Issapour, Marjaneh, and Keith Sheppard. «Evolution of American Engineering Education .» *Conference for Industry and Education Collaboration, 2015, Session ETD-315* . American Society for Engineering Education, 2015.

Killgore, William. *Visions of the Future of Engineering Education: Sharpening the Focus*. . 121st ASEE Annual Conference & Exposition, , ASSE, 2014.

Kim, Limsu. «La dinámica del aprendizaje tecnológico en la industrialización.» *“Revista internacional de ciencias sociales*, no. 168 (2001).

King, Julia E. «Educating Engineers for the 21st Century. .» The Royal Academic of Engineering, London, 2007.

Kolmos, Anette , et al. *Problem Based Learning. In TREE – Teaching and Research in Engineering in Europe*. 2007.

<https://lirias.kuleuven.be/bitstream/123456789/239445/2/b5.pdf&gathStatIcon=true> (accessed 04 de 08 de 2016).

Kolmos, Anette, Jette E. Holgaard, and Bettina Dahl. «Reconstructing the Aalborg Model for PBL - a case from the Faculty of Engineering and Science, Aalborg University.» *The 4th International Research Symposium on Problem-Based Learning (IRSPBL) 2013 . PBL Across Cultures*, 2013. 289.

Kolmos, Anette, Xiangyun Du, Jette E. Holgaard, and Lars Peter Jensen. *Facilitation in a PBL environment*. Aalborg: UCPBL UNESCO Chair in Problem Based Learning., 2008.

Lamancusa, John S., Jose L. Zayas, Allen L. Soyster, Lueny Morell, and Jens Jorgensen. « "2006 Bernard M. Gordon Prize Lecture: The Learning Factory: Industry-Partnered Active Learning." .» *Journal of engineering education* 97, no. 1 (2008): 5-11.

Malpas, Robert. *THE UNIVERSE OF ENGINEERING A UK PERSPECTIVE*. Edited by Royal Academy of Engineering/ Engineering Council. London, 2000.

OECD. *THE KNOWLEDGE-BASED ECONOMY*. GENERAL DISTRIBUTION OCDE/GD(96)102. Edited by ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. Paris: OECD, 1996.

Pister, Karl S. *Engineering education: designing an adaptive system*. . National Academy of Sciences. , Whashington : National Academies Press,, 1995, 96.

Powell, Walter W., and Kaisa Snellman. “The Knowledge Economy.” *Annual Review of Sociology* 30 (2004): 199-220.

Prados., John W. «Engineering Education in the United States: Past, Present, and Future.» *International Conference on Engineering Education (ICEE-98)*. Rio de Janeiro, 1998.

Reis, Dalcio Roberto dos. *Gestao da Inovação tecnológica*. Barueri, Sao Paulo: Manole, 2004.

Ruiz, Natalia, and Gustavo Silva. eds. *Más de dos décadas de un continuo despliegue académico Reflexiones de los vicerrectores académicos*. Edited by Natalia Ruiz and Gustavo Silva. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia,, 2008.

Salvat, Begoña Gros, and Pablo Lara Navarra. «ESTRATEGIAS DE INNOVACIÓN EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR: EL CASO DE LA UNIVERSITAT OBERTA DE CATALUNYA .» *REVISTA IBEROAMERICANA DE EDUCACIÓN*. 49 (2009): 223-245.

Savery, John R. «"Overview of problem-based learning: Definitions and distinctions.".» *Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning* 1, no. 1 (2006).

Savin-Baden, M. «Challenging Models and Perspectives of Problem-based Learning.» In *Management of Change: Implementation of Problem Based and Project Based Learning in Engineering*, edited by E., & Kolmos de Graaff, 9-30. A. Utrecht: Lemma Publishers, 2007.

Seely, Bruce E. «The History of Technology, and Engineering Education .» *Technology and Culture* 36, no. 4 (Oct 1995): 739-772.

Shelton, J.B., and R.F. Smith. «Problem-based Learning in Analytical Science Undergraduate Teaching. 16(1), 19-29.» *Research in Science & Technological Education* 16, no. 1 (1998): 19-29.

Spinks, Nigel, Nick Silburn, and David Birchall. «Educating Engineers for the 21st Century: The Industry View. .» he Royal Academy of Engineering, 2006.

STREVELER, RUTH A., and KARL A. SMITH. «Conducting Rigorous Research in Engineering Education.» *Journal of Engineering Education* 1, 04 2006: 103-105.

Wagner, Daniel, Bob Day, Tina James, Robert Kozma, and Jonathan Miller and Tim Unwin. . *Monitoring and Evaluation of ICT in Education Projects: A Handbook for Developing Countries*. The International Bank for Reconstruction and Development/ , The World Bank, Washington, DC: World Bank. Available at: <http://www.infodev.org/en/Publication.9.html>, 2005.

White, Lynn. "Technology and Invention in the Middle Ages." *Speculum* (Medieval Academy of America) 15, no. 2 (April 1940): 141-159.

Wright, Paul H. *Introducción a la ingeniería* . Mexico: Limusa Wiley, 2004.

Yoshikawa, Hiroyuki. *A proposal for Design Education*. En: Engineering Design in Engineering Education., JABEE Symposium/Workshop 2004, Tokio: JABEE, 2004.