



The Royal Academy
of Engineering



Massachusetts
Institute of
Technology

Lograr excelencia en la formación de ingeniería: los ingredientes para un cambio exitoso

Marzo 2012



© The Royal Academy of Engineering, 2012

ISBN 1-903496-83-7

Marzo 2012

Publicado por la Real Academia Nacional de Gran Bretaña
para la Ingeniería

3 Carlton House Terrace, London SW1Y 5DG

Tel: 020 7766 0600

Fax: 020 7930 1549

www.raeng.org.uk

Registrado bajo: *Registered Charity Number* 293074

Una copia de este informe está disponible en línea bajo
www.raeng.org.uk/change

Autor

Dr Ruth Graham

Traducido por Hans Grof Reese

Socio N° 17, COTICH, Santiago, Chile

Con la colaboración de Melissa Chávez Argandoña



The Royal Academy
of Engineering

Instituto Tecnológico de
Massachusetts

Lograr excelencia en la formación de ingeniería: los ingredientes para un cambio exitoso

Marzo 2012

Agradecimientos

Agradezco muy sinceramente a todos los entrevistados y a las personas de las instituciones descritas en los estudios de caso por el tiempo dedicado.

Como autora agradezco a: Professor Helen Atkinson (Miembro de la Real Academia), Professor Edward Crawley (Miembro de la Real Academia), Professor Peter Goodhew (Miembro de la Real Academia) y Professor David Nethercot (Miembro de la Real Academia) por sus asesorías técnicas y supervisión, a Kristina Edström y Karl Smith por sus ayudas en la corrección de las pruebas borradores.

Este informe fue financiado en forma conjunta por el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) y la Real Academia Nacional de Gran Bretaña para la Ingeniería.

Prefacio

No hay profesión que le dé tanta rienda suelta al espíritu de la innovación como la ingeniería. Los ingenieros descubren, desde la investigación hasta su aplicación en el mundo real, constantemente formas como mejorar nuestras vidas, creando soluciones nuevas y audaces que relacionan a la ciencia con la vida en forma intempestiva y con visión de futuro. Pocas profesiones convergen tantas ideas a tantas realidades. Pocas disciplinas tienen un efecto tan directo y positivo en la vida cotidiana de la gente. Confiamos en los ingenieros y en su imaginación para ayudarnos a satisfacer las necesidades del siglo XXI.

Cambiando la conversación: mensajes para mejorar la comprensión cotidiana de la ingeniería. Academia Nacional de Ingeniería, 2008.

La ingeniería es vital para una civilización exitosa y perdurable. Hay tanto que descansa sobre los hombros de la futura generación de ingenieros, que debemos darles el mejor fundamento

posible para sus vidas profesionales.

Esto significa, hay que asegurar que los graduados en ingeniería puedan aplicar sus conocimientos teóricos a los problemas en las industrias como a su vez mostrar comprensión teórica, creatividad e innovación, trabajo en grupo, amplitud técnica y competencias comerciales. Para lograr esto, los programas de pregrado de ingeniería deben seguir el ritmo de las necesidades cambiantes de la industria con una interacción mayor entre los Departamentos (universitarios) y la industria.

Denominamos esto formación profesional en ingeniería basada en experiencias, y la Real Academia ha señalado esto en una serie de informes que se remontan hasta el año 2006. Este último informe va más allá, indagando qué hay que cambiar o por qué, y se pregunta, cómo el cambio exitoso y sustentable ha sido logrado por las facultades de ingeniería alrededor del mundo. Es lectura fundamental para todos los que son responsables en la formación profesional de la próxima generación de ingenieros.

Professor Edward Crawley
Presidente
Instituto de Ciencia y Tecnología
Skolkovo

Dr David Grant
Vice Canciller
Universidad de Cardiff

Resumen Ejecutivo

Una serie de informes de la Real Academia de Ingeniería (Real Academia de Ingeniería, 2006, 2007, 2010) ha demostrado que se requiere urgentemente un cambio en la formación de ingenieros a nivel de pregrado, para asegurar que los graduados se encuentren formados para los cambios nuevos y complejos del siglo XXI. Sin embargo, los cambios necesarios en la estructura y oferta de pregrado todavía tienen que llevarse a cabo en todo el sector. Hay un creciente reconocimiento que el lento ritmo de cambio refleja las dificultades para analizar y sustentar la reforma en el ámbito de la formación en los Departamentos y Escuelas de Ingeniería. La reforma es necesaria, el reto es que suceda. El problema acuciante en la formación de ingeniería no es *si* cambiar sino *cómo* cambiar.

El informe se centra en este tema. Examina cómo un cambio positivo se puede lograr en el plan de estudio de ingeniería, centrándose específicamente en cómo se puede iniciar, implementar y sustentar la reforma dentro de los Departamentos y Escuelas de Ingeniería.

Este documento se basa en las experiencias de quienes participan en la reforma de los programas principales para la formación profesional en ingeniería en todo el mundo, con el objetivo de revelar las características comunes de éxito y fracaso. Entre enero y octubre de 2011 se llevó a cabo un estudio en dos etapas. Primero, se entrevistaron a 70 expertos internacionales de 15 países, todos con experiencia directa en cambios curriculares en ingeniería. Las entrevistas proporcionaron información con una amplia gama de ejemplos de la reforma curricular en todo el mundo, ofreciendo una visión de alto nivel de las particularidades asociadas a una reforma exitosa y no exitosa. En segundo lugar, seis ejemplos fueron seleccionados de entre aquellas entrevistas que investigan en detalle, cómo se puede lograr una reforma significativa en la formación. Los seis estudios de caso son altamente considerados y fueron seleccionados para proporcionar una gama de posibilidades de reforma, estrategias de cambio, niveles de ambición, ubicación geográfica y etapas en el proceso de cambio. Otras 117 personas fueron consultadas para estos estudios de caso.

El estudio identifica cuatro características comunes para un cambio exitoso y generalizado que parecen ser en gran medida independientes de la ubicación geográfica o del tipo de institución. Éstas se presentarán uno a uno a continuación.

En primer lugar, a menudo se inicia un cambio sistémico exitoso cuando responde a un conjunto común de circunstancias. A diferencia de los cambios realizados a nivel de curso o módulo (en el Reino Unido), impulsados a menudo por una evidencia en la formación convincente o un llamado nacional por una nueva "generación" de ingenieros, los cambios generalizados y exitosos suelen ser provocados debido a amenazas significativas en la situación del mercado por el Departamento o la Escuela. Los asuntos que enfrentan son muy evidentes para la gestión a nivel de profesores y, en algunos casos, la Dirección de la universidad ha estipulado que un cambio fundamental es necesario

para la supervivencia a largo plazo del programa y / o del Departamento. Los aspectos más frecuentes incluyen problemas con la contratación, retención y empleabilidad. La naturaleza fundamental y urgente de estos problemas establece tanto un reconocimiento generalizado, de que el cambio en la formación es inevitable como una interacción entre colegas y sentido común dentro del profesorado para la consecución de la reforma amplia del plan de estudio. Estas condiciones parecen aumentar aparentemente las posibilidades de una reforma sistémica, siendo ambas implementadas con éxito y sustentadas. Los programas con cambios exitosos comparten una cantidad de otros factores contextuales comunes, como por ejemplo, probablemente se relacionan con los profesores con experiencia a nivel de industria o con profesores recién contrata-dos que sustituyen a los profesores a punto de jubilar. Además, en una cantidad de casos significativos, los líderes con éxito en amplios cambios a nivel curricular han experimentado fracasos en intentos anteriores al hacer cambios aislados para el nivel del curso, de lo cual concluyeron que *"el cambio necesitaba ser radical y amplio para consolidarse"*.

En segundo lugar, una serie de características comunes son evidentes en el diseño de aquellos programas de formación con un cambio exitoso. El éxito parece estar asociado con la envergadura del cambio insertado en una estructura curricular interconectada y coherente. El estudio identificó numerosos casos de una reforma ambiciosa que habían fracasado en última instancia, debido a su aislamiento curricular o su dependencia de uno o dos miembros del profesorado. Casi sin excepción, un cambio exitoso y sustentable comienza con una apreciación pormenorizada de todos los objetivos del plan de estudio e implica un realineamiento a alto nivel de toda la estructura curricular, en la cual está involucrada una sección transversal de la facultad. Este enfoque exitoso para diseñar la formación parece ser independiente de la escala de cambios realizados. Por cierto, los cambios curriculares amplios y exitosos implican solamente la creación de una cantidad relativamente reducida de cursos nuevos, generalmente menos del 20% del plan de estudio. Sin embargo, lo que distingue es el alcance en que los cambios se interrelacionan dentro de una estructura curricular coherente rediseñada con múltiples dependencias tanto horizontales como verticales. La gran mayoría de los programas de cambio exitosos considerados en este estudio también han tratado de crear una nueva "marca" en su enfoque formacional, y aspira a establecer un estándar de referencia para la formación nacional o internacional en ingeniería. Este prestigio, como un potencial líder mundial, es el que apoya la participación continua de los profesores involucrados con el proceso de reforma.

En tercer lugar, el Departamento parece ser el motor del cambio, con el compromiso incesante del Jefe de Departamento como un componente decisivo para su éxito. Independiente de la magnitud del cambio planificado (partiendo de un esfuerzo a nivel de Escuela hasta un pequeño grupo de cursos), los cambios acertados fueron sistemáticamente identificados como aquellos que habían

adoptado un enfoque amplio a nivel de Departamento para la reforma. Por ejemplo, entre las reformas de todas las Escuelas consideradas en este estudio, los cambios curriculares exitosos a largo plazo se circunscriben a Departamentos individuales, con difusión muy limitada de buenas prácticas fuera de sus fronteras. También un resultado importante de este estudio es el papel fundamental que ha desempeñado el Jefe de Departamento para un cambio exitoso. Casi sin excepción, es él quien también lidera o colidera el cambio, apoya los cambios exitosos en forma activa. Esta persona es generalmente designada en forma interna y es muy apreciada por sus investigaciones y docencia. Una larga confianza por parte del núcleo de profesores en el Jefe de Departamento conlleva a creer generalmente que sus esfuerzos en el cambio de la formación serán valoradas, y a creer que esta persona va "*defender nuestro caso*" en los procesos de ascenso.

Por último, el estudio destaca los retos asociados con el cambio sustentable, con la mayoría de las iniciativas de reforma para revertir el *status quo ante* en los años posteriores a su implementación. De hecho, incluso aquellos cambios mantenidos con éxito, muchos han enfrentados problemas importantes entre 5 y 10 años después de la graduación de la primera cohorte de estudiantes. Muchos experimentan un deseo gradual para regresar al plan de estudio más tradicional. Estos pormenores provienen a menudo de un sentido cada vez mayor en el profesorado, que el nuevo plan de estudios ya no es "de vanguardia" y / o basado en una afluencia de profesores recientemente

nombrados, que no experimentaron la amenaza que precipitaron las reformas. La prueba fundamental de la sustentabilidad de una reforma en la formación es, si se continúa con ella más allá de una reestructuración universitaria o cambios en la alta dirección. Los programas de cambio que parecen ser más resistentes a estas condiciones son los que implican: una sección transversal de los profesores en la realización de los cursos reformados, una evaluación de impacto bien diseminada del cambio y un enfoque en curso sobre la innovación y la reinención.

El estudio pone de manifiesto el esfuerzo revelador dedicado a la reforma curricular en ingeniería en todo el mundo. También subraya las dificultades que experimentaron los 'campeones solitarios' que actualmente están conduciendo la reforma en las Escuelas de Ingeniería y Departamentos en todo el mundo, donde los cambios suelen resultar limitados y de corto plazo. La evidencia señala más bien a la importancia del liderazgo y la participación generalizada de los profesores del Departamento en un proceso de reforma, que es informado, coherente y ambicioso. Al extraer las estrategias empleadas en los esfuerzos de cambio exitosos, este estudio ofrece algunas recomendaciones para considerar las Escuelas de Ingeniería y Departamentos que deseen embarcarse en la reforma curricular. El estudio concluye con tres recomendaciones para la comunidad formadora de ingenieros, que contribuye a asegurar que las reformas del plan de estudios destacan la mejor oportunidad posible para lograr un cambio positivo y sostenible.



Agradecimientos

Este informe fue realizado con el apoyo financiero de la Real Academia Nacional de Gran Bretaña para la Ingeniería y del Instituto Tecnológico de Massachusetts. El estudio fue dirigido y apoyado por un grupo encargado de miembros de la Real Academia Nacional de Ingeniería.

Estoy especialmente agradecida a los profesores de ingeniería, al cuerpo directivo de la universidad, a los colegas de la industria, a los profesores y a los estudiantes de ingeniería de todo el mundo que contribuyeron generosamente con el estudio, aportando su tiempo y compartiendo sus experiencias, conocimientos y experticia.

Dr. Ruth Graham

INDICE

1 Introducción

1.1 Antecedentes	10
1.2 Enfoque	10
1.3 Propuesta	10

2 Resumen de la revisión bibliográfica

2.1 Orígenes y enfoques de la investigación en terreno	12
2.2 Crítica de actividades en los cambios actuales	13
2.3 Estrategias y modelos para el cambio	13
2.4 Impulsores para el cambio	14
2.5 Características importantes de éxito y fracaso	15
2.6 Cultura y procedimientos de recompensa	16
2.7 Midiendo el impacto del cambio	16
2.8 ¿Se requiere más evidencia para el cambio en la formación de la ingeniería?	17

3. Las evidencias de las entrevistas con expertos en el cambio de la formación y con líderes anteriores a la reforma

3.1 El estudio de la entrevista	18
3.2 Perspectivas de cambio en todo el mundo	19
3.3 Ejemplos de cambios muy respetados	20
3.4 Las condiciones que provocan cambio	21
3.5 Dirigir el proceso de cambio	24
3.6 Mantener y evaluar el cambio	28

4 Evidencia en las investigaciones de los estudios de caso

4.1 Estudio de caso 1: Departamento de Ingeniería Civil, Ambiental y Geomática, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad –College London, Reino Unido	32
4.3 Estudio de caso 3: iFoundry, Universidad de Illinois, Estados Unidos	44
4.4 Estudio de caso 4: Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Queensland, Australia.	47
4.5 Estudio de caso 5: Facultad de Ingeniería y Computación, Universidad de Coventry, Reino Unido	54
4.6 Estudio de caso 6: Learning Factory, Escuela de Ingeniería, Universidad estatal de Pensilvania, EE.UU.	59

5 Comentarios finales

5.1 Observaciones generales con respecto a los cambios en la formación de ingeniería	65
5.2 Características comunes de los programas de cambio exitosos	65
5.3 Lo que NO parece estar asociado con un cambio exitoso	69
5.4 Características comunes de un cambio sin éxito	69
5.5 Recomendaciones	70

1 Introducción

1.1 Antecedentes

“La ingeniería se caracteriza hoy en día tanto por una diversidad cada vez mayor de las demandas hechas a los ingenieros en su vida profesional como la ubicuidad de los productos y servicios que ellos ofrecen. Sin embargo, existe una creciente preocupación: el sistema de formación responsable para nuevas generaciones de ingenieros en el Reino Unido no puede seguir el ritmo... La estructura y el contenido de los cursos de ingeniería [programas] han cambiado relativamente poco en los últimos 20 años.” (Real Academia de Ingeniería, 2007)

Una serie de informes de la Real Academia Nacional de Ingeniería (Real Academia Nacional de Ingeniería, 2006, 2007, 2010) demuestra que el cambio en la formación de estudiantes de ingeniería requiere con urgencia asegurar que los graduados sigan estando preparados para los nuevos desafíos complejos del siglo XXI. Sin embargo, la transformación necesaria en la estructura y la docencia de pregrado todavía tienen que llevarse a cabo en todo el sector de la educación superior. En la mayoría de las instituciones, el plan de estudio de ingeniería demuestra que se resiste al cambio; este problema no se limita sólo al Reino Unido:

- **De los EE.UU.:** *“... estamos desconcertados por dos realidades: primero, que las intervenciones dispersas a través de la formación en ingeniería en la última década no se han traducido en un cambio sistémico, sino sólo en casos aislados, con éxito, en programas y escuelas individuales y, segundo, que la falta de conexión entre el sistema de formación de ingeniería y su práctica parecen aumentar.” (Academia Nacional de Ingeniería, 2004)*
- **Desde Australia:** *“... el currículo de ingeniería ha respondido en forma lenta. Si bien han habido algunas reformas en los últimos 15 años, el modelo formativo que utilizamos no difiere mucho del que usamos hace 30 años. El ritmo en los cambios ha aumentado significativamente, pero en la formación de ingenieros ha sido demasiado lento. (Instituto de Ingenieros de Australia, 1996)*

Hay un reconocimiento creciente que el ritmo lento de cambio refleja las dificultades para catalizar y mantener la reforma sistémica en la formación dentro de los Departamentos y Escuelas de Ingeniería. Se requiere un cambio. El reto consiste en hacerlo. En otras palabras, el asunto urgente en la formación de ingeniería no es si se debe cambiar, sino cómo cambiar.

1.2 Enfoque

Este estudio se centra en las condiciones y mecanismos para lograr un cambio positivo y sustentable en el currículo básico de pregrado para la ingeniería. El diseño en la formación es claramente un elemento crucial para un cambio exitoso. Los cambios que se hagan son fundamentales. Sin embargo, este informe se refiere principalmente a cómo se puede iniciar, implementar y mantener el cambio con éxito.

En la mayoría de los Departamentos de Ingeniería, los métodos innovadores para la enseñanza y el aprendizaje se encuentran normalmente sólo en los márgenes del plan de estudio de pregrado, con su desarrollo y continuidad recayendo en unas pocas personas altamente comprometidas. Por el contrario, este estudio analiza los cambios estratégicos y sistémicos dentro de un Departamento o Escuela de Ingeniería, los que afectan a la formación general de un gran porcentaje de la cohorte de estudiantes, y los factores que optimizan el éxito y la sustentabilidad de dicha reforma. Pretende identificar estrategias exitosas de cambio a largo plazo, así como destacar escollos comunes que pueden hundir los programas de reforma curricular.

El estudio se basa en el conocimiento internacional acerca del cambio en la formación de la ingeniería, apoyado con entrevistas de expertos internacionales y obteniendo pruebas adicionales de los estudios de caso seleccionados. La evidencia ha sido recogida a través de consultas con 187 personas de todo el mundo, de las cuales 123 fueron entrevistas formales personales. Aunque este estudio es de carácter internacional, en su opinión se centra especialmente en los EE.UU. y el Reino Unido.

El estudio se basa en informes fundamentales publicados por la Real Academia Nacional de Ingeniería: *Formar a ingenieros para el siglo XXI (Spinks et al 2006, Raeng 2007)* y *Graduados de ingeniería para la industria (RAEng 2010)*, los que pidieron cambios importantes en el plan de estudio de ingeniería.

1.3 Propuesta

El informe se basa en tres fuentes de información, recogidas entre enero y octubre de 2011:

- **Fase 1: una revisión puntual de la bibliografía sobre el cambio en la formación de la ingeniería.** Un resumen se presenta en el capítulo 2.
- **Fase 2: entrevistas con expertos internacionales y profesionales.** La evidencia de los expertos fue obtenida de 70 personas provenientes de 15 países de todo el mundo. (Hay que destacar que 11 personas contribuyeron en las entrevistas en la fase 2 y en el estudio de caso en la fase 3). Se basó en sus percepciones, experiencias y proyecciones futuras para el cambio en la formación de la ingeniería a nivel de pre-grado. Las entrevistas se centraron en la actual circunstancia para el cambio en la formación a nivel nacional, en los principales obstáculos para establecer e implementar los esfuerzos para una reforma y en los ingredientes cruciales para una reforma exitosa y sustentable. Las entrevistas apuntaron: (i) a los expertos de investigación en el área, (ii) a aquellos que tienen experiencia para liderar cambios en la formación de ingeniería, (iii) a los que tienen un punto de vista de plan de acción nacional o internacional en la formación de ingeniería, y (iv) a los

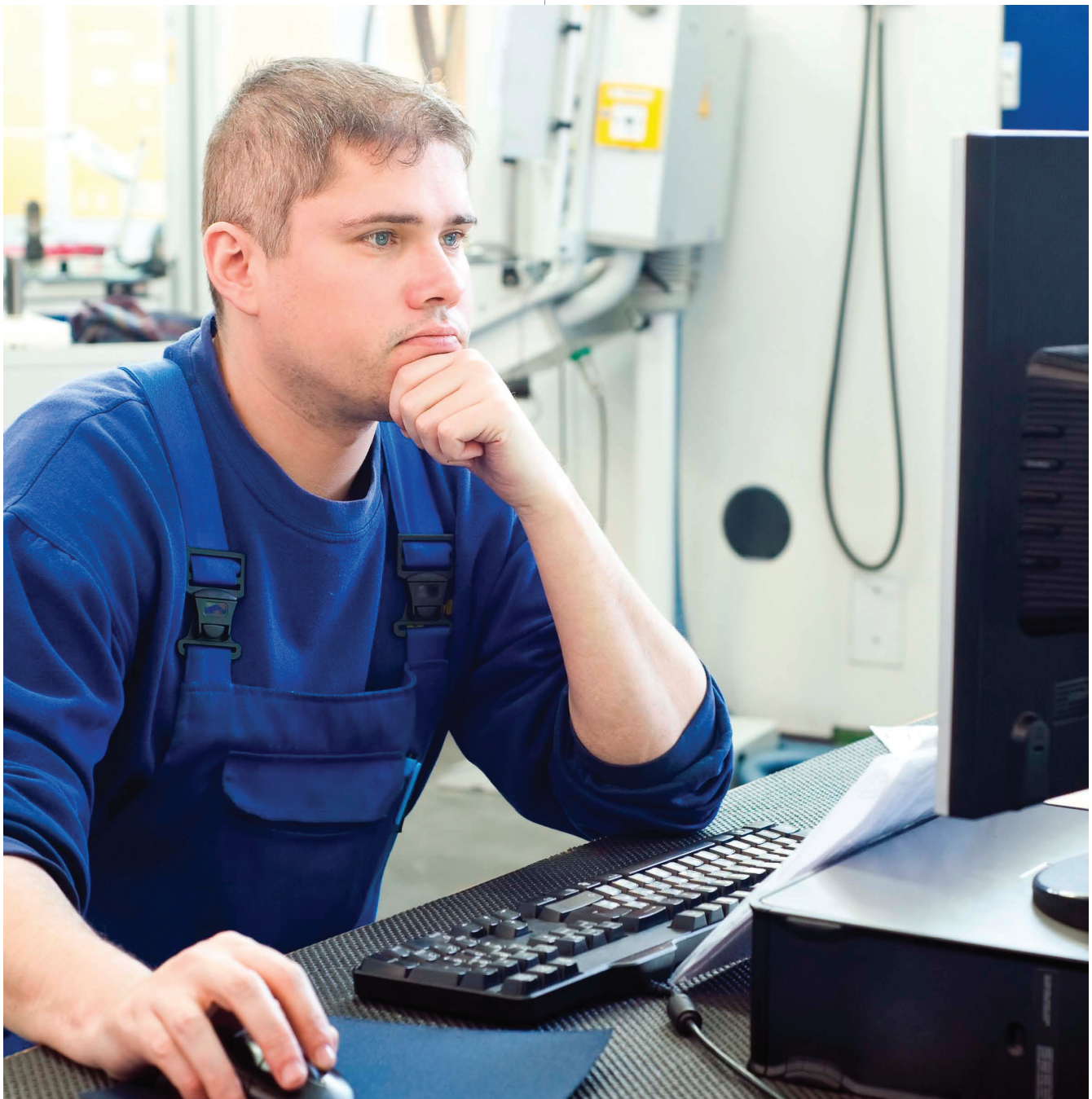
observadores que realizan reformas académicas, tales como asesores de la industria. Un resumen de los puntos de vista de las entrevistas se presentará en el capítulo 3.

- **Fase 3: Investigaciones de estudios de casos.** Se identificaron seis programas de reforma en la formación de ingeniería durante las entrevistas a los expertos, y se llevó a cabo un diagnóstico de las condiciones fundamentales y catalizadoras para el cambio en cada caso. Los estudios de caso seleccionados son de los EE.UU., Reino Unido, Australia y Hong Kong. Se consultó un total de 128 personas para las investigaciones de los estudios de caso, de las cuales 64 fueron entrevistas formales individuales con una duración de una hora generalmente. Cada estudio de caso se basó en entrevistas con 8 a 17 personas que

conducían, participaban, dirigían, observaban o se vieron afectadas por el cambio, para luego analizar los factores importantes del éxito del programa. Estos seis estudios de casos se presentarán en el capítulo 4.

El capítulo 5 ofrece un resumen de los resultados del estudio, presentando una visión general de los elementos comunes importantes en los programas exitosos de cambio en la formación de ingeniería.

A menos que se cite directamente a los entrevistados en el estudio, toda la terminología utilizada en este informe se basa en la convención de EE.UU., donde, por ejemplo, profesores se refiere al personal académico del Departamento y curso se refiere a una unidad discreta de crédito en el programa de pregrado.



2 Resumen de la revisión bibliográfica

Este capítulo resume la bibliografía relacionada con el cambio en la formación de la ingeniería. A su vez, el informe se relaciona con el desarrollo de la investigación relacionado con cambio en la enseñanza de la ingeniería (2,1), como el cambio curricular se reflejó en la práctica (2,2), las estrategias alternativas de cambio (2,3), los impulsores para hacer un cambio (2,4), las características decisivas de éxito y fracaso (2,5), el papel de la cultura académica y los procedimientos de recompensas existentes (2,6) y cómo se mide el impacto del cambio (2,7).

Los mensajes claves son: (i) la escasez de estudios acerca de las estrategias para el cambio exitoso y sistémico en la formación de ingeniería, (ii) la supremacía del modelo de cambio para la “difusión de la innovación” en la formación, a pesar de algunas preocupaciones acerca de su aplicabilidad en la reforma curricular, y (iii) la carencia de pruebas de alta calidad para evaluar el impacto del cambio curricular en la ingeniería.

2.1 Orígenes y enfoques de la investigación en terreno

El cambio de formación en la ingeniería es un campo de investigación relativamente nuevo. Su origen se remonta a la década de 1980, con la finalidad de aumentar la cantidad de estudiantes y / o la diversidad en Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (sigla en inglés STEM) en pregrado (Godfrey, 2009 y Seymour, 2001). Este campo de investigación se perfiló más tarde con el deseo de aumentar reservas de talento en el trayecto hacia la enseñanza de la ingeniería, y la necesidad de preparar a los graduados de ingeniería para hacer frente a los retos complejos industriales y sociales del siglo XXI (King, 2008, Jamieson y Lohmann, 2009, Spalter-Roth et al., 2007).

La mayor parte, probablemente entre el 80% y 90% de la investigación relacionada con el cambio de la formación en ingeniería, se ha realizado en los EE.UU. En gran medida es resultado del enfoque estadounidense para financiar la innovación en la formación de las ciencias en las últimas décadas a través de la Fundación Nacional de Ciencias (del inglés: National Science Foundation, NSF). Durante la década de los noventa y a principios de 2000, la Fundación NSF invirtió más de 200 millones de dólares en el “Programa Eje para la Formación en Ingeniería (del inglés: Engineering Education Coalitions Program), dirigidas a 8 alianzas universitarias para “promover un cambio de base amplio, en forma rápida, sinérgico y colaborativo” (Coward et al., 2000). A pesar de que las coaliciones dieron lugar a reformas locales en las instituciones anfitrionas, ellas “no dieron lugar a nuevos modelos globales y sistemáticos para la reforma de la ingeniería que se esperaba” (National Science Board, 2007). Para muchos, el fracaso de las alianzas para promover un cambio más amplio en todo el sector, fue una consecuencia del modelo de cambio en que se basó el Programa de la Coalición. Sobre la base de la difusión del modelo innovativo de Rogers (Rogers, 2003), se asumió que “si un grupo de instituciones desarrolló, implementó, estimó

(evaluó) e institucionalizó una serie de innovaciones con un financiamiento amplio, entonces estas innovaciones serían adaptadas y adoptadas en breve a través de un amplio espectro de instituciones sin ayuda financiera significativa” (Borrego et al., 2007). En otras palabras, el esfuerzo fue dirigido para desarrollar y probar la eficacia de la innovación, dado que se suponía que el adoptarla en forma más amplia, se encargaría de sí mismo, una vez que los resultados se hubieren difundidos. Es una crítica dirigida a varias de las estrategias de cambio propuestas en la bibliografía acerca de la formación en ingeniería, que se basa también en el supuesto de que una “eficacia superior demostrada en un ambiente alternativo de aprendizaje motivará a los profesores a cambiar” (Froyd et al., 2000). Como lo advierte la investigación más reciente, la certeza en la eficacia de una innovación para la formación es “necesaria pero no suficiente” para precipitar una adopción más amplia de estos enfoques (Borrego et al., 2010, Dancy y Henderson, 2010, Seymour, 2001, Froyd et al., 2006). De hecho, Kezar (2009) advierte, aunque difundir modelos innovativos “trabajan a veces con agentes de cambio propios... [ellos] ... no se reflejan bien en grandes esfuerzos de cambio a mayor escala”.

El hecho de que el prestigioso Programa de Coalición se basó en un modelo para difundir la innovación, parece haber influido fuertemente en el cambio en la formación de la ingeniería en los Estados Unidos. Gran parte de la investigación, que en cierta medida se financia directa o indirectamente a través de la Fundación NSF (US National Science Foundation), se ha centrado en la medida, en que las innovaciones en la formación comprobadas en ingeniería son adoptadas por profesores más allá del curso, Departamento o institución del creador (Spalter-Roth et al., 2007, Borrego et al., 2010, Dancy y Henderson, 2010). Este modelo de cambio formativo, donde las innovaciones se difunden en forma natural entre los miembros del profesorado, ha dejado sin respuesta la presunción de que influyendo en las creencias, prioridades y comportamientos de cada miembro del profesorado es clave para una reforma formativa exitosa y sustentable. Esta presunción está en desacuerdo con la bibliografía en general respecto al cambio en la formación profesional a nivel superior en forma más general, donde se visualiza al Departamento en su conjunto como la unidad decisiva para el cambio (Trowler et al., 2003, Weiman et al., 2010).

La investigación sobre la reforma en la formación profesional en ingeniería fuera de los EE.UU. subsigue una dirección mucho menos coherente. Sin embargo, se consideran generalmente tres áreas claves distintas: (i) la evaluación de esfuerzos de cambio en instituciones particulares (por ejemplo, Pundak y Rozner de 2008, Wilson-Medhurst et al, 2008, Molyneaux et al, 2010.), (ii) las estrategias exitosas para adoptar el aprendizaje basado en problemas (ABP, del inglés PBL= Problem based Learning) dentro de los elementos del plan de estudio (van Barneveld y Strobel, 2009, de Graaf y Kolmos, 2007), y (iii) la consideración de la cultura organizacional en la ingeniería y su impacto en el proceso de cambio (Godfrey y Parker, 2010, Merton et al., 2004).

2.2 Crítica de actividades en los cambios actuales

Parecen ser bastante acotados los análisis importantes de los enfoques actuales con respecto a la reforma en la formación profesional en ingeniería. A continuación se presentan en forma resumida pruebas de la reforma en la formación profesional, considerando la envergadura, naturaleza y magnitud de los cambios en las últimas décadas.

En primer lugar, la bibliografía deja en claro que los modelos actuales de innovación y cambios curriculares suelen ser a pequeña escala, 'solitarios' y no impactan en forma más amplia la práctica profesional a nivel de Departamento, institución o a nivel nacional (Heywood, 2006). Por consiguiente, estas innovaciones suelen perderse, cuando el profesor, que inicia el cambio, continúa (Fisher et al., 2003), porque sus colegas no están dispuestos "a invertir el tiempo para enseñar, en parte, el curso de la manera nueva, debido a que la dedicación de tiempo fue mayor que el de las clases tradicionales" (Fairweather, 2008). Este modelo de cambio refleja la autonomía tradicionalmente disfrutada por los profesores, que les permite iniciar el cambio en su propio programa. De esta manera, el cambio "surge del descontento de un profesor en relación al rendimiento o participación de los alumnos" con poco o ningún rigor científico en su desarrollo o efecto (Froyd et al., 2000, Jamieson y Lohmann, 2009). Esos ejemplos de innovación ambiciosa a nivel de Departamento o Escuela más citados en la bibliografía, como el de la Universidad de Olin (Olin College of Engineering) en los EE.UU. (Somerville et al., 2005) o el de la Universidad de Aalborg en Dinamarca (Kolmos et al., 2004.), resultan que provienen de una pizarra en blanco en lugar de ser el producto de un cambio en la formación a partir de un plan de estudio más tradicional. Como tal, no ofrecen una visión al proceso de cambio a nivel sistémico.

En segundo lugar, hay poca bibliografía específica que se centró en el pasado o recientemente en estos temas o áreas. Una vez más, gran parte de esta investigación proviene de los EE.UU. Por ejemplo, un estudio de 2001 analizó los cambios en la formación de la ingeniería en la década anterior; así lo reflejaron 27 especialistas de alto nivel de la industria, del mundo académico y profesional de la ingeniería (Björklund y Colbeck 2001). Los autores identificaron cinco áreas claves en las que el cambio se ha producido: "la incorporación del diseño en todo el currículo; un énfasis en la enseñanza efectiva; la influencia de la tecnología informática en el aula y además, la necesidad de un currículo más amplio, y un nuevo enfoque en la evaluación debido en gran parte a los criterios de acreditación de la Comisión de Acreditación para la Ingeniería y Tecnología (del inglés: ABET 2000, Accreditation Board for Engineering and Technology, Inc.)". Una encuesta más reciente de 197 cátedras en Departamentos de Ingeniería en Estados Unidos observó los niveles de conciencia y adopción de innovaciones en la formación de ingeniería como "un análisis minucioso de artefacto" o programas puentes de verano (Borrego et al., 2010). El estudio identificó altos niveles de conciencia (82%) de las innovaciones por parte de los Jefes de Departamento, pero niveles relativamente bajos (47%) en la adopción de éstas dentro de sus Departamentos. Estos resultados reflejan de cerca la señal de estudios similares en los Estados Unidos en la formación de pregrado en física (Dancy y Henderson, 2010, Henderson y Dancy 2009).

En tercer lugar, la revisión bibliográfica apunta a la escasez de investigaciones basadas en la medida en que los cambios generalizados ocurrieron en el ámbito de la formación de ingenieros. Una excepción es el estudio en el Cambio en la Ingeniería (Lattuca et al., 2006), que analizó el impacto de los estándares de acreditación de la Comisión de Acreditación ABET EC2000 basados en resultados en la formación de ingeniería en los EE.UU. entre 1994 y 2004. Durante este período de 10 años, el estudio señala un avance en los graduados en ingeniería de EE.UU., es decir, "comprensión de los problemas sociales y mundiales, capacidad para aplicar competencias de ingeniería, habilidades de grupo, y comprensión de la ética y cuestiones profesionales".

Parece que hay pruebas limitadas sobre diferencias nacionales en el enfoque del cambio en la formación. Sin embargo, un estudio interdisciplinario de excelencia en formación en universidades con mucha investigación concluyó que "no se encontraron diferencias sistemáticas en los diferentes Departamentos en universidades del Reino Unido y Australia, Europa y Estados Unidos. Su intensidad investigativa fue la característica dominante, no su contexto nacional." Gibbs et al., 2009)

2.3 Estrategias y modelos para el cambio

El tema del debate en la bibliografía para la formación en ingeniería ha sido la crítica de los modelos de cambio curricular (Froyd et al., 2000, Smith et al., 2004, Fisher et al., 2003, Clark et al., 2004, Walkington, 2002). Seymour (2001) ofrece una categorización muy bien considerada de las teorías de cambio utilizadas en la reforma en STEM (en español: Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas). Ella también comenta que "en relación a los esfuerzos para reformar, la teoría o teorías que suscriben las formas elegidas de las acciones a menudo no son mencionadas". Probablemente el análisis más apreciado en relación a los cambios de teorías adoptado por la educación superior lo proporciona Kezar (2001) quien hace una distinción clara entre cambio de sistema (normalmente en el exterior y que se producen en todo el sector, tales como los cambios de acreditación) y el cambio organizacional (que sucede en una sola institución).

La evidencia en la bibliografía para la formación en ingeniería sugiere que una reforma exitosa se asocia a menudo con una combinación de cambios desde "arriba hacia abajo y de abajo hacia arriba" (Seymour et al., 2011, de Graff y Kolmos, 2007), Walkington, 2002, Heywood, 2006). Elton (2002) identifica, en relación a un nivel de formación más elevado, que la combinación de presiones de arriba hacia abajo y de abajo hacia arriba es la característica más importante para un cambio exitoso en las universidades. El análisis de arriba hacia abajo es de facilitación, el de abajo hacia arriba es de innovación". También añade que "incluso si la innovación viene originalmente de la parte superior, puede ser conveniente mantenerlo en secreto".

La bibliografía más reciente sobre el cambio en la formación en la ingeniería se ha inspirado a menudo en el modelo de cambio desarrollado por Kotter (1996), donde se aprecia el proceso de reforma como una serie de 8 etapas discretas. Un resumen del modelo de cambio Kotter se presenta en la Figura 1, con el contexto particular para la reforma en la formación en ingeniería proporcionada en la columna de la derecha para cada etapa, según lo propuesto por Froyd et al. (2000).

Aunque algunos piensan que el enfoque de Kotter es demasiado prescriptivo, el fuerte énfasis en establecer tanto la urgencia como la comunidad de usuarios parece ser decisivo y a menudo un elemento de cambio descuidado en la formación de ingeniería (de Graff y Kolmos, 2007). Para algunos, el enfoque de Kotter proporciona un modelo especialmente sólido para el cambio curricular en los Departamentos de ingeniería, porque *“se centra en un proceso para formar una coalición en torno a una necesidad reconocida, en vez de esfuerzos de un profesor individual y/o suficientes datos de investigación”* (Froyd et al. de 2000).

También hay un cierto debate en la bibliografía sobre la enseñanza de la ingeniería en relación a qué grupos interesados en particular deben comprometerse para lograr un cambio lo más efectivo. En la mayoría de las intervenciones para la formación y las estrategias de reforma en ingeniería suelen participar los profesores que ya se han comprometido a mejorar y desarrollar la oferta en la formación. Por el contrario, Fairweather (2008) sostiene que el mayor cambio positivo en la educación STEM (en español: Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) se logrará al focalizar los esfuerzos en aquellos profesores cuyo único enfoque formativo actual es dictar clases para *“utilizar cualquier forma de instrucción activa o colaborativa”*, en lugar de seguir apoyando a los innovadores existentes. Otros argumentan que el cambio en la formación eficaz debe comenzar con afectar los niveles de cambio de actitudes y comportamientos de los estudiantes en lugar de los profesores (Korte y Goldberg, 2010). Sin embargo, para algunos un cambio sistémico y sustentable en la formación en ingeniería sólo puede ser posible, y sólo será mayor que la suma de las contribuciones de cada profesor, en la medida en se pueda desarrollar una cultura de responsabilidad colectiva en todos los profesores (Fisher et al, 2003).

Figura 1.: A la izquierda el modelo de cambio de Kotter puesto en el contexto de la reforma en la formación de ingenieros a la derecha por Froyd et al.

2.4 Impulsores para el cambio

La gran mayoría de la bibliografía describe los impulsores para cambiar la formación en ingeniería, ya sea a nivel de necesidad global / nacional (Jamieson y Lohmann, 2009, Rey de 2008, Duderstadt, 2008), o motivar a cada profesor (Cady et al., 2009, Dancy y Henderson, 2010). Los impulsores para el cambio estratégico en un Departamento o Escuela se discuten con menos frecuencia en la bibliografía para la formación en ingeniería.

Van Barneveld y Strobel (2009) afirman en su evaluación relacionada al aprendizaje basado en problemas en la enseñanza de ingeniería que, cuando se impulsa un cambio en la formación médica parece ser ‘de abajo hacia arriba’. Cuando se relaciona con la insatisfacción de los estudiantes y los profesores, en ingeniería y negocios tienden a ser de ‘arriba hacia abajo’, debido a la insatisfacción entre los grupos de empleadores. Ellos también sostienen que los impulsos para el cambio en la formación aparentemente se basan en aspectos que son *“específicos a la profesión y no específicos a la geografía”*. Hay evidencias en la bibliografía más general sobre el cambio en educación superior. Gibbs et al., 2009, encontraron, que *“experimentar un problema o cambio importante (como una reseña externa negativa o incluso la amenaza de remover una acreditación profesional) era virtualmente esencial, si se iba a adoptar un proceso de cambio”*. Es interesante notar que esta relación entre un factor desencadenante externo fuerte y un cambio sistémico planificado también es evidente en los niveles de educación primaria y secundaria. Un informe reciente que observa a las escuelas con amplios logros en todo el mundo (Mourshed et al., 2010) encontró que *“el impulso necesario para iniciar las reformas del sistema escolar – denominado ‘encendido’ – resultó de uno de los tres aspectos siguientes: la consecuencia de una crisis política o económica, el impacto de un informe crítico de alto perfil en el rendimiento del sistema, o la energía y el aporte de un nuevo líder político y estratégico”*. Sin embargo, para algunos *“la motivación mayor para un profesor de*

1. Establecer un sentido de urgencia	1. Establecer la necesidad y dinamismo para un cambio curricular
2. Formar una coalición guía	2. Reunir un equipo de liderazgo para diseñar y promover el cambio
3. Crear una visión	3. Definir y acordar nuevos objetivos de aprendizaje y un entorno de aprendizaje nuevo
4. Comunicar la visión	4. Discutir los nuevos objetivos y el medio ambiente con la universidad y revisar todo basado en una retroalimentación
5. Facultar a otros para actuar conforme a la visión	5. Si es necesario, implementar un currículo nuevo utilizando un modelo
6. Planificar y crear logros a corto plazo	6. Llevar a cabo una evaluación formativa del programa, la investigación de las fortalezas y debilidades de la implementación actual, y los indicadores de logros a corto
7. Consolidar avances y mantener el impulso para el cambio	7. Decidir cómo se puede utilizar el nuevo enfoque para toda la universidad y preparar un plan de implementación
8. Institucionalizar los nuevos enfoques	8. Preparar al personal docente y administrativo para la nueva implementación, efectuar y dar seguimiento a los logros

ingeniería interesado en la innovación STEM (en español: *Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas*) es la esperanza para ahorrar tiempo para la investigación" (Porter et al., 2006).

2.5 Características importantes de éxito y fracaso

Las características principales de un cambio exitoso que surgen de la literatura se describen a continuación.

- **Liderazgo, comunicación y visión**

La importancia de un liderazgo fuerte con una visión de formación clara y bien comunicada se enfatiza reiteradas veces en la bibliografía (Gibbs et al., 2009, Walkington, 2002). De hecho, *"una de las razones principales que no sucedan los cambios es porque las personas fundamentalmente no entienden el cambio propuesto y necesitan pasar por un proceso de aprendizaje para aprobar con éxito el cambio"* (KEZAR, 2009). Seymour et al. (2011) apuntan a lo que ellos denominan *"adultos mayores radicalizados"* como campeones claves de la reforma en las universidades o Escuelas de Ingeniería, *"que promueven en forma pública avances en la formación, que legitiman su aceptación, que protegen a los profesores reformistas más jóvenes de consecuencias negativas en su trabajo/labor, y que utilizan su poder e influencia para ejercer cambios a niveles nacionales, institucionales, departamentales y disciplinarios"*.

- **Desarrollo de los profesores**

La participación en los programas de desarrollo por parte de los profesores parece influir en la sinceridad/franqueza para implementar nuevos enfoques de enseñanza y aprendizaje en la sala de clase. (Henderson, 2008). Por ejemplo, un estudio reciente de los académicos de ingeniería identificó que *"aquellos que tenían cierta preparación formal para enseñar eran significativamente más propensos a comunicar utilizando técnicas activas de aprendizaje y evaluaciones basadas en actividades"* (Lattuca, 2011). Sin embargo, estas experiencias parecen mucho más efectivas, cuando se utilizan en el contexto de la ingeniería y no en un centro universitario interdisciplinario (Felder et al., 2011).

- **Compromiso de los académicos**

El desarrollar un fuerte sentido de propiedad en relación a las reformas se distingue como crucial para un cambio exitoso (Elizondo-Montemayor et al., 2008). En concreto, el desarrollo de un *"compromiso colegiado para el aprendizaje del estudiante"* (Ramsden et al., 2007) se aprecia como un elemento importante para desarrollar un programa de formación efectivo y coherente (Fisher et al., 2003). Sin embargo, el desarrollo de tales comunidades puede resultar a menudo debido a la autonomía y la independencia de los profesores (Newton, 2003). Para algunos, la clave

para una reforma exitosa y sostenible se encuentra en fraccionar la responsabilidad directa entre un profesor y cualquier curso nuevo o innovador. Como Gladding (2001) comenta, es fundamental compartir tanto el "dolor y logro" de este escenario y reducir la dependencia de los *"héroes de la enseñanza"*, quienes probablemente se puedan quemar. El implementar 'equipos de docentes' (Hadgraft de 2005, Crosthwaite et al., 2001) es una estrategia sugerida para distribuir la carga al desarrollar y mantener enfoques innovadores.

- **Recursos y tiempo**

Recursos y / o tiempos insuficientes se ven como un obstáculo clave para los cambios exitosos (Henderson y Dancy, 2007). Por cierto, un estudio de las barreras para provocar un cambio entre los profesores de ciencia descubrió, que los *recursos, tiempo y la lucha interna por el control* fueron los problemas más comunes citados a nivel de curso, alrededor de un 60% de aquellos que fueron consultados (Sunal et al., 2000). Carl Weiman y sus colegas (Weiman et al., 2010) afirman que *"la enseñanza más efectiva no requiere más tiempo o dinero, aunque el proceso de cambiar requiere de recursos adicionales"*. Los costos asociados al cambio son estimados por los autores en alrededor de un 5% del presupuesto anual del Departamento, durante un período de cinco años.

- **Redes externas**

La bibliografía enfatiza, cuán importante es la enseñanza por parte de los profesores y las redes de aprendizaje (Fairweather, 2008), y sociedades externas relacionadas a la disciplina (Kezar, 2009) para promover el diálogo, intercambiar ideas en la formación y el compromiso con las reformas. En concreto, la comunicación a través de las redes parece ser muy efectiva, cuando los miembros están obligados a una autoridad con una disciplina específica (Borrego et al., 2010).

- **Procedimientos culturales y de recompensa**

Se da especial importancia en la bibliografía formadora de ingenieros a los aspectos de *cultura organizacional y procedimientos de recompensa*, y el rol que juegan al apoyar o impedir el cambio. Debido a la gran cantidad de información en este campo, se presenta un resumen bibliográfico en la sección 2.6.

- **Sustentabilidad del cambio**

Pocas veces se trata en la bibliografía para formar ingenieros el tema de la sustentabilidad del cambio en la formación. Cuando se considera la gestión para cambiar a la enseñanza basada en problemas (del inglés: PBL) en la ingeniería, de Graaf y Kolmos (2007) se refieren a la labor de mantener el cambio en la enseñanza primaria

y secundaria mencionado por Fullan (2005). En este trabajo se aboga por la creación de *“energizantes recurrentes para avanzar de una fase de cambio a un progreso continuo”*. Además de estos ‘energizantes’, la bibliografía más vasta en cambios en la formación relacionada a las disciplinas STEM (en español: Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) (Kezar, 2009) apunta a la necesidad de un financiamiento constante y apoyo operacional, si los cambios han de ser institucionalizados y sostenidos. *“Muchos cambios han surgidos y desaparecidos, porque nunca tuvieron un apoyo estructural suficiente. Fueron los primeros en desaparecer en tiempos de pobreza fiscal... Para que los cambios sean sustentables, necesitan formar parte de la estructura institucional, del presupuesto y las prioridades”*.

En la bibliografía, la evidencia sobre un cambio sostenido que abarca todas las disciplinas de la educación superior apunta a la importancia de innovar como algo ‘propio’ (Trowler et al., 2003), y a la necesidad de reformas *“valoradas y practicadas por un grupo mayor que los innovadores originales”* (Colbeck, 2002).

2.6 Cultura y procedimientos de recompensa

Los asuntos de la *cultura organizacional* y los *procedimientos de recompensa académica* son aspectos de la literatura de formación de ingeniería y temas de discusión importante (Godfrey y Parker, 2010, Merton et al., 2004, Bjorklund y Colbeck, 2001, Fairweather, 2008, Instituto de Ingenieros, Australia, 1996). De hecho, un foro estadounidense reciente sobre el cambio en la formación de la ingeniería identificó al sistema de recompensa universitario como *“el medio de disuasión principal en lo estructural referente a los profesores, quienes están dispuestos, por lo demás, a revisar su forma de enseñar”* (Seymour et al., 2011). Sin embargo, aunque *“cambiar la cultura”* es una frase utilizada en muchos informes recientes en la formación de ingeniería, la cultura predominante se define rara vez y las estrategias sugeridas para cambios culturales son limitadas. Una excepción es la obra de Godfrey y Parker (2010), quienes analizan con cierto detalle la cultura organizacional en la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Auckland.

Para muchos, *“... sin incentivos para cambiar o sin hacer un llamamiento a los motivadores intrínsecos, los profesores inevitablemente se centran en las actividades que son recompensadas abiertamente por sus instituciones y pares”* (Fisher et al., 2003). Por cierto, algunos visualizan las culturas académicas en la ingeniería como más investigativas con el tiempo, dado que la nueva generación de profesores ha sido *“contratada y promovida en muchas de nuestras instituciones con investigación intensiva principalmente debido a sus capacidades investigativas y el carácter subvencionable”* (Splitt, 2002). Esta observación se apoya en los hallazgos de un estudio de profesores STEM (Ciencia, Tecnología Ingeniería y Matemáticas) estadounidenses, el que demostró que el promedio de las horas de docencia de los profesores

tiene correlación negativa con los niveles salariales (Fairweather, 2005).

Merton et al. (2004) destacan el impacto de la cultura organizacional al contrastar dos

esfuerzos reformadores en la formación de ingeniería en el Instituto Tecnológico Rose-Hulman. Ellos argumentan que el éxito de un esfuerzo y el fracaso del otro se debieron a la medida en que las reformas fueron adaptadas a la cultura organizacional. Esta conclusión, alinearse con la cultura de la institución es esencial, si la reforma ha de ser exitosa, se apoya evidenciando el cambio en la formación a través de la educación superior (Kezar y Eckle, 2002). Fisher et al. (2003) argumentan, que el desarrollo de una cultura de *responsabilidad colectiva* entre el cuerpo académico es un elemento importante de la reforma sistémica y sustentable. Ellos argumentan que el carácter autónomo del rol académico crea una tensión entre la *“perspectiva de un currículo como un todo unificado, que pretende dar forma a las características de sus graduados y la perspectiva del currículo como una colección de cursos individuales de los cuales cada académico acepta su responsabilidad”*.

Los resultados de investigación de los Estados Unidos sugieren que la prioridad percibida en relación a la enseñanza de los procedimientos de recompensa en la ingeniería ha cambiado poco, o incluso, para algunos se redujo en los últimos años (Lattuca, 2011). Este estudio también sugiere que el cuerpo docente de mayor rango tenía más probabilidades de percibir un valor mayor al ser ubicados en el plano de la enseñanza durante los procedimientos de ascenso. Este resultado se refleja en los descubrimientos de un estudio reciente en el Reino Unido considerando la recompensa y reconocimiento para la enseñanza y el aprendizaje (Cashmore y Ramsden, 2009).

2.7 Midiendo el impacto del cambio

La reseña reveló una evidencia limitada de los impactos en los esfuerzos en la formación de la ingeniería, y lo que hay, es de una calidad en gran medida pobre. Esta observación hace eco de los hallazgos de un análisis en la bibliografía relacionada con los cambios en la formación a través de las disciplinas STEM – Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (Henderson et al., 2011). Este estudio concluyó: *“aunque la mayoría de los artículos reclama éxito en la estrategia de cambio estudiada, las pruebas presentadas para apoyar estos éxitos no son convincentes”*. En un encuentro reciente de expertos estadounidenses en cambios en la formación de ingenieros surgió la falta de medidas rigurosas para evaluar el impacto de los esfuerzos reformadores (Seymour et al., 2011).

En esta área, las evidencias débiles pueden ser también un síntoma de un problema mayor al medir y evaluar buenas prácticas de enseñanza. Tres programas de reformas parecen haber utilizado un enfoque riguroso de evaluación y fueron recomendados durante el proceso de entrevistas para este estudio: Gallos et al. (2005), Gillan-Daniel (2008) y Stelzer et al. (2009). Molyneaux et al. (2010) proveen un resumen de enfoques alternativos para evaluar la calidad de los programas de formación en la ingeniería, como parte de sus esfuerzos para evaluar el impacto de las reformas en la

2.8 ¿Se requiere más evidencia para el cambio en la formación de la ingeniería?

Este capítulo ha puesto de manifiesto una escasez de información de cómo lograr un cambio exitoso y generalizado para el plan de estudio de ingeniería. Una de las tareas finales de la revisión bibliográfica fue para establecer, si, de hecho, un estudio que analiza el cambio en la formación de la disciplina específica de la ingeniería era necesario, o si las estrategias de cambio que han demostrado ser exitosas en otras disciplinas de la educación superior son igualmente buenas para los Departamentos de ingeniería. Los resultados sugieren que había mérito considerable al considerar cambios en ingeniería, aunque se puede aprender mucho,

observando cambios en la formación a lo largo de la educación superior. Específicamente:

- **Relevancia observada en los resultados del estudio:**

El primer aspecto es simplemente maximizar la credibilidad y aceptabilidad de sus resultados entre el público al que va dirigido dentro de la comunidad de cualquier disciplina académica. Los resultados de la investigación en la formación de pregrado son muy efectivos, cuando se basan en aquella disciplina (Cousin et al., 2003, Borrego et al., 2010). Tal como Huber y Morreale (2002) señalaron: *"Para bien o para mal, los estudiosos de enseñanza y aprendizaje deben abordar asuntos del área específicos, si van a ser escuchados en sus propias disciplinas, y ellos deberán utilizar un lenguaje que sus colegas puedan comprender"*.

- **Diferencias en actitudes, enfoques y expectativas en las Escuelas o Departamentos de Ingeniería.**

El segundo aspecto se refiere a las diferencias disciplinarias inherentes que configuran el contexto para un cambio en la formación. Diferencias significativas son evidentes en las actitudes y enfoques de la enseñanza y aprendizaje entre los estudiantes de ingeniería y los académicos, en comparación con aquellos en otras disciplinas (Lattuca y Stark, 1994, Litzinger et al., 2011). De hecho, ciertas evidencias apuntan incluso a las diferencias existentes *entre* las disciplinas de ingeniería con respecto a la conciencia y la adopción de innovaciones para la formación (Borrego et al., 2010) y una fertilización multidisciplinaria limitada de la práctica efectiva entre los límites de la disciplina (Wankat, 2011). Un estudio reciente basado en la excelencia formativa realizada en instituciones orientadas a la investigación concluyó que *"la disciplina académica tuvo un afecto profundo en la forma de liderazgo en la enseñanza y en la forma de cambio en la formación asociada con excelencia en la enseñanza... Cualquier consejo acerca del liderazgo en la enseñanza debe tomar en cuenta estas características disciplinarias y culturales, o es probable que se arriesgue ser no sólo irrelevante sino también errado"* (Gibbs et al., 2009).

En este contexto se realizó un estudio para evaluar las características claves de las estrategias de cambio exitoso y no exitoso en la formación de la ingeniería. Los resultados de este estudio se presentan en el capítulo siguiente.



3. Las evidencias de las entrevistas con expertos en el cambio de la formación y con líderes anteriores a la reforma

Este capítulo analiza las perspectivas de los expertos internacionales y profesionales en la formación de ingenieros en relación al proceso de cambio en la formación. Entre enero y octubre de 2011 se llevó a cabo cada una de las entrevistas. Basándose en sus conocimientos y experiencias, el presente capítulo describe las condiciones y los mecanismos para lograr un cambio exitoso y sustentable en la formación de la ingeniería a nivel de pregrado.

La sección 3.1 describe el enfoque de la entrevista. Las secciones 3.2 a 3.6 describen lo que revelaron las entrevistas. La sección 3.2 sintetiza los puntos de vista en relación a las perspectivas actuales para el cambio en la ingeniería de países en todo el mundo. Los ejemplos más renombrados relacionados al cambio en la ingeniería se resumen en la sección 3.3, identificados por los entrevistados. La sección 3.4 discute las circunstancias bajo las cuales los cambios generalizados suelen ser provocados. En la sección 3.5 se presentan las estrategias generalmente utilizadas para la gestión del cambio. Finalmente, la sección 3.6 presenta la retroalimentación de cómo se evaluaron y sostuvieron los cambios curriculares.

3.1 El estudio de la entrevista

Las entrevistas fueron realizadas en forma individual con 70 entrevistados de 15 países. La composición geográfica de amplio espectro de los entrevistados se ilustra en la figura 2. Una lista de las personas consultadas para esta sección del estudio se presenta en el apéndice B. Una pequeña cantidad de personas – en total 11 – también contribuyó en las investigaciones de estudio de casos (como se presenta en el capítulo 4 de este informe).

Se utilizó un método “en forma de bola de nieve” para identificar a los potenciales entrevistados. Una lista inicial de 15 personas fue elaborada, la cual se basó en una cantidad igual proveniente de los siguientes cuatro grupos: (i) aquellos con una visión nacional acerca de la práctica en la formación de ingenieros (diseñadores de políticas, líderes de organizaciones nacionales en la enseñanza de la ingeniería, agencias de acreditación, etc.), (ii) investigadores en el cambio de formación con disciplinas de ingeniería o STEM - Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, (iii) aquellos que han observado los cambios, como los profesores de profesores pares de universidades de la competencia o empleadores de la industria, y (iv) aquellos que han dirigido programas con el cambio dentro de las Escuelas o Departamentos de Ingeniería. Otros entrevistados fueron seleccionados por recomendación, predominando aquellos que han dirigido reformas con o sin éxito. La figura 3 muestra la composición global de aquellos entrevistados para esta fase del estudio, presentando en cada caso la razón principal

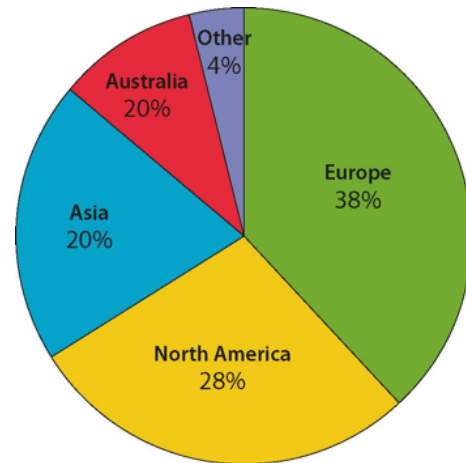


Figura 2: Continente de residencia de los entrevistados

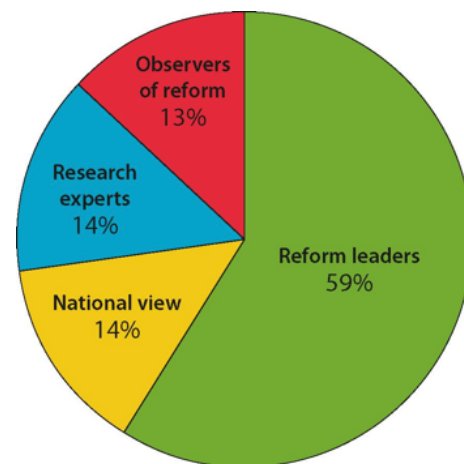


Figura 3: Razones principales para seleccionar a cada persona para la entrevista

para su selección. En total, 89 personas fueron invitadas a participar en las entrevistas de este estudio, 19 de ellas o no quisieron o no pudieron aportar.

Las preguntas de la entrevista fueron diseñadas para evaluar el *proceso* en el cambio en la ingeniería, en lugar de los objetivos, pedagogía o diseño curricular para un esfuerzo de una reforma. Se centraron principalmente en: (i) las circunstancias bajo las cuales se desencadena una reforma sistémica, (ii) las barreras potenciales al cambio y los factores cruciales del éxito, (iii) la evaluación del impacto, y (iv) por qué y cómo se sostiene el cambio. Dado que aproximadamente un 60% de los entrevistados se había esforzado en dirigir una reforma, estuvieron por creer en forma desproporcionada, que un cierto cambio fundamental era necesario en la formación actual. Al respecto, las actitudes de este grupo probablemente no reflejan a los profesores como un todo.

En el transcurso de este capítulo se hizo referencia a un cambio 'exitoso' y 'efectivo'. Para los propósitos de este capítulo, el éxito o fracaso de los esfuerzos de la reforma fueron informados por aquellos que dirigían, participaban u observaban el cambio. No se llevó a cabo ninguna evaluación independiente para validar su eficacia.

3.2 Perspectivas de cambio en todo el mundo

Se les pidió a los entrevistados comentar el clima actual para el cambio en sus países de residencia. Las respuestas a esta pregunta variaban considerablemente; algunos expresaban gran incertidumbre acerca de la posibilidad de una reforma curricular para la próxima década, y otros se expresaban mucho más optimistas sobre el cambio de actitudes y recursos en aumento para el cambio.

Una cantidad de entrevistados habló a nivel muy amplio acerca de las diferencias culturales nacionales que continúan jugando un rol significativo en la capacidad de hacer un cambio en la formación por parte de una Escuela o Departamento de Ingeniería. Por ejemplo, algunos consideraron que *"un cambio es difícil en países donde el académico tiene el poder, como en Alemania y especialmente en los Estados Unidos"*. Por el contrario, los países, en los cuales la gestión o la administración tienen un mayor control sobre el currículo y la relación directa entre el académico y el curso es menos evidente, como en Dinamarca y Australia, son vistos como con un potencial mayor para el cambio.

Sin embargo, la mayoría de los comentarios se centró en las modificaciones recientes para llevar a cabo un cambio en la formación, y se centró en tres factores que se consideran fundamentales para iniciar y facilitar una reforma curricular: (i) el apoyo favorable a nivel nacional, (ii) el recurso disponible a nivel institucional (Departamento o Escuela), y (iii) el equilibrio entre enseñanza y aprendizaje. Cada uno se discutirá a continuación.

Apoyo nacional: El primer factor se relacionó con el clima de cambio nacional para apoyar la modificación en la formación de la ingeniería. Muchos entrevistados hablaron acerca de un compromiso nacional creciente con la formación en la ingeniería en la última década, a menudo catalizado por informes nacionales representativos y comunidades para la ayuda. *"Los últimos diez años han sido fantásticos. Con estas redes nuevas, una masa crítica ha prosperado para hablar*

acerca e impulsar nuevas innovaciones (en la formación)". Sin embargo, en los últimos años las fuentes de financiamiento que apoyan actividades centralizadas han sido reducidas drásticamente en varios países. La imagen a través de diferentes países es muy variable. Mientras que en algunos países como Corea del Sur o Alemania apuntan a la creación de nuevos centros de apoyo a nivel nacional en la formación de la ingeniería, otros visualizan que estos centros están siendo desmantelados o reducidos. Por ejemplo, el centro de apoyo para la formación de ingenieros de pregrado en el Reino Unido fue cerrado en julio 2011. El Centro de Tópicos de Ingeniería fue visto como un catalizador importante para el desarrollo de una comunidad en el Reino Unido para apoyar la formación en la ingeniería, y hay gran preocupación por el impacto que causó su cierre. *"Este Centro Especializado legitima lo que muchas personas están tratando de hacer en sus propias instituciones con respecto a la formación. Sin ellas pueden sentir que no tienen ninguna visibilidad y oportunidad hacia las redes. Existe un nivel muy fuerte de incertidumbre de lo que pueda suceder con este cierre"*. Las comunidades internacionales para la formación en ingeniería, como la red CDIO (*Conceive, Design, Implement, Operate* – Concebir, Diseñar, Implementar, Operar, traducción personal) aparecen jugar un rol especialmente enérgico para apoyar el cambio en aquellos países donde no existen los centros. Sin embargo, muchos entrevistados consideraron muy desafiante participar en eventos de redes y conferencias sobre la formación en ingeniería, dado que no había fuentes de financiamiento nacional disponible y los Departamentos a menudo eran reacios o estaban imposibilitados para financiar tales actividades.

Recursos institucionales: El segundo factor importante tuvo que ver con el alcance de la disponibilidad de recursos para el cambio a nivel de Departamento o Escuela, y cómo esto ha cambiado en los últimos años. Una vez más existe una variación considerable en esta área entre los países. En particular, es interesante notar que muchos de esos países que han sido particularmente activos en el diálogo internacional acerca de la reforma en la formación de ingeniería en los últimos veinte años (tales como los Estados Unidos, el Reino Unido y Australia) parecen estar viviendo un período de reducción considerable y limitación de recursos ligados a la reestructuración gubernamental o a los cambios de financiamiento. Algunos entrevistados de estas regiones apuntaron a un sistema de formación altamente rígido que actualmente no tiene la capacidad para cambiar. Por ejemplo, como comentaba un entrevistado de los Estados Unidos: *"en este momento tanta gente está abrumada por los recortes presupuestarios. No podemos dotar de personal para las clases, por lo que ni siquiera podemos comenzar a hacer algo creativo"*. De hecho, para algunos las amplias presiones financieras a nivel de universidad impactaron en todas las actividades formativas de la ingeniería fuera del plan de estudio básico. Como lo señaló un entrevistado del Reino Unido, *"cada fracción del gasto vuelve a la mesa para ser examinado cuidadosamente, incluyendo los proyectos de ingeniería que habían obtenido anteriormente el visto bueno"*. Por el contrario, muchos de los países que recientemente se habían involucrado en el diálogo internacional de la formación en ingeniería, tales como probablemente Hong Kong, Singapur o Malasia, informaron de un aumento en la disponibilidad de recursos para la innovación y cambios en la formación.

El equilibrio entre la investigación y la enseñanza: El asunto final tuvo que ver con el balance observado entre investigar y enseñar en los Departamentos y Escuelas de Ingeniería. Un tema recurrente en las entrevistas fue la percepción de un cambio en las prioridades hacia la investigación y un alejamiento de la enseñanza en los últimos cinco años. Los sentimientos de este entrevistado fueron típicos de muchos: *“al remontar 15 años y luego comparar con la situación de hace 5 años, la formación se ha vuelto más importante. Sin embargo, ahora me doy cuenta que existe una tendencia mayor hacia la prioridad de volver a investigar y concentrarse en publicar”*. Este énfasis cada vez mayor no parece estar limitado a ningún país en particular como tampoco a un tipo de universidad. Varios de los entrevistados se refirieron a estos cambios que son impulsados por una influencia cada vez mayor de los sistemas de *ranking* universitarios. Varios señalaron los elementos desencadenantes específicos a nivel nacional, incluyendo cambios recientes al sistema de clasificación (*ranking*) universitaria a nivel nacional, como la introducción a *Excelencia en la investigación en Australia* (versión del traductor del inglés *Excellence in Research Australia*) o un cambio en las prioridades de los organismos nacionales de financiamiento de las investigaciones, como el organismo recientemente implementado por el *Consejo de Ciencias Naturales e Investigación en Ingeniería en Canadá* (versión del traductor del inglés: *Natural Sciences and Engineering Research Council in Canada*). Tal como uno de los entrevistados lo señaló: *“la presión por resultados en investigación ha crecido mucho en los últimos tres o cuatro años”*. Para algunos entrevistados estos cambios están creando una cultura del miedo entre los académicos. *Están preocupados por obtener el financiamiento para sus investigaciones y se están preocupando por el tiempo que le dedican a la enseñanza”*.

Una consecuencia adicional a esta creciente presión para los resultados de investigación parece haber reducido la cantidad de académicos con *“una experiencia verdadera en la industria”*. Para un grupo de entrevistados, tales profesores tienden a sentirse menos vinculados a la *“forma como hacemos las cosas aquí”* y ello conlleva a un impulso más fuerte para incorporar experiencias auténticas de ingeniería al currículo. De hecho, los esfuerzos para el cambio exitoso descritos por los entrevistados involucraron en forma desproporcionada a los académicos con un nivel significativo de experiencia industrial.

Una cantidad sorprendente de entrevistados también habló con preocupación acerca del impacto que causa en académicos más jóvenes un cambio en el balance entre investigación y enseñanza. A pesar de lo que se describió como *“una tendencia natural de estar más interesado en formas creativas para enseñar”*, la cultura en la cual han sido nombrados los académicos más jóvenes y la presión creciente para cumplir objetivos ambiciosos en investigación, se ve que han reducido significativamente su compromiso con la formación en general y con la reforma en la formación en especial. La observación de este entrevistado fue típico: *“Aquellos de nosotros que nos encontramos ahora en la formación de ingeniería probablemente seguiremos adelante. Hemos aceptado que nuestro ascenso en la carrera se retrasará, pero vamos a continuar. La amenaza es para los académicos principiantes, quienes están recién comenzando su carrera. Las exigencias puestas ahora en el ámbito de la investigación son*

intensas... El dólar que está golpeando a las universidades será de hecho lo que fije la agenda. Desgraciadamente el cambio del financiamiento se encuentra en la dirección equivocada para la formación en ingeniería en el momento”.

3.3 Ejemplos de cambios muy respetados

A todos los entrevistados se les pidió identificar ejemplos nacionales e internacionales de cambios planificados y significativos en la formación de la ingeniería, los cuales, desde su perspectiva han sido efectivos. La figura 4 registra todos esos esfuerzos para reformar, que fueron identificados por cinco o más entrevistados. También se debe tener en cuenta que la mayoría de los entrevistados identificó ejemplos mayoritariamente de sus países de residencia, que han sesgado los resultados del Reino Unido y los Estados Unidos. Es interesante notar que la mayoría de los programas de reforma presentados en la figura 4 se centra en la implementación de un enfoque de aprendizaje basado en problemas o en proyectos dentro de un contexto profesional auténtico de ingeniería.

Una pequeña cantidad de entrevistados no se sintió especializado /capacitado para identificar ejemplos de cambios ‘exitosos’, y se pronunció acerca de la dificultad para juzgar la calidad de un esfuerzo relacionado con la reforma como observadores externos. Sobre todo, algunos comentaron que a menudo había una falta de honestidad acerca de la verdadera magnitud y naturaleza en los esfuerzos para una reforma. Al ser inspeccionadas más en detalle, reclamaciones impactantes de reformas radicales y generalizadas *“resultaron ser algo más que falsas impresiones”*. Los relatos presentados en conferencias sobre la formación en ingeniería fueron vistos por algunos como en fuerte contraste con los cambios reales que sucedían en la institución responsable. Tal como comentó un entrevistado *“hacer cambios es un trabajo sucio y afecta en forma adversa a la carrera. Es mucho más fácil viajar alrededor del mundo y hablar de una versión de fantasía de los cambios,... en vez de quedarse en casa y hacer frente a las realidades y hacerlas acontecer”*.

Las comunidades nacionales e internacionales para la formación en ingeniería juegan claramente un rol importante al apoyar muchos esfuerzos para el cambio. Probablemente el ejemplo más exitoso es la iniciativa CDIO (del inglés: *Coceiving-Designing-Implementing-Operating*) que aparece haber sido efectiva en la sensibilización de los nuevos enfoques para la enseñanza de la ingeniería, pero también desencadenando cambios sistémicos y efectivos en muchas de la universidades participantes. Además de la *“estructura formativa bien pensada”* y de la comunidad internacional de apoyo, el éxito de la CDIO fue adscrito por algunos para la aprobación y el liderazgo de la iniciativa por el MIT. Tal como comentó uno de los entrevistados *“... [la participación del MIT] ha involucrado a mucha más gente y ha asegurado a las personas que esto no tiene nada que ver con una ‘simplificación’ ... No estoy seguro si el [CDIO] hubiera sido tan eficaz sin el MIT al frente”*. Otros entrevistados también se refirieron a *“efectos institucionales líderes”* similares, donde la participación de una institución altamente respetada y líder en investigación en un esfuerzo para que el cambio en la formación pudiera dar lugar a la participación de socios internacionales.

3.4 Las condiciones que provocan cambio

3.4.1 Impulsores para embarcarse en el cambio

A los entrevistados se les solicitó identificar los factores claves para el cambio en ingeniería. Los factores que ellos identificaron como factor importante a nivel de curso tuvieron un contraste marcado con aquellos que desencadenaban cambios sistémicos o curriculares amplios, como veremos a continuación.

Los cambios, cuando fueron implementados por un académico en forma personal o por pequeños grupos, fueron desencadenados por una evidencia que convenció la eficacia de nuevas pedagogías y / o por factores nacionales / internacionales más amplios, tales como las necesidades cambiantes de la industria o el rol de la ingeniería para resolver “grandes retos”. Las entrevistas evidenciaron que tales cambios generalmente se implementan en la periferia del currículo, por lo general, en un solo curso del plan de estudio, un programa extra curricular o una clase opcional / especializada. Estos cambios parecen poco probables de sustentarse más allá de la titularidad del defensor, o de ser promulgadas en forma más amplia dentro del plan de estudio. *“Generalmente usted tiene uno o dos entusiastas en el Departamento quienes hacen algo [innovador]. Cuando se van, todos respiran alivio y vuelven al status quo”.*

Por el contrario, las necesidades a nivel nacional y / o evidencias pedagógicas no parecen desempeñar un papel importante para desencadenar un cambio exitoso a nivel

de Escuela o Departamento, o reformas estratégicas a través de una parte significativa del currículo. Este punto fue particularmente evidente en las entrevistas con los líderes de efectos sistémicos en la reforma, y fueron vistos para ser tanto implementados en forma exitosa como sustentados en forma eficaz. La gran mayoría describió los inicios para el cambio en términos de una amenaza muy significativa, que requirió una acción urgente o un requisito impuesto externamente para un cambio estructural fundamental. Específicamente, la mayoría de los cambios son impulsados por un problema importante con su *“posicionamiento en la plaza del mercado”*, lo que a menudo decae en la calidad / cantidad de la admisión de alumnos, fuerte competencia en aumento o resultados muy pobres relacionados con la satisfacción de los alumnos, lo que resulta en una presión significativa al cambio desde la gestión universitaria superior.

En una cantidad sorprendente de estos casos se conminó a los Departamentos o reformar su formación o cerrar. Estas presiones focalizaron las mentes de los académicos: *“se nos puso una pistola en el pecho... Incluso persistía, después de que hicimos los cambios. La inminente tormenta estuvo siempre presente en nuestras mentes”*. Entre los esfuerzos exitosos de la reforma, esta necesidad forzosa para cambiar también aparece involucrar a los profesores en un esfuerzo colectivo. Los entrevistados describieron esta reacción con muchos términos diferentes, desde *“disfrutar la batalla”*, a *“involucrar la motivación intrínseca para el cambio a los miembros de la facultad”* hasta sencillamente el sentido que *“si hemos de tener que hacer algo, también será bueno”*.

Figura 4: Programas de cambio en la formación en ingeniería, respaldados por cinco o más entrevistados

Universidad de Aalborg (todos los programas de ingeniería), Dinamarca
Universidad Tecnológica de Chalmers (todos los programas de ingeniería), Suecia
Universidad de Coventry (Facultad de Ingeniería y Computación), Reino Unido
Instituto Tecnológico de Georgia (Plan internacional), EE.UU.
Universidad – College Harvey Mudd (Ingeniería), EE.UU.
Universidad – College Olin (todos los programas de ingeniería), EE.UU.
Universidad del Estado de Pensilvania (Learning Factory), EE.UU.
Universidad de Purdue (GEARE: Global Engineering Alliance for Research and Education y EPICS - Engineering Projects in Community Service), EE.UU.
RMIT Royal Melbourne Institute of Technology (Escuela de Ingeniería Química y Medio Ambiente Civil), Australia
Instituto Politécnico de Singapur (todos los programas), Singapur
Universidad Técnica de Dinamarca,(programa de ingeniería, primer año), Dinamarca
Universidad de Ciencia y Tecnología de Hong Kong (Escuela de Ingeniería), Hong Kong
Universidad Tecnológica de Delft (Departamentos de Ingeniería de Diseño Industrial y Aeronáutica), Países Bajos
University College London (Departamento de Ingeniería Civil, Medioambiental y Geomático), Reino Unido
Universidad de Colorado en Boulder (Laboratorio de Enseñanza y Aprendizaje Integrado), EE.UU.
Universidad de Illinois (iFoundry), EE.UU.
Universidad de Liverpool, (Escuela de Ingeniería), Reino Unido
Universidad de Queensland (Ingeniería Química), Australia
Universidad de Sídney (todos los programas de ingeniería), Australia
Universidad Tecnológica de Malasia (todos los programas de ingeniería), Malasia

Aunque existen claramente excepciones, como una regla general, los cambios sistémicos infructuosos o no sustentables parecen más probables de ser impulsados por factores que no se consideran urgentes o impuestos externamente. Generalmente es un deseo de “mejorar una formación de pregrado relativamente exitosa” y / o responder a una evidencia pedagógica relacionada con la eficacia de una pedagogía en particular. Sin embargo, aparentemente hay dos circunstancias bajo las cuales esta observación general no es cierta:

1. Cambios dentro de los Departamentos y Escuelas, donde ya existe una fuerte cultura colegial y emprendedora para tomar riesgos educacionales e innovadores. En tales casos, el sentimiento existente de responsabilidad colectiva para programas de pregrado crea un compromiso generalizado con las metas en la formación y minimiza la resistencia. Los profesores poseen una fuerte creencia que sus esfuerzos para implementar el currículo será reconocido y recompensado. Los resultados de la fase de la entrevista de este estudio sugieren que alrededor de un 5% a 10% de los programas exitosos de cambio podrían ser ubicados en esta categoría. Un ejemplo de tal cambio es el Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Queensland, que se detallará como un estudio de caso en el capítulo 4.

2. El cambio, que se benefició con una inyección muy significativa de fondos procedentes de fuera de la universidad. En estos casos, casi exclusivamente en los Estados Unidos, los recursos externos darán normalmente un prestigio significativo, beneficiarán convenios a largo plazo y a menudo nuevas instalaciones para la enseñanza y espacios para el aprendizaje. Sin embargo, y aun más importante, los fondos van a reflejar la mayor parte o todo el tiempo de los miembros de la facultad para llevar a cabo el cambio. Por lo tanto, la reforma que resulta de ello, rara vez requiere de la participación de un miembro renuente de la facultad, y es una actividad que no necesita competir con recursos existentes. Como tal, estos cambios enfrentan una resistencia mínima a nivel de la facultad en su implementación. Entre un 5% y 10% de los programas de cambios investigados se podrían ubicar en esta categoría. Un ejemplo de este estudio es el ‘*Learning Factory*’ de la Universidad Estatal de Pensilvania (ver estudio de caso del capítulo 4).

3.4.2 Barreras para emprender un cambio

A los entrevistados se les preguntó lo que ellos veían como los principales impedimentos para embarcarse en un cambio sistémico en la formación. Un resumen de los impedimentos más relevantes se proporciona a continuación.

- **Una satisfacción amplia con el status quo:** Este aspecto parece ser el impedimento más predominante al cambio, especialmente dentro de las instituciones líderes en investigación. Para

muchos: *Si los profesores están felices y usted forma buenos estudiantes, ¿para qué cambiar?*

- **Dificultades para medir éxito:** El asunto es que “nadie sabe cómo medir una buena enseñanza a gran escala”. Esto ha sido un factor importante disuasivo. Tal como lo comentó un entrevistado, “cuando la gente realmente no sabe qué impacto está teniendo su enseñanza [ahora], ¿cómo pueden ellos pensar en hacer las cosas en forma diferente? ... Los riesgos asociados al cambio parecen ser mayores que los riesgos asociados con el no hacer nada”.
- **Un currículo muy ‘atiborrado’:** Teniendo en cuenta que muchos cambios históricamente han resultado en un aumento de horas de clase, muchos piensan que su currículo está operando a su máxima capacidad, y no es una opción más para el cambio. “Hay muy poco espacio en el currículo. A menos que usted lo someta a una revisión completa, hay poco espacio para maniobrar”.
- **Restricciones estructurales:** Aunque algunos profesores coinciden con la necesidad de un cambio, apuntan a restricciones estructurales institucionales como impedimentos significativos. Éstas incluirían presupuestos departamentales insuficientes, espacios inadecuados para la enseñanza y / o una estructura curricular rígida que (por ejemplo) no permite apoyar experiencias con proyectos de inmersión.
- **Legado de fracasos:** Una cantidad sorprendente de entrevistados informó acerca del impacto a largo plazo de reformas fallidas y cómo su legado puede “reprimir cualquier intento al cambio curricular, más allá de los cursos individuales por una década o más”. Reformas fracasadas (o aquellas vistas a fracasar) parecen influir más allá de su propio Departamento o institución. Por ejemplo, una cantidad de entrevistados del Reino Unido se refirió a una reforma en particular, para implementar el aprendizaje basado en problemas dentro del currículo de ingeniería en una universidad del Reino Unido líder en investigación. Cada uno advirtió, como la percepción generalizada del fracaso de este cambio ambicioso fue aprovechado por muchos académicos como una razón para no participar en el cambio en la formación. “Los planes fueron bastante radicales. El resto de nosotros estábamos observando y esperando para ver si ellos eran capaces de lograrlo. Dado que muchos de los cambios no sobrevivieron..., se utilizan ahora como prueba por muchos académicos en el sentido de que estos tipos de enfoques no serán apoyados y no son sustentables”.
- **Prioridades estratégicas de la institución:** la prioridad dada a las actividades de investigación fue vista en muchas universidades como un desincentivo para los Departamentos para involucrarse en el cambio. Este tema se discutirá en más detalle en la sección 3.4.4.

3.4.3 Impacto de la acreditación de la ingeniería o evaluaciones nacionales

Se les preguntó a los entrevistados que trabajan en una Escuela o Departamento de Ingeniería, en qué medida el sistema de acreditación (o un equivalente nacional) apoyó un cambio curricular positivo. Las respuestas variaron considerablemente. De hecho, incluso las opiniones expresadas por los entrevistados en algunos países (sobre todo en el Reino Unido) fueron altamente polarizadas con respecto a este tema. Aquellos que se sintieron capaces de formular observaciones, sus respuestas se dividieron en términos generales en tres grupos, como se indica a continuación.

1. La acreditación como un elemento disuasivo para un cambio positivo:

Casi una cuarta parte de los encuestados creyó que la acreditación había fomentado una actitud de aversión al riesgo entre los profesores, y donde *"mantener el status quo es la opción más segura"*. Las personas que expresaban este punto de vista eran casi exclusivamente experimentados líderes en reformas, con sede en países que habían participado por muchas décadas en el debate internacional para la formación en ingeniería (principalmente el Reino Unido, Estados Unidos y los países escandinavos). Algunos expresaron que el temor de incumplir con el criterio de la acreditación desalienta a muchos profesores a invertir un tiempo significativo en el cambio en la formación o implementar nuevos enfoques en la formación. *"Aunque el problema puede ser reducir, muchos académicos se equivocarán en el ámbito de la precaución, y no quieren correr el riesgo que cualquier cambio propuesto pondría en peligro el estatus de acreditación del Departamento"*. Cuando se expresaban estas preocupaciones en las reuniones de planificación curricular, se informó *"bloquear"* cualquier cambio curricular propuesto. Sin embargo, la mayoría de los entrevistados señaló que sería inusual para cualquier programa, por muy radical que sea, no acreditarlo. Para muchos, el defecto son los grupos de expertos visitantes para la acreditación, y la impresión que ellos dejan en los profesores y con los estándares mismos.

2. La acreditación como un impulsor para un cambio positivo lento:

Casi dos tercios de los encuestados consideraron que la acreditación ha tenido un efecto positivo, aunque lento, en la calidad de la formación. En particular, la gestión generalizada de la acreditación reflejada en resultados se ve que ha elevado la calidad de referencia en la formación de la ingeniería en todo el sector. En los departamentos acreditados consideraron estos nuevos lineamientos de la acreditación como una forma para dar cuenta de lo que están ofreciendo. *"Había mucho espacio para*

encubrir una enseñanza deficiente en el sistema antiguo; como presentar quejas sin fundamento sobre lo que se estaba haciendo". Los informes sobre los impactos positivos al introducir una acreditación basada en resultados incluyeron: (i) un compromiso más amplio entre los profesores con *"lo que los estudiantes necesitan aprender, en lugar de lo que nosotros queremos enseñar"*; y (ii) un mayor compromiso por parte de los académicos con los objetivos más generales del programa conducentes al grado y la estructura curricular en su conjunto.

3. La acreditación como un impulsor para un cambio positivo e importante:

Una cantidad pequeña de encuestados (alrededor de 10%) consideró que el hecho de buscar una acreditación con una agencia nueva o cambiar el marco de la acreditación existente a un sistema basado en resultados había provocado un avance significativo en la enseñanza de la ingeniería. Por ejemplo, la competencia para obtener estudiantes ha resultado en una cantidad de programas de ingeniería que busca un estatus de acreditación internacional, principalmente través de ABET, además de las normas nacionales, con el fin de *"mejorar su credibilidad, estatus y ranking internacional"*. En varias Escuelas y Departamentos de Ingeniería en Chile, que obtuvieron una acreditación con varias agencias, ha resultado en una reevaluación fundamental de su enfoque en la formación de ingeniería y en una reforma positiva del currículo.

3.4.4 Impacto de los procedimientos de beneficios académicos

Un tema recurrente en las entrevistas fue la importancia de la *"cultura imperante en los Departamentos de Ingeniería"* y, en particular, el énfasis puesto en la investigación, en el proceso del nombramiento y la promoción. Hubo consenso que la prioridad dada a la investigación actuó como un elemento disuasivo importante en los académicos, al comprometerse con o apoyar cualquier programa de cambio. Sin embargo, la opinión estaba dividida con respecto a las implicancias para apoyar el cambio en todo el sector, tal como se resume a continuación.

- Algunos entrevistados creyeron que un cambio positivo, sistemático y sustentable en la formación de la ingeniería no sería posible sin un replanteamiento fundamental de los procesos de beneficios académicos. Ellos argumentaron que el sistema actual beneficia en forma desproporcionada la calidad e impacto en los resultados de la investigación a nivel individual de los profesores, y provee poco incentivo para dedicar un esfuerzo significativo en la formación, y mucho menos al cambio. Como lo señaló uno de los entrevistados, *"en el momento en que confiamos en aquellas personas que sólo lo quieren hacer, para nosotros [los Departamentos de Ingeniería] es no hacer cambio en absoluto. Pero estas personas nunca serán promovidas. Son como leprosos. Nadie quiere coger lo que ellos tienen"*.

- Sin embargo, otros entrevistados creyeron que un cambio relacionado con la estructura de beneficios no era una opción realista. La energía que se dedica actualmente a este “ejercicio inútil” ha sido en desmedro de actividades que podrían, con mucha probabilidad, *mejorar la enseñanza*. Tal como lo comentó un entrevistado: *“yo pienso [al referirse a la necesidad de cambiar el sistema de beneficios] que saca a la gente de quicio muy fácilmente; es fácil quejarse, pero luego converge a que la gente no haga nada”*. Para algunos, la clave para el cambio es motivar en forma intrínseca a los profesores. *“En la mayoría de los Departamentos uno se puede salir de la enseñanza al hacer un mal trabajo. En lugar de preocuparse por el sistema de beneficios, [debiéramos] hacer de la docencia una experiencia agradable, y los colegas se motivarán para hacer un buen trabajo”*.

Por de pronto, la mayoría de los encuestados estaba de acuerdo con crear una cultura que apoye al cambio. *“Todo se resume a las personas”*, y si los académicos creen, que los directores considerarán las contribuciones en la formación *“cuando están sentados en las oficinas, pensando a quién van a ascender”*.

3.4.5 El contexto para los esfuerzos de una reforma

En las entrevistas quedó claro que había algunas características comunes en el contexto institucional para programas de reformas exitosas. En casi todos los casos había a lo menos dos factores presentes; en algunos, todos los factores estuvieron presentes.

- **Experiencia académica:** una cantidad inusualmente alta de los académicos tiene experiencia en la industria o una formación académica no tradicional.
- **Liderazgo efectivo a nivel de Departamento:** un Jefe de Departamento nombrado internamente, bien considerado, con una reputación interna muy fuerte, compromiso para la formación y entrega, y una reputación sólida a nivel nacional e internacional con relación a sus actividades de investigación. Esta persona ha estado en esa posición por una cantidad de años antes de que comenzara la reforma.
- **Una reestructuración impuesta externamente:** una reestructuración próxima y amplia, con típicos cambios nacionales a través del sector de educación superior, una movida al sistema de acreditación basado en resultados, o un giro hacia el cumplimiento de Bolonia.
- **Cambios recientes en el personal:** el nombramiento reciente de una cantidad significativa de nuevos colegas en la facultad, colegas a menudo más jóvenes, y / o cambios significativos en la alta dirección universitaria.
- **Experiencia o fracaso personal:** la participación de algunos líderes del cambio que han fracasado

en una reforma anterior hecha a nivel de curso. Generalmente proveniente de una institución distinta, en la cual concluyeron que *“el cambio debe ser radical y generalizado para ceñirse a él”*.

- **Infraestructura nueva:** la adjudicación reciente para financiar un edificio nuevo o una cantidad significativa de espacios para aprender. De acuerdo al comentario de un entrevistado: *“si la universidad está invirtiendo dinero en infraestructura, es más probable que apoye un cambio paralelo al currículo”*.

Muchos entrevistados describen la unión de varios de estos factores en términos como *“un grado de hallazgos fortuitos”* y *“encontrarse en el lugar correcto y en el momento adecuado”*. En este contexto, algunos líderes de la reforma vieron su mayor contribución a los esfuerzos de la reforma como *“ver que varios eventos se unieron y saber cuándo hacer el cambio”*.

También es interesante notar que el compromiso previo con las vastas innovaciones curriculares y / o evidencias pedagógicas no parecen ser mayormente prevalecientes en los ejemplos exitosos del cambio, que en aquellos que fueron infructuosos. En una ínfima cantidad de casos, la evidencia en la formación jugó un rol importante en la sensibilización, pero rara vez conllevó a inducir a un cambio a nivel sistémico. Tal como lo comentó un entrevistado: *“los datos [evidencias en formación] llaman la atención de la gente, no se traduce en acciones. Un montón de cosas llamará la atención, pero ellos no hacen nada, hasta que “la casa de alguien se esté quemando”*. Una cantidad de entrevistados, especialmente aquellos de instituciones dirigidas con investigaciones, se expresaron con cierta frustración acerca de cuán inefectivo percibieron la evidencia pedagógica que desencadena el cambio. *“Presenté una buena evidencia sobre cuán eficaz era el enfoque en términos de aprendizaje. [Los académicos] lo aceptaron. Eso no es el punto. Algunos bárbaros siempre se levantan y dirán: ‘Traté, pero no resultó’. Las experiencias anecdóticas de una facultad tienden siempre a superar la evidencia, aunque la metodología de la investigación está aceptada.”*

3.5 Dirigir el proceso de cambio

En la sección anterior (3.4) se discutieron las condiciones y los impulsores que se presentan generalmente previo a que un Departamento o Escuela se embarque en un programa de reforma para la formación. Esta sección discute las estrategias utilizadas en forma activa por un Departamento o Escuela al dirigir el proceso de cambio.

3.5.1 Los agentes del cambio

A los entrevistados se les consultó que identificaran a *quién* veían como el actor crucial para lograr un cambio en la formación exitoso y sustentable.

Hubo un consenso amplio que el cambio exitoso y sistémico era generalmente el producto de un *“equilibrio entre las presiones de arriba hacia abajo y de abajo hacia arriba”*. De hecho, para algunos lograr este equilibrio era la clave para un cambio exitoso: *“Un Director de Departamento o un Decano con un mandato y una visión fuerte es quién le da a los académicos el tiempo y el espacio para hacer algo. Es éste el truco verdadero para tener éxito”*. Dentro de este panorama

amplio, los entrevistados también se refirieron al rol jugado por ciertos grupos o personas individuales en el proceso de cambio. Estas observaciones se resumirán a continuación.

Gestión de una escuela de enseñanza secundaria superior y de la universidad: Casi todos los programas de cambios sistémicos y exitosos descritos por los entrevistados contaban con el apoyo explícito del decano o miembros importantes de la gestión universitaria de alto nivel. Muchos de los entrevistados se refirieron a la importancia decisiva de este apoyo al conseguir el compromiso de los profesores. Por de pronto, ellos tienen que “*confiar en el sistema*” y sentirse seguro que sus esfuerzos serán reconocidos (aunque no premiados explícitamente) por la institución con respecto a los procesos de ascenso. Uno de los entrevistados se refirió acerca de un cambio curricular general en ingeniería, el cual estaba *totalmente ‘descarrilado’ y hasta abandonado*, cuando el rector de la universidad pronunció un discurso público subrayando el centralismo de la investigación como una misión estratégica de la institución.

Jefe de Departamento: Un resultado particularmente sorprendente del estudio fue el alcance con que se identificaba al Jefe del Departamento como elemento central para el cambio. Independientemente de la magnitud de la reforma, apoyar a un Jefe de Departamento creíble y respetado parecía ser el predictor más importante para el éxito y la sustentabilidad. Como lo comentó un entrevistado: *“Tener el apoyo de un decano es importante, pero el Jefe del Departamento, decidor... El Jefe del Departamento tiene en última instancia los recursos y la cultura”*. Al respecto otro entrevistado señaló: *“Hay una relación estrecha entre el Jefe del Departamento y una contratación... Si le informan a los contratados nuevos que enseñar es importante, habrá un impacto grande. Es muy importante la dirección que se tome”*.

Cambio de líderes: En la mayoría de los casos cuando hay cambio exitoso, el líder o colider fue el Jefe del Departamento. En muchos casos, el esfuerzo fue encaminado por dos personas claves, una, normalmente el Jefe de Departamento, que dirigía y aportaba la energía, y el otro creaba una *“columna vertebral coherente a los cambios”* y acotaba la visión en una estructura curricular lógica. Muchos líderes con cambios exitosos también reflejaban sus roles durante las etapas preliminares del cambio. *“Tienes que tener gente algo loca y deseosa para modificar su vida en algo que es totalmente diferente”* y *“en realidad no teníamos idea en lo que nos estábamos metiendo. Probablemente sin esa ingenuidad no lo habríamos hecho”*.

Académicos: Cuando a los entrevistados se les solicitó un consejo para los que se embarcaban en una reforma, la respuesta más frecuente fue, que había que involucrar a los académicos (“convénzalos”). Cuando se discutían las estrategias para involucrar a alguien, muchos señalaron tres agrupamientos distintos de profesores, aproximadamente del mismo tamaño:

- Grupo 1: académicos que no apoyaban los cambios propuestos y se resistían a cualquiera modificación al currículo actual;
- Grupo 2: académicos que estaban muy centrados en otras actividades, principalmente en sus investigaciones, y *“no les importaba, si las reformas eran implementadas”*;

- Grupo 3: los académicos que apoyaban la reforma.

Muchos de los entrevistados advirtieron que era muy poco probable que el grupo 1 apoyara la reforma para la formación. Cualquier intento de forzarlos a cambiar su práctica sería contraproducente. Por lo tanto se aconsejaba *“trabajar alrededor de ellos”* y permitir *“a estas personas continuar con su forma de enseñanza a como lo hacían antes [y] no forzarlos a que se involucren”*. De hecho, muchos cambios exitosos han dejado una sección ‘delimitada’ del currículo, en la cual el contenido y su entrega permanecen prácticamente igual, en la cual puede actuar el grupo.

Por lo tanto, muchos de los consejos se centraron en los académicos del grupo 2 y 3, y *“poniendo sus energías en el tercer grupo que apoyaba el cambio y tratando de convencer al tercero, al que no le importaba”*. En particular, el consejo para involucrar al grupo 2 se centró en destacar los impulsores para el cambio y los beneficios que traerá la reforma. *“Estas personas tienden a comprometerse con los estudiantes, pero están muy ocupados y centrados en su investigación. Hay que convencerlos que existe una necesidad real para tal alteración significativa”*. En los grandes departamentos con grupos de investigación fragmentados y con características de ‘silo’, es a menudo un gran desafío acercarse a tales profesores. Los resultados de ejercicios de evaluación comparativa con universidades a nivel mundial líderes en investigación fueron vistos como de especial interés para este grupo, sobre todo, cuando los mensajes fueron entregados por las personas con *“autoridad intelectual en su disciplina [de la ingeniería]”*. Muchos pensaron que este grupo no se convencería con la evidencia pedagógica, especialmente cuando la presentan personas que no son ingenieros. Por el contrario, la evidencia de la eficacia pedagógica resonaba fuertemente dentro del grupo 3 y los proveyó con la confianza y las herramientas para mejorar el aprendizaje del estudiante.

Estudiantes: Una cantidad de líderes de la reforma con amplia experiencia habló con cierta decepción a cerca de la poca influencia que el progreso del cambio curricular ha tenido en los estudiantes. Tal como lo comentara una persona: *“era por años una fantasía mía; si yo creaba cursos en los cuales respondían los estudiantes, ellos se alejarían de esta experiencia y abogarían por ello en otros cursos. Afortunadamente no ocurrió”*. Otro observó: *“solía sentir que los estudiantes votarían con sus pies, pero ellos sólo tienden a hacer pequeños cambios. Al final, los empleadores los contratarán igual provenientes de las universidades más calificadas, y los estudiantes continuarán [buscando empleo]. El estudiante no es el consumidor final, lo es el empleador, por lo que los estudiantes se oponen a cambiar la fórmula”*. Estas observaciones parecen estar bien fundadas. No se encontró ninguna instancia en este estudio en la cual el compromiso positivo del estudiante fuera un impulsor primario para el cambio curricular. La voz del estudiante sólo parece jugar un rol importante cuando el cambio progresa, donde los niveles de insatisfacción impactan en la reputación y / u operación de los programas de pregrado. Sin embargo, se debe notar que el aporte de los estudiantes se utiliza a menudo para obtener gran efecto, para informar el diseño de la formación y el enfoque de los cambios curriculares. Sin embargo, la probabilidad y facilidad con que se implementan estos cambios, no aparecen – por otro lado – ser mejorados con un compromiso positivo del estudiante.

3.5.2 Estrategias comunes para el cambio exitoso

A los entrevistados que habían participado u observado programas de cambio en la formación, se les solicitó describir las estrategias adoptadas. Habían aparentemente temas especialmente importantes en el cambio exitoso de programas descritos, los que se centraban en actividades que constituían: (i) compromiso por parte de los académicos en la necesidad subyacente para el cambio, y (ii) colegialidad entre los académicos y un sentido de responsabilidad colectiva con el currículo como un todo. Además, una cantidad de etapas comunes eran evidentes a través de muchas de las estrategias de cambio exitoso. Estas se describen a continuación y se subdividen en tres fases de la actividad: *preparación, planificación e implementación*. Como se puede ver, los dos temas relacionados con *comprometer a los académicos en la necesidad de un cambio y crear una responsabilidad colectiva para los programas de pregrado* están entrelazados en muchas de las etapas descritas.

Fase 1: Trabajo preparatorio

Recolección de evidencias locales: La creación de una base fuerte de evidencias para la necesidad del cambio ha sido una estrategia muy efectiva para comprometer a los académicos y a la junta directiva de la universidad en el proceso de la reforma. Tal evidencia parece tener el mayor impacto, cuando se centra en las siguientes áreas: (i) datos para cuantificar los impulsores importantes para el cambio, como la cantidad de ingreso de los estudiantes, la tasa de retención, comparado con instituciones pares competidoras, y (ii) la retroalimentación de los empleadores de ingenieros graduados en relación a la empleabilidad, comparando sus propios graduados con los de las instituciones de la competencia.

La evaluación comparativa del enfoque educacional: La mayoría de los programas condujeron a un proceso de evaluación comparativa breve para informar sobre su proceso de diseño curricular. Como regla general, parece que la evaluación comparativa en contra de una primera institución dirigida por investigaciones, principalmente MIT o Stanford ("*... si estas universidades están haciendo cosas similares, los académicos piensan que están en el camino correcto*") y universidades pares en competencias tienden a involucrar a los académicos en forma muy positiva con el proceso de cambio. Es interesante notar que la resistencia de los académicos parece a veces aumentar, si los líderes del cambio apuntan a instituciones altamente innovativas, tales como Olin College en los Estados Unidos y la Universidad de Aalborg in Dinamarca. Cuando proponen reformas educacionales. ("*... ellos tienen estudiantes tan diferentes y tanto dinero disponible y una estructura completamente diferente... Comentar [a los profesores] que vamos a intentar de hacer lo mismo realmente no será bien recibido*").

Presentar la visión prematura a la Junta Directiva Superior: En algunos casos la visión amplia para el cambio fue presentada a la Junta Directiva Superior antes de discutirla con los académicos. Aunque algo riesgosa, estas primeras consultas pueden proporcionar algunas ventajas significativas. En particular, pueden permitir: (i) decisiones para la reforma hechas sobre la base de restricciones institucionales conocidas, (ii), la exploración de opciones para moldear o cambiar las regulaciones universitarias existentes para así acomodar los cambios cuando existan

conflictos estructurales propuestos, y (iii) a los líderes de la reforma demostrar a los académicos "*desde el principio*" que el esfuerzo es apoyado a nivel universitario.

Presentar la necesidad de un cambio a los profesores: Muchos de los entrevistados señalaron que la reunión inicial con los académicos para introducir la idea de un cambio en la formación es un aspecto "de hacer o romper" en el proceso. Tal como lo comentó un entrevistado "*esto tiene que ver con el tiempo de los académicos, y convencerlos es tanto una combinación de convencerlos que el esfuerzo para el cambio es suficientemente beneficioso que requiere de su atención como brindarles la seguridad que el esfuerzo no les va a restar significativamente su tiempo*". En esta reunión inicial muchos de los líderes con cambios exitosos centraron las discusiones únicamente en los impulsores para el cambio. "*no presenten la solución hasta que cada uno haya tenido suficiente tiempo para reflexionar acerca del problema. Entonces recién la gente observa las implicancias que pueda tener su enseñanza y nunca se van a comprometer realmente con el problema*".

Fase 2: Planificar el cambio

Seleccionar el nuevo modelo de formación Una vez tomada la decisión de embarcarse en un programa de cambio sistémico, el seleccionar el enfoque que lo respalde es a menudo "*una decisión relativamente rápida e indolora*" que se basa en un breve ejercicio de evaluación comparada internacional o en la "*experiencia en aula*" de aquellos que lideran el cambio. Una de las características notables de las entrevistas fue la similitud entre los objetivos en la formación y los esfuerzos de la reforma descritos, sin importar la geografía como tampoco el tipo de institución. Una mayoría significativa de programas de cambio exitosos "*desarrolla / desarrolló nuestro enfoque particular, que combina la enseñanza basada en problemas con la práctica profesional en la ingeniería*". En casi todos los casos, un énfasis claro es evidente en la naturaleza única y personalizada del enfoque educacional adoptado.

Diseño curricular: Muchos entrevistados se refirieron a la importancia de involucrar a la mayoría, si no a todos los académicos en el proceso de diseñar un currículo nuevo. Este proceso fue visto como crucial tanto al optimizar el apoyo para el esfuerzo del cambio como también para asegurar que los programas reformados fueran sustentables. Este proceso fue fundamental cuando las académicos pudieron recapacitar y pensar fundamentalmente acerca del currículo como una "*página en blanco*" en vez de "*retocar los bordes*" del currículo vigente. En muchos casos, la urgencia reconocida de un cambio apoyó esta nueva evaluación fundamental. Algunos entrevistados, especialmente de países escandinavos, se refirieron a la importancia de los talleres de desarrollo y su rol para informar el proceso de diseño curricular.

Planificación cuidadosa por un equipo de gestión pequeño: Muchos líderes del cambio se refirieron a la importancia de planificar en forma cuidadosa y metódica, llevado a cabo por un "*grupo innegable de personas que conocen al Departamento por adentro y por afuera*". Cada uno desarrollaría, sobre la base de un conocimiento íntimo (de los profesores), los espacios para el aprendizaje, recursos disponibles, planes de transición para una operación en curso del currículo nuevo.

Recursos: la inyección de nuevos fondos en un esfuerzo para

el cambio no es común y no parece ser una característica particular de los programas de cambio exitosos. Sin embargo, casi todos los cambios exitosos 'compraron una parte' de la pequeña porción de tiempo de dos personas seleccionadas cuidadosamente. Habitualmente se obtienen estos fondos en forma interna, generalmente a nivel de Departamento o Escuela. Una división muy clara era evidente entre los Estados Unidos y todos los otros países considerados al respecto. En claro contraste con los entrevistados no estadounidenses, aquellos consultados de los Estados Unidos fueron definitivamente más propensos a considerar un financiamiento externo como un factor esencial para un cambio exitoso.

Perspectivas externas: como se ha señalado en la sección 3.4.5, muchos programas de cambio parecen ser iniciados en las Escuelas o Departamentos con una cantidad considerable de profesores recientemente contratados o con una gran cantidad de académicos con experiencia en la industria. Cuando estos factores no aplican, los líderes de un cambio exitoso se refirieron a la importancia de traer 'un par de mentes nuevas' al proceso de planificación, por lo general personas empleadas en forma temporal con una jornada parcial. Las personas seleccionadas varían en la cultura institucional y en la geografía, pero la mayoría tiene una base de conocimientos en el sector de la ingeniería a nivel de industria o en la formación.

Fase 3: Implementar el enfoque nuevo

Establecer un equipo de implementación: La retroalimentación de los entrevistados en la implementación se centró en *quién* tendría que hacer los cambios y *cómo* debieran ser apoyados por el Departamento o la Escuela. Para evitar un "desgaste" en aquellos encargados de implementar los cambios, varios entrevistados recomendaron que los encargados de la reforma fueran liberados de sus obligaciones varias en el Departamento durante este período. También se sugirió cautela al seleccionar los primeros en adoptar el enfoque nuevo. "No deben ser los 'sospechosos usuales' de rebeldes que la gente se acostumbró a ignorar".

Mostrar los beneficios del cambio: En los meses siguientes a la aplicación inicial de una reforma, muchos entrevistados informaron de un período de "agotamiento", donde algunos profesores "se preguntaron, si valía la pena todo esto". Algunos entrevistados destacaron el valor de "demostrar los beneficios de lo que estaban haciendo. Mostrar que los académicos lo están aceptando. Mostrar que alguien fue ascendido como resultado de ello. Mostrar que está comenzando a tener un efecto positivo en los estudiantes". Estas actividades se visualizan para mantener el impulso del cambio durante un "período muy intenso que consume mucho tiempo".

Acelerar la implementación y las etapas: No pareció existir un patrón común entre los esfuerzos exitosos de la reforma y su puesta a prueba; algunos pusieron a prueba y perfeccionaron su enfoque en forma extensa durante un período de 2 a 3 años antes de poner en marcha un cambio generalizado, mientras otros experimentaron el nuevo enfoque en un solo curso y comenzaron con una implementación completa dentro de un año. Sin embargo, lo que fue común en los esfuerzos del cambio exitoso, fue la forma en que ellos

se desarrollaron desde la fase piloto / conceptual hasta la puesta en marcha. Muy pocas veces se asoció un cambio generalizado y sustentable con una expansión gradual, donde los cursos fueron reformados lentamente, uno a la vez, durante un período prolongado. Aunque existen claras excepciones, la mayoría de los cambios sistémicos fueron implementados con un esfuerzo concentrado y centrado en un período de 2 a 4 años, el que llamó ampliamente la atención durante ese período a los académicos. Un líder de la reforma describió esto como "eliminar la solución rápida y temporaria que requiere de mayor análisis". Sin embargo, cabe señalar que el proceso de reforma general (desde la planificación inicial hasta el análisis de impacto y luego su implementación) pocas veces demandó menos de cinco años, generalmente mucho más tiempo. Como uno de los entrevistados señaló: "hay que estar preparado para una tarea a largo plazo. Lo que diga la gente, esto no tomará sólo dos años".

3.5.3 Características comunes de un cambio fallido

Al igual que con cualquier otro proceso de cambio, la mayoría de los esfuerzos de cambios en la formación de ingeniería falla. Muchos entrevistados describieron su propia experiencia con esfuerzos de reforma fallidos, tanto el promotor del cambio como el observador. Al basarse en las respuestas del entrevistado parecen existir tres etapas críticas, cuando es muy probable que ocurra una falla, como se indica a continuación.

- Punto 1: se anuncia inmediatamente a los académicos la intención de cambiar;
- Punto 2: en forma temprana en el proceso de implementación;
- Punto 3: cinco a diez años para su plena implementación.

A continuación se resumirán los tipos de fallas informados en cada una de estas tres etapas.

Punto 1: La causa fundamental para el fracaso temprano de un cambio parece ser que los 'campeones' del cambio son "incapaces de enunciar los beneficios que traerán consigo", y a los académicos les queda poco claro de lo que "está sucediendo y por qué". Algunos entrevistados se refirieron a una reunión inicial "desastrosa" con los académicos, en la cual se presentó por primera vez el concepto de cambio en la formación. Luego "ellos se rebelaron, incluso antes de comenzar a implementarlo". Uno de los entrevistados relató las consecuencias de tal reunión, en la cual un académico titular "dejó muy en claro al Jefe del Departamento que, si se continuaba con este cambio, los mejores se iban a ir. El riesgo era muy grande". Hasta ahí llegó la reforma. Si los académicos visualizaban la reforma, como "simplificar" los fundamentos de la ingeniería dentro del currículo o no rectificar las prioridades estratégicas de la Junta Directiva de la Escuela o Universidad, "será inmediatamente rechazada".

Punto 2: Un aspecto común al existir una falla aparece en el proceso de implementación. La mayoría de los problemas parecen estar relacionados con la falta de recursos. Algunos señalaron que aquellos que obtuvieron financiamiento externo para solventar el cambio, "el dinero se termina antes

de que algo haya sido realmente integrado” y la actividad no es sustentable. Muchos de estos ejemplos aparentan ser “éxitos desde el exterior”, pero el cambio real es mínimo. Para otros, sólo un mínimo de los recursos fue utilizado para el cambio. La planificación y las primeras etapas de la implementación fueron completadas con “buena voluntad y trabajo duro” de un pequeño grupo de profesores dedicados. Les fue imposible dedicar el nivel requerido (además de sus obligaciones cotidianas) en un periodo sostenido. Uno de los entrevistados se refirió al impacto que causa la escasez de recursos. “Esto está bien para un primer año o algo similar, hasta que ellos comienzan a fallar en el segundo y tercer año, justamente cuando usted comienza a desplegar los cambios en el currículo. Tuvimos este problema, y un gran grupo se enfermó durante este periodo”. Sin que alguien diga constantemente “hagámoslo, hagámoslo, hagámoslo”, se pierde el impulso y resulta que los cambios “nunca llegaron a la médula del currículo y luego se desvanecieron sin que alguien los haya notado”.

Punto 3: El tercer punto, en que aparecen las fallas más comunes, es en los años siguientes a la plena implementación de los cambios. Este tópico se discutirá en la sección 3.6.1.

3.6 Mantener y evaluar el cambio

3.6.1 Mantener el cambio

Una gran cantidad de reformas en la formación implementadas con éxito parece enfrentar problemas significativos al sustentar el cambio. De hecho, de las reformas curriculares investigadas que han funcionado por más de diez años, casi todas se han encontrado con problemas significativos, en algunos casos catastróficos, que han peligrado su sustentabilidad. Muchos entrevistados comentaron experiencias similares al respecto. Las razones generales para discontinuar las reformas fueron cambios en la organización o en el personal, como, por ejemplo, la nominación de un nuevo Jefe de Departamento, jubilación del líder original o una reforma amplia de la Escuela. A consecuencia de ello, pareciera que los cambios, que fueron implementados en el currículo principal, tuvieron la posibilidad de sobrevivir. En otras palabras, estos aspectos que sustentan cursos pilotos u opcionales, recientemente implementados a nivel extra-curricular, tienen un porcentaje de éxito muy inferior. En vez de abandonar abruptamente las reformas, los entrevistados tienden a describir un debilitamiento acumulado de los cambios, lo que conlleva a una falta de coherencia del enfoque y una tendencia a volver atrás a lo que fue el currículo anterior.

Los problemas subyacentes percibidos para socavar la sustentabilidad de la reforma fueron:

- La continuidad de los cambios que le ‘pertenecen’ a una persona;
- El aislamiento de los cambios dentro del currículo;
- El enfocarse en otras actividades por parte de los académicos o la Junta Superior;

- La falta de información significativa de la evaluación;
- La falta de retroalimentación informal positiva;
- El no reconocer formalmente al currículo nuevo como el enfoque ‘estándar’.

A continuación se discutirán cada uno de estos temas.

La pertenencia de una Facultad: En muchos casos, la causa subyacente para el fracaso parece ser, que el cambio le ‘pertenece’ a una persona o a un grupo pequeño de personas, y su éxito de largo plazo siguió descansando en sus hombros. Por lo general, esta persona ofrecería la mayoría de los cursos principales en el currículo reformado y le dedicaría un tiempo y esfuerzo importantes en las clases. En sí serían vistos como haber puesto en peligro su perfil de investigadores y, por ende, el futuro de su carrera, para ofrece el currículo nuevo. Uno de los entrevistados comentó que “nosotros tenemos que bajar las exigencias para lo que el nuevo plan de formación en ingeniería aparenta ser. Mientras más adiestras al instructor ‘ideal’, probablemente adiestras menos capacidad... La gente debe saber que uno no tiene que matarse [al ofrecer enfoques no tradicionales]”. Para algunos la respuesta se encuentra en desarrollar la enseñanza grupal (del inglés: *team-teaching*) en todos aquellos cursos no tradicionales con una rotación de profesores, fundamentalmente entre los profesores nuevos. Al ampliar la red de profesores que pueden enseñar en los cursos reformados, se reduciría el sentido de pertenencia como las expectativas que el profesorado necesitaría para dedicar tiempo y energía irreal a la actividad. Muchos entrevistados se refirieron a los cambios positivos, pero sutiles, que sucedieron en los Departamentos, al introducir la enseñanza grupal. “Grupos de a tres trabajaron en forma estrecha y comenzaron a compartir consejos y se interesaron en la enseñanza de cada uno. Repentinamente cambiamos los temas de conversación en la cafetería. Los profesores comenzaron a hablar de sus clases y enseñanza”.

Aislamiento en el plan de estudio: Cuando la reforma original no fue parte de un análisis estratégico y de un re-diseño del plan de estudio, los cambios que resultaban fueron a menudo aislados con ningún – o a veces poco – vínculo con los cursos ‘principales’. Como tal, la mayoría de los profesores no estaban conscientes de los cambios realizados o el impacto que pudieren tener en el aprendizaje del alumno. Sin embargo, si los cambios mismos son substanciales o exitosos, tales reformas son altamente vulnerables a una reestructuración en la universidad (al no haber generado una amplia base para abogar por su continuación) y al rendimiento a nivel del profesorado (con muy pocos dispuestos o capaces de tomar los cursos).

Mantener un enfoque en la educación: Una cantidad de entrevistados que han estado involucrado en reformas a nivel departamental comentó, que sustentar reformas a gran escala era contingente a una cultura de cambios y mejoramientos continuos. “Después de que la primera cohorte de estudiantes se graduó con el programa nuevo, la tendencia del profesorado es “colgar la sotana y enfocarse de nuevo a la investigación. Esto puede ser muy perjudicial, dado que los elementos pueden deslizarse nuevamente al currículo anterior y otros pueden anquilosarse. Debe asegurarse que un

núcleo del profesorado esté realmente comprometido con un cambio y desarrollo continuo". Algunos también se refirieron a cómo los profesores recién nombrados no aprecian la importancia de mantener los cambios. "Los nuevos profesores no estuvieron presentes, cuando nosotros estábamos a punto de cerrar y nunca sintieron esa presión". Se sugirió una cantidad de mecanismos diferentes para estimular este proceso de cambio continuo. Para algunos entrevistados, particularmente de los Estados Unidos, esto fue sólo posible al inyectar fondos para innovar e investigar en la formación de la ingeniería. Otros mecanismos encontrados para mantener el compromiso incluyeron crear grupos de investigación internos para la formación en ingeniería.

Retroalimentación informal positiva: Es mucho más problemático mantener un cambio, cuando los académicos no ven o sienten los beneficios positivos de las reformas. Al no recibir retroalimentación positiva y directa, los niveles de motivación del profesorado para mantener la reforma disminuyen a menudo, especialmente cuando la carga de trabajo aumenta como resultado del cambio. Entre aquellos programas de cambio que se han sostenido con éxito hay dos características que son a menudo aparentes, por separado o en combinación. Primero, los profesores del Departamento o de la Escuela están conscientes de un aumento significativo de la motivación de los estudiantes y la calidad de entrada, atribuida directamente a la reforma, habiendo o no apoyado originalmente los cambios. Segundo, al existir un Comité de Asesoría Industrial, o su reciente creación, toma un rol activo en apoyar y supervisar el currículo de pregrado, proporcionando una retroalimentación positiva de las reformas "escuchadas" por cada uno de los académicos.

Impacto de los cambios: Una evaluación de impacto bien diseñada juega un rol importante en mantener el cambio, tal como fue discutido en la sección 3.6.2. Evaluaciones de impacto parecen ser especialmente valiosas para proteger un currículo nuevo durante períodos de reestructuración o de cambio de profesores. "Si al nuevo grupo dirigente no le gusta, especialmente cuando no se pueden dar evidencias, la gente va a revertir al 'status quo'".

Reconocimiento formal: Finalmente, una cantidad de entrevistados comentó, que los cambios curriculares a menudo "se diluyen", cuando no están formalmente reconocidos como una norma estándar en las Escuelas y Departamentos, y permanecen en función con "el estatus de una innovación piloto a largo plazo". Algunos dieron una señal explícita y formalizada, que un cambio en la formación era ahora parte del currículo permanente, y fue "la clave para el éxito a largo plazo". En algunos casos incluyeron la nueva experiencia o el nuevo curso en el manual de los estudiantes, o que la actividad llega a ser "parte del presupuesto del Departamento".

3.6.2 Evaluación del impacto

El estudio se ha centrado en identificar las características comunes de los programas de cambio positivos y de largo plazo en la formación de la ingeniería. Entre las iniciativas de reforma consideradas fue evidente que la evaluación de impacto formal era sustentable. Particularmente, cuando se encontraron con problemas significativos para sustentar el cambio, las evaluaciones de impacto parecieron jugar un rol importante para superarlos. Sin embargo, a pesar

de estos beneficios aparentes, son poco comunes las evaluaciones de impacto sistemático en los cambios de formación sistémicos. Cuando se habían llevado a cabo las evaluaciones, la mayoría actuó en forma apresurada y parcial, y casi todo requería de un modelo de evaluación hecho a medida para ser desarrollado 'en casa'. Muchos de los investigadores del cambio en la formación consultados apoyaron estas observaciones. "Hay una vara muy baja, cuando se trata de las evidencias. Es bastante anecdótico. La gente tiende a citar a muy pocos seguidores del programa como evidencia. Otras evidencias no fueron significativas, como una encuesta de un estudiante a su término". De hecho, muy pocos entrevistados pudieron identificar evaluaciones de impacto en los programas de cambio en la formación profesional, que consideraron bien diseñadas y rigurosas. Dos de las excepciones fueron las reformas programáticas amplias en la Escuela de Ingeniería Civil, de Medioambiente y Química en RMIT en Australia, y las reformas de los cursos introductorios de física en el Departamento de Física en la Universidad de Illinois en los Estados Unidos; ambas fueron recomendadas por varios entrevistados.

Aparentemente hay una cantidad de razones del por qué se llevan a cabo pocas veces evaluaciones de impacto rigurosas. Esto se explica a continuación.

- **No hay claridad acerca de qué medir:** La dificultad para medir el impacto del cambio en la formación profesional fue un aspecto común, tal como lo fue también la ausencia de modelos generalmente aceptados para esa evaluación de impacto. Otro aspecto destacado fue la falta de claridad acerca de los objetivos que subyacían a la reforma, lo cual hizo que la evaluación de impacto fuera imposible. "Para mucha gente el criterio de éxito al cual se referían, fue mucho más grandioso de lo que se pudiera evaluar, y ellos jamás lo pueden atribuir solamente al cambio que están haciendo".
- **Las medidas se inician demasiado tarde:** Muchas Escuelas o Departamentos no comienzan a considerar la evaluación de impacto hasta después de que el proceso de cambio haya comenzado. A menudo la gente desarrolla indicadores nuevos en el segundo o tercer año de la implementación del cambio, lo cual es muy tarde". En esta etapa es casi imposible recoger datos de la 'línea de base' para obtener impactos antes del cambio, y por lo tanto, es imposible sacar cualquier conclusión consistente acerca del impacto a largo plazo de la reforma. Una excepción al respecto es la Universidad de Ashton en el Reino Unido, la cual acaba de embarcarse en un estudio de impacto longitudinal de 7 años en relación a un eminente cambio en el currículo de ingeniería.
- **La responsabilidad recae en una persona.** La responsabilidad de los estudios de impacto la toma generalmente una persona, a menudo la persona que ha llevado en gran parte la carga del esfuerzo de cambio en sí. Dado que esta tarea se lleva a cabo además de muchas otras funciones, el recoger los datos es a menudo más bien "casual" y se almacena de una manera que es difícil para

otros recuperarlos e interpretarlos. Algunos de los entrevistados estimaron, para que los datos de impacto sean significativos, deben ser recogidos a lo largo de al menos diez años, antes de que se implemente el cambio hasta el punto cuando los primeros graduados estén actuando en sus respectivos lugares de trabajo. Cuando uno se confía en una persona, es muy difícil asegurar la continuidad durante un período tan largo. En la práctica, la persona va a jubilar, retirarse del financiamiento del proyecto original o sentir que *"deben continuar con su rutina diaria"* en una etapa relativamente temprana, por lo que recoger datos generalmente termina aquí.



4 Evidencia en las investigaciones de los estudios de caso

El presente capítulo examina el proceso de cambio en la formación de seis Escuelas o Departamentos de ingeniería alrededor del mundo. Estas investigaciones, las cuales reflejan la orientación del presente informe, se centran en *cómo* se logró el cambio y no en los cambios que se realizaron y/o en la efectividad de los enfoques de formación que se adoptaron.

Como se explica en el capítulo 3, los estudios de caso se identificaron en la etapa de entrevistas del estudio. A todos los entrevistados se les pidió que entregaran ejemplos de reformas en la formación de ingeniería que los hubiesen impresionado o que consideraran particularmente exitosas. Los 6 estudios de caso se seleccionaron de este grupo de ejemplos (como aparece en la Figura 4), como un mecanismo para aumentar la probabilidad de que describieran un cambio que fuera real y efectivo. También se seleccionaron para proporcionar una gama de impulsores de reformas, estrategias de cambio, niveles de ambición, ubicaciones geográficas y etapas en el proceso de cambio. Todos los estudios de caso involucraron cambios planificados y sistémicos que influyeron (o tuvieron el potencial de influir) en una parte importante del currículo principal de ingeniería.

A continuación se enumeran los estudios de caso seleccionados para la investigación.

1. Departamento de Ingeniería Civil, Ambiental y Geomática, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad -College London, Reino Unido.
2. Escuela de Ingeniería, Universidad de Ciencia y Tecnología de Hong Kong (HKUST), Hong Kong.
3. *iFoundry*, Universidad de Illinois, Estados Unidos.

4. Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Queensland, Australia.

5. Facultad de Ingeniería y Computación, Universidad de Coventry, Reino Unido.

6. *Learning Factory*, Universidad Estatal de Pensilvania, Estados Unidos.

La Figura 5 ilustra la amplia línea cronológica en la cual estas reformas se implementaron. La fecha del proceso de investigación de los estudios de caso (abril a septiembre del 2011) se indica con una línea roja entrecortada. Como se aprecia en la figura, tres estudios de caso completaron el proceso de cambio y tres se encuentran todavía en curso.

Para las investigaciones de los estudios de caso se consultó a un total de 128 personas y se realizaron 64 entrevistas personales. Para cada estudio de caso se efectuaron entrevistas formales con personas involucradas y observadores de los programas de formación (entre 8 y 17 personas). Las entrevistas duraron 1 hora y se realizaron a través de Skype, por teléfono o en persona. Dichas entrevistas se complementaron con evidencia adicional que se recopiló a través de sesiones informales de retroalimentación y grupos de discusión. Además, en todos los estudios de caso se realizaron observaciones en las salas de clases, con la excepción de dos: la Universidad de Queensland, donde el autor ya había observado el currículo reformado y en HKUST, donde aún no se había implementado el cambio en la formación. Todas las evaluaciones de estudios de caso fueron aprobadas por la universidad anfitriona correspondiente antes de ser incluidas en este informe.

Los 6 estudios de caso se presentan a continuación.

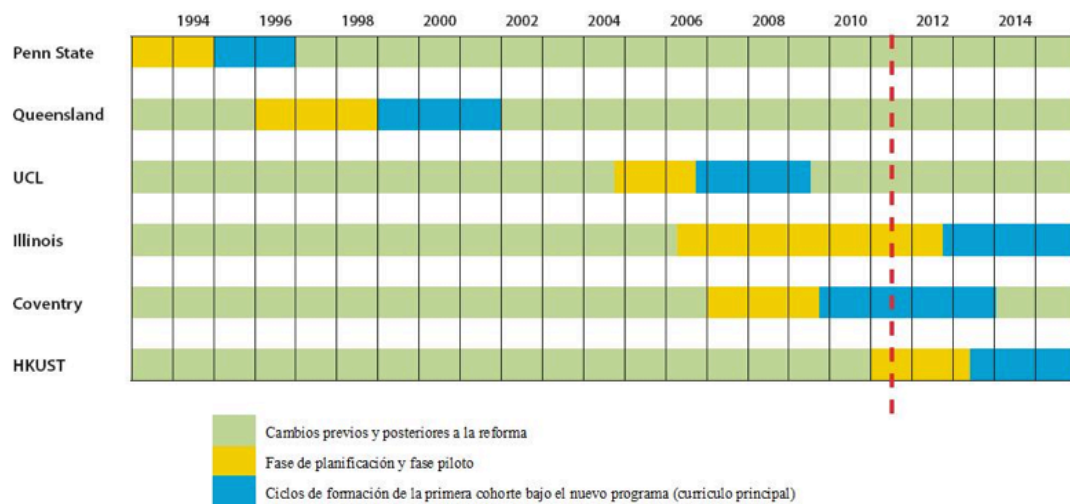


Figura 5. Línea de tiempo para los cambios de los 6 estudios de caso investigados. El tiempo de investigación se indica con una línea roja entrecortada.

4.1 Estudio de caso 1: Departamento de Ingeniería Civil, Ambiental y Geomática, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad –College London, Reino Unido

Visión general: Este estudio de caso en el Reino Unido describe una amplia reforma del Departamento, involucra una importante transformación de los primeros dos años del currículo y un controvertido cambio de los requisitos de admisión. Las primeras conversaciones sobre los esfuerzos de reforma comenzaron el año 2003 y en julio del año 2009 la primera cohorte se graduó del nuevo currículo de Licenciado en Ciencias de la Ingeniería.

Razones para su selección como estudio de caso: (i) la amplia reforma del Departamento se realizó en una institución líder en investigación, (ii) a pesar de que los requisitos de admisión del programa de grado se ampliaron, éstos fueron acreditados y (iii) el modelo de cambio será implementado en otros Departamentos dentro de la Escuela¹.

Entrevistados: Para la investigación de estudio de caso se consultó con 21 individuos. Se efectuaron conversaciones informales con 11 alumnos no graduados del actual Departamento (seleccionados al azar de entre 1ero, 2do y 4to año de estudio) , y entrevistas informales con 10 participantes de los programas de pregrado (incluidos el actual Jefe de Departamento, el actual y antiguo Director de Estudios, los profesores del Departamento de Ingeniería Civil, Ambiental y Geomática, así como de otros Departamentos en la Escuela, el Vicedecano de Formación de la Escuela, el Vicerrector de la universidad, el Director de Membresía y de la Institución de Ingenieros Civiles y un miembro del panel de asesoramiento industrial del Departamento).

¹ Para mantener la coherencia en todos los estudios de caso, 'Escuela' en este caso se referirá a la Facultad de Ingeniería.

4.1.1 Contexto e impulsores para el cambio

Contexto: La Universidad –College London (UCL) es una universidad ubicada en Londres que cuenta con una sólida reputación en investigación a nivel internacional. Dicha universidad es considerada como una institución que incentiva el cambio "*rápido e innovador*", una visión que apoyan los escalafones más altos de la universidad. Algunos consideran que el modelo operativo de la UCL se parece más al de una empresa que al de una universidad, lo que resulta en cambios más decisivos, donde los que toman las decisiones estratégicas no son los comités sino que los individuos. Los Departamentos tienen estructuras sólidas y el intercambio de ideas o enfoques sobre la formación universitaria entre los Departamentos es limitado.

El Departamento de Ingeniería Civil, Ambiental y Geomática (CEGE) es uno de los nueve Departamentos dentro de la Escuela, cuenta con alrededor de 40 profesores y la cantidad actual de estudiantes de pregrado admitidos cada año asciende a cerca de 70 alumnos. El actual Jefe de Departamento ha estado en su cargo desde el año 2003. Antes de los esfuerzos de reforma, el CEGE tenía la reputación de ser "*el típico Departamento de ingeniería de investigación intensiva que en 30 años había realizado muy pocos cambios en el programa de pregrado*". De hecho, alguien describió el enfoque de formación del Departamento como "*muy conservador y de la vieja escuela*". A pesar de que algunos enfoques de aprendizaje y enseñanza no tradicionales se habían empleado antes de la reforma, estos se limitaban a diseñar estilos de docencia y no al ejercicio general del Departamento. El grupo demográfico del Departamento era mayoritariamente masculino, con varios profesores próximos a la edad de jubilación.

Impulsores: Los principales impulsores para el cambio de la formación de pregrado del CEGE fueron problemas con el reclutamiento y el compromiso de los estudiantes: "*la baja calidad de los estudiantes que ingresan [al Departamento] y su falta de motivación hacia el segundo año de estudio*". Examinadores externos destacaron estos problemas en

una revisión de los programas de pregrado, la que apuntó a un bajo valor agregado entre el ingreso y egreso de los estudiantes.

También se volvieron evidentes otros problemas. Dentro del Departamento había un grupo de profesores que sentía que el programa de pregrado ya no era "adecuado" y que no respondía de manera efectiva a los desafíos políticos, ambientales y sociales del siglo XXI. De hecho, el currículo principal no había sufrido mayores cambios en más de dos décadas. El perfil de investigación del Departamento no estaba en consonancia con los ramos enseñados a nivel de pregrado, lo que resultaba en una carga de enseñanza muy desigual para los profesores.

En respuesta a estos problemas, el año 2003 se asignó un nuevo Jefe de Departamento con un mandato específico: "*cambiar el rumbo*" del programa de pregrado. Luego hubo otros cambios en el personal. El nuevo Jefe de Departamento comenzó un rápido programa de reclutamiento y nombró a diez nuevos profesores para que reemplazaran a los que estaban próximos a jubilar. Un gran porcentaje del nuevo cuerpo docente estaba compuesto de jóvenes y mujeres. Con estos nombramientos no sólo hubo un cambio importante en el género y grupo etario del Departamento, sino que en el punto de vista y la cultura.

4.1.2 La visión en la formación y los cambios implementados

El nuevo Jefe de Departamento inició una revisión fundamental de los programas de pregrado para desarrollar una nueva visión de "*lo que realmente intentamos conseguir*". Para articular sus visiones y metas, la revisión consideró tanto la información de entrada (perfil del estudiante al momento de la admisión) y la información de salida (habilidades, conocimientos y puntos de vista cuando se gradúan). Por lo tanto, la revisión evaluó las características demográficas, aspiraciones y capacidades que se requieren tanto en los

nuevos estudiantes como en los egresados. Esta información se obtuvo a partir de las consultas con las escuelas y la industria de ingeniería. Sólo se realizó una cantidad limitada de evaluaciones externas de enfoques de formación alternativos y no se hizo referencia a la investigación existente sobre pedagogías efectivas en ingeniería.

En estas consultas se identificó una cantidad importante de mercados que el reclutamiento de pregrado del actual Departamento estaba “perdiendo”, principalmente individuos talentosos y académicamente capaces que, si bien no estaban necesariamente motivados a convertirse en ingenieros, se hubiesen visto atraídos por el desafío que supone estudiar ingeniería. Este grupo era considerado como personas conducidas por un deseo de *“arreglar el mundo y convertirlo en un mejor lugar para vivir”*, compuesto de alumnos que no habían tomado matemáticas o física en los nivel-A (del inglés *A level*), lo cual es obligatorio en el Reino Unido para entrar en un programa de grado de ingeniería. El mensaje principal que surgió de las consultas con la industria fue la necesidad concreta de contar con líderes fuertes y expertos en resolver problemas en el área de ingeniería que tuvieran una base de formación más amplia.

Los cambios más importantes se relacionaron con el reclutamiento y el enfoque en la formación, lo que refleja el énfasis en la información de entrada y salida:

- **Reclutamiento:** Los criterios de admisión se extendieron para aceptar estudiantes que estuvieran cursando cualquier nivel-A o curso equivalente al entrar al programa, siempre y cuando todas sus notas fueran las más altas. Las entrevistas de admisión al programa se reemplazaron por un escenario con base grupal de ABP (Aprendizaje Basado en Problemas). Se reenfocaron las estrategias de *marketing* del programa alrededor de temas como *el liderazgo y la ingeniería para la responsabilidad social*.
- **Enfoques de formación:** Se rediseñaron los primeros dos años del currículo y ahora funcionan en ciclos de 5 semanas. Las primeras cuatro semanas de cada ciclo se imparten de la manera tradicional, pero fueron estructuradas alrededor de cuatro “grupos” distribuidos equitativamente: *contexto, mecanismos, herramientas y cambio*, en vez de los temas tradicionales de la disciplina de ingeniería. Dado que sólo dos de los “grupos” (*mecanismos y herramientas*) surgen de la ingeniería, el contenido tradicional del plan de estudio de ingeniería fue significativamente reducido y se le dio un mayor énfasis a temas como *el diseño y la conceptualización*. La última semana del ciclo es intensiva y a tiempo completo, con escenarios grupales de aprendizaje basado en problemas, donde las problemáticas que se plantean se inspiran en el aprendizaje adquirido en las primeras cuatro semanas de estudio.

Las reformas arrojaron tres importantes beneficios operacionales: (i) una disminución de las horas de clases presenciales en un 50%, lo que le permitió a los profesores más tiempo para planificar, presentar y evaluar los escenarios ABP sin aumentar la carga académica promedio, (ii) una distribución más equitativa de la carga académica para todos

los profesores, independientemente de su área especializada de investigación y (iii) una reducción en el número de programas, de 12 a sólo 2 programas: *el Programa de Ingeniería Civil y el Programa de Ingeniería Ambiental*.

4.1.3 Lograr el cambio

Como se mencionó anteriormente, el cambio comenzó con el nombramiento de un nuevo Jefe de Departamento el año 2003, seguido del rápido reclutamiento de nuevos profesores y una revisión exhaustiva de las disposiciones actuales con el fin de desarrollar una visión nueva del programa de pregrado. Los elementos más importantes de esta visión tenían como fin proporcionar un currículo más amplio y atractivo que se basara en la resolución de problemas, con el fin de atraer a individuos inteligentes, creativos y socialmente responsables que pudieran ascender a posiciones de liderazgo tanto dentro como fuera de la profesión de ingeniería.

Después de que se alcanzara un acuerdo en relación a la visión de formación, hubo dos intentos de diseñar un nuevo plan de estudio que fuera capaz de llevar a cabo dicha misión. El primer enfoque deductivo de la reforma no tuvo éxito (octubre 2003 a octubre 2004). El segundo intento que combinaba los enfoques deductivos e inductivos fue diseñado e implementado de manera exitosa (octubre 2004 a septiembre 2006). El proceso completo de cambio, incluidos ambos intentos, se describen a continuación:

Las conversaciones iniciales entre los funcionarios de la alta dirección del Departamento sobre el enfoque deductivo comenzaron durante el verano del año 2003. En octubre de ese mismo año, se estableció un grupo de trabajo compuesto por profesores que estaban interesados en el cambio de la formación para que revisaran el currículo existente y rediseñaran las disposiciones de formación en los primeros dos años del pregrado. En julio del año 2004, el grupo de trabajo presentó sus propuestas para las reformas de formación a todos los profesores del Departamento, con un currículo que se basaba ampliamente en la estructura tradicional de las disciplinas de las Ciencias de la Ingeniería. Las propuestas recibieron una importante oposición, por una parte hubo personas que consideraron que eran una *“simplificación”* de los elementos de las Ciencias de la Ingeniería, mientras que otras consideraron el cambio *“muy conservador y muy cercano a lo que ya poseemos”*. En ese momento se reconoció que el proceso de cambio necesitaba un nuevo enfoque: *“el enfoque deductivo era muy vago. Lo que realmente necesitamos es vernos forzados a pensar sobre la formación de una manera completamente diferente. Por eso Nick [Jefe del Departamento] dio la orden”*.

En octubre del año 2004 se adoptó un nuevo enfoque en el proceso de cambio cuando el Jefe de Departamento rediseñó de manera profunda la estructura del currículo y luego requirió que todos los profesores participaran en el nuevo diseño. Uno de los cambios más importantes que planteó el Jefe de Departamento fue alejar el currículo del campo tradicional de la ingeniería y reestructurarlo alrededor de cuatro “grupos” y proyectos de “escenarios”. Se establecieron grupos de trabajo para cada uno de los grupos temáticos. A todos los profesores se les asignó un grupo de trabajo y se les requirió que diseñaran ese elemento del currículo. En enero del 2005, se presentó a la alta dirección de la universidad la visión sobre la formación y el modelo

del currículo, la cual se aprobó de manera provisional con el fin de ser implementada. También se discutió de manera informal con la Agencia de Acreditación de Ingeniería Civil sobre el nuevo enfoque de formación, que incluye los planes para ampliar el criterio de admisión de los nuevos estudiantes, los cuales tuvieron una positiva bienvenida. Tras el desarrollo del enfoque y el currículo diseñado por los cuatro grupos de trabajo, se probó uno de los escenarios en julio del 2006. Dos meses después, en septiembre del mismo año, la primera cohorte de estudiantes de primer año ingresó a los programas ya reformados.

4.1.4 Factores fundamentales en un cambio exitoso

Cuatro elementos parecen haber sido fundamentales para el éxito del proceso de cambio:

1. Liderazgo enérgico y comprometido.
2. Una visión clara de los cambios en la formación, que se comunicaron en los inicios del proceso de reforma al cuerpo docente, la alta dirección de la universidad, los asesores industriales y las agencias de acreditación.
3. Que el cuerpo docente tuvo la certeza de que iban a ocurrir cambios importantes: *“sabíamos que esto no iba a desaparecer y que realmente necesitábamos involucrarnos”*.
4. Un currículo que todos los profesores ayudaron a diseñar, pero a través de un proceso que requirió que pensarán más allá de sus áreas disciplinarias.

Cada uno de estos elementos se discute a continuación:

Liderazgo enérgico y comprometido. Éste fue proporcionado por el respetado y dinámico Jefe de Departamento quien contaba con el firme apoyo de la universidad y de los colegas mayores del Departamento. El Jefe de Departamento tiene una reputación muy sólida a nivel internacional en lo que respecta al área de investigación (*“su registro de investigación habla por sí solo”*); también está comprometido con la experiencia de pregrado y dedica una parte importante de su tiempo a la formación. Personas dentro y fuera del Departamento destacan el cambio radical que se produjo cuando asumió el nuevo Jefe de Departamento, las reformas son sólo una parte de dichos cambios. En un ambiente con un cuerpo docente renovado y la energía de un nuevo Jefe, el cambio cultural y la mayor apertura a discutir los cambios en la formación no se hicieron esperar. Quedó claro que, mientras el Jefe de Departamento cooperó con la visión y el liderazgo para la reforma, sus implementaciones fueron llevadas a cabo por dos miembros clave del cuerpo docente, uno de ellos fue el Director de Estudios de aquel entonces. Para muchos, la combinación de liderazgo enérgico y apasionado, por una parte, y la implementación curricular sistemática y cuidadosa, por otra, proporcionaron las condiciones para lograr un cambio exitoso.

Una visión clara del cambio (*“el caso intelectual fue asombroso”*). Todos los involucrados, tanto dentro como fuera del Departamento, fueron capaces de expresar la visión de formación y usar términos similares para describirla. Se reconoció que era una reforma fundamental que había sido considerada cuidadosamente y que el Jefe de Departamento

la presentó con pasión, precisión y completa confianza en su éxito. El mensaje tuvo muy buena acogida en todos los niveles y fue claro tanto en las metas como en los objetivos del cambio. Por ejemplo, el interés por el liderazgo y la responsabilidad social incorporaba elementos de la visión global que tenía la universidad para la formación de pregrado. Varios de los cambios propuestos, como ampliar el criterio de admisión, causaron controversia; sin embargo, el fuerte discurso de cambio ayudó a asegurar su apoyo. La visión también abordaba varias preocupaciones sobre la formación de ingeniería en el Reino Unido, por ejemplo, cómo aumentar la participación en ingeniería, especialmente de las mujeres, y cómo mejorar la posición de liderazgo de los ingenieros británicos en una industria cada vez más globalizada. Para algunos, la naturaleza fundamental y radical del cambio también tenía su atractivo, como comentó el Jefe del Departamento de CEGE: *“la gran ventaja del cambio en nuestro Departamento es que se asoció a la idea de “mejorar el mundo”. La unión, que ellos están intentando conseguir, es decir, abarcar más que el tema en sí, puede ser más difícil de lograr en otras disciplinas”*.

El cambio es inevitable. Desde los inicios del proceso de cambio, el Jefe de Departamento dejó en claro que habría un cambio importantísimo y que la reforma sería rápida y fundamental: *“No podemos lograr este cambio haciendo pequeños ajustes. No les di opción. Necesitábamos un cambio radical, debía ser de golpe”*. Las primeras conversaciones con la junta directiva de la universidad, el Vicerrector de la UCL, la Agencia de Acreditación de los programas y la Institución de Ingeniería Civil también fueron muy importantes. Debido a su naturaleza radical, los cambios propuestos siempre corren el peligro de ser tildados de *“impracticables”* por los profesores o de contar con un bajo apoyo de parte de la universidad o de la entidad acreditadora. Asegurar dicho apoyo en una etapa tan temprana *“pilló a varios miembros del personal desprevenidos”* y ayudó a difundir la resistencia temprana a la reforma, pero también demostró la seriedad que existía de proseguir con los cambios. Como comentó uno de los profesores *“Una vez que Nick (el Jefe de Departamento) vendió la visión de lo que estábamos tratando de hacer, obtuvimos el apoyo de los funcionarios más altos de la universidad, el Decano, el Vicedecano, el Rector e incluso de la ICE [Agencia de Acreditación Fundamental]. Después de esto, fue muy difícil que la gente pretendiera que el cambio no iba a ocurrir”*.

Un proceso global de cambio. A todos los profesores se les dio la oportunidad de participar en el diseño del nuevo currículo a través de sus respectivos grupos de trabajo. Sin embargo, a pesar de que el currículo fue desarrollado por profesores del Departamento, estos no trabajaron dentro de sus propias disciplinas. Al contrario, como todos los temas de los grupos de trabajo trascendían disciplinas, los profesores se vieron *“forzados a pensar sobre el currículo desde cero, más que intentar imponer sus propias disciplinas”*. En las primeras etapas del proceso de cambio los profesores se vieron divididos en relación a los cambios que estaban dispuestos a apoyar. Algunos de ellos presionaron por un enfoque de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en todo el plan de estudio, mientras que otros consideraron que el currículo debía mantenerse sin cambios. La creación de ciclos de 5 semanas provocó que *“la mayoría sintiera que estaban obteniendo lo que querían: el grupo de ABP tenía sus períodos intensivos focalizados, mientras que el grupo tradicional podía funcionar en 4 de las 5 semanas, tiempo en el cual podían dirigir los cursos de la manera que quisieran”*.

4.1.5 Desafíos en el proceso de cambio

Varios desafíos aparecieron durante el diseño, la implementación y la continuación de los cambios en CEGE. Al comienzo surgió un desafío práctico que consistía en implementar el antiguo y nuevo currículo de manera paralela durante 2 años. Sin embargo, los mayores desafíos para la gestión del proceso de cambio se relacionan con las actitudes y valores de los profesores.

El elemento que causó más controversia dentro de las reformas fue la eliminación del requisito de haber estudiado matemáticas y física durante los últimos dos años en la escuela (Niveles-A o equivalente). Un miembro del cuerpo docente comentó: *“convencer al personal de que aceptara el cambio fue el mayor desafío para el Departamento”*. En la actualidad estos cambios son ampliamente aceptados por los profesores del Departamento, lo que se debe a que se demostró que las preocupaciones de la oposición con respecto al cambio no tenían fundamento. La principal preocupación era que dichos cambios conllevarían al incumplimiento de las normas de la universidad y de acreditación. Con el fin de abordar esta preocupación se discutió y explicó la ampliación de la admisión en una primera instancia con la Junta Directiva de la universidad y con la entidad acreditadora, lo que significó un gran apoyo de ambas partes. La segunda inquietud se relacionaba con la posibilidad de una disminución en la calidad y las habilidades matemáticas de los alumnos que ingresaban. Por el contrario, los cambios resultaron en un aumento drástico de la calidad general de los alumnos matriculados, de hecho, los alumnos admitidos de manera no tradicional superaron a sus pares en las materias con base matemática.

Un segundo desafío se relacionaba con las diferentes visiones acerca de las metas del programa de pregrado. Varios profesores expresaron su preocupación sobre el cambio de formar futuros ingenieros a formar líderes que pudieran operar en distintas profesiones. En la mayoría de los casos, estas preocupaciones parecen no haberse disipado, puesto que un gran número de individuos considera que el cambio fue un error. A sus ojos, la meta principal debería seguir siendo la enseñanza y formación de ingenieros profesionales.

Finalmente, a pesar de que una gran fracción del diseño del currículo fue ideada y llevada a cabo por profesores del Departamento, también está claro que una parte importante del proceso de cambio fue impuesto por el Jefe de Departamento y que, en ese sentido, tenía un fuerte elemento jerárquico. Esto causó varios problemas y muchos profesores afirmaron que tenían la sensación de *“no haber sido completamente escuchados”* cuando indicaron sus ideas y preocupaciones. Durante el proceso de cambio, el Jefe de Departamento no se involucró con aquellos que se resistían al cambio. Aunque esto no parece haber alterado el curso de la reforma, para algunos dejó *“temas pendientes”* con el Departamento que *“volverán una vez que el Jefe de Departamento sea reemplazado”*.

4.1.6 El impacto de los cambios

Son evidentes las mejorías en la calidad de los alumnos admitidos, las tasas de retención y el desempeño de los estudiantes después de que se completara el programa de reforma.

La admisión de alumnos. Durante los últimos 10 años, el Departamento ha experimentado una notable mejoría en los estándares académicos de los alumnos admitidos. El año 2003 los alumnos que postularon tenían notas nivel CCC, en cambio, el año 2011 estas notas eran nivel AAA. Aunque otros Departamentos en la Escuela han experimentado incrementos en la calidad de los alumnos admitidos durante este período, en Ingeniería Civil, Ambiental y Geomática ha sido mucho más significativo. Durante los primeros años de la reforma, el Departamento experimentó una baja en el número de postulantes extranjeros. Se infirió que dicha disminución se debía a que el cambio se alejaba de la enseñanza tradicional de los fundamentos de la ingeniería. Sin embargo, en los últimos 2 años, el número de postulantes extranjeros ha aumentado de manera considerable, especialmente estudiantes provenientes de China. Esto se debe a la reputación de la reforma, pero también a una mejoría en el perfil internacional de UCL y a un mayor compromiso, particularmente en China, donde existe la necesidad de integrar el desarrollo personal y profesional a la formación de ingenieros.

El desempeño de los estudiantes. Los cambios curriculares parecen haber provocado una importante mejoría en las notas alcanzadas por los estudiantes a final de año. Por ejemplo, la Figura 6 ilustra el aumento en el porcentaje de estudiantes que alcanzó notas altas después de la reforma y la Figura 7 ilustra la disminución en el porcentaje de estudiantes con notas bajas después de la reforma. Las figuras se crearon a partir de los resultados de los logros académicos obtenidos en un período que abarca desde el 2002 hasta el 2010.

Probablemente son más significativas las mejorías en el nivel de resultados de los alumnos de tercer año, donde tanto el currículo como el enfoque de evaluación se han mantenido sin cambios. La cantidad de alumnos de tercer año que obtuvo los dos logros académicos más altos aumentó de un 43% (antes de la reforma, período 2001-2008) a un 60% (después de la reforma, desde el año 2008). Además, la cantidad de estudiantes que obtuvo los tres resultados académicos más bajos durante su tercer año de estudio disminuyó de un 23% (antes de la reforma, período 2001-2008) a un 8% (después de la reforma, desde el año 2008).

El aumento en la participación. La cantidad de estudiantes que ingresa a los programas a través de la ruta no tradicional (por ejemplo, aquellos que no estudiaron matemáticas y/o física en la escuela) ha sido relativamente modesto: menos de un 10% de la cohorte cada año. Sin embargo, casi todas las personas consultadas dentro del Departamento, tanto profesores como estudiantes, comentaron el impacto substancial que este grupo tiene en la totalidad de la cohorte. Ellos actúan como un catalizador para una mejor creatividad, sentido de investigación y ambición: *“ellos hacen más preguntas sobre el fondo y el contexto de los problemas. Son más trabajadores, ya que sienten que tienen que recuperar terreno en el área de matemáticas y física y su esfuerzo es contagioso”*.

La experiencia de los estudiantes. Las conversaciones informales con alumnos de pregrado, como parte de este estudio de caso, revelaron una actitud positiva hacia los nuevos enfoques, en particular hacia los “escenarios”, los cuales se percibieron como intensivos y desafiantes pero muy beneficiosos. Los comentarios de un estudiante de

segundo año fueron muy representativos: “vivimos de un escenario a otro.... Son muy demandantes. Esas semanas van a ser muy cansadoras, pero uno está muy consciente de lo mucho que va a aprender. Los escenarios son muy importantes”. La principal preocupación entre los estudiantes se centraba en el funcionamiento de los escenarios más que en el modelo en sí. Los alumnos resaltaron la falta de consistencia en el enfoque de cada escenario, aparentemente debido a la poca comunicación entre los profesores y, en varios casos, a la falta de retroalimentación informativa y oportuna después de los escenarios. También es muy interesante recalcar, que sólo los alumnos admitidos de manera no tradicional estaban conscientes del radical enfoque del Departamento antes del día de “puertas abiertas” o incluso antes de ingresar al primer año. En otras palabras, parece que el Departamento no se ha promocionado a sí mismo como esperaba. Este problema también fue recalcado por un miembro del comité asesor industrial del Departamento: “no existe ninguna indicación clara de que el curso sea diferente. Realmente no están aprovechando lo que tienen”.

La experiencia de los profesores. La retroalimentación de los profesores sobre el impacto de las reformas es muy positiva. En particular, el aumento en la calidad y compromiso de los estudiantes ha motivado enormemente a los profesores. Varios profesores destacan las diferencias que observan en las cohortes de nuevos graduados: la retroalimentación de los empleados ha sido entusiasta y han aumentado los premios y distinciones externas en las competencias nacionales de estudiantes. Todavía existen algunas preocupaciones dentro de un pequeño número de profesores por la reducción del contenido tradicional en el currículo de las Ciencias de la Ingeniería; sin embargo, estas preocupaciones no están generalizadas y parecen disminuir con el tiempo.

Hubo sentimientos encontrados sobre el impacto que las reformas tendrían en la carga laboral de los profesores. Algunos profesores señalaron un aumento en la “carga académica” general como resultado de las reformas, que era poco probable que disminuyera, incluso cuando las cosas se tranquilizaran. Otros sufrieron una disminución en

Figura 6. Porcentaje de estudiantes que obtuvo los dos logros académicos más altos (1ero y 2:1), la comparación de notas promedio antes y desde de la reforma fue implementada en ese año de estudio. Información obtenida de los resultados de los logros académicos desde 2002 hasta 2010.

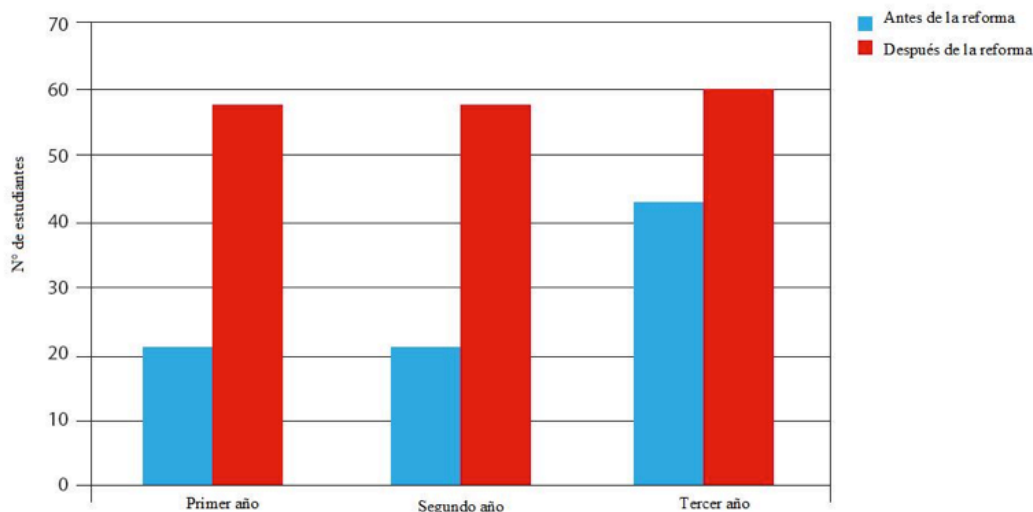
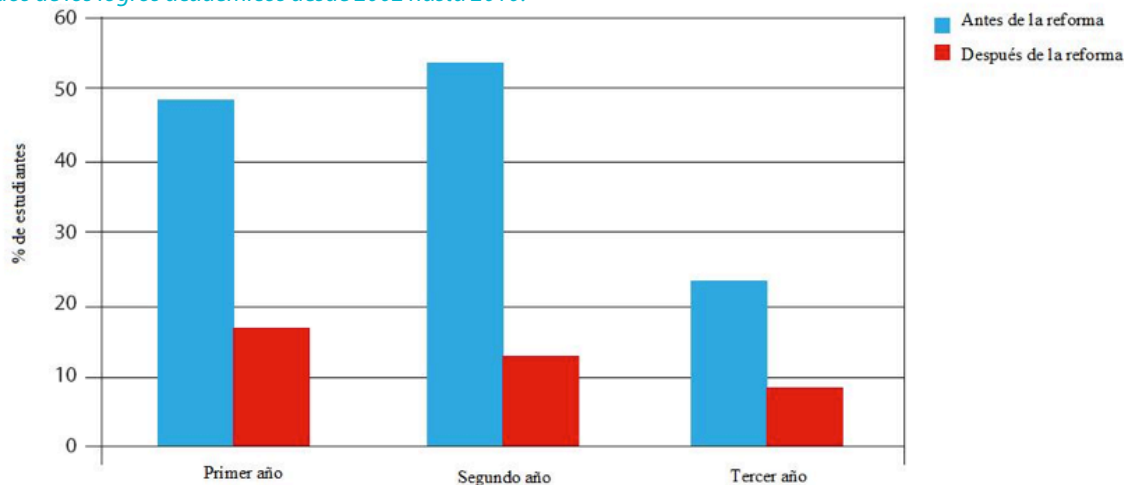


Figura 7. Porcentaje de estudiantes que obtuvo los tres logros académicos más altos (3ero, aprobar sin mérito y reprobar), la comparación de notas promedio antes y desde de la reforma fue implementada en ese año de estudio. Información obtenida de los resultados de los logros académicos desde 2002 hasta 2010.



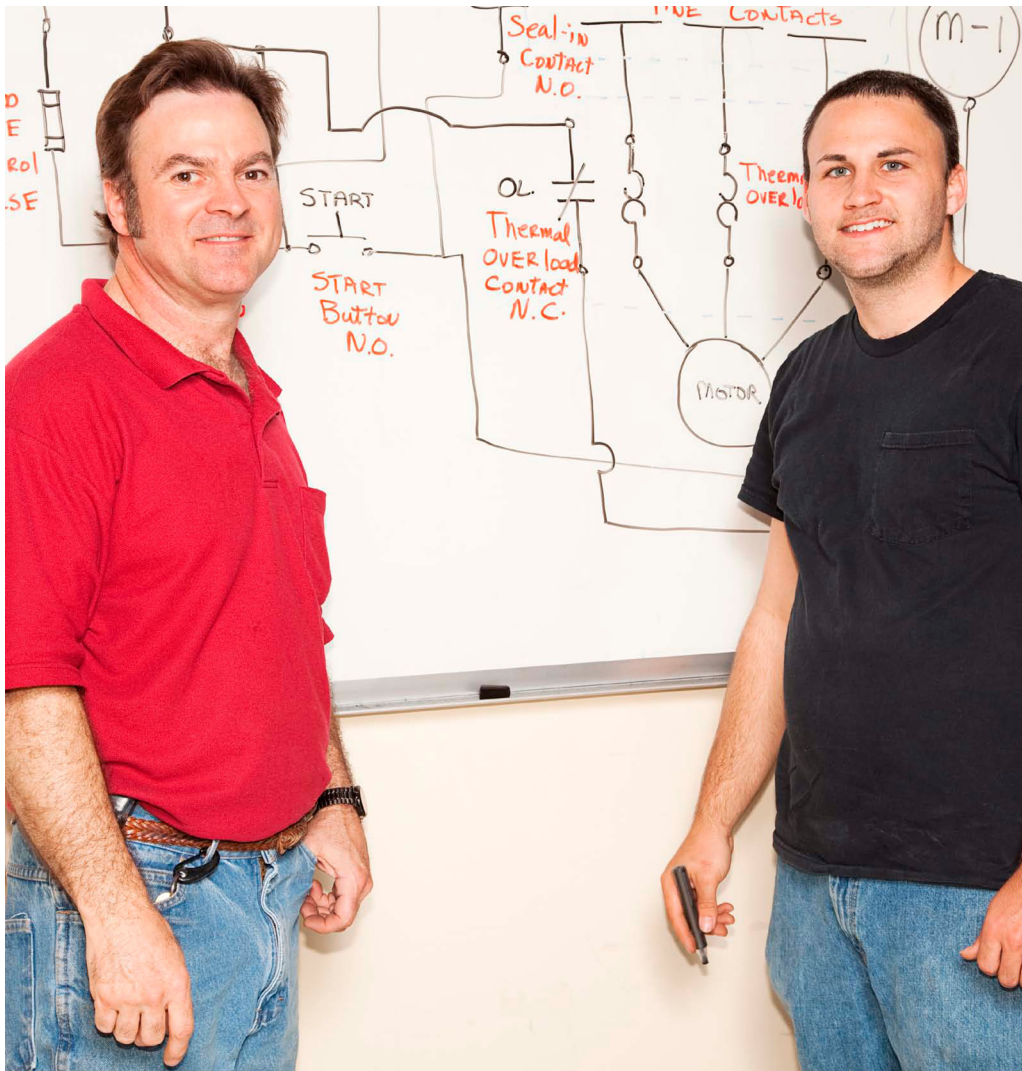
sus horas de clases presenciales, lo que permitió una mejor preparación y creatividad de sus enfoques en la formación de ingeniería.

4.1.7 La sustentabilidad del cambio

Este programa de reforma está bien establecido y es probable que se mantenga en el futuro próximo. Es muy poco factible que se vuelva a la "formación antigua", principalmente debido a la buena respuesta del cuerpo estudiantil y al fuerte respaldo de la Junta Directiva de la universidad, que considera el programa reformado como un buen modelo de ejercicio dentro de la UCL. Sin embargo, para la mayoría la clave real para la sustentabilidad de la reforma es mejorar la calidad de los estudiantes. Casi todos los profesores, incluso aquellos que todavía no están convencidos de la naturaleza y escala de las reformas implementadas, comentaron sobre el resultado positivo del proceso de cambio. Un profesor comentó: *"nos gusta enseñarle a estudiantes inteligentes y comprometidos, sin importar si estamos de acuerdo o no [con el cambio]. Lo que perjudicaría los cambios sería si nuestra calidad o cantidad de estudiantes disminuyera"*.

La visión y el impulso por el cambio están claramente ligados al actual Jefe de Departamento. Algunos consideran que este enfoque radical del currículo puede ser difícil de mantener, si asume un nuevo Jefe de Departamento. También se indicó que los profesores con reservas sobre el enfoque aprovecharían esta oportunidad para volver al antiguo currículo dentro de sus propios cursos. Sin embargo, esta visión no parece ser generalizada. Muchos simplemente sienten que *"todos estamos muy cansados como para hacer cambios, por lo menos por un buen tiempo"*.

La Escuela, con el firme apoyo de la Junta Directiva de la universidad, está planeando llevar a cabo reformas de formación similares en todos los Departamentos de las Ciencias de la Ingeniería, esto como resultado del éxito de los cambios observados en CEGE. En contraste con las reformas de CEGE, la Junta Directiva llevará a cabo el cambio en la Escuela y en la universidad. Todavía no queda claro si este enfoque de cambio será igual de exitoso; sin embargo, se mantienen los elementos de éxito: una sólida visión de formación y una Junta Directiva comprometida con el cambio radical.



4.2 Estudio de caso 2: Escuela de Ingeniería, Universidad de Ciencia y Tecnología de Hong Kong, Hong Kong

Visión general: Actualmente el sistema educativo de Hong Kong está experimentando un cambio radical liderado por el gobierno, el cual impactará a las instituciones de educación secundaria y terciaria. La Escuela de Ingeniería de HKUST quiso aprovechar esta oportunidad para implementar una importante reforma adicional a la estructura y al enfoque de formación de sus programas de pregrado. La planificación de los cambios comenzó dentro de la Escuela de Ingeniería el año 2007. En septiembre del año 2012 la primera cohorte de estudiantes será bienvenida a los programas reformados con una duración de 4 años de estudio.

Razones para su selección como estudio de caso: (i) la reforma en la formación de la Escuela, dentro de una importante institución de investigación, se debe a la imposición de un cambio en todo el sector, (ii) el diseño y la evaluación de la reforma son comunicados por un centro interno de innovación para la formación de ingenieros con un perfil internacional en crecimiento y (iii) es probable que la evidencia que se reúna sobre el impacto de los cambios, comunique el amplio uso de enfoques innovadores de formación en Escuelas de Ingeniería a través de toda Asia.

Entrevistados: Se efectuaron entrevistas con 8 individuos, incluidos aquellos que comandan los cambios de formación en Hong Kong (el Secretario Adjunto del Departamento de Formación de Hong Kong y el Director de Calificaciones de la Institución de Ingenieros de Hong Kong) y los involucrados en los programas de pregrado de la Escuela de Ingeniería en HKUST (profesores, el Decano Asociado de los Asuntos Estudiantiles y de Estudios de Pregrado, coordinadores de Departamentos para la reforma en la formación, Director del Centro para la Innovación en la Formación de Ingenieros (E2I), un asesor sobre la formación externo a la Escuela y un recién graduado de los programas existentes).

4.2.1 Contexto e impulsores para el cambio

Contexto: La Universidad de Ciencia y Tecnología de Hong Kong (HKUST) se constituyó en 1991 y ya se ha ganado una reputación internacional por su excelencia en el área de investigación. Recientemente fue clasificada como la principal institución asiática en el *Ranking QS* de las universidades asiáticas. En Hong Kong, la HKUST se percibe como una institución joven y dinámica, la cual está abierta al cambio e incentiva a todo su personal a tener nuevas ideas.

La Escuela de Ingeniería se divide en seis Departamentos y cuenta con un cuerpo de pregrado de alrededor de 2.000 personas, lo que equivale a cerca del 40% del total de los alumnos en la universidad. El actual enfoque de formación se centra demasiado en el profesor y es muy tradicional, la mayoría de las horas presenciales se dedica a clases impartidas por el profesor. Desde que surgió la Universidad, la Escuela de Ingeniería estableció una fuerte colaboración con la industria, conexión que ha sabido mantener. Muchos consideran que este vínculo ayuda a garantizar que la formación de pregrado se mantenga actualizada y sea receptiva al ejercicio actual.

El año 2005, el gobierno de Hong Kong anunció cambios de gran alcance en la educación secundaria y terciaria, los que se diseñaron para *“preparar de manera efectiva a nuestras próximas generaciones, para que puedan lidiar con los desafíos del siglo XXI y las demandas de una sociedad donde el conocimiento está en constante desarrollo”*. Los cambios fundamentales provocarán un impacto tanto en la estructura de formación de la ciudad (cambio del sistema británico al norteamericano, con la educación secundaria reducida en 1 año y la educación terciaria extendida en 1 año) como en el enfoque de formación (ampliación del currículo y un enfoque en el “desarrollo personal como un todo” y en el “aprendizaje

de por vida”). La primera cohorte de estudiantes entró en la Nueva Estructura Académica (NAS) a nivel de escuela secundaria en septiembre de 2009, y en septiembre de 2012 NAS se implementará en el sistema de educación superior. Durante el año académico que se extiende desde el 2012 al 2013, las universidades deberán acomodar dos cohortes de estudiantes, el primer grupo de alumnos admitidos bajo NAS y los últimos alumnos bajo el antiguo sistema de educación, quienes entrarán al sistema educación superior al mismo tiempo. Además de NAS, el gobierno de Hong Kong también está avanzando hacia una formación basada en resultados a nivel de pregrado. En concordancia con esta decisión, la agencia de acreditación de ingeniería de Hong Kong (Institución de Ingenieros de Hong Kong) exigirá que todos los programas de ingeniería adopten enfoques basados en resultados a partir del año 2012.

Impulsores: Dentro de la Escuela de Ingeniería de HKUST los cambios estructurales impuestos por el gobierno se percibieron como *“una oportunidad única para la Escuela de examinar de manera crítica su enseñanza, objetivos y misión en la formación...éste fue un cambio más bien perjudicial que paulatino, y rara vez tenemos una oportunidad como ésta”*. Por lo cual, la Escuela de Ingeniería se embarcó en otro plan de reforma en todos sus programas de formación de pregrado. Aunque este cambio fue desencadenado por las reformas más amplias del sistema, la decisión de emprender este cambio autoimpuesto se debió a lo que describieron como una *“confluencia de eventos”*. Dos impulsores parecen ser particularmente importantes. En primer lugar, la Escuela estaba al tanto de la creciente demanda de ingenieros líderes con una perspectiva global, por lo que buscó asegurar que sus graduados estuvieran mejor posicionados en este mercado. En segundo lugar, existía una preocupación sobre el reclutamiento de estudiantes y el descenso en

la popularidad de la carrera de ingeniería en Hong Kong que favorecía a áreas como la de negocios: *“después de un declive de 10 años, queremos que la ingeniería vuelva a ser una carrera atractiva para nuestras mentes más inteligentes”*. Como resultado de estos dos impulsores, la Escuela vio la oportunidad de cambiar del paradigma “basado en los profesores” a uno “basado en los estudiantes”.

4.2.2 La visión en la formación y los cambios implementados

Las reformas de la Escuela que se encuentran actualmente en la fase de planificación pueden considerarse en dos categorías características: (i) aquellos cambios impuestos por la NAS, los requisitos de acreditación de ingeniería y la HKUST, y (ii) aquellos cambios autoimpuestos, que fueron ideados y llevados a cabo, en paralelo, por la Escuela de Ingeniería. Cada una de estas categorías se describe a continuación, con una visión general de las repercusiones para la formación dentro de la Escuela.

Los cambios obligatorios implementados en la Escuela de Ingeniería desde el año 2012. A la Escuela se le han “impuesto” tres conjuntos de cambio.

Primero, cambiarse al sistema más amplio de la NAS involucrará varios cambios fundamentales al sistema de educación superior de Hong Kong: (i) los estudiantes ingresarán a la universidad un año antes y el 2012 el número de alumnos admitidos será el doble, (ii) la duración de los programas de grado aumentará de 3 a 4 años y (iii) el currículo será más amplio y flexible, y la especialización de la disciplina se decidirá el segundo año de estudio y no el primer año.

Segundo, para coincidir con la NAS, HKUST introducirá cambios amplios a nivel de universidad desde el año 2012: (i) todos los cursos de pregrado deberán incorporar un conjunto de “cursos principales comunes” y (ii) a los estudiantes se les ofrecerá mayor flexibilidad para dar forma e individualizar su experiencia de formación, por ejemplo, podrán seleccionar varias opciones de estudio (doble especialización, especialización secundaria, etc.)

Finalmente, la implementación gradual de los cambios fundamentales al sistema de acreditación de ingeniería está planificada para el año 2012, y se espera que todos los programas de grado de ingeniería: (i) se centren en el aprendizaje basado en los resultados y que tengan un enfoque riguroso para alcanzar algunos de los resultados del programa de aprendizaje y (ii) que ofrezcan un *“mejor equilibrio entre la base de la formación en ingeniería y un aprendizaje más amplio”*.

La reforma adicional iniciada por la Escuela de Ingeniería. El año 2007, debido a que los cambios de sistema ya se encontraban en proyecto, el Decano y los Jefes de Departamento decidieron realizar una revisión exhaustiva del enfoque de formación en la Escuela y embarcarse en un programa de reforma más ambicioso. A través de esta nueva visión, la Escuela busca producir graduados que puedan *“funcionar por encima de los límites tradicionales y aceptar roles que les exijan no sólo conocimientos técnicos sino que además una serie de otras habilidades, como las capacidades de comunicación, liderazgo y gestión”*. Para la mayoría de los entrevistados, estas reformas autoimpuestas son su

preocupación principal, *“el único cambio real y obligatorio fue el aumento de 3 a 4 años en los años de formación. Lo que nosotros estamos haciendo es mucho más radical”*. Los cambios conducidos a nivel de Escuela se enfocan en 3 áreas:

- **Cambios curriculares.** Los cambios se planearon hacia la estructura, enseñanza y evaluación del plan de estudio, aunque la naturaleza y extensión variará entre Departamentos. Estos cambios incluyen: (i) reducir el número de cursos técnicos exigidos, (ii) establecer un contexto para el aprendizaje de ingeniería que involucre experiencias prácticas en proyectos, especialmente durante los primeros años, (iii) exponer al estudiante a varios conceptos e ideas críticas de ingeniería en las etapas de estudio más importantes, (iv) aumentar el enfoque en el desarrollo de habilidades personales y profesionales, especialmente los temas de liderazgo, innovación y conciencia global y (v) alinear procedimientos de evaluación con los nuevos enfoques de formación.
- **Cambios no curriculares.** La Escuela busca ofrecerle a los estudiantes una mayor flexibilidad en el currículo, para que tengan más oportunidades de involucrarse en actividades cocurriculares o extracurriculares. Las actividades no curriculares serán coordinadas por el Decano Asociado e involucrarán oportunidades dentro del área de ingeniería, como prácticas industriales y oportunidades fuera de la disciplina, como proyectos de servicio social.
- **Apoyo e información en la formación inter-Escuela.** Un elemento fundamental de la reforma involucra construir una capacidad inter-Escuela en la formación de ingeniería, mejorar el ejercicio de formación (a través de, por ejemplo, incentivar el diálogo activo entre los profesores acerca de la enseñanza y el aprendizaje, ofrecer desarrollo pedagógico a profesores y apoyar prácticas pedagógicas basadas en la investigación) y entregar programas formales de apoyo al estudiante (a través de, por ejemplo, programas de mentores y servicios de asesoramiento para los alumnos de primer año). El Centro para la Innovación en la Formación de Ingenieros (E2I) llevará a cabo varias de estas actividades.

4.2.3 Lograr el cambio

Dentro de la Escuela de Ingeniería los esfuerzos de planificación para el cambio comenzaron el año 2007. Los primeros trabajos se enfocaron en la evaluación comparativa internacional y en el procedimiento de consulta. Una parte importante del esfuerzo se centró en una revisión de los planes de estudio de varias Escuelas de ingeniería en Estados Unidos, también se enfocó en presentaciones de expertos en formación universitaria, tanto nacionales como internacionales. Si bien el establecimiento del Centro E2I el año 2010 conllevó a que las becas de ingeniería fueran una parte explícita de la estrategia de reforma de la Escuela, la nueva visión y enfoque de formación no surgieron gracias

a la evidencia de la investigación existente. Como comentó el actual Decano Asociado: *“personalmente, no estuve al tanto de ninguna investigación... [para diseñar la reforma] los profesores extrajeron de su propia experiencia ideas y resultados que compartieron con el resto. Éste fue el mecanismo principal”*.

A pesar de que el cambio se conduce a nivel de Escuela, la autoridad para decidir el diseño, la planificación y la implementación de las reformas del currículo recaerá en cada Departamento y cada uno decidirá cómo (y hasta qué punto) se llevarán a cabo los cambios. Como comentó el Decano Asociado: *“...no podemos forzar el cambio, debemos respetar la autonomía de los Departamentos y los profesores... si no terminaríamos creando mucha resistencia”*. El único cambio curricular que ha sido impuesto a nivel de escuela es el requisito de implementar al comienzo del primer año un curso práctico de introducción que sea atractivo. Por lo demás, se le pidió a cada Departamento que diseñara y manejara un programa de reforma curricular adaptado a sus necesidades, pero que siguiera la visión de formación general de la Escuela y la necesidad de aumentar la flexibilidad curricular.

En 2009 se establecieron comités de cambio curricular en todos los Departamentos, cada uno cuenta con una sección interdisciplinaria de profesores provenientes de todas las materias, que se reúnen cada dos semanas. Cada comité de Departamento informa directamente al Comité de cambio de currículo inter-Escuela. El Decano Asociado está a cargo de este Comité que también se reúne dos veces al mes. Los comités entregan un mecanismo formal para el intercambio de ideas y preocupaciones y también informan sobre el progreso de la reforma, lo cual parece ser bastante efectivo.

El primer Departamento en embarcarse en un programa de cambio del plan de estudio fue el Departamento de Ingeniería en Electrónica y Computación (ECE) a principios del año 2008. El esfuerzo de cambio fue liderado por el Jefe y el Jefe Asociado del Departamento, ambos muy respetados y comprometidos con la reforma. Los cambios resultantes implicaron una importante reestructuración del currículo alrededor de cuatro “capas”, cada una de mayor complejidad temática. En el año 2009, el Jefe de ECE fue nombrado Decano de la Escuela y, poco después, el Jefe Asociado de ECE fue nombrado Decano Asociado de Asuntos Estudiantiles y de Estudios de Pregrado. Aunque el esfuerzo de reforma siempre disfrutó de la aprobación y el apoyo de la Junta Directiva, estos nombramientos fueron muy importantes y marcaron una nueva y renovada dirección en el esfuerzo de cambio en la formación de la Escuela.

En general, a pesar de que existe un claro compromiso de “respetar la autonomía de los Departamentos”, la Escuela ha empleado varias estrategias para incentivar y apoyar el cambio, como se describe más abajo.

- **Crear un diálogo y compromiso entre los profesores sobre la formación.** En el corazón de la estrategia de cambio de la Escuela se encuentra un diálogo y sentido de comunidad entre los profesores para con la enseñanza y aprendizaje de la ingeniería. Casi todos los entrevistados del presente estudio mencionaron varias veces esta característica. Después del anuncio de la NAS, se han abierto canales formales e informales de diálogo entre universidades y dentro de

varias materias, lo que ha permitido ayudar a establecer *“una nueva apertura [entre los profesores] para hablar y pensar sobre su manera de enseñar”*. Dentro de la Escuela, uno de los enfoques centrales de los varios comités de reforma es la discusión y el intercambio de ideas sobre la formación, lo que se apoya a través de presentaciones externas y talleres de profesores.

- **Liberar tiempo del currículo.** Varios profesores consideraban que *“el currículo estaba completo y no había tiempo para nada nuevo”*, lo cual implicaba un obstáculo importante para el cambio. Una de las primeras tareas de la reforma fue incentivar a los Departamentos a reducir el contenido de los planes de estudio para permitir espacio para el desarrollo de nuevos cursos y experiencias para los estudiantes. Como indicó el Decano Asociado: *“en vez de obligar a los profesores a hacer los cambios que queríamos, liberamos tiempo en el currículo y les dimos más flexibilidad”*. La Escuela, por ejemplo, redujo significativamente el número de cursos técnicos requeridos en el plan de estudios del Departamento. Aunque algunas personas describieron el proceso de reducción del contenido curricular como *“una verdadera pelea”*, este proceso se completó de manera satisfactoria en la mayoría de los Departamentos.
- **Captar entusiastas para dirigir las innovaciones.** La atención se ha enfocado en las personas que tuvieron éxito con los cambios dentro de los Departamentos, sobre la base de que una vez que se hayan establecido las innovaciones *“los otros cambios dentro del Departamento pueden surgir desde ahí”*. Por lo tanto, la Escuela ha buscado empoderar a estos entusiastas al entregarles *“el tiempo, el espacio y el reconocimiento que necesitan”* para implementar los cambios en los cursos: a través de una fase piloto dentro de sus Departamentos. Varios comités de reforma defienden estas innovaciones y su financiamiento está disponible tanto a nivel de Escuela como a nivel de universidad.
- **Establecimiento de un mecanismo para el perfeccionamiento y apoyo continuo de la formación.** En 2010 se estableció el Centro para la Innovación en la Formación de Ingenieros E2I con el fin de informar y apoyar el nuevo enfoque de formación de la Escuela. El centro desempeña varias funciones, entre las que se encuentran: (i) emprender la investigación en la formación de ingeniería que informe de manera activa el ejercicio dentro de la Escuela, (ii) entregarle a los profesores desarrollo de material pedagógico en ingeniería y oportunidades para el intercambio y diálogo sobre la formación y para fortalecer la comunidad, (iii) entregarle apoyo directo a los estudiantes en la toma de decisiones con respecto a su formación (por ejemplo, a través de programas de tutoría entre pares), (iv) informar, apoyar y evaluar el actual esfuerzo de reforma y (v) actuar como centro para la investigación

sobre la formación de ingeniería dentro de Asia. A continuación se entregan más detalles acerca del papel que tiene el centro dentro del esfuerzo de reforma.

El comité E2I está buscando implementar y sustentar un enfoque en la formación a nivel mundial a través de *“un ciclo virtuoso de ejercicios informados de investigación”*, medida inspirada por un reciente informe de ASEE (Jamieson y Lohmann, 2009). Sin embargo, los primeros ejercicios de evaluación comparativa y revisiones bibliográficas identificaron dos limitaciones fundamentales para la evidencia actual basada en la formación de ingeniería. En primer lugar, la evidencia se recopiló en países del occidente y su eficacia en cohortes asiáticos no se ha probado. En segundo lugar, la tendencia en la investigación de formación de ingeniería hacia el conocimiento teórico entrega información limitada para comunicar sobre el ejercicio en la sala de clases. Por esta razón, la Escuela estableció el Comité E2I para que actuara como puente entre la investigación y el ejercicio, y para que estableciera un centro en Asia para la investigación sobre la formación de ingeniería. En este sentido, un enfoque clave de la actividad ha sido el desarrollo de herramientas para la evaluación del trabajo en equipo y de las habilidades de aprendizaje de por vida. Además de este conocimiento aplicado, el centro también ha decidido tener un papel más práctico en el apoyo de los profesores y estudiantes.

Hasta la fecha, el centro ha funcionado durante menos de un año, pero ya está contribuyendo en forma significativa al proceso de cambio. Su papel y sus prioridades también parecen responder a las necesidades cambiantes de los profesores. Como un profesor comentó: *“les planteamos todos los problemas que nosotros no podemos resolver”*: A pesar de que el centro tiene varias funciones, el papel que juega en catalizar tanto el diálogo como el compromiso en la enseñanza y el aprendizaje de los profesores parece ser fundamental en el esfuerzo por el cambio.

4.2.4 Factores fundamentales en un cambio exitoso

A 14 meses de la implementación, no se puede evaluar si las reformas serán o no exitosas.

Sin embargo, existen cuatro factores que ubican a la Escuela en una buena posición durante este proceso de cambio en curso:

- **El gran compromiso de los profesores:** Casi todos los profesores aceptaron y apoyaron la necesidad de cambio. Sólo un pequeño porcentaje de personas está en contra. Al parecer esta aprobación surge del hecho de que los cambios de NAS fueron impuestos y hace tiempo se tenía conocimiento de ellos. *“Debido a la necesidad estructural y a la EBR [Educación Basada en los Resultados], ha sido más fácil de lo que se esperaba continuar con la idea”*: El compromiso de los profesores se debe, al parecer, a los resultados positivos de los primeros pilotos y, en particular, debido a la mayor motivación que existe entre los estudiantes que participan, *“incluso el profesor más reacio ve la diferencia en los estudiantes y el mayor nivel de motivación”*. Entre un 20% y 30% de los

profesores, una minoría fuerte y que se hace oír, están extremadamente motivados con el cambio y están dedicando una considerable cantidad de tiempo a diseñar e implementar el nuevo plan de estudio a nivel de Departamento. Como comentó un entrevistado: *“ahora cada Departamento en la Escuela tiene unas cuantas personas involucradas de manera activa en el cambio. Existe un verdadero sentimiento de compromiso”*. Los comentarios de observadores externos al proceso de cambio también apuntan a un importante nivel de compromiso: *“han tomado muy en serio el cambio hacia una educación basada en los resultados y el nivel de cambio es impresionante”*.

- **Fuerte apoyo de la Junta Directiva de la Escuela al cambio:** Dentro del cuerpo docente de la Escuela existe la clara sensación de que la Junta Directiva está muy comprometida con la nueva visión de formación. A pesar de que algunos entrevistados aceptaron que la reforma curricular era un proceso que consumía tiempo, el claro apoyo del Decano los hizo sentir que *“no es un esfuerzo en vano y se está reconociendo”*. El comité de reforma inter-Escuela también entrega un mecanismo formal para monitorear el progreso del Departamento y permite que la retroalimentación, las ideas y las preocupaciones sean comunicadas a la Junta Directiva.
- **Intercambio y diálogo inter-docente:** Quizás el aspecto más impresionante de la reforma es hasta qué punto el proceso ha captado el interés de los profesores en el plan de enseñanza y aprendizaje. Para algunos, la magnitud del cambio ha provocado que los profesores se unan para revisar sus prioridades y enfoques de formación, *“como ingenieros, la escala del problema los ha interesado. Si las personas ven que el cambio aumenta, los cínicos dirían “para qué molestarse”, pero éste es un cambio significativo que les ha permitido examinar de manera crítica lo que están intentando lograr”*. Este diálogo docente ha sido apoyado por el establecimiento reciente del Comité E2I, el cual lleva a cabo seminarios y talleres regulares sobre la formación de ingeniería. Como comentó el Director del Comité E2I: *“no es común para los profesores reunirse a conversar sobre la formación...Existe un nivel de compromiso muy fuerte. En el fondo, esto demuestra que las personas están realmente interesadas en la enseñanza y el aprendizaje. Lo único que necesitan es la oportunidad de involucrarse”*.
- **Ejercicio de formación continuo informado por la investigación interna:** El plan de informar el ejercicio de enseñanza de los profesores mediante la evidencia de investigación, reunida de manera interna o sintetizada de la bibliografía internacional, tiene un gran potencial. Es probable que la investigación que se lleve a cabo dentro del Comité E2I resulte en algún tipo de reconocimiento internacional por el esfuerzo de reforma de la Escuela, lo que a su vez, puede

tener una influencia positiva en la forma en que se perciben las reformas a nivel interno. Las evaluaciones de impacto también apoyarán la sustentabilidad de los cambios, lo que le permitirá a la Escuela responsabilizarse por cualquier problema que se identifique y apoyar un enfoque continuo que se preocupe por la excelencia en la formación y su mejoría, incluso después de que el proceso se tranquilice.

4.2.5 Desafíos en el proceso de cambio

El desafío práctico más importante de la reforma y uno enfrentado por cualquier Departamento o Escuela en medio de un importante cambio en la formación será que ambos currículos, el antiguo y el nuevo, funcionen de manera paralela durante el período de transición, en este caso desde el 2012 al 2015. Sin embargo, la Escuela de Ingeniería de HKUST tendrá que lidiar con varios niveles de complejidad adicional, debido a que la reforma (i) está ocurriendo dentro de un sistema educativo que se encuentra en un considerable estado de cambio, (ii) se introducirá de la mano de cambios fundamentales en el sistema de acreditación de ingeniería, (iii) será implementada a una “cohorte doble” de estudiantes y (iv) deberá encargarse de nuevos estudiantes con otras capacidades, expectativas y aspiraciones en comparación con las generaciones previas. Bajo estas circunstancias, existe un claro peligro que la Escuela enfoque sus esfuerzos en los 3 años de transición, en vez de considerar las disposiciones de formación a largo plazo, es decir, después del año 2015.

Las primeras preocupaciones de los profesores guardan relación con la reducción de los principales cursos técnicos y una “disminución de las Ciencias de la Ingeniería” en el currículo. Sin embargo, muchos de estos temores se han disipado con los resultados de las evaluaciones comparativas. Se comparó el equilibrio de “contenido técnico y no técnico” en los planes de estudio de Escuelas de Ingeniería en Estados Unidos, como la Universidad de Stanford y MIT, con el nuevo enfoque de formación de la Escuela.

La mayoría de los entrevistados tenía incertidumbre sobre la admisión a los programas del 2012, en particular, sobre sus niveles de logros académicos, sus habilidades y sus expectativas. La universidad HKUST no es la única que tiene dichas preocupaciones, éstas también se han hecho sentir en el sistema educativo de Hong Kong. Dentro de la Escuela de Ingeniería de HKUST, la inquietud de los profesores se centra, en particular, en el nivel de habilidades matemáticas y científicas de las nuevas cohortes. La clave para superar estas preocupaciones es una comunicación clara con los profesores, algo que la Escuela parece estar manejando de manera efectiva.

Existen dos puntos de vistas firmes, pero convincentes, sobre el esfuerzo de cambio dentro de la Escuela de Ingeniería. Para algunos (alrededor de un 20% a un 30%) los cambios estructurales en Hong Kong entregan una oportunidad “imperdible” para reconsiderar y rediseñar el enfoque de formación. Estos individuos están presionando activamente con actividades de reforma. Para otros, los cambios a nivel de ciudad ya son “muy negativos, por lo cual más cambios serían imposibles de manejar”. Este grupo sólo dedicó un

mínimo de tiempo a las actividades de reforma y “dejó que otros asumieran la carga”. Es una gran ventaja para la Escuela de Ingeniería, que la mayoría de las personas en la junta directiva estuvieran en este último grupo.

Delegar la mayoría de las decisiones de reforma a los Departamentos resultó en distintos niveles de progreso hacia las metas de la reforma. Algunos Departamentos, como ECE, ya han cambiado de manera significativa sus enfoques de formación, mientras que otros todavía se encuentran en la etapa de planificación. Estas diferencias entre Departamentos se relacionan con los niveles de compromiso del Jefe de Departamento. Como comentó un miembro del cuerpo docente: “*el Decano o Rector no les va a decir a los profesores las actividades que deben realizar en la sala de clases. Esto está por debajo de la cadena de mando. El éxito dependerá del Jefe de Departamento y de si puede movilizar a sus profesores*”. Los Departamentos que han tenido más éxito con el esfuerzo de cambio tienden a percibir los cambios como liderados por el Departamento y no por la Escuela. Como comentó un miembro del cuerpo de profesores de ECE: “*a pesar de que este cambio está liderado por la Escuela, esta oportunidad nos pertenece y la hicimos nuestra*”. Un desafío importante para la Escuela será asegurar que las ofertas de formación resultantes sean coherentes y unificadas, para todos los Departamentos.

4.2.6 El impacto de los cambios

La Escuela de Ingeniería está asumiendo un enfoque riguroso para medir el impacto de la reforma, el cual se basa en la evidencia de la investigación internacional que se encuentra disponible. Este enfoque es poco usual, especialmente para una reforma de esta envergadura. Los resultados de las evaluaciones de impacto serán compartidos con cada Departamento para informar el avance. Las evaluaciones se aplicarán en dos aspectos del cambio de formación:

- **El nivel de impacto del programa.** Se evaluará la rentabilidad de los esfuerzos de reforma con relación a los programas de formación como un todo. Se recopilará información de los empleadores (a través de encuestas y entrevistas que se realizarán en los períodos 2012/2013 y 2017/2018), de los estudiantes (a través de encuestas de entrada y salida y grupos de discusión de alumnos bajo el nuevo y el antiguo currículo) y de los profesores (a través de encuestas y entrevistas planificadas para el año 2012 y el año 2016). Actualmente, la Escuela está desarrollando un grupo de herramientas de evaluación especialmente diseñadas para capturar la retroalimentación del empleador.
- **El nivel de impacto de los resultados.** En base al aprendizaje por resultados se evaluará “*si los estudiantes están aprendiendo lo que deseamos que aprendan*” al momento de la graduación. Por ejemplo, se tomará una foto general de las características de los estudiantes durante el último año del proyecto con el objeto de evaluar

las habilidades personales y profesionales de cada cohorte de graduados. Estas evaluaciones serán realizadas usando nuevos instrumentos, desarrollados de manera interna, los que se enfocarán particularmente en el trabajo en equipo y las habilidades de aprendizaje permanente.

Se debe destacar que las evaluaciones de impacto se verán complicadas por el cambio del sistema educativo en Hong Kong. Como comentó el Director del Comité E21: "...los alumnos que ingresen a partir del 2012 habrán recibido una

formación bastante diferente. Por lo que será muy difícil obtener datos "limpios" sobre el impacto de los cambios que estamos implementando". A pesar de estos obstáculos, está claro que los resultados de estos estudios de impacto tendrán el potencial de ser muy influyentes. El enfoque académico en la evaluación entregará información relevante sobre los beneficios generales del cambio de formación a nivel de Escuela y una comprensión más profunda sobre el impacto de los enfoques de formación no tradicionales (como pedagogías comprometidas y experiencias de aprendizaje holístico) en cohortes más grandes de estudiantes asiáticos.



4.3 Estudio de caso 3: iFoundry, Universidad de Illinois, Estados Unidos

Visión general: *iFoundry (The Illinois Foundry for Innovation in Engineering Education)* es una iniciativa que busca crear, desarrollar y evaluar cursos pilotos centrados en el estudiante, antes de apoyar su implementación dentro del currículo. Desde su creación el año 2007, los cambios del *iFoundry* se han enfocado en electivos de artes liberales y una experiencia inter-Escuela en el primer año de estudio. El primer piloto se implementará durante el año académico 2011/2012 y operará en paralelo con el curso principal del Departamento.

Razones para su selección como estudio de caso: (i) el enfoque de *iFoundry* está diseñado para luchar contra obstáculos que se perciben hacia el cambio, principalmente resistencia organizacional entre los Departamentos, al crear un ambiente de apoyo para la innovación fuera del plan de estudio formal, (ii) *iFoundry* está colaborando con la *Universidad Olin College of Engineering* para ver como las experiencias creativas en grupos pequeños llevadas a cabo en esta institución privada pueden adaptarse para ser implementadas en cohortes más grandes de alumnos y (iii) el impulso para el cambio fue deductivo, liderado por un grupo de profesores.

Entrevistados: Para la investigación de este estudio de caso se entrevistaron a 19 personas. Se efectuaron conversaciones informales con 6 estudiantes de pregrado y 4 profesores. También se realizaron entrevistas informales con 9 participantes de la Escuela (incluidos el Decano, el Decano Asistente, ayudantes, profesores y personas de Liderazgo *iFoundry* de la Escuela).

4.3.1 Contexto e impulsores de los cambios

Contexto: La Universidad de Illinois es una institución de alto rango con una sólida reputación en investigación de ingeniería. La Escuela de Ingeniería¹ cuenta con 12 Departamentos y posee más becas de investigación, otorgadas por la Fundación Nacional de Ciencias, que cualquier otra institución. La Escuela atrae estudiantes de gran calibre y es una institución inusual en los Estados Unidos, ya que cuando los estudiantes ingresan a la universidad se inscriben en disciplinas específicas de ingeniería. La Escuela disfruta de una fuerte reputación de rigurosidad en la formación de las Ciencias de la Ingeniería y existe un sentimiento generalizado de que esta reputación no debería ser comprometida. Como el Decano Asociado para la Formación de Pregrado comentó: “*La Universidad de Illinois ha hecho un gran trabajo en la formación tradicional de ingeniería, nuestros graduados tienen buenos conocimientos técnicos. No podemos perder esta característica*”. Además de un programa de desarrollo docente que se planteó 15 años atrás, el compromiso formal de la Escuela con la innovación en la formación de ingeniería ha sido muy escaso. Por ejemplo, cuando en la década de los 90 se hizo el llamado de hacer propuestas de candidatos para la Coalición de Universidades de Ingeniería de Estados Unidos, la Escuela ni siquiera consideró postular.

La Escuela tiene una fuerte estructura departamental, que algunos describen como “aislada”. El currículo principal parece estar fuertemente enfocado hacia “las matemáticas y física”, donde las oportunidades para contextualizar el conocimiento y desarrollar las habilidades personales y profesionales del estudiante se ofrecen a través de cursos opcionales, actividades extracurriculares o electivos de artes liberales. Las oportunidades de innovación o cambios en el plan de estudio del Departamento durante los primeros dos años se describen como “*fuertemente controladas*”.

¹ Para mantener la consistencia a través de todos los estudios de caso, el término “Escuela” se referirá a la “Escuela de Ingeniería”.

Impulsores: *iFoundry* fue establecido por un pequeño grupo de profesores que consideraba necesario un cambio fundamental en el enfoque de la formación de ingeniería en Estados Unidos. En particular, *iFoundry* buscó mantener la posición de liderazgo internacional de la ingeniería en Estados Unidos a través de una reforma en la formación de pregrado, en la cual “*la excelencia en la formación científica y en las habilidades analíticas fuera complementada con un currículo más amplio que inspirara creatividad e innovación e incluyera la formación de características profesionales y de liderazgo*”. En vez de ser un programa de cambio por sí mismo, *iFoundry* fue diseñado para ser un catalizador con el fin de promover y hacer posible la reforma de los cursos en toda la Escuela. El enfoque de *iFoundry* nace de la necesidad de combatir las aparentes barreras que existen hacia los cambios en la formación de ingeniería, principalmente la resistencia organizacional que existe dentro de los Departamentos.

4.3.2 La visión en la formación y los cambios implementados(a la fecha)

Visión en la formación universitaria. Se invirtió bastante tiempo y reflexión en las ideas sobre la formación académica que sostienen a *iFoundry*. Tres temas que son fundamentales: (i) la incorporación de habilidades claves de pensamiento crítico y creativo (descritas como las siete “esenciales”²) en el currículo, (ii) el desarrollo, desde las primeras etapas de estudio, de una comunidad de pares que apoye a los estudiantes de ingeniería y (iii) un enfoque fuerte en la motivación intrínseca de los estudiantes hacia su desarrollo como ingenieros, profesionales y estudiantes de por vida. *iFoundry* también está trabajando en conjunto con la *Universidad Olin College of Engineering* para ver cómo las

² Los “esenciales” se identifican como (i) hacer preguntas, (ii) identificar la tecnología y diseñar desafíos, (iii) componer problemas cualitativamente, (iv) descomponer problemas de diseño, (v) reunir información, (vi) visualizar soluciones y generar ideas y (vii) comunicar soluciones de manera oral y escrita.

ideas innovadoras que se implementaron en la formación de ingeniería de esta universidad se pueden ampliar para aplicarlas en cohortes más grandes, pero con menos recursos.

El enfoque *iFoundry* se basó en dos barreras evidentes hacia la reforma:

- Un problema del tipo círculo vicioso: Es poco probable implementar una innovación en el currículo sin tener pruebas de su eficacia en ese ambiente, pero dicha eficacia no puede ser demostrada sin haber implementado los cambios primero.
- Los cambios curriculares propuestos: A pesar de que, en general, son ampliamente aceptados por los profesores, casi siempre son desechados durante el proceso de aprobación por individuos que tienen miedo que los cambios afecten de manera negativa sus actividades pedagógicas o que los cambios les quiten el tiempo curricular que dedican a sus materias especializadas.

Por lo tanto, *iFoundry* está diseñado para crear un ambiente creativo y seguro fuera del currículo formal, donde los nuevos enfoques de formación puedan ser dirigidos, probados y mejorados por los profesores y estudiantes voluntarios. Todos los estudiantes que participen en los cursos pilotos de *iFoundry* serán acreditados dentro de sus respectivos Departamentos, en concordancia con lo dispuesto por el Decano. Estos cursos pilotos estarán diseñados para funcionar en paralelo con los cursos más tradicionales, por lo tanto, deberán demostrar un impacto positivo en las experiencias y resultados de los estudiantes antes de que sean aprobados por el Departamento para su completa implementación. La idea es que a medida que aumenta la cantidad de profesores involucrados en dichos pilotos, su apertura a cambios curriculares más extensos también aumente.

Cambios implementados (a la fecha). A continuación se presenta un resumen de los cambios en la formación de ingeniería implementados (hasta el año académico 2011/2012) a través de *iFoundry* a cuatro años de su inicio.

- **La Experiencia del Primer año de Ingeniería en la Universidad de Illinois (iEFX):** A la fecha la mayor actividad del *iFoundry* ha sido el desarrollo de una experiencia para todos los alumnos de primer año, diseñada para construir la motivación intrínseca de los estudiantes dentro de una comunidad de pregrado de apoyo mutuo. Durante la primavera del 2009, la primera versión piloto de esta experiencia se llevó a cabo en 75 voluntarios y operó de manera paralela con la experiencia obligatoria *ENG 100* dirigida a una cohorte de 1500 alumnos. Durante la primavera del año 2010, el segundo curso piloto constó con 300 estudiantes. Una versión corregida del curso se implementará en toda la cohorte de la Escuela de la generación 2011/2012 y reemplazará el curso existente *ENG 100*.

- **Los electivos de artes liberales:** Durante los últimos dos años, una serie de cursos pilotos de *iFoundry* se han ofrecido a estudiantes de pregrado de ingeniería, entre ellos los electivos de artes liberales. Estos electivos incluyen dos cursos pilotos desarrollados a partir de cursos ofrecidos en la Universidad-Olin College of Engineering: *Diseño colaborativo/innovador orientado al usuario 8 (UOCD/ID8)* y *Fundamentos de los negocios y emprendimiento*, pilotos que se encuentran en su segundo año de implementación. Actualmente, la cantidad de alumnos inscritos en estos cursos es relativamente baja. Por ejemplo, durante los últimos 2 años, un total de 12 alumnos se ha inscrito al curso UOCD/ID8.
- **El curso de Conversión Motivacional Intrínseca.** Durante el año académico 2011/2012, un curso piloto será implementado en el Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computación: el curso ECE 290 con varias secciones piloto de *Conversión Motivacional Intrínseca*. Los estudiantes están invitados a participar en este piloto de *iFoundry*, como una alternativa a los cursos ya existentes. En ellos se les ofrecerá “una experiencia única de sala de clases, que se basa en su motivación intrínseca”.

4.3.3 Lograr el cambio

En vez de discutir y descartar varios modelos de reforma, *iFoundry* tuvo su origen del deseo de un grupo de 6 profesores, que tuvo la voluntad de hacer el cambio curricular. El grupo original de *iFoundry* se formó el año 2007 como una actividad popular. El Decano de la Escuela aprobó *iFoundry* formalmente el año 2008. Este apoyo se basó en el potencial que tiene éste de mejorar: (i) el aprendizaje de los alumnos en la Escuela y (ii) la tasa de retención durante los primeros dos años de estudio. También se aprobó el establecimiento de nuevos cursos pilotos en toda la Escuela. El comité *iFoundry* funciona desde el año 2008 como vehículo para abogar por el cambio y los representantes de cada Departamento se reúnen una vez al mes.

Las primeras actividades de *iFoundry* se enfocaron en “vender la visión de formación dentro de la Escuela e intensificar las expectativas de que el cambio venía”, especialmente a través de páginas web y redes sociales. También se ha dedicado un tiempo considerable a difundir las ideas y el modelo de *iFoundry* a nivel nacional y a organizar dos conferencias (*Ingeniero del Futuro*). En la primavera del año 2009, todos los Jefes de Departamento firmaron un memorando de entendimiento para permitirles a los estudiantes inscribirse en el curso piloto *ENG 100 (iEFX)*.

El equipo *iFoundry* describió la estrategia de cambio como “orgánica” e “innovadora”. El esfuerzo de reforma se está enfocando en los cambios a nivel de curso, con tres fases en cada caso: (i) probar y redefinir los cambios curriculares a través del establecimiento de cursos pilotos, (ii) si lo anterior es exitoso, pelear por su inclusión en el currículo principal y (iii) permitir que este ejercicio impregne a otros Departamentos. Como comentó el Decano: “es difícil obligar el cambio, es mejor dar el ejemplo”. *iFoundry* busca empoderar a los estudiantes, para que entiendan mejor lo que necesitan de su formación y para que lo exijan de sus Departamentos.

Como se puede ver en la Sección 4.3.2, todavía se deben aplicar los cambios al currículo principal en los Departamentos dentro de la Escuela. *iFoundry* percibe la actividad realizada a la fecha como en una etapa crítica tanto para establecer la credibilidad de la reforma como para validar el concepto de las actividades piloto que operan de manera paralela con los otros cursos. Como lo comentó uno de los codirectores de *iFoundry*: “*primero piloteamos una incubadora, ahora incubamos pilotos*”. La planificación del primer curso piloto dentro del currículo principal, curso de *Conversión Motivacional Intrínseca*, ya comenzó y se anticipa que su fecha de inicio sea en septiembre del año 2011.

iFoundry opera con muy bajos recursos, con sólo dos personas que reciben salario: un Director Asociado a tiempo completo y un Coordinador de programa a medio tiempo, y varios profesores y estudiantes que trabajan de manera voluntaria.

4.3.4 Desafíos y factores de éxito

El programa *iFoundry* disfruta del gran apoyo y entusiasmo de muchos profesores y estudiantes involucrados y muy comprometidos. Como la adherencia a *iFoundry* es completamente voluntaria, existe una evidente hostilidad entre los profesores hacia esta reforma. Aunque algunos profesores en la Escuela piensan que “*todavía falta mucho para ver un impacto real de iFoundry*”. La naturaleza voluntaria de la reforma guiará inevitablemente a una tasa de cambio más lenta en comparación con los otros estudios de caso incluidos en este informe. En este sentido, el gran nivel de apoyo de la Junta Directiva de la Escuela hacia *iFoundry*, el cual se ve como central para la estrategia de formación a largo plazo, será esencial, si se quiere mantener el ímpetu de la reforma.

Hasta ahora la mayoría de las actividades ha sido liderada por un pequeño grupo de profesores. Estos forman el centro del equipo de manejo de *iFoundry* y, a la fecha, se han centrado casi exclusivamente en los electivos de las artes liberales y la experiencia inter-Escuela de los alumnos de primer año. Por lo tanto, todavía tiene que impactar la actividad curricular principal dentro de los Departamentos de ingeniería o difundirse a grupos de profesores más extensos. El próximo año va a ser un período decisivo en la evolución del *iFoundry*, dado que deberán enfrentar tres importantes desafíos:

- En 2011/2012, IEFX se extenderá a la totalidad de la cohorte, 1500 estudiantes, en toda la Escuela. Esto supone quintuplicar el número de estudiantes del período piloto 2010/2011 y que los planes piloto dejen de dirigirse únicamente a estudiantes voluntarios. Debido a que el éxito de la versión piloto de este curso parece basarse en la estrecha relación estudiante / personal y en la habilidad de construir una comunidad estudiantil, implementarlo a cohortes más grandes implicará un cambio importante. Además, y para muchos profesores en la Escuela, el éxito de este curso está fuertemente relacionado con su propia percepción de *iFoundry* y el éxito de esta iniciativa en general.

- Tanto interna como externamente, *iFoundry* está fuertemente asociado al cofundador y actual codirector, quien se retiró en enero del año 2011. La visión y la base de formación de la iniciativa están estrechamente relacionadas con sus propias ideas de formación. Muchos consideran que su pasión y compromiso por el cambio en la formación de ingenieros son centrales para que el establecimiento de la iniciativa sea exitoso. Aunque el cambio de líder traerá indudablemente algunos cambios en la dirección de *iFoundry*, todavía no queda claro el impacto que tendrá en su capacidad para catalizar cambios curriculares más amplios.
- En cierta medida, la prueba real del modelo *iFoundry* comienza en el período 2011/2012, cuando se implemente el primer curso piloto. Como comentó un entrevistado: “*hasta ahora, los cambios han sido sólo en los bordes de la formación, no en el centro... iFoundry se encuentra en el umbral de una nueva etapa después de su período de luna de miel*”. Para muchos, todavía es muy temprano para determinar, cómo será recibido el curso piloto dentro del Departamento anfitrión y, a su vez, si se aprobará para ser implementado en el currículo principal.

4.3.5 Impacto de los cambios (a la fecha)

Los entrevistados para el estudio de caso identificaron dos áreas de impacto de *iFoundry*, en relación a los profesores y estudiantes respectivamente.

En lo que respecta a los profesores, los entrevistados del estudio de caso hablaron sobre el impacto de *iFoundry* en las actitudes hacia la enseñanza y el aprendizaje de los profesores involucrados. “*El mayor logro de iFoundry ha sido un cambio cultural hacia una forma de pensar más innovadora y abierta a experimentar*”. Desde la perspectiva de la Escuela, “*la profundidad y calidad de la forma de pensamiento*” es uno de los mayores beneficios de *iFoundry* y, además, disfruta de un buen nivel de apoyo en la Junta Directiva de la Escuela. El Decano tiene más que claro el criterio a seguir para determinar el éxito de *iFoundry*. Para él, la iniciativa ha sido exitosa, si “*el 50% de los profesores está involucrado en iFoundry y si las tasas de retención de ingeniería aumentan a un 80% a finales del cuarto año*”. En relación con los estudiantes, la retroalimentación informal de los profesores sobre el piloto IEFX sugiere que la actitud de los estudiantes hacia la experiencia de los alumnos de primer año se puede dividir en tres grupos equitativos: (i) aquellos que la “*amaron*”, consideraron que les cambió la vida y experimentaron un cambio de actitud respecto a su formación y sus carreras a futuro, (ii) aquellos que no consideraron el curso significativamente distinto al resto de su experiencia de formación y (iii) aquellos que se opusieron fuertemente al curso y que en la primera etapa se eximieron de los elementos de fortalecimiento de comunidad que eran opcionales.

4.4 Estudio de caso 4: Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Queensland, Australia.

Visión general: El estudio de caso describe una reforma en la formación a nivel de Departamento, donde se rediseñó el plan de estudio en torno a un conjunto básico de experiencias de aprendizaje, que simulaban la enseñanza profesional de la ingeniería, denominado como 'Currículo centrado en Proyecto'. La planificación para el cambio comenzó en 1996 y la primera cohorte de estudiantes se graduó en 2001 del programa de 4 años reformado.

Razones para su selección como estudio de caso: (i) Las primeras etapas del cambio fueron 'de abajo hacia arriba' con un apoyo fuerte de la mayoría de los profesores del Departamento; (ii) El programa de reforma está bien considerado a nivel nacional e internacional, y se ha utilizado como evaluación comparativa para efectuar cambios en una cantidad de otras instituciones; (iii) Durante los 10 años transcurridos desde la finalización de la reforma, el Departamento se ha encontrado y ha superado una cantidad de desafíos para sustentar la calidad y el impacto del currículo nuevo.

Entrevistados: Se entrevistó a doce personas, incluyendo a los sostenedores de la oferta educativa en el tiempo de la reforma (incluyendo a los académicos, un estudiante, el Jefe del Departamento, el Decano y aquellos que exhortaban y gestionaban el cambio) y a los sostenedores de la formación de pregrado actual en el Departamento (incluyendo un estudiante actual, académicos, el Jefe del Comité de Enseñanza y Aprendizaje del Departamento y profesores observadores externos tanto del Departamento como de la Universidad). El Jefe de Departamento actual incluyó un "Pregunta y Responde" (del inglés: Q&A: "Questions and Answers") a distancia.

4.4.1 Contexto e impulsores para el cambio

Contexto. La Universidad de Queensland es una universidad estatal, fundada en 1910, líder en investigación. Es miembro fundador del Grupo de los Ocho, que es una coalición de universidades dedicada a la investigación en Australia. La Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Tecnología Informativa (denominado aquí como **Escuela**. *Para establecer una consistencia en todos los estudios de caso, 'Escuela' se refiere a la Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Tecnología Informativa, y 'Departamento' se refiere al Departamento de Ingeniería Química, como lo fue en 1996, y Escuela de Ingeniería Química, como lo es actualmente*) atiende a alrededor de 3.500 (FTE) estudiantes de pregrado en ingeniería, de los cuales 16% son estudiantes internacionales. Los cursos de pregrado tienen una duración de cuatro años, el primer año de estudio es para toda la escuela, y luego una especialización por disciplina a partir del segundo año. Es aquí, donde 15% a 20% de los estudiantes seleccionan Ingeniería Química.

El Decano de la Escuela/Facultad, que estaba en funciones antes de la reforma, había ayudado en la publicación de un informe esencial con respecto al futuro de la formación en ingeniería en Australia (IEAust, 1996). Este informe recomendó cambios radicales y generalizados en la formación en todo el país. En 1996, y como respuesta a este informe, el criterio en Australia para acreditar la formación de ingenieros cambió a un sistema basado en resultados, el cual requería cambios significativos en los enfoques nacionales para la formación en ingeniería. Ese mismo año, el recientemente nombrado Vicecanciller de la Universidad de Queensland anunció nuevos planes para un cambio generalizado en la estructura de la enseñanza en toda la universidad, creando una unidad estándar de 'curso' en todos los Departamentos. Para el Departamento de Ingeniería Química, esta 'uniformidad' conllevó a una reducción dramática (alrededor del 50%) en su cantidad de cursos al semestre y un aumento en tamaño y contenido de cada uno de los cursos nuevos.

Antes de la reforma, el Departamento de Ingeniería Química albergaba alrededor de 14 facultades con cerca de 70 grupos de pregrados anualmente. Era un Departamento líder en investigación y gozaba de una reputación importante en excelencia investigadora a nivel nacional e internacional. Aunque el enfoque de la formación del Departamento fue nada de extraordinario - *"una mezcla de clases y tutorías"*; su cultura y perspectiva fueron vistos altamente distintivos. Este tema surgió con mucha fuerza en casi todas las entrevistas realizadas. Por ejemplo, muchos de los entrevistados se refirieron a la *"cultura existente desde hace mucho tiempo con respecto a la innovación, y asumieron riesgos con un verdadero espíritu para aceptar el cambio"*. Hubo un sentimiento colegial fuerte en la mayoría de los profesores, que conllevó a *"un sentido bajo de propiedad de cada uno de los cursos"*, y una sensación generalizada de responsabilidad colectiva de los programas de enseñanza. El tamaño relativamente pequeño del Departamento contribuyó a crear esta atmósfera distintiva y de respeto mutuo. Otro factor fue la fortaleza del liderazgo: *"El Departamento tenía un historial de liderazgo espectacular, fueron emprendedores, teniendo una ventaja en situaciones competitivas... [y]... crearon una cultura que estimula el pensamiento innovador"*. También muchos de los profesores tenían experiencia en la industria con una cantidad de nombramientos recientes justo antes del período de la reforma.

Aunque no se reflejaba en el plan de estudio antes de la reforma, el Departamento tuvo una historia innovativa en la formación. Por ejemplo, durante 10 años antes de la reforma, se había hecho hincapié en la 'formación basada en recursos'. A los estudiantes se los animó a pensar y a trabajar en forma independiente, y fueron capaces de acceder a una amplia gama de recursos para su aprendizaje, tales como visitas a terreno o presentaciones de videos. Sin embargo, estos cambios fueron vistos como sólo *"parcialmente exitosos"*. Los estudiantes se sentían agobiados con los cursos nuevos y la oferta en la formación resultó *"no estar coordinada y no tener*

el impacto deseado”. Algunos entrevistados describieron, como esta experiencia los convenció, que un esfuerzo al cambio sólo puede ser eficaz, cuando se lo *“ubica en la médula del plan de estudio”*. Durante la década anterior a la reforma, el Departamento había también construido una relación muy eficaz con el Instituto de Desarrollo para la Enseñanza y Aprendizaje (TEDI - su sigla en inglés) perteneciente a la universidad. Por medio de esta asociación, una cantidad significativa de profesores fueron ‘liberados’ de la docencia por un semestre y ayudados a rediseñar un curso. Muchos de los profesores más jóvenes se inscribieron en un curso conducente al certificado para la formación en TEDI, y *“regresaron al Departamento con sus ojos abiertos y con el deseo de hacer las cosas en forma diferente”*.

Impulsores. No hay un impulsor único y significativo para la reforma, sino más bien una *“combinación de factores y un cierto grado de buena racha”*. Un grupo significativo de profesores estaba fuertemente convencido, que un cambio radical en la formación de ingeniería era necesario tanto a nivel nacional como local. *“Este grupo estaba realmente solicitando cambios. Había un sentimiento existente que no sólo el cambio era necesario, sino que si no sería divertido y nos haría famoso”*. También hubo una conciencia generalizada que dos cambios de política externa, que se avecinan, requerirían una reforma significativa a la estructura de la formación en el Departamento: el movimiento nacional basado en una acreditación por resultados en la formación de ingeniería y la reestructuración unificadora a nivel de toda la universidad. Estos requisitos impuestos externamente fueron para muchos una oportunidad para reexaminar todo el enfoque en la formación. El factor final que impulsó el cambio fue la satisfacción de los estudiantes con los programas actuales. Desde principio y hasta mediado de los años noventa, el Departamento comenzó a recibir una retroalimentación insignificante de los estudiantes y de las encuestas de satisfacción a nivel de los estudiantes, las cuales indicaban algunos problemas mayores respecto al enfoque en la formación. El programa de Ingeniería Química fue visto como un *“programa asesino”* por los estudiantes, que tenían un plan de estudio *“repleto con contenido técnico y una muy alta carga con trabajo personal”*. La información recogida internamente en relación a la experiencia pobre de los estudiantes fue muy convincente para la decisión final de cambiar a los profesores que previamente no estaban comprometidos.

4.4.2 La visión en la formación y los cambios implementados

El diseño del Currículo Centrado en Proyecto (del inglés PPC: *Project –Centred Curriculum*) respondió a un deseo para *“desarrollar completamente las particularidades de pregrado en ingeniería necesarias para el ejercicio profesional”*. Se consideró, que el plan de estudio existente proporcionaba a los estudiantes un buen marco teórico, pero no se basaba en la experiencia y el ejercicio profesional. *“Tantos académicos que son realmente científicos aplicados; era realmente necesario llevar autenticidad a la enseñanza”*.

El currículo fue totalmente rediseñado en torno a *“lo medular del proyecto de trabajo, apoyado e integrado con ayuda de todas las actividades principales de enseñanza y aprendizaje”*. Tal como lo ilustra la figura 8, aproximadamente el 25% del plan de estudio está dedicado a cursos centrados en proyectos de trabajo en equipo, diseñados como

una *“secuencia estructurada de simulaciones del ejercicio profesional”*. Un 50% del plan de estudio está dedicado a cursos relativamente tradicionales sobre *“ciencia de la ingeniería química”*; y el resto lo conforman cursos electivos que ofrecen amplitud y profundidad de conocimientos. Se ha otorgado especial atención a la secuencia de los cursos, para asegurar el *“desarrollo acumulativo en cuatro años tanto de la disciplina específica como las particularidades genéricas de graduados transferibles”*. Se utilizó un enfoque de enseñanza en equipo (*team-teaching*) tanto en lo medular de los cursos de proyectos como a lo largo de cada semestre, para asegurar un desarrollo coherente de las particularidades de un graduado en el transcurso del plan de estudio de 4 años, y proveer *“una mejor comunicación entre el cuerpo docente, mejor dominio colectivo de todo el programa, y, por ende, un ofrecimiento de los distintos cursos y el programa en su conjunto en forma más manejable”*. El incluir en el plan de estudio comunicación, trabajo en equipo y aprendizaje autónomo fue también apoyado por espacios de aprendizaje flexibles y abiertos, utilizados tanto para clases programadas como para grupos de discusión informales y no programados. El programa conducente al grado incorpora también una cantidad de experiencias amplias y no curriculares, experiencias como oportunidades para estudiantes de pregrado dirigir proyectos en grupo en cursos inferiores.

4.4.3 Lograr el cambio

En 1996 se decidió comenzar con un programa de cambio, como resultado de un retiro para una planificación estratégica a nivel de Departamento. Un grupo de aproximadamente un tercio del cuerpo docente impulsó el cambio con el apoyo activo del Decano de la Facultad. Al principio se llevaron a cabo amplias evaluaciones comparativas y consultas, observando tanto los enfoques no tradicionales existentes para la formación en ingeniería (observadas en la Universidad de Aalborg, Dinamarca y Universidad McMaster, Canadá) como las teorías de enseñanza y aprendizaje que sustentaban dichas innovaciones. Al tener en cuenta que el impulso hacia el cambio se inició en facultades comunes, el grupo sintió la necesidad imperativa de *estar bien informado y muy cauteloso* para asegurar que los cambios estuvieran bien fundamentados en la investigación educacional existente. El grupo trabajó en estrecha colaboración durante seis meses, para identificar las prioridades fundamentales en la formación a nivel de pregrado en el Departamento y desarrollar una estructura para la formación nueva que enfatizara el desarrollo de competencias y actitudes profesionales en la ingeniería. En forma muy consciente se tomó la decisión de diseñar este currículo nuevo de ‘arriba hacia abajo’, comenzando con las particularidades deseadas para los graduados. Así emergió rápidamente la idea del Currículo Centrado en Proyecto (del inglés: PCC), lo que fue visto como una ‘mezcolanza’ de aprendizaje basado en problemas simulado como ejercicio profesional.

Se centró entonces la atención en los profesores que permanecían en el Departamento, y se los trató de *“subir a bordo con las propuestas”*. La diversidad de su trayectoria y personalidad originales fue claramente una ventaja importante al tratar de involucrarlos con la amplia variedad de perspectivas diferentes y preocupaciones relacionadas con la reforma en todo el Departamento. Por ejemplo, dos

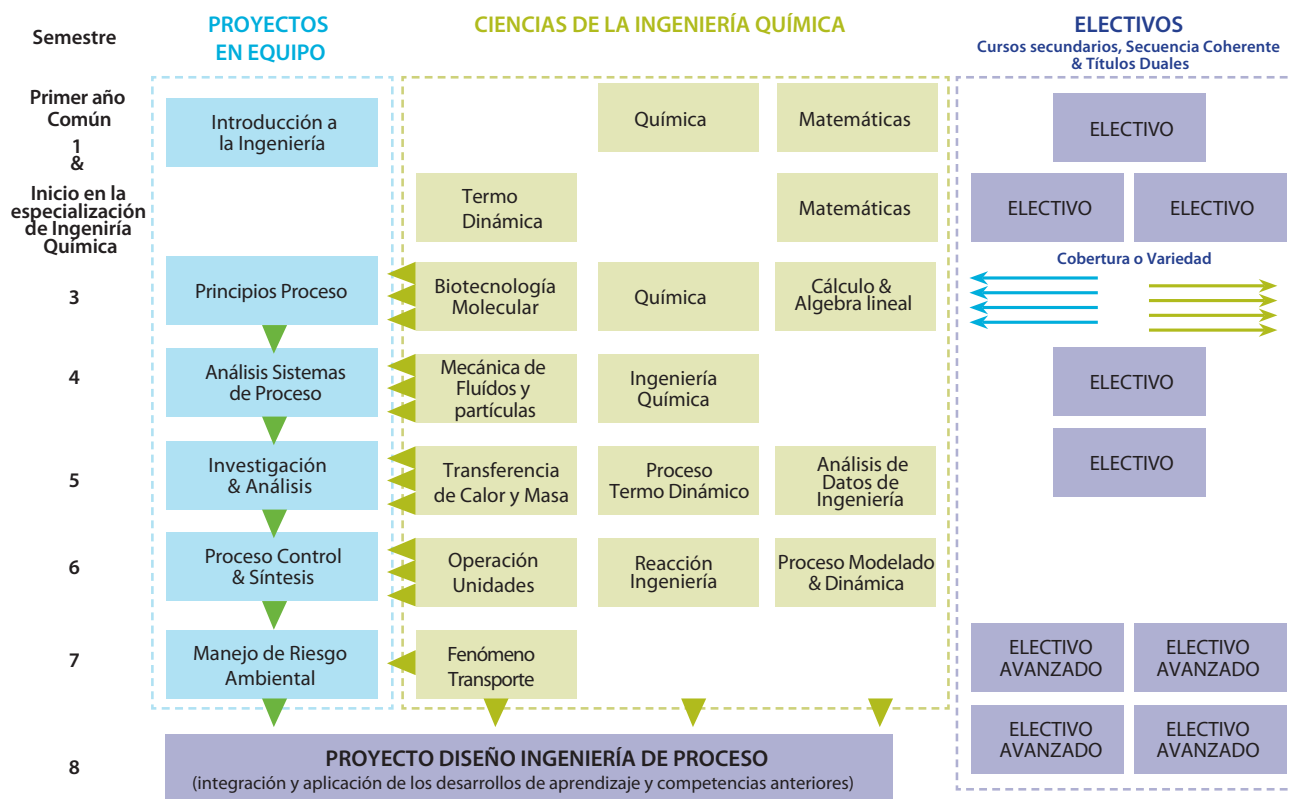


Figura 8: Estructura de un Currículo centrado en Proyecto

de los impulsores claves para el cambio fueron los líderes en investigación del Departamento, y su apoyo ayudó a construir la credibilidad entre los profesores centrados en investigación. Durante este periodo hubo también *“muchas discusiones abiertas en el Departamento, presentaciones formales e intercambios informales, sobre lo que estábamos tratando de hacer”*. Poco después se nombró un nuevo Jefe de Departamento de entre este grupo de seguidores, y se apuró con las expectativas y transparencia de los cambios, tanto interna como externamente.

La fase siguiente del proceso de cambio fue diseñar un plan de estudio detallado: *“Todos los elementos se agruparon: los requisitos de uniformidad universitaria, los criterios de acreditación basados en resultados, los resultados de la evaluación comparativa, una revisión de la formación profesional actual, para crear un marco para el cambio”*. Se formó un *“comité para el cambio”* del grupo original de defensores, el que se reunía regularmente durante este tiempo.

La colegialidad sólida de este grupo apoyó el desarrollo de una visión común para el diseño curricular. *“Todos colaboramos como equipo. La gente tenía ideas brillantes y las expuso. No habrías encontrado un grupo más amigable, que estaba fascinado con la enseñanza. No había objeciones”*. Dos personas bien catalogadas tomaron las riendas en el diseño detallado e implementación de las reformas del Currículo centrado en Proyecto, un colega recientemente nombrado, cuyo objetivo era la evaluación de impacto en el programa de cambio, y un profesor titular de larga trayectoria con notoriedad en investigación. A pesar de que se destinaron

muy pocos fondos adicionales, el tiempo que le dedicaron al esfuerzo para el cambio parece haber sido fundamental.

Entre 1998 y 2001 se implementó el currículo nuevo a nivel de cursos y de semestres conjuntamente con nuevos equipos de trabajo recién formados. Aquellos profesores que no apoyaban el nuevo enfoque Currículo centrado en Proyecto, aproximadamente un tercio del Departamento, se les asignó cursos con enseñanza convencional, que no estaban incluidos en el nuevo proyecto y no se les obligó como tampoco comprometió con el proceso de cambio curricular. Todos los cursos del nuevo proyecto fueron asignados a aquellos que estaban en el comité a favor del cambio. Durante la implementación de este nuevo proyecto se consideraron todas las consultas de los profesores del Departamento, de los estudiantes y del TEDI (*Teaching and Educational Development Institute, The University of Queensland*). Se prestó especial atención a la retroalimentación de la primera cohorte de estudiantes que estaba experimentando este nuevo currículo, y por cierto, se hicieron varios ajustes ‘al instante’ durante su desarrollo.

4.4.4 Factores decisivos para el cambio con éxito

En general, cuatro factores parecen haber sido decisivos para el éxito en el esfuerzo del cambio, los que se indican a continuación.

- **Propósito compartido entre los profesores:** Tal vez el factor más significativo para el éxito

de la reforma fue el compromiso compartido con el cambio por parte de un gran grupo de profesores, apoyado por un ambiente colegial para la innovación dentro del Departamento. Este sentimiento de tener un propósito común parece haber sido fundamental tanto para diseñar como implementar el nuevo proyecto. Tal como lo comentó un entrevistado *“he visto otros Departamentos manejar esto en forma tan deficiente, en los cuales todo fue impuesto desde arriba y los profesores simplemente se rebelaron. Aquí es muy diferente. Todos nos sentimos, como si fuéramos parte de ello”*. También parece haber habido un sentimiento generalizado entre los profesores que *“dedicar mi tiempo para hacer el cambio contribuirá a mi carrera en la universidad”*. Por cierto, muchos entrevistados señalaron también, que el esfuerzo para la reforma fue personalmente beneficioso para aquellos que estaban activamente involucrados. *“Había un mensaje contundente de los mandos medios de la universidad en ese momento... [ellos] apoyaban fuertemente el cambio en la formación, y creemos que la nueva reforma ayudará a nuestras carreras... Tal vez era ingenuo, pero todo resultó muy bien para todos”*.

- **Liderazgo fuerte y muy respetado:** Poco después de haber tomado la decisión de embarcarse en la reforma, un nuevo Jefe de Departamento tomó el cargo, quién fue seleccionado internamente de entre los *“revoltosos para el cambio”*. Este Jefe parece ser una persona decisiva, dando mayor apoyo al esfuerzo y asegurando que le va a dar fuerte transparencia en la universidad. Tal como lo comentó un entrevistado, *“él se posicionó en un rol de poder e influencia”*. Además, las dos personas claves que gestionan el proceso de cambio estaban bien informadas y eran muy apreciadas. *“Ambos son escuchados a alto nivel, interna como externamente”*. Son personas que han tenido mucha influencia para continuar con la reforma durante 15 años desde su inicio.
- **Diseño para la formación simple y efectiva:** El enfoque curricular basado en Currículo centrado en Proyecto es simple e *“impulsado por principios de diseño curricular buenos”*. Los equipos de profesores son responsables para crear coherencia curricular a través de todos los semestres y en los cursos. La mayoría de los estudiantes parecen comprender la estructura curricular y *“cómo todos los temas y cursos están relacionados”*. El diseño curricular lógico ha ayudado a asegurar claridad y eficacia del enfoque a nivel interno, pero también es un modelo altamente transferible a nivel externo. Tal vez, por esta razón y junto con la evaluación de impacto bien difundida, este proyecto ha sido utilizado como evaluación comparativa para una cantidad de reformas en la formación en todo el mundo. Tal reconocimiento externo ciertamente ha ayudado a apoyar el enfoque en curso del proyecto internamente. *“Hemos desarrollado una reputación sólida, que mantuvo nuestro enfoque. No es muy fácil barrer los*

problemas debajo de la alfombra, cuando otros lo están viendo”.

- **Evaluación de impacto cuidadosamente planificada:** Se llevó a cabo un proceso de impacto bien diseñado; se comenzó con datos de referencia recogidos antes de realizar el primer Currículo centrado en Proyecto (ver sección 4.4.6). Las pruebas de esta evaluación de impacto parecen haber jugado un rol importante en una serie de aspectos durante el esfuerzo de la reforma: (i) resaltar los resultados de aprendizaje magros de los estudiantes antes de la reforma y por ende apoyar el impulso al cambio, (ii) demostrar los impactos iniciales de esta reforma, manteniendo el impulso y compromiso con el cambio, (iii) identificar en las primeras etapas problemas/cuestiones con la implementación del proyecto, para asegurar acciones correctivas y *“ser honestos con respecto a lo que realmente estaba sucediendo, y, (iv) demostrar hacia el exterior el éxito de la reforma, para mantener el compromiso y atraer recursos en el futuro y apoyar al Departamento”*.

4.4.5 Desafíos en el proceso de cambio

Excepcionalmente, durante el diseño y la planificación del proyecto, el esfuerzo de cambio no parece haber rivalizado con ningún desafío significativo o *“agitación política en contra de la reforma”*. Aunque el esfuerzo de la reforma no fue apoyado por alrededor de 30% a 40% de los profesores, quienes mantenían cierta reserva con respecto a abandonar el modelo de formación tradicional, ellos *“no obstaculizaron, lo que estábamos tratando de hacer”*. Alrededor de la mitad de estos profesores, que no apoyaban la reforma, se han ido del Departamento. Cabe señalar, que aquellos que se quedaron, persisten en sus opiniones sobre la reforma, incluso 10 años después de haber puesto en práctica el currículo nuevo. Este grupo aun expresa su preocupación acerca de la falta de énfasis en el estudio personal, principalmente en los primeros años, y la falta de rigor en los fundamentos de la ingeniería.

El asunto principal encontrado durante la aplicación del proyecto se relacionó con la carga (académica) de la primera cohorte que ingresó a este currículo nuevo. *“El grupo, con el cual experimentamos, fue muy paciente. Le consultamos a muchos”*. El diseño detallado del plan de estudios fue semestral, sin embargo, la comunicación entre los grupos no fue adecuada. Por esta razón, los problemas encontrados en el currículo durante un año no fueron suministrados al trabajo de equipo de los años siguientes. *“[durante las reuniones para reformar el proyecto] hablábamos en términos generales acerca de los problemas asociados con cada curso por separado, pero los otros no conocían los detalles, por lo que no traspasábamos los consejos o las advertencias”*. Así, por ejemplo, aunque muy pronto actuamos con respecto a las quejas de los estudiantes con respecto a la carga académica muy abultada durante un año académico, cuando la cohorte pasó al año siguiente, se encontraron con problemas idénticos, lo cual provocó un cierto grado de frustración en la cohorte.

Aunque el esfuerzo para la reforma pareciera haber encontrado muy pocos problemas durante su diseño e implementación, ha sido sustentable para el cambio con el mayor desafío. Mayores detalles sobre este tema se proporcionarán en la sección 4.4.7.

4.4.6 Impacto de los cambios

Fue impactante la retroalimentación en las entrevistas con respecto al impacto que causaron las reformas del 'Currículo centrado en Proyecto'; en su gran mayoría muy positivo, viendo los cambios tanto de una perspectiva interna como externa. Por ejemplo, un profesor de ingeniería de una universidad par en Australia comentó, que *"eran realmente visionarias... Dado que el Departamento y [la Universidad de Queensland] tenían una buena reputación, esas reformas eran un buen modelo de cambio que funcionaba. La calificación C-E-Q se disparó después del cambio, lo cual fue un factor realmente importante [para elaborar su perfil nacional]"*. Los profesores del Departamento apuntaron a un cambio significativo en el punto de vista de los estudiantes y las competencias profesionales, siguiendo las reformas, junto con un aumento impresionante, en la obtención de premios de los estudiantes nacionales y una retroalimentación positiva e importante por parte de los empleadores graduados.

Es interesante hacer notar, que la mayoría de los estudiantes pareciera no estar consciente del Currículo centrado en Proyecto antes de ingresar al Departamento. Sin embargo, una vez que entraron es evidente que el enfoque de la formación es *"diferente al de los otros Departamentos"* y ellos visualizan este enfoque como uno, en el que muy probablemente *"retendrán los conceptos con fundamentos*

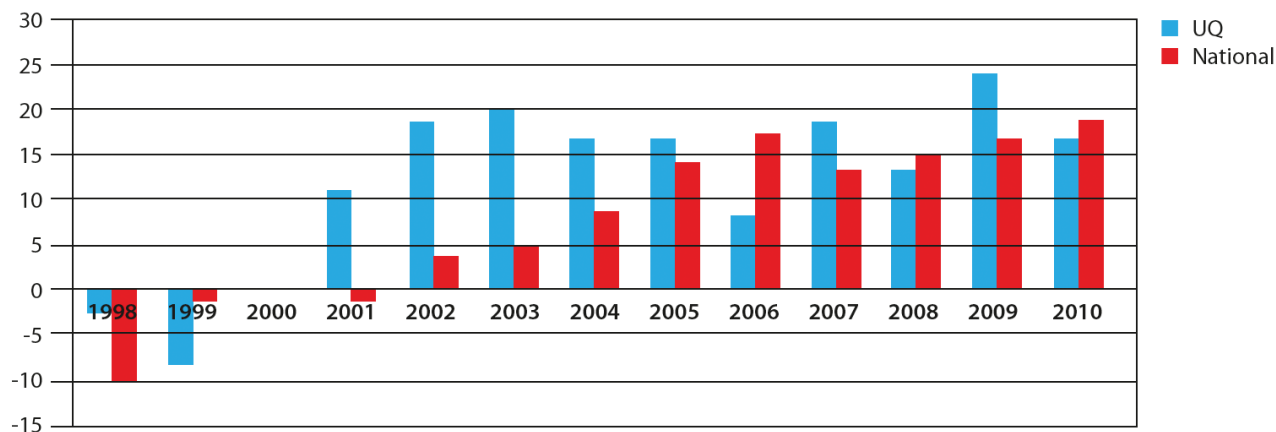
teóricos, porque los practicamos y no sólo los escuchamos".

Las aulas de los estudiantes comienzan a jugar un rol importante para apoyar el aprendizaje en los estudiantes, y la conformación de fuertes comunidades de apoyo de grupos pares surgen en todos los niveles de cursos.

Los resultados positivos de las reformas del nuevo proyecto se ilustran en forma muy clara a través del *Cuestionario de Experiencia a nivel de Curso (del inglés: CEQ)*, el cual recoge cada año información de los graduados de todas las universidades australianas. La figura 9 presenta información de este cuestionario de 1998 hasta 2010, compara la información de los graduados del Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Queensland, incluyendo las percepciones promedio nacionales acerca de la calidad de enseñanza (*The Good Teaching Scale*). La información desde 1998 hasta 2003 (no incluye información del 2000 por haber pocas respuestas) refleja un aumento fuerte en la calidad de la enseñanza percibida y por consiguiente la satisfacción por la reforma curricular.

El Departamento también llevó a cabo 'encuestas de salida' de los egresados de los programas anteriores, durante y después del cambio. Estas encuestas se centraron en los resultados de aprendizaje de los graduados e indicaron beneficios importantes desde la introducción del nuevo proyecto. Por ejemplo, la cantidad de estudiantes que se sintió *"seguros en sus habilidades para utilizar competencias y conocimiento para abordar situaciones nuevas previamente no vistas"* aumentó de 45% en 1999 a 83% en 2004. En 1999 dos tercios de los estudiantes *"reflejaron la percepción, que los profesores no se interesaban en su progreso"*. Hacia 2004, el 80% de los estudiantes *"se sintió parte de un grupo de estudiantes y profesorado comprometidos con aprender"*.

Figura 9: Resultados seleccionados del Cuestionario de Experiencias de Cursos de Australia, 1998 – 2010. Se compara el resultado de la Escala de buena enseñanza en el Departamento de Ingeniería Química en Queensland con el promedio nacional



4.4.7 Sustentabilidad del cambio

Durante cinco años después de implementar el cambio, el proyecto nuevo continuó produciendo resultados de estudiantes excepcionales, y la reforma atrajo una atención internacional considerable. Muchos aspectos del plan de estudio nuevo fueron y continúan siendo *“implementados en el Departamento”*. Incluso en aquellos profesores menos comprometidos, quienes vieron a este proyecto nuevo como una actividad que consume mucho tiempo, hubo un amplio sentimiento, que *“requeriría mayor esfuerzo para cambiar [el Currículo centrado en Proyecto] que enseñarlo, por lo que no ha habido rumores para reemplazarlo”*.

Sin embargo, en el año 2006, después de un alza impresionante en el *CEQ rating* (Rating del cuestionario basado en experiencia), el resultado comenzó a caer en relación al promedio nacional (ver figura 9, 2006 – 2008). Esta baja en la satisfacción de los estudiantes apuntó a *“una falla en la cantidad de cursos centrados en proyectos, para obtener los resultados deseados”*. Además, hubo una cierta *“indefinición”* con respecto al marco y enfoque original del Currículo centrado en Proyecto, y aumentaron las preocupaciones de los estudiantes con respecto a la falta de coherencia en el currículo y los pobres resultados obtenidos en algunos cursos. Estos problemas se vieron afectados por una cantidad de factores impuestos externa e internamente. Todo ello conllevó a socavar la integridad del enfoque para la formación en el Departamento, como se indicará a continuación.

- **Cambiando las estructuras de su gestión:** El factor más significativo fue el cambio en la estructura de la Dirección de la Escuela. En el año 2001 el Departamento fue fusionado con una Escuela de Ingeniería más grande. Esta fusión provocó una *“pérdida de la identidad dentro de la organización más grande, pérdida del control financiero y una sensación, que habíamos perdido el control sobre nuestro destino”*: Tal como lo comenta otro colega, *“los académicos nos sentimos repentinamente removidos de la toma de decisión y perdimos nuestro derecho sobre el proyecto”*. Esta pérdida de control y dirección conllevó a *“un enfoque reducido sobre nuestra enseñanza en general, y en especial sobre el Currículo centrado en Proyecto”* en prácticamente todos los profesores, dando prioridad mínima a estas actividades por parte del jefe de disciplina de aquel momento.
- **Abandono de los diseñadores del Currículo centrado en Proyecto del Departamento:** Entre 2004 y 2006, muchas personas claves que habían inspirado y conducido esta reforma, abandonaron el Departamento o se centraron en proyectos fuera de la universidad. Los profesores recién nombrados *“no se hicieron parte del cambio y no comprendieron de lo que se trataba. Ellos sólo vieron un currículo exitoso que había que poner en práctica”*. Tal como lo comentó un líder del cambio: *“todo sucedió tan rápido, que nos olvidamos a ‘infectar’ a la generación siguiente”*.
- **Cambiar el tamaño y las prioridades estratégicas del Departamento:** Ha habido un aumento significativo del ingreso de estudiantes a

Ingeniería Química, de 60 a 80 a mediados de los noventa a alrededor de 120 hacia el año 2008. El aumento de las cohortes ha puesto a prueba el modelo centrado en proyecto, justo cuando este proyecto estaba siendo *“traspasado de las personas que lo habían desarrollado a una nueva generación”*. La cantidad de profesores también estaba aumentando, con nuevos nombramientos, especialmente contratados por su perfil y potencial investigativo, y en preparación para el próximo ejercicio de evaluación nacional de la investigación, *Australia: Excelencia en Investigación*. El Jefe del Departamento en ese momento se concentró fuertemente en resultados de investigación y le envió a sus colegas una señal clara en esa dirección.

- **Observación atenta y análisis de los datos de impacto “que quedaron en el camino”:** Hasta el año 2008 se recolectaron datos sobre el impacto con relación a la reforma. Sin embargo, después del año 2004 no se prestó mucha atención al análisis de estos datos. *“El currículo nuevo había sido altamente exitoso, la gente siguió adelante y no había presión”*. Para algunos significó que el Departamento *“dejó de escuchar los comentarios de los estudiantes”* y no fue alertado en una fase inicial de los problemas que estaban surgiendo.

Después del éxito inicial del proyecto hubo cierta sensación, que el Departamento *“no quiso ver”* los problemas que se avecinaban. La caída de los resultados del Cuestionario sobre la Experiencia de Curso (en inglés: CEQ) en 2006 *“contribuyó a centrarse”* nuevamente en los programas de pregrado.

Hasta la fecha, el Departamento ciertamente ha recorrido un largo camino para revertir esos problemas, aunque, como lo reconocen algunos, *“tenemos mucho más que hacer”*. Los niveles de participación de los estudiantes han aumentado significativamente, reflejando una *“cultura colaborativa/ cooperativa enriquecida dentro del estudiantado”*. Ello se ve reflejado en los resultados recientes del CEQ (ver figura 9, 2009 – 2010), y se logró a través de una serie de mecanismos:

- **Recuperar la autonomía del Departamento:** En el año 2008, las disciplinas de Ingeniería Metalúrgica y Química se unieron y formaron un Departamento dentro de la Escuela de Ingeniería, que había crecido. A través de esta ‘separación’, la Ingeniería Química volvió a tener su presupuesto propio y un comité departamental para la enseñanza y aprendizaje. Con ello recuperó su autonomía y tuvo un impacto significativo en la cultura del profesorado. Creó así *“un sentimiento [...] que la Ingeniería Química puede continuar con el espíritu emprendedor que siempre la ha caracterizado”* y recuperar su propia pertenencia y orgullo en la formación de pregrado. De modo significativo, el Departamento fue capaz de instituir su propio comité independiente para la enseñanza y aprendizaje, y el nuevo presidente de este comité dispuso un claro sentido de dirección y compromiso con el currículo.

- **Fuerte liderazgo:** En 2009 fue nombrado un nuevo Jefe de Departamento, quien se comprometió fuertemente con la formación a nivel de pregrado en general y con el 'Currículo centrado en Proyecto' en forma específica. Desde un principio, él envió una señal clara a los profesores que el 'Currículo centrado en Proyecto' había "*retrocedido seriamente en los últimos años*" y que la prioridad estratégica del Departamento era una acción correctiva.
- **Volver a centrarse en los objetivos originales del Currículo centrado en Proyecto:** Después de que la información del CEQ indicara que surgían problemas, las personas que desarrollaron originalmente este currículo "*regresaron al Departamento para explicar por qué y cómo fue diseñado este currículo*". El Jefe de Departamento recién nombrado también estableció una serie de medidas que incluye "*nombrar a mis mejores profesores a dictar los cursos principales y así asegurar que los dotamos adecuadamente*". También centró su atención en los profesores jóvenes, quienes "*no tenían idea de la historia del nuevo currículo, como tampoco la base de su diseño*". Se organizó una serie de talleres para discutir los

objetivos, el enfoque y el impacto del Currículo centrado en Proyecto. La asistencia a estos talleres fue altísima.

- **Revisión perfeccionada y planificación de enfoques:** Se han modificado una serie de procedimientos, incluyendo (i) la creación de planes con una duración de 5 años para equipos docentes, para asegurar que todos los profesores con menos experiencia tengan un mentor, y que sólo los profesores comprometidos dicten cursos dentro del Currículo centrado en Proyecto, (ii) la incorporación de información de los estudiantes se incluye ahora en la evaluación de cada profesor.

El Currículo Centrado en Proyecto ha sido una referencia importante para el cambio en la formación a nivel nacional e internacional, y varios de los líderes originales del programa son ahora personas prominentes en la comunidad que forma ingenieros. El incremento más bien rápido de los resultados del CEQ parece ser un factor clave para la alta aceptación en que se lleva a cabo este programa de reformas en la comunidad de formación en ingeniería.



4.5 Estudio de caso 5: Facultad de Ingeniería y Computación, Universidad de Coventry, Reino Unido

Visión general: El presente estudio de caso describe la adopción en curso del enfoque 'Aprendizaje Basado en Actividades' en todos los Departamentos de la Facultad de Ingeniería y Computación de esta universidad situada en el Reino Unido. El año 2007 comenzó la planificación del cambio, el 2009 se puso en marcha la primera actividad piloto y el 2010 se implementó el cambio en toda la Escuela.

Razones para su selección como estudio de caso: (i) la visión y el impulso del cambio surgieron de la junta directiva de la Escuela, (ii) los cambios serán apoyados por una serie de espacios de aprendizaje innovadores, diseñados para apoyar los enfoques de aprendizaje tradicionales y activos, los cuales se ubicaran en el nuevo edificio de la Escuela que se encuentra actualmente en construcción, (iii) esta reforma se está implementando en ingeniería y otras disciplinas.

Entrevistados: Para la investigación de este estudio de caso se entrevistaron a 19 individuos. Se mantuvieron conversaciones informales y grupos de discusión con 11 estudiantes de la Escuela (en su primer y segundo año de estudios). También se efectuaron entrevistas con 8 participantes de la formación de pregrado de la Escuela (incluidos el Decano, dos Decanos Asociados, una persona de desarrollo docente, un ex Jefe de Departamento y profesores de toda la Escuela)

4.5.1 Contexto e impulsores de los cambios:

Contexto: La Universidad de Coventry es una institución ubicada en el Reino Unido que se fundó el año 1843 bajo el nombre de Universidad de Diseño de Coventry. Corresponde a una de las 35 exuniversidades politécnicas del Reino Unido que el año 1992 obtuvo el estatus de universidad. Tiene una reputación de formación basada en la industria, especialmente en el sector automotriz. La Universidad de Coventry, durante la reciente reestructuración del financiamiento en la educación superior del Reino Unido, decidió optar por una serie de aranceles diferenciales para cada disciplina, en vez de seguir los aranceles universitarios estándares. Esta medida les ofrece a los estudiantes tanto transparencia como rentabilidad.

La Facultad de Ingeniería y Computación (mencionada aquí como la Escuela³) se formó el año 2005, después de la fusión entre la Escuela de Ingeniería, la Escuela de Matemáticas y Ciencias de la Información y el Departamento de Construcción Medioambiental. Esta nueva estructura trajo consigo a un nuevo Decano nombrado externamente y a cuatro Decanos Asociados nombrados internamente, todos provenientes de distintas disciplinas dentro de la Escuela. En total, la Escuela atiende alrededor de 3100 estudiantes de pregrado (a tiempo completo), de los cuales el 35% son alumnos internacionales.

Antes de la reforma, el enfoque de formación de la Escuela era descrito como una *"una mezcla, pero en general muy similar a la de nuestros competidores"*. Aunque hubo varios casos de enfoques pedagógicos inadecuados, también existieron ejemplos de excelencia e innovación, como las experiencias de aprendizaje basado en proyectos ofrecidas por los programas *-Motor Sport*. Durante la década de los años noventa, algunos profesores intentaron incentivar la adopción del aprendizaje basado en proyectos dentro del plan de estudio de ingeniería. Varios individuos que ahora tienen posiciones de liderazgo dentro de la Escuela, incluido uno de los Decanos Asociados, participaron de este esfuerzo. Muchos atribuyeron el fracaso de este esfuerzo de reforma a la falta de apoyo de la junta directiva y de una coordinación con las prioridades estratégicas de la Escuela.

Los profesores apuntan a que el compromiso real y la proximidad con los estudiantes es una fortaleza especial de la Escuela. De las entrevistas con las partes implicadas se concluye que la Escuela acoge a una cohorte de estudiantes muy diversa, tanto en su perfil demográfico como en sus habilidades académicas y niveles de motivación. Proporcionarle programas de formación coherente a esta amplia gama de estudiantes es claramente un desafío, el cual se ha visto intensificado por un aumento reciente en la admisión de estudiantes motivados e inteligentes provenientes de Europa del Este.

Impulsores: Varios factores internos y externos guiaron el esfuerzo de cambio. La junta directiva de la Escuela, recientemente formada, buscaba traer "estabilidad y coherencia" a la oferta de formación dentro de varias disciplinas. La decisión de la Universidad de equipar a toda la Escuela con un edificio nuevo exigió una consideración estratégica sobre los requisitos futuros de los espacios de aprendizaje y, consecuentemente, de los modelos de formación a largo plazo, a ser utilizados en todos los Departamentos. Sin embargo, los impulsores decisivos para el cambio parecen centrarse en la necesidad de mejorar la reputación de la Escuela y aumentar el compromiso de los estudiantes. En particular, responden a preocupaciones sobre: (i) la calidad y cantidad de los alumnos admitidos, (ii) el bajo compromiso y retención de los estudiantes, especialmente durante los primeros 2 años de la carrera y (iii) la empleabilidad de los graduados. A nivel nacional también hubo señales de un probable e importante aumento en el costo de los aranceles de los estudiantes. En un ambiente como éste, donde el mercado se vuelve cada vez más competitivo para los estudiantes, la Escuela vio la posibilidad de cambiarse hacia un aprendizaje 'centrado en el estudiante' y a favor de la empleabilidad para *"marcar la diferencia en un mercado competitivo que está en constante cambio"*.

4.5.2 La visión en la formación y los cambios implementados

Los cambios en la formación de la Escuela se han centrado en la adopción del Aprendizaje Basado en Actividades (ABA), un enfoque centrado en el estudiante que integra: *"descubrimiento dirigido por el estudiante, actividades basadas*

³ En el presente estudio de caso "Escuela" se referirá a la Facultad de Ingeniería y Computación.

en la resolución de problemas y aprendizaje basado en el trabajo” donde “la participación en las actividades guía el aprendizaje”. Se tomó la decisión de desarrollar un nuevo enfoque de formación personalizado que respondiera a la necesidad de mejorar el reclutamiento, la retención y la empleabilidad de los estudiantes, pero que además construyera una reputación de “líder e innovador en la formación de pregrado” a nivel nacional e internacional.

La mayoría de los primeros esfuerzos se ha centrado en el establecimiento de una nueva e intensiva experiencia ABA para todos los estudiantes que entran a la Escuela durante el primer año de estudio, “esto marca las pautas desde un comienzo sobre lo que esperamos de los estudiantes, crear un sentido de esfuerzo y una ética de trabajo”. En casi todos los Departamentos, esta primera actividad ABA se ha realizado a través de la experiencia basada en proyectos. Ésta dura seis semanas y es a tiempo completo. Por ejemplo, en el programa de Sistemas Aeroespaciales, los estudiantes trabajan a través de una secuencia de escenarios basados en la investigación de un accidente aéreo. Después de la implementación de las experiencias de seis semanas el año 2010, los Departamentos están comenzando a integrar las experiencias ABA en otros años del plan de estudio y ofrecerán unos cuantos cursos con base ABA en cada año de estudio desde septiembre del año 2012 en adelante. La Escuela también está forjando una relación estratégica con la industria de ingeniería para establecer un contexto profesional real para el aprendizaje ABA. Recientemente la Escuela ha solicitado financiamiento externo para desarrollar mejor estas colaboraciones, las cuales estarán diseñadas para informar sobre la experiencia de pregrado desde la postulación a los programas, un ejemplo de esto es que “la relevancia y la formación vocacional se potencian desde el comienzo”.

Además del cambio hacia la experiencia ABA, los programas de cambio involucran tres aspectos nuevos y complementarios:

- **Centro de apoyo estudiantil inter-Escuela.** La Escuela estableció recientemente la *Unidad de Enriquecimiento de la Experiencia Estudiantil*, para entregar servicios de apoyo de pares a los estudiantes. Actualmente alrededor de 50 estudiantes de pregrado trabajan como ‘representantes’ dentro de la Unidad; algunas de sus actividades involucran: (i) entregar servicios de primer orden en la Escuela, como ocuparse de la recepción en los Departamentos, (ii) involucrarse en la investigación de formación académica, apoyar proyectos liderados por profesores y (iii) proveer servicios de apoyo para ayudar a los estudiantes a superar problemas académicos y no académicos.
- **Nuevos espacios de aprendizaje:** Un nuevo edificio inter-Escuela abrirá en septiembre del año 2012. La mayoría de los espacios de aprendizaje se diseñara en torno a principios de aprendizaje activo e incorporarán características importantes de algunos de los espacios de aprendizaje de ingeniería más destacados alrededor del mundo.

- **Investigación.** Una parte integral de la visión de formación académica de la Escuela es tener un mejor perfil internacional en el área de investigación con células madre que le permita desarrollar una red de alianzas nacionales e internacionales. La Escuela estableció un grupo de investigación, dirigido por el ex Jefe de Departamento, para promover un enfoque riguroso que desarrolle y evalúe iniciativas de formación, “queremos ser reconocidos como una institución que toma la docencia y el aprendizaje seriamente. Para avanzar hacia la integridad y la credibilidad, tenemos que mostrarle a una revisión de pares rigurosa lo que estamos haciendo”.

4.5.3 Lograr el cambio

La decisión de emprender un programa de cambio fue tomada por la junta directiva de la Escuela el año 2007, aunque el contenido de los nuevos enfoques se mantuvo intencionalmente abierto durante esta etapa. Tiempo después, la universidad asignó fondos de alrededor de 55 millones de libras para construir un nuevo edificio para la Escuela, lugar en que residirá un porcentaje importante de sus espacios de aprendizaje, complejos de investigación y oficinas para los profesores. Como una forma de demarcar el campo de acción de este nuevo edificio, los cuatro Decanos Asociados visitaron alrededor de 15 universidades nacionales e internacionales para evaluar algunos de los espacios de aprendizaje más innovadores alrededor del mundo. Varios de los espacios de aprendizaje eran flexibles, estaban diseñados cuidadosamente y creados para acomodar el aprendizaje de ingeniería centrado en los estudiantes, a través de pedagogías como el Aprendizaje Basado en Problemas. Ser testigos de estos enfoques de formación, en el contexto del diseño de un nuevo edificio, “nos forzó [junta directiva] a pensar sobre la manera en que íbamos a enseñar a los estudiantes durante los próximos 40-50 años”. Esto provocó un mayor análisis del enfoque de formación de ingeniería en la Escuela. El enfoque de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) que se observó en la Universidad de Aalborg en Dinamarca parece haber sido particularmente influyente, “éste fue el primer indicio que nos dio la confianza de que realmente podíamos hacer algo nuevo”. Los ejercicios de evaluación comparativa también ayudaron a modelar la visión definitiva que se adoptó en Coventry, “vieron ejemplos de ABP en la práctica y quedaron absolutamente convencidos de que la [Escuela] necesitaba algo mucho más amplio... algo que tomara los principios de ABP... [pero que también] reflejara el ejercicio profesional y que ayudara a preparar a los estudiantes para los posibles papeles en la industria”.

Poco después de regresar de estas visitas internacionales, el Decano y los Decanos Asociados realizaron una serie de presentaciones a la junta directiva de la universidad, en la que incluyeron el proceso de evaluación comparativa y su propia visión del enfoque de formación educativa y de los espacios de aprendizaje dentro del nuevo edificio. Estas presentaciones parecen haber sido un factor decisivo en asegurar el apoyo de la universidad hacia la reforma en la formación de ingeniería. Este apoyo le otorgó a la Escuela la habilidad de “influir enormemente el diseño del nuevo edificio”. Además, ayudó a disipar las preocupaciones de los

profesores que consideraban que la reforma no iba a ser apoyada a nivel institucional, una inquietud incitada por la percepción de que el área de investigación era la prioridad estratégica de la universidad.

En noviembre del año 2007, se realizó una reunión con la junta directiva de la Escuela y con los representantes de cada Departamento. Esta reunión buscaba señalar el cambio de formación y establecer una definición más detallada del enfoque ABA. Durante los próximos 6 meses, la junta directiva de la Escuela clarificó aún más su definición de ABA y se enfocó en cómo este enfoque de formación podía implementarse durante las primeras 6 semanas de estudio. Durante este período, los Decanos Asociados también asistieron a varias reuniones de personal para conversar sobre el fundamento del enfoque ABA y cómo podía ser implementado en el currículo.

En julio del 2008, la Escuela sostuvo una reunión con todos los profesores, la junta directiva y el personal profesional para conversar sobre el futuro del enfoque de formación de la Escuela. Las conversaciones se centraron en los requisitos para el espacio de docencia del nuevo edificio y los tipos de actividades que podían ser adecuadas para la implementación en las primeras 6 semanas. Dos meses después, el primer piloto de la 'experiencia de 6 semanas' se implementó en Ingeniería Mecánica y Automotriz. Las encuestas de los estudiantes previas y posteriores a esta experiencia indicaron mejores niveles de satisfacción y desempeño en los estudiantes.

En enero del 2009, el Decano y los Decanos Asociados le pidieron a todos los Jefes de Departamento que implementaran la experiencia ABA de seis semanas al comienzo del primer año del currículo en el siguiente año académico. Aunque la estructura y el enfoque general de este curso se decretaron a nivel de Escuela, *"a los Departamentos se les dio flexibilidad en la forma en que se debía lograr"*. Para apoyar este cambio, se contrató a 30 ayudantes nuevos en toda la Escuela. Estos individuos eran "jóvenes entusiastas y muy inteligentes" y, al parecer, asumieron la responsabilidad de implementar la primera ola de experiencias ABA. En septiembre del 2009, todos los Departamentos implementaron la experiencia y el año 2010 estos modelos se volvieron a modificar y desarrollar para el nuevo proceso de admisión de alumnos. Algunos Departamentos también aprovecharon esta oportunidad para reestructurar otros elementos del currículo alrededor de la experiencia ABA. A la fecha, fuera de la experiencia obligatoria de 6 semanas, los niveles de implementación de ABA varían dependiendo del Departamento.

Desde septiembre del año 2011, a todos los Departamentos se les pidió que implementaran un mínimo de créditos académicos que estuvieran basados en el enfoque ABA en cada año de estudio, lo que suma un 25% de créditos el primer y segundo año y más de un 40% el tercer año. Las decisiones de cómo y dónde se implementarían los cambios debían tomarlas los Departamentos. Se han nombrado 30 ayudantes adicionales para ayudar con estos cambios.

Muchas personas consideran que septiembre del 2011 será el mes en que *"ABA pasará de las manos de la Escuela a cargo de los Departamentos"*. Sin embargo, los cambios en curso de los Departamentos continuarán siendo apoyado a nivel de Escuela por: (i) el ex Jefe de Departamento de Construcción

Medioambiental, cuyo nuevo papel es apoyar el cambio dentro de los Departamentos, desarrollar la capacidad de investigación de la Escuela y mejorar su perfil de formación externo, (ii) una persona de docencia inter-Escuela encargada de las evaluaciones de los programas de reforma, (iii) un nuevo grupo de Aprendizaje, Enseñanza y Evaluación, para divulgar los ejercicios de formación dentro de la Escuela y (iv) reuniones anuales de enseñanza y aprendizaje para todos los profesores y la junta directiva. El nuevo edificio abrirá el año 2012 y la mayoría de los cursos en campus será realizada en este espacio. Durante el 2012 y 2013 la Escuela será la anfitriona de varias conferencias nacionales e internacionales sobre la formación de ingeniería en el nuevo edificio.

4.5.4 Factores fundamentales en un cambio exitoso

La reforma en la Escuela es todavía un proceso en curso. Existe una clara diferencia entre los diferentes Departamentos en relación con la extensión y el impacto de los cambios. Sin embargo, existen indicadores buenos y claros del cambio exitoso. Estos tres factores parecen haber sido decisivos:

- Un compromiso firme de parte de los profesores hacia las metas fundamentales de la reforma.
- Un gran compromiso y una buena dirección por parte de la junta directiva de la Escuela con el programa de reforma y el reconocimiento por parte de los profesores de que el cambio está guiado por un compromiso real de mejorar la formación.
- Un "sentimiento de optimismo" generalizado en el nuevo tipo de formación que parece situar a la Escuela en una posición más segura para el futuro.

Cada uno de estos elementos se discute a continuación.

El apoyo de los profesores hacia las metas fundamentales de la reforma. Es impresionante el apoyo de los profesores a las metas centrales de ABA: mejorar la satisfacción, retención y empleabilidad estudiantil. La gran mayoría acepta que alguna forma de cambio sistémico era necesario y que el diseño de ABA respondía a varios problemas importantes. A pesar de que no todos los profesores consideran que el modelo ABA es la solución más apropiada, el gran apoyo a los impulsores fundamentales parece haber debilitado la resistencia al cambio y haber jugado un papel decisivo en unificar el apoyo de la mayoría de los Departamentos.

El compromiso de la junta directiva de la Escuela: El proceso de cambio lo originó y lideró un equipo de la junta directiva con un profundo y genuino compromiso por mejorar la formación de ingeniería. Este equipo asumió un enfoque muy práctico y le ha dedicado en los últimos 5 años una cantidad importante de tiempo al cambio. Dicho equipo realizó evaluaciones comparativas, desarrolló el nuevo enfoque de formación, se comunicó con los Jefes de Departamento, profesores y estudiantes, coordinó y evaluó el esfuerzo de cambio y difundió los resultados a nivel nacional e internacional. Las primeras etapas del proceso fueron conducidas por los Decanos Asociados, quienes con su cooperación mutua reforzaron la visión y el propósito común para el cambio radical, *"este fue un proceso extraordinario"*.

Cuando nos juntamos los cuatro veníamos de lugares muy distintos, pero nos hicimos muy cercanos. Este compromiso real ha sido claramente reconocido por los profesores, quienes se dieron cuenta que no existía ningún “propósito oculto” y, a su vez, que era poco probable que el mandato de cambio disminuyera. Los Decanos Asociados también eran muy reconocidos en la Escuela, cada uno proveniente de distintos Departamentos y con una gran reputación por el compromiso docente. Tanto el Decano como los Decanos Asociados ven en este enfoque el único atractivo de venta de la Escuela, algo que los diferenciará del resto de sus competidores cuando el año 2012 aumenten los aranceles en el Reino Unido. La reforma también disfruta del gran apoyo de la junta directiva de la universidad.

Una nueva marca: Un sentimiento de optimismo generalizado es evidente entre varios de los profesores, que piensan que *“actualmente la calidad de nuestra enseñanza no se ve reflejada en las tablas de las mejores universidades del Reino Unido”* y que las reformas ABA probablemente mejoren el perfil nacional e internacional de la Escuela, especialmente cuando los alumnos comiencen a graduarse de los programas reformados. Incluso entre aquellos que tienen sus dudas sobre el enfoque ABA, existe un reconocimiento que *“es probable que el enfoque cambie nuestra reputación para mejor”*

Debido al aumento de los aranceles en el Reino Unido, muchos ven las reformas ABA como una forma de situar a la Escuela en una posición más fuerte y segura dentro de un contexto de creciente competencia entre universidades. Los entrevistados pusieron mucho énfasis en el anticipado impacto que tendrá el nuevo edificio y varios creen que la inauguración de este espacio provocará el establecimiento de una comunidad sólida dentro de la Escuela, también ven su apertura como una oportunidad para ampliar el perfil a nivel nacional e internacional.

4.5.5 Desafíos en el proceso de cambio

La visión y el ímpetu de las reformas ABA surgieron de la junta directiva de la Escuela. El desafío más importante en el proceso de cambio es traducir este compromiso en las prioridades estratégicas de cada Departamento. Como indicó el Decano, *“puedes crear varias estrategias, pero, al final, no significa nada si los académicos no se lo creen... Siempre tenemos que mantener el enfoque en el personal que enseña ABA y en los estudiantes”*. La primera etapa decisiva fue *“lograr que el Jefe de Departamento estuviera a bordo”*. Aunque todos los Jefes de Departamento se comprometieron a implementar los cambios ABA, no hubo un consentimiento total. Aquellas materias que no están relacionadas con las disciplinas de la ingeniería, en particular matemáticas, fueron reacias sobre la aplicabilidad universal del enfoque ABA, *“enseñar matemáticas es completamente distinto a enseñar ingeniería o ciencias de la computación. La mayoría de los estudiantes que eligen estudiar una carrera de matemáticas lo hacen porque quieren aprender matemáticas de la misma manera que les enseñaron en la escuela, por lo que no responden bien al enfoque ABA”*. Además, varios profesores están preocupados por las respuestas de los alumnos internacionales y/o de los alumnos con rendimientos académicos bajos dentro de un ambiente ABA.

Desde el comienzo, el mensaje de la junta directa de la Escuela fue claro, la incorporación de ABA al plan de

estudios era necesaria, pero los Departamentos tendrían la libertad de decidir cómo se llevaría a cabo. Las reacciones de los profesores se pueden clasificar en dos grupos. Para algunos, los cambios y la flexibilidad se percibieron como *“una oportunidad real de hacer algo interesante”*, lo que ha conllevado a cambios importantes, por sobre los elementos obligatorios. Sin embargo, otros vieron esta posición como un ‘dictamen’ y estaban frustrados por la falta de claridad que existía sobre cómo dichas experiencias podían ser diseñadas e implementadas en la práctica. Este problema parece ser más grave en materias no relacionadas a la ingeniería, particularmente matemáticas. También existe una molestia en relación al hecho de que las evaluaciones comparativas no se realizaron en base a universidades competidoras del Reino Unido; sino que instituciones internacionales con estructuras de formación, admisión de estudiantes y niveles de recursos distintos, *“no sabemos qué están haciendo nuestros competidores; el análisis real todavía no se realiza. Los Decanos Asociados investigaron lo que estaba pasando alrededor del mundo y todo se ha basado en lo que encontraron. Solamente visitaron Australia y Estados Unidos, y asumieron que el modelo era transferible”*. Algunos profesores estaban particularmente preocupados por la aplicabilidad en la Escuela de modelos de formación desarrollados en instituciones como la Universidad de Aalborg. Internamente, los mensajes que describen ABA como un enfoque *“único”* y uno que *“pondrá a Coventry en el mapa”* parecen ser más efectivos para conseguir el apoyo de los profesores que aquellos que sugieren que ABA deriva de un ejercicio efectivo adoptado en otro lugar.

Durante las primeras etapas de implementación de las ‘experiencias de 6 semanas’ las preocupaciones de los profesores se centraron en las factibilidades de la operación ABA, tales como: la disponibilidad de espacios para la enseñanza de ABA, cómo integrar a los estudiantes que comienzan atrasados a la ‘experiencia de 6 semanas’ y cómo aplicar ABA en cohortes grandes. Aunque algunos profesores sienten que la junta directiva de la Escuela se demoró en responder a estos problemas, parece que cada uno de ellos fue resuelto, con *“concesiones de ambas partes”*.

Varios entrevistados comentaron sobre el visible conflicto entre la prioridad institucional que se le entrega a la investigación y el incentivo al cambio en la formación a nivel de Escuela. A varios profesores les gustaría que la Escuela tuviera un papel más formal en la promoción de innovación/excelencia en la formación, *“el 80% de nuestros ingresos provienen de la docencia; sin embargo, pocas personas son ascendidas por su enseñanza de excelencia. Esto es una gran debilidad del enfoque de la Escuela en la docencia. Las cosas realmente cambiarían si viéramos más ascensos. La Universidad le está pidiendo a todos que traigan dinero para la investigación, pero la investigación no paga”*. Quizás es por esta razón que la responsabilidad de implementar las reformas ABA ha caído en las manos de un grupo pequeño de personas, alrededor del 10% de los profesores. Varios de ellos describen la experiencia como *“cansadora”* y existe la preocupación, en cada Departamento, acerca de quién llevará a cabo la próxima ola de implementaciones en el período académico 2011/2012.

La apertura del edificio nuevo será un factor determinante en el éxito general del esfuerzo de la reforma. A la fecha, la mayoría de los cursos basados en ABA se han implementado dentro de espacios inapropiados e inflexibles. Si bien el

edificio nuevo debería solucionar estos problemas, los profesores están preocupados, ya que no saben si los nuevos espacios para la docencia son adecuados y si acomodarán la variedad de formas de enseñanza utilizadas dentro de la Escuela.

4.5.6 El impacto de los cambios

Una opinión común tanto en los profesores como en los estudiantes fue la escala del cambio llevado a cabo en la Escuela. Los representantes de casi todos los Departamentos informaron que la escala de la reforma había sido significativa y coherente con sus programas de primer año. En el contexto del Reino Unido, es poco usual encontrar un cambio genuino y amplio en una Escuela de este tamaño. Dada la magnitud del cambio realizado, lo más llamativo es la evaluación positiva que hicieron los profesores de la estrategia ABA. En general, se estima que alrededor de 40% a 50% de los profesores apoya la implementación del enfoque ABA, aunque claramente en algunos Departamentos existen focos donde el nivel de apoyo es mucho menor. Los niveles de apoyo parecen estar aumentando, ya que *“la gente está comenzando a ver los logros de los estudiantes [debido al cambio en curso]”*. La mayoría de los profesores menos entusiasmados por su experiencia con el enfoque ABA, observaron beneficios positivos en términos de compromiso estudiantil, fortalecimiento de la comunidad y desarrollo de las habilidades personales y profesionales, *“... socialmente, es perfecto. Logra que trabajen desde el primer día y marca la pauta de lo que esperamos de ellos para el resto del curso”*. En general, aquellos Departamentos o grupos de subdepartamentos semiautónomos que apoyan fuertemente el modelo ABA informan mucho más impactos positivos por los cambios implementados a la fecha.

También se recopiló la opinión informal de los estudiantes acerca de todos los cursos nuevos de ABA implementados el primer año. En general, la opinión fue muy positiva, casi todos los estudiantes parecen tener una comprensión coherente de la estructura y de los beneficios deseados del enfoque centrado en el estudiante. Además casi todos mencionaron los altos niveles de compromiso y motivación entre el cuerpo estudiantil durante estas actividades.

Aunque es demasiado temprano para determinar si las reformas ABA fueron exitosas, las primeras evaluaciones de las experiencias de 6 semanas demuestran un fuerte apoyo estudiantil al enfoque ABA. Por ejemplo, el 74% de los estudiantes que participaron en los cursos ABA informaron que *“les gustaría ver más de este enfoque”* en el resto del currículo.

4.5.7 La sustentabilidad del cambio

Probablemente el desafío más importante al momento de sustentar los cambios ABA será mantener el impulso y la coherencia de las reformas en una Escuela tan grande y diversa. Alrededor del 50% de los profesores del Departamento y la junta directiva de la Escuela ahora perciben ABA como *“parte de la cultura”*, donde *“ya no se puede retroceder”* de los cambios más importantes implementados. Para los Departamentos menos comprometidos con el enfoque ABA, en particular, aquellas materias fuera del área de ingeniería, es probable que sólo se implementen y sustenten dentro del currículo los cambios que son obligatorios. Muchos sienten que la prueba irrevocable de los cambios en la formación vendrá cuando el edificio nuevo abra en septiembre del año 2012. *“El edificio hará una gran diferencia, entregará los espacios de aprendizaje para las experiencias ABA, fortalecerá y unificará la [Escuela], pero también subirá el perfil de lo que intentamos lograr”*.

Las reformas ABA han sido implementadas durante un período de importantes cambios y de gran incertidumbre en la educación superior del Reino Unido. En particular, existe la preocupación de que el aumento de los aranceles resultará en una caída importante en la cantidad de estudiantes que se inscriban en la Escuela durante el período 2012/2013 y posiblemente en los años académicos subsiguientes. Igual que muchas universidades en el Reino Unido, la atención de la junta directiva se ha centrado en el posible impacto financiero del nuevo régimen de financiamiento. Aunque quizás esto haya causado algún retraso en la implementación de las reformas de formación, el constante cambio en los mercados de educación superior parecen haber fortalecido el propósito de asegurar que la Escuela esté entregando una formación distintiva y de alta calidad, *“[el aumento de] los aranceles va a ser un período difícil y la cantidad de estudiantes va a caer drásticamente. Pero tenemos algo que está bien diseñado, que es único. Tenemos una nueva infraestructura a nivel mundial y ahora estamos bien ubicados para el futuro”*.



4.6 Estudio de caso 6: Learning Factory, Escuela de Ingeniería, Universidad estatal de Pensilvania, EE.UU.

(Nota del traductor: *Learning Factory*: es una integración en el currículo que reconoce la necesidad de hacer interactuar aspectos intelectuales con sus correspondientes actividades, como una estrategia para fijar el conocimiento y la práctica de la ingeniería en las mentes de los estudiantes. Aparece traducido como “Fábrica de aprendizaje”).

Visión general: El “*Learning Factory*” se constituyó por primera vez en 1995 y ofrece experiencias prácticas en ingeniería. La actividad principal del “*Learning Factory*” es la ‘piedra angular’ del proyecto de diseño: una actividad en equipo de un semestre y al final del año, en la cual los estudiantes tienen la tarea de solucionar problemas reales de ingeniería asignados por los mentores de la industria y deben desarrollar sus soluciones en un taller creado a propósito en el campus (de la universidad). Este programa diseñado es el aspecto central de este estudio de caso.

Razones para su selección como estudio de caso: se estableció esta iniciativa altamente considerada, siguiendo la fórmula de un premio externo significativo, (ii) ha continuado, a pesar de una serie de desafíos, expandiéndose más allá de sus 16 años de historia, y ahora se relaciona con alrededor de la mitad de los estudiantes del último año dentro de la Escuela de Ingeniería, y (iii) se impulsa esta iniciativa por medio de una red de colaboraciones a nivel de industria en forma efectiva.

Quien fue entrevistado: a 49 personas se les consultó con respecto a la investigación del estudio de caso. Con 17 personas se llevaron a cabo entrevistas formales, incluido los creadores del ‘*Learning Factory*’, con el primer director y consejo superior, quienes apoyaron el programa original para el financiamiento externo y los actuales sostenedores para el “*Learning Factory*” (incluyendo a su actual director, Jefe de Taller, Decano de la Escuela, al Vice-Decano para Asuntos Académicos de la Escuela, a los Directores relacionados con los ex alumnos y las corporaciones a nivel de Escuela y Universidad, al Vicepresidente de la Universidad y al Decano para la formación de pregrado, Jefes de Departamento y profesores de la Escuela, Jefes de Departamentos y profesores en la Escuela y al Director del Centro de Leonhard para el Perfeccionamiento de la formación de los ingenieros). Hubo conversaciones informales y sesiones de grupos focales con un grupo que participó en los proyectos de ‘*Learning Factory*’ en otoño 2011, incluyendo 8 personas de pregrado, 6 profesores y 18 patrocinadores de la industria.

4.6.1 Contexto e impulsores para el cambio

Contexto: La Universidad Estatal de Pensilvania es una ‘Universidad por Concesión de Tierras’ (del inglés: ‘*land-grant University*’) pública y grande, que se distingue por ser una “*universidad centrada en la investigación de los estudiantes*”. Varios entrevistados la describieron como una universidad con una historia de trabajadores en profesiones de baja remuneración y de trabajo manual (trabajadores de cuello azul), con un enfoque práctico tanto en la investigación como en la enseñanza. Esta universidad se caracteriza por tener menos “*mentalidad tipo silo (= redundancias, comunicación pobre, falta de confianza) que muchas otras universidades... [con] Departamentos que quieren trabajar en conjunto*”. Los estudiantes se caracterizan por ser muy variados, tanto en sus habilidades académicas como en sus aspiraciones profesionales. “*Nuestra responsabilidad es formar estudiantes de todo el estado en forma muy seria, por lo que tenemos una gran variedad*”.

Dentro de la Facultad de Ingeniería (denominado aquí como Escuela (para los propósitos de este estudio de caso y su consistencia en este informe, ‘Escuela’ se refiere a *College of Engineering*) se evidencia una cultura de larga data con respecto a la “*formación de ingenieros*”. De hecho, cuatro presidente anteriores de la Sociedad Americana para la Formación de Ingenieros (del inglés: *American Society for Engineering Education – ASEE*) provienen de esta Escuela, incluyendo al actual Decano y Vice-Decano para Asuntos Académicos. El Decano ha reforzado el espíritu y ha enviado un mensaje claro a la Escuela que la calidad en la formación es una prioridad estratégica que será reconocida. Tal como lo comentó un Jefe de Departamento “*el Decano es clave para promover la formación. Él toma la enseñanza muy en serio. Cuando le hablo, tenemos una conversación*

muy equilibrada entre enseñanza e investigación... , no sólo tomamos la enseñanza por sentado para ascensos y contratación fija (jornada completa)”. La Escuela cuenta también con una larga historia en su trabajo en conjunto con la industria relacionada con la ingeniería. Por ejemplo, a mediados de los ochenta, el Departamento de Ingeniería Industrial y de Manufactura obtuvo financiamiento a través de la ‘Cooperación de Tecnología Ben Franklin’ para crear cooperaciones estratégicas de investigación con las industrias manufactureras locales. La cooperación estableció más de 50 proyectos nuevos dando así la oportunidad a los profesores y estudiantes graduados “*relacionarse con situaciones de la vida real y prácticas de la ingeniería*”. Sin embargo, durante este período y a pesar de las considerables conexiones con la industria en el ámbito de la investigación, el plan de estudio de pregrado continuó siendo fundamentalmente teórico y “*mayormente con un formato de clases en forma de conferencia por parte del profesor*”.

Durante 5 años antes de la creación del *Learning Factory* se establecieron una serie de iniciativas de alto perfil en la formación de ingenieros dentro de la Escuela. En el año 1990, La Universidad Estatal de Pensilvania fue parte de un consorcio de siete universidades que obtuvo una de las primeras ayudas económicas de la Asociación Formadora en Ingeniería (ECSEL, del inglés) de la Fundación Nacional de Ciencias (NSF) para conformar la “*Coalición ECSEL*. La distinción mejoró el status en la formación de ingeniería entre los profesores como una actividad que podría atraer financiamiento externo significativo y de prestigio. “*La Asociación ECSEL fue la base para que las innovaciones en la formación fueran importantes y, por ende, apoyadas por el gobierno federal*”. La Escuela estableció en los años siguientes a la obtención de esta distinción dos nuevas

iniciativas financiadas externamente: *El Centro Leonhard para el incremento de la formación en ingeniería y el Programa de diseño de ingeniería*, ambos para avanzar en los conocimientos en la formación de ingeniería y mejorar la experiencia de aprendizaje en el estudiante.

Impulsores: El impulsor principal para establecer el *Learning Factory* fue el hecho de disponer de un financiamiento externo suficiente. En 1993, el ARPA (*Advanced Research Projects Administration* - Dirección de Proyectos de Investigación Avanzada) conjuntamente con la NSF pusieron en marcha un *Programa de Reinversión Tecnológica*, para ofrecer ayuda económica para la "formación y capacitación manufacturera". En respuesta a este anuncio, los creadores del *Learning Factory* formaron una asociación con tres instituciones-socios (Los miembros integrantes de la *Asociación para la formación en ingeniería de Manufactura -MEEP-* fueron la *Universidad Estatal de Pensilvania*, la *Universidad de Puerto Rico*, la *Universidad de Washington* y los *Laboratorios Nacionales Sandia*) y licitaron alrededor de \$2.75 m de dólares. Una parte principal de este financiamiento fue aportado por la Escuela y los socios de la industria.

Aunque los entrevistados de este estudio tenían claro que el concepto de *Learning Factory* fue desarrollado en relación directa a la fuente de financiamiento recientemente creada, otros factores conformaron su diseño y su enfoque. La Asociación ESCEL trabajó en forma exitosa para incluir experiencias de diseño en el plan de estudio de los primeros años. Sin embargo, el tercer y cuarto año se mantuvieron prácticamente inalterados, y, para algunos, se habían convertido en "algo monótono, indiferente para los estudiantes y poca memorización". A comienzo de los años noventa se reconoció en forma creciente, que existía una brecha entre las competencias, las experiencias y las actitudes en los ingenieros graduados y los deseados por la industria. En este sentido, el grupo que creó el *Learning Factory* fue especialmente influido por una lista de "atributos deseados de un ingeniero", elaborado en 1993 por Boeing (ver: <http://www.boeing.com/educationrelations/attributes.html>) y trató de proveer a los estudiantes con una experiencia práctica auténtica, la que "inyectó algo de vida en el plan de estudio".

4.6.2 Visión educacional y cambios introducidos

El *Learning Factory* se describe como una "colaboración entre la industria y la universidad para formar ingenieros de prestigio mundial, integrando realidades de diseño, fabricación y de negocio en el plan de estudio". El objetivo es enfrentar a los estudiantes a desafíos en la ingeniería que implican "un cliente real y un problema real"; y que trabajen con ingenieros profesionales y adquieran experiencia práctica, desarrollando prototipos físicos de sus ideas. El *Learning Factory* ofrece un espacio de tipo taller dedicado en la universidad, al cual pueden acceder los estudiantes hasta las 22 horas en día laboral. Su actividad principal es la 'piedra angular' en el diseño de proyectos, una actividad en equipo de trabajo que se realiza el último semestre.

Al inicio de cada semestre se invita a un grupo de las industrias para identificar un problema actual relacionado con su actividad principal. Este se ofrece como un proyecto con un grupo de 4 a 5 estudiantes. La empresa también ofrece un mentor para cada proyecto, quien supervisa y ayuda en las actividades del grupo, además de una pequeña ayuda para el proyecto y los gastos generales.

Los estudiantes, profesores y los patrocinadores de las empresas participan en una reunión de inicio, en la cual se presentan todos los proyectos, y se ofrece la oportunidad para discutir las propuestas con más detalles con la empresa patrocinadora. Los estudiantes eligen un proyecto, se asigna a un equipo de trabajo de acuerdo a sus preferencias y a las necesidades de acuerdo a las disciplinas del proyecto. Luego, durante las 14 semanas que dura el proyecto, cada integrante del equipo le dedicará 10 a 15 horas semanales. Además del proyecto y del desarrollo del prototipo, los equipos de trabajo se reunirán con los profesores supervisores semanalmente y se comunican en persona o a la distancia con sus mentores de la empresa quincenalmente. Cuando termina el semestre los equipos de trabajos estudiantiles presentan el proyecto terminado en una presentación, a la cual asisten los socios de la industria.

4.6.3 Lograr el cambio

El catalizador para crear el *Learning Factory* aseguró financiamiento externo del ARPA de \$2.75 millones entre los años 1994 y 1997. Esta adjudicación estableció un perfil altamente visible, tanto a nivel nacional como internacional. Tal como lo comentaba el Jefe de Ingeniería Industrial y de Manufactura: "ésta fue la subvención más grande que jamás haya obtenido mi Departamento. No dio realmente credibilidad". Para algunos, este financiamiento jugó un rol incalculable, permitiendo a los profesores "dar un paso atrás" y volver a reevaluar la disposición existente en el pregrado. "Ya éramos muy conocidos. No hubo mucha motivación para el cambio... el dinero motivó a los profesores a involucrarse".

Se llevaron a cabo algunas evaluaciones comparativas de enfoques existentes relacionados con la formación práctica en relación a la industria. Las instituciones investigadas fueron todas de los Estados Unidos e incluyeron a la Universidad de Nueva México, al Instituto Politécnico de Worcester y a Harvey Mudd. El equipo fundador no averiguó acerca de evidencias de formación, "se sintió bien. No se necesita investigar para que se diga eso". Ellos se habían interesado en conversaciones relacionadas con el aprendizaje activo dentro de la comunidad formadora de ingenieros. Interactuar con las instituciones pares (una vez que terminó el financiamiento de ARPA/NSF en 1989/1999, los *Learning Factories* en las tres instituciones pronto cerraron, dejando ningún vestigio al respecto en los campos universitarios) fue claramente una fuerza energizante al inicio de los *Learning Factories*. "El colaborar con aquellas Escuelas ayudó a todos, en la medida que éramos capaces de ver lo común en la formación de ingeniería. Nos percatamos que el 'Learning Factory' era aplicable en todo el mundo".

En 1995, el desarrollo temprano del *Learning Factory* fue dirigido por dos defensores altamente comprometidos y bien considerados de dos Departamentos: un Profesor Asistente de Ingeniería Mecánica, quien contribuyó con la "visión y energía" para la iniciativa, y el Jefe de Ingeniería Industrial y de Manufactura, quien "puso a todos bajo presión y los obligó a actuar".

La subvención original de ARPA/NSF fue creada para imbuir cada año el plan de estudio con actividades de enseñanza y aprendizaje basadas en la práctica. Sin embargo, dado que "hubo mucha resistencia de parte de los profesores con respecto a la enseñanza activa", ello "nunca tuvo efecto en el plan de estudio". En cambio, los creadores del *Learning*

Factory centraron su atención a las “clases de gran impacto”, principalmente al proyecto de diseño de culminación. A pesar de que algunos cursos del Learning Factory continúan (tal como el curso a nivel de Escuela *Introducción al Diseño en Ingeniería*, o el curso secundario opcional *Realización de Productos*), para casi todos los entrevistados, el Learning Factory es sinónimo del programa de diseño culminante.

Los proyectos culminantes se apoyaron en una red de socios de la industria. El Jefe del Departamento de Ingeniería Civil y de Manufactura lideró esta red para desarrollarla, y ciertamente fue ventajoso que la persona que medió en las alianzas al principio, era “una persona con autoridad, que sabía muy bien de lo que estaba tratando de hacer”. Junto con la red de socios se creó un Comité Asesor, con mayormente ex alumnos de la Universidad Estatal de Pensilvania, lo que se transformó en una fuerza impulsora fundamental para la dirección y energía del Learning Factory. En los años 1995 – 1996 el Learning Factory ofreció seis proyectos importantes. A partir de ello, y en los 10 años siguientes, creció en forma constante el Learning Factory dentro de los dos Departamentos anfitriones de Ingeniería Mecánica e Ingeniería Industrial y de Manufactura. Los adherentes del Learning Factory le dedicaron un esfuerzo significativo, especialmente su Director, para así asegurar un “flujo constante de proyectos relacionados a la industria”.

Actualmente el Learning Factory está siendo dirigido por un equipo de tres personas (un Director con tiempo parcial, un Jefe y un Asistente de los talleres con tiempo completo) conjuntamente con un Asistente de Docencia de pregrado. Trabajan con financiamiento externo de \$50 a 100k cada año. Las donaciones provenientes de las empresas para cada proyecto en equipo (generalmente \$3k, con aumento a \$3,5k cuando se requiera confidencialidad) cubren la mayoría de los costos operacionales básicos, tales como eventos, materiales y suministros para los equipos. Se ha utilizado financiamiento externo adicional para desarrollar y mantener el espacio para el taller del Learning Factory.

4.6.4 Factores críticos para el cambio con éxito

Hay una variedad de factores que han contribuido a la creación y continuidad exitosa del Learning Factory. La Escuela en su conjunto tiene una cultura no típica para priorizar la formación de pregrado y apoyar el enfoque práctico a la ingeniería. El Decano actual, el Vice Decano y una cantidad de Jefes de Departamento han jugado un rol importante para defender y proteger el Learning Factory durante las etapas de su desarrollo como también asegurar el financiamiento necesario para la actividad. Por cierto, una cantidad de entrevistados señaló que “ha habido en cada año un Decano en todos los eventos del Learning Factory. Esto es un mensaje claro”. Los dos Directores del Learning Factory, que son profesores, han sido muy efectivos; el primero implementando esta actividad nueva y el segundo ampliando el modelo a través de la Escuela.

Sin embargo, tal vez los resultados más importantes de las entrevistas y observaciones fueron los niveles de entusiasmo genuino y dedicación al Learning Factory por parte de todos los involucrados. Casi todos los entrevistados caracterizaron la iniciativa como “un aporte para todos”; los estudiantes amplían sus capacidades en la ingeniería y consiguen acceso a sus empleadores potenciales; los profesores pueden proveer proyectos importantes beneficiosos y comprometedores, sin

dedicarle mucho tiempo y costo; la Escuela gana en prestigio al auspiciar iniciativas innovativas en la formación y luego cultiva sus relaciones con la industria; los auspiciadores de las empresas mejoran su perfil entre los graduados de la Universidad de Pensilvania y se benefician de los conocimientos nuevos y frescos en relación a los temas actuales. No solamente los sostenedores tienen la sensación que se están beneficiando con esta participación, la mayoría ve al Learning Factory como la mejor forma para obtener estos resultados.

Al respaldar esta estimación positiva del Learning Factory hay cuatro factores más bien críticos con respecto a su éxito:

1. Un financiamiento externo constante y significativo;
2. Su situación y enfoque curricular;
3. El nivel generado por el compromiso estudiantil;
4. Una red de personas (socios) altamente comprometidas con la industria.

Financiamiento externo: El Learning Factory se creó a raíz de una inyección muy significativa de financiamiento externo. Este financiamiento conllevó a un prestigio importante, un perfil nacional y un sentimiento de “que nos estaban observando y no podíamos fallar”. Más importante aún, el financiamiento aseguró que los recursos existentes a nivel de Escuela y Departamento no se comprometieron con el desarrollo del Learning Factory: el financiamiento permitió que operara “además de” en vez “en lugar de” otras prioridades de la Escuela, por lo que “no se le pisó a nadie los dedos del pie”. Como una “actividad independiente de los profesores” hubo relativamente poca resistencia. Para todos los entrevistados quedó claro, que no se podía haber creado el Learning Learning sin una ayuda inicial. Sin embargo, su funcionamiento ha estado supeditado a donaciones anuales de las empresas, como por ejemplo, el premio Gordon recibido en 2006. Para poder continuar recibiendo tales financiamientos externos, el Learning Factory debe continuar proveyendo un enfoque en la formación “de vanguardia” y un modelo valorado por la industria de la ingeniería en los Estados Unidos. La habilidad del Learning Factory, para adaptarse a las necesidades cambiantes tanto de los estudiantes como de la industria particularmente en estos últimos años, ha sido un esfuerzo clave y ha asegurado su continuidad.

Posición y enfoque curricular: La posición y el enfoque curricular del Learning Factory minimizaron la resistencia activa de los profesores. Fue creado poco antes del sistema nuevo de acreditación válido en los Estados Unidos, el cual exigía que los programas de ingeniería ofrecieran proyectos de diseño importantes basados en equipos de trabajo y experiencias interdisciplinarias. Incluso entre los profesores que no apoyan plenamente el concepto, el “Learning Factory es una manera fácil de comprobar esa “caja ABET” (del inglés: ABET box; ABET= agencia acreditadora de programas universitarios), la cual se habría creado en otro lugar en el currículo. Además, el Learning Factory tiene una posición relativamente autónoma en el currículo, como un “curso terminal de poca dependencia”, y por consiguiente no influye en forma significativa en otras actividades de docencia dentro de los Departamentos. No es una ‘obligación’ para un profesor, que no lo desea, participar en un Learning Factory y funciona con relativamente pocos profesores. En otoño 2011 participaron 13 profesores de 9 Departamentos,

mientras que en primavera fueron 18 profesores de 11 Departamentos.

El compromiso y desarrollo del estudiante: La actividad es claramente muy atractiva y beneficiosa para los estudiantes que participan. Para muchos, el *Learning Factory* se ha traducido “en un cambio mayor en la calidad de nuestros graduados, un salto cuantitativo”. Hay un sentido fuerte de autonomía por parte de los alumnos, para avanzar en sus proyectos, a los cuales les dedican mucho tiempo y reflexión considerable. Esto se refuerza sin duda por la naturaleza de acceso abierto a los espacios de los talleres, donde los equipos pueden trabajar en forma independiente. La mayor participación de los estudiantes en los *Learning Factory* es reconocida ampliamente por los profesores en la Escuela. Tal como lo comentó un entrevistado “la proyección pública es impresionante y difícil de negar. Cuando los estudiantes van a entrevistas, hablan acerca del *Learning Factory*... Incluso los profesores no involucrados pueden ver que los estudiantes obtienen trabajo debido a esta experiencia”.

Colaboración de las industrias: Tal vez lo más importante es que el *Learning Factory* ha creado una red impresionante de colaboración por parte de las empresas. Para muchos entrevistados, este factor ha sido la clave de su éxito. Un elemento especialmente llamativo con respecto a las discusiones con los colaboradores de la industria fue su nivel de entusiasmo genuino y su compromiso personal con los *Learning Factories*. De hecho, muchos de los colaboradores comprometidos son ex alumnos de la Universidad de Pensilvania. En este sentido, la magnitud de la Escuela es una gran ventaja para esta iniciativa. Los colaboradores de la empresa acceden a una cantidad significativa de estudiantes, y una gran cantidad de ex alumnos de la Universidad de Pensilvania trabajan en las empresas de ingeniería principales de los Estados Unidos. Lo medular de estas relaciones es el Comité Asesor de la Industria con respecto al *Learning Factory*. “Este Comité se arremanga y trabaja hombro a hombro con nosotros. Son relaciones de trabajo muy efectivas y colegiales... Se puede ver que hay diferencias”. El *Learning Factory* también se puede visualizar como un elemento de una estrategia más amplia en toda la universidad para desarrollar y fortalecer sus vínculos a nivel de industria. El equipo del *Learning Factory*, los directivos empresariales y de ex alumnos (a nivel de Escuela y Universidad), la Dirección de la Escuela, Jefes de Departamento y profesores dedican mucho tiempo para asegurar este compromiso.

4.6.5 Desafíos en el proceso de cambio

Como se señaló en la sección anterior, el *Learning Factory* no lidió con una resistencia significativa por parte de los profesores durante su fase inicial. El *Learning Factory* trajo para la mayoría de los profesores beneficios claros para la Escuela sin compromisos significativos. Sin embargo había dos preocupaciones de los docentes que eran evidentes.

La primera era la “pérdida de control sobre los proyectos”. Fue necesario que profesores supervisores potenciales entregaran la responsabilidad para financiar sus proyectos importantes a terceras personas, lo cual provocó un nivel significativo de riesgo. ¿Qué sucedería, si el proyecto fuera un fracaso? Al equipo del *Learning Factory* le tomó tres a cuatro años para demostrar su credibilidad al seleccionar proyectos y relacionarse con la industria. “Ellos dijeron que podían conseguir los proyectos, pero hasta que ellos lo ofrecieron, la

gente estuvo nerviosa acerca de cómo involucrarse”.

La segunda preocupación de los docentes tuvo que ver con las dificultades para supervisar estos proyectos complejos y reales. “Tuvimos mucho éxito en traer gente de la industria. Pero es difícil encontrar los profesores. Muchos piensan que no pueden manejar la situación. No es su especialidad. Sienten que no tienen la experiencia y la experticia para ello”. El supervisar estos proyectos fue visto como una actividad que requería de mucho tiempo, y ninguno de los profesores, principalmente los de tiempo completo, podrían comprometerse. Como resultado, fue y sigue siendo un desafío contar con la cantidad necesaria de profesores supervisores para los proyectos del *Learning Factory*.

Tal vez, el mayor desafío para salvaguardar el *Learning Factory* vino a mediados del año 2000. Mayor información se proporcionará en la sección 4.6.7.

4.6.6 Impacto del cambio

Todos los comentarios en las entrevistas reflejaron un impacto abrumadoramente positivo del *Learning Factory*. La Junta Directiva de la Escuela, los estudiantes que participaron, los profesores y los representantes de las industrias señalaron beneficios significativos de la iniciativa, tal como se resume a continuación.

- **La perspectiva estudiantil:** Desde 1995 ha aumentado en forma constante la participación de los estudiantes; actualmente participa la mitad de los 1500 graduados de la Escuela en el *Learning Factory* cada año. En general, al 20% de los participantes en los proyectos le han ofrecido trabajo los patrocinadores de las industrias. La mayoría de los participantes están conscientes del potencial que ofrece el *Learning Factory* para garantizar trabajo a los graduados y “piensan estratégicamente a cual patrocinador elegir”. Los estudiantes consultados para este estudio comprendieron los objetivos que subyacen al *Learning Factory* y sus beneficios potenciales para ser ingenieros profesionales.
- **Perspectiva de la industria:** Altos niveles de entusiasmo evidenciaron los representantes de la industria, aunque varían claramente los motivos para participar. La motivación principal de las empresas grandes es el contacto con estudiantes de ingeniería bien educados, brillantes y motivados. Las empresas más pequeñas tienden a encontrar soluciones a sus propios proyectos, y las contribuciones presentadas por los equipos de estudiantes para sus desafíos de “segunda importancia”. La crisis económica parece haber aumentado el interés en comunidades: las compañías que emplean menos graduados han aumentado su enfoque en la calidad de la selección, y donde el financiamiento para la investigación y el desarrollo ha disminuido, buscan alternativas, formas de desarrollo a bajo costo y mejoramiento de sus operaciones. La presentación final (de los proyectos) es una experiencia significativa para los representantes de las empresas. Muchos comentaron los cambios

que han experimentado los atutorados con los proyectos importantes, mostrando *"madurez, profesionalismo, e ideas sorprendentes"*. Incluso algunos mencionaron ahorros en las empresas, que ascienden a los cientos de miles de dólares gracias a los proyectos del *Learning Factory*.

- **Perspectiva de la Escuela y Universidad** Tanto la Escuela como la Universidad deducen muchos beneficios del *Learning Factory*, incluyendo *"reconocimiento externo, contribución a la categoría de la universidad como a su vez el interés público en lo que está haciendo la universidad"*. Un resultado especialmente beneficioso ha sido el trabajo en conjunto con las industrias. Tal como lo mencionó el Gerente de Relaciones Corporativas de la Universidad, *"el Learning Factory cambió la relación de la Universidad de Pensilvania con algunas de estas empresas de ingeniería. Otras universidades están cobrando cincuenta mil dólares por proyecto para programas similares, pero el puntaje bajo para ingresar al Learning Factory significa, que ellos pueden tratar en forma tentativa indagar acerca de la universidad como punto de partida. Es una manera de incorporar las corporaciones al campus universitario"*. En el año 2010, la Universidad de Pensilvania se ubicó en el lugar más alto de la encuesta del *Wall Street Journal* con respecto a la empleabilidad de sus graduados. Muchos de los entrevistados, tanto a nivel de Escuela o de Universidad, le atribuyeron al *Learning Factory* un factor importante para el desarrollo de su popularidad.

4.6.7 La sustentabilidad del cambio

Durante los primeros diez años, el *Learning Factory* continuó expandiéndose dentro de los 'Departamentos anfitriones' de Ingeniería Mecánica e Ingeniería Industrial y de Manufactura, y contó con el apoyo entusiasta de los representantes de las industrias y la participación de los estudiantes. Sin embargo, a mediados de los 2000 surgieron una serie de desafíos, que amenazaban la viabilidad a largo plazo de la iniciativa, lo que obligó a repensar en forma fundamental el enfoque. A continuación se presentarán cuatro asuntos particularmente evidentes.

- **Aislamiento dentro de la Escuela.** A principio de los 2000, el Departamento de Ingeniería Industrial y de Manufactura se embarcó en una reforma curricular de mayor envergadura, integrando experiencias de diseño interdisciplinarios al proyecto importante. Dado que el modelo del *Learning Factory* no ofrecía una *"experiencia verdaderamente interdisciplinaria"*, el Departamento comenzó a buscar sus proyectos importantes en otras fuentes. Hacia 2005/2006, el *Learning Factory* desarrolló una *"imagen de sólo ser una actividad de la Ingeniería Mecánica"*. A esta altura había *"peligro real que el Learning Factory se dispersaría, teniendo cada Departamento su propia versión, pero coherencia real alguna"*.
- **Dificultades para asegurar proyectos:** Fue

cada vez más difícil asegurar una cantidad de proyectos industriales necesarios. Dado que cada Departamento trabajaba en forma independiente para establecer los socios potenciales para sus proyectos importantes, *"las empresas no captaban, cual era su punto de llegada a la Escuela"*. No sólo esto causó cierta frustración a los socios de las industrias, ello significó, que sólo los proyectos que *"calzaban perfectamente"* en el ámbito de una disciplina específica de ingeniería, serían tomados en cuenta.

- **Incentivos limitados para la participación interna:** Fue evidente que los Departamentos que no participaban dentro de la Escuela consideraron que el *Learning Factory* *"no atendía las necesidades de la Escuela como un todo... [con]... la sensación de que estaba compitiendo con lo que los otros Departamento querían hacer"*. El modelo utilizado para financiar la iniciativa también fue visto como un desincentivo para que los otros Departamentos participaran. En ese instante, las donaciones recibidas de las empresas para cada proyecto fueron divididas en partes iguales entre la actividad del *Learning Factory* y el presupuesto del equipo para desarrollar el prototipo. Los Departamentos anfitriones no obtuvieron parte de las donaciones.
- **El enfoque ya no era de vanguardia:** En 1995, el *Learning Factory* brindó experiencias que fueron casi únicas en los Estados Unidos. Sin embargo, a mediados de la década del 2000, el *Learning Factory* *"se había tornado anticuado. Ya no era algo sobresaliente; era esto algo que muchas otras universidades estaban comenzando a hacer"*. Muchos consideraron que había que adecuarlo, y, en particular, comenzar a ofrecer a los estudiantes multidisciplinas significativas y experiencia globales.

Como respuesta a estas interrogantes, en 2006, la Escuela tomó una serie de decisiones estratégicas. Con un Director nuevo se reposicionó al *Learning Factory* como una actividad transversal en la Escuela, de forma que sirviera a todos los Departamentos. Ello fue muy importante: *"[en el pasado] existía el peligro, que el éxito del Learning Factory dependiera en un momento dado de la relación de cada Departamento con la Ingeniería Mecánica. Si ésta enfrentara tiempos difíciles, no se podría eliminar al Learning Factory"*. El Director del *Learning Factory* recientemente nombrado visitó cada Departamento en la Escuela y se reunió con los profesores principales, incluido con el Jefe de Departamento y con los coordinadores de proyectos a nivel de pregrado, con el fin de entender sus puntos de vistas con respecto a la iniciativa y sus impedimentos para participar. Después de revisar este informe se hicieron cuatro cambios significativos al modelo operacional del *Learning Factory*.

- **Punto de acceso amplio de parte de la Escuela para socios externos:** el *Learning Factory* adopta ahora un enfoque de toda la Escuela para establecer colaboraciones externas. Se llevan a cabo conversaciones para colaborar entre socios externos potenciales y representantes de todos

los Departamentos. Tal como lo comentara el Director del *Learning Factory*: *“Se puede perder mucho en una cantidad de sinergias, cuando se trata con un solo Departamento... Ahora invitamos a las personas de todos los Departamentos a reuniones con posibles patrocinadores. Con ellos se logran muchas más oportunidades para proyectos multidisciplinarios... Mientras más nos reunamos, más podemos imitar ingeniería real, donde las cosas no vienen en cajas”*. Con estos cambios, el equipo del *Learning Factory* *“ya no se va a preocupar más de no conseguir suficientes proyectos. De hecho, tenemos ahora más proyectos que equipos de estudiantes”*.

- **Integrar nuevos Departamentos a la iniciativa:** se hicieron esfuerzos importantes para ampliar la participación interna. Con un enfoque nuevo de parte de la Escuela y con una mayor cantidad de proyectos multidisciplinarios *“se está tornando cada vez más fácil integrar nuevos Departamentos al Learning Factory, y que sean auto suficientes con respecto a los patrocinadores de las empresas”*.
- **Nuevos modelos de financiamiento:** se redistribuyeron los ingresos obtenidos para cada proyecto. La donación de \$3.000 básicos se distribuye en: \$1.000 para el equipo de trabajo (materiales, suministros, etc.), 4500 para hacer operar el *Learning Factory* (su inicio y presentaciones finales), \$1.500 para el Departamento anfitrión (tiempo dedicado de los profesores, laboratorios, etc.). Los Departamentos asignan a los profesores la docencia de los cursos, y la Escuela financia los salarios para el equipo de trabajo del *Learning Factory* (Director y dos profesores).
- **Desarrollo continuo de los objetivos de formación:** se ha dado más énfasis en asegurar, que las experiencias del *Learning Factory* reflejen los cambios tanto de la industria relacionada con la ingeniería como de la Escuela como un todo. *“Los estudiantes están cambiando y el rumbo que toman después de dejarnos también está cambiando. Hemos aprendido que tenemos que estar atento a ello”*. Por ejemplo, hoy en día la experiencia se ha convertido en multidisciplinaria, con equipos de trabajo que incorporan estudiantes de todos los Departamentos e incluso estudiantes externos a la Escuela. La atención se ha desplazado más recientemente en integrar experiencias interculturales. Los equipos del *Learning Factory* reúnen estudiantes universitarios

de Corea, Singapur y China, quienes trabajan a distancia con estudiantes de la Universidad de Pensilvania. Alrededor de un 10% de los estudiantes de la Universidad de Pensilvania que está actualmente participando en el *Learning Factory*, se han involucrado en un *“proyecto global”*. El objetivo final es ampliar esta experiencia a un 80% - 90% de los equipos de estudiantes.

Estos cambios han fortalecido claramente el enfoque del *Learning Factory* y un fuerte sentido de optimismo se hace evidente. También se reconoce que el *Learning Factory* *“ha comenzado a penetrar en la experiencia pedagógica para proyectos importantes. La relación entre los profesores y las empresas ha tenido un impacto real en la postura de la gente, y los profesores comenzaron a entender lo que la industria estaba buscando... Fue éste un resultado no esperado. Los profesores oyen ahora cosas de la industria en forma personal. Ello ha contagiado la cultura de la Escuela”*.

Durante los próximos cinco años, el *Learning Factory* tendrá que abordar dos aspectos en especial: (i) ampliar y mejorar sus espacios de trabajo, los cuales son actualmente insuficientes para la gran cantidad de estudiantes participantes, y (ii) aumentar la cantidad de supervisores para los proyectos del *Learning Factory*. Sin embargo, la clave para el éxito a largo plazo del *Learning Factory* dependerá de su habilidad para adaptarse a las necesidades de la industria de la ingeniería en los Estados Unidos y ser lo más importante en la formación de la ingeniería. Así asegurará el financiamiento necesario y el apoyo de la industria para continuar con sus funciones.



5 Comentarios finales

5.1 Observaciones generales con respecto a los cambios en la formación de ingeniería

El objetivo del estudio era capturar las experiencias de aquellos que lideraron, participaron, observaron y apoyaron programas de cambios en la formación de ingeniería en todo el mundo y, por lo tanto, identificar las características comunes de éxito y fracaso. Se basó en dos fases de recopilación de evidencia: (i) entrevistas con 70 expertos internacionales y profesionales de 15 países y, (ii) 6 investigaciones de estudios de caso del Reino Unido, Estados Unidos, Australia y Hong Kong, durante los cuales se conversó con 117 personas. La etapa de entrevistas del estudio entregó una visión general de las actividades actuales y una mejor perspectiva de las características y estrategias asociadas al cambio exitoso y no exitoso. La fase de estudio de caso le entregó profundidad al panorama, al observar en detalle el contexto y las estrategias para un cambio efectivo, y el impacto de cada etapa en el proceso de reforma de cada uno de los participantes más importantes.

Una área de particular interés dentro de la investigación fue, hasta qué punto las diferencias geográficas jugaron un papel en el contexto y las estrategias de un cambio exitoso. Varias diferencias salieron a la luz, más que nada conectadas al ambiente que debe existir para apoyar el cambio en la formación de ingeniería a nivel nacional.

A todos los entrevistados se les preguntó sobre el ambiente actual que existe para hacer un cambio en la formación dentro de sus respectivos países y hasta qué grado, la reforma en ingeniería era incentivada, apoyada y financiada a nivel nacional e institucional. Las respuestas de los entrevistados evidenciaron importantes diferencias internacionales, en particular, diferencias entre los entrevistados de países, principalmente del occidente, que han estado involucrados en importantes debates nacionales sobre el futuro de la formación de ingenieros durante los últimos 15 a 20 años (países como Estados Unidos, Reino Unido y Australia) y aquellos en países, principalmente en Asia, donde el compromiso nacional para con la formación de ingeniería es más reciente. Éstos incluyen Hong Kong, Singapur y Corea del Sur y, fuera de Asia, Chile.

Este grupo explicó, que existe un creciente apoyo nacional por un cambio en la formación de ingeniería y un creciente nivel de compromiso entre los profesores de ingeniería en la necesidad de una reforma curricular. Varias personas habían anticipado, que este creciente impulso probablemente provocaría una reforma generalizada y positiva en la próxima década. Sin embargo, los recientes recortes gubernamentales en las actividades de apoyo a la formación de ingeniería y al sector de educación superior han conllevado a una considerable reducción de gastos en los últimos 2 a 3 años. Varios entrevistados en Estados Unidos, Reino Unido y Australia hablaron, con cierta preocupación, sobre el potencial para un cambio de formación positivo dentro del ambiente actual y una incertidumbre real sobre el rumbo que se seguirá a futuro.

En contraste, varios de los entrevistados de aquellos países que se habían comprometido recientemente a mejorar la formación en ingeniería a nivel nacional, hablaron de manera mucho más positiva sobre el ambiente para el cambio. Varios informaron un aumento, aunque pequeño, en el financiamiento a nivel nacional e institucional y un aumento del compromiso dentro de la junta directiva en la necesidad de cambio. Fue más común que los entrevistados de estos países nombraran la acreditación y, en particular, el cambio hacia un sistema basado en resultados, como importantes impulsores para el cambio sistémico. Algunos de los impulsores mencionados por los entrevistados de estos países incluyen: (i) la competencia, cada vez mayor, de las universidades por captar estudiantes, (ii) los importantes cambios demográficos dentro del nuevo grupo de estudiantes admitidos y (iii) los cambios en el conocimiento y las expectativas de los nuevos estudiantes provenientes de la "generación del internet".

Casi todos los entrevistados indicaron un problema que parece ser independiente del lugar geográfico o el tipo de institución: el equilibrio entre enseñanza e investigación. Más de la mitad de los individuos consultados informaron un cambio perceptible en las prioridades de sus instituciones a favor de los resultados de las investigaciones y en desmedro de la formación de pregrado, en los últimos 5 años. Para muchos, estos cambios se deben a un mayor énfasis en los sistemas de rankings universitarios nacionales y globales. Además de reducir el enfoque institucional en el cambio de la formación, los entrevistados indicaron que la mayor presión a la que están sometidos los profesores para mantener un récord de investigación perfecto tiene dos efectos negativos. En primer lugar, la proporción de profesores con experiencia en la industria ha ido disminuyendo; sin embargo, es más probable, que sean estos individuos los que apoyen y lleven a cabo el cambio en la formación de ingeniería. En segundo lugar, los profesores más jóvenes son designados dentro de una cultura en que el tiempo y la energía que se invierten en la innovación y el cambio no son valorados. Muchos de los entrevistados que han dedicado varios años al cambio en la formación de ingeniería en sus instituciones, hablaron con preocupación sobre la "falta de sucesión" que existe para continuar el impulso de una reforma curricular.

5.2 Características comunes de los programas de cambio exitosos

El estudio identificó varias características comunes entre los programas de cambio sistémico en la formación de ingeniería que fueron exitosos. Las características típicas asociadas al éxito se resumen en la Figura 10 y se discuten en más detalle en la siguiente sección.

5.2.1 Características comunes para el éxito: contexto para el cambio

En casi todos los casos de cambio exitoso existió una idea clara del propósito común entre los profesores, basado en el

reconocimiento general, de que la reforma en la formación de ingeniería era inevitable y necesaria. Esta necesidad imperativa de cambio es generalmente provocada por uno de los siguientes escenarios:

- El Departamento/Escuela tiene un importante problema con su “posición en el mercado”, en general, una disminución en la calidad y cantidad de alumnos admitidos, una competencia cada vez mayor o malas tasas de empleo de graduados, que generalmente resultan en una importante presión

para cambiar, ejercida por la Junta Directiva de la universidad. Esta necesidad impuesta para un cambio fundamental es bastante evidente para los profesores, quienes se involucran en el desafío compartido de la tarea. Los cambios provocados por este tipo de circunstancia parecen tener más probabilidades de tener resultados exitosos. La gran mayoría (alrededor de un 70% - 80%) de los esfuerzos de cambio evaluados en el presente estudio se encuentra en esta categoría.

Características comunes para un cambio exitoso	
Contexto para el cambio	<p>La mayoría de los profesores está de acuerdo que el cambio es inevitable/necesario, y que el principal impulsor para la reforma es generalmente un problema con la posición de los programas de formación existentes dentro del mercado.</p> <p>La decisión de cambio generalmente se realiza en un contexto de cambios, ya sea de una amplia reestructuración institucional/del sector o en el contexto de una acreditación.</p> <p>Una proporción excepcionalmente elevada de profesores tiene experiencia industrial y/o ha sido asignado en sus cargos recientemente.</p>
Liderazgo y compromiso de los profesores	<p>El Jefe de Departamento está absolutamente comprometido con la reforma y generalmente lidera la misión.</p> <p>La junta directiva de la universidad apoya explícita y públicamente la reforma.</p> <p>La mayoría de los profesores que participa del proceso de reforma cree que sus esfuerzos serán reconocidos por la Junta Directiva, aunque no necesariamente a través de ascensos.</p>
Diseño de la formación e implementación	<p>La visión de la reforma es claramente comunicada a los profesores, con un énfasis en los impulsores de los cambios. Una cantidad importante de profesores está comprometida con las metas de la reforma.</p> <p>Sin importar la escala de cambio, las prioridades y enfoques principales de todo el programa de grado serán reevaluadas, para que todos los cambios sean elementos principales e integrados de una estructura curricular coherente.</p> <p>Se adopta un enfoque de formación “único” que busca transformarse en una evaluación comparativa para la práctica nacional e internacional.</p> <p>Una cantidad importante de profesores está involucrada en el proceso de diseño del currículo.</p> <p>Una cantidad pequeña de individuos cuidadosamente elegidos tiene la tarea de diseñar, planificar y gestionar los detalles de la reforma, por lo que su tiempo se libera para dicho cometido.</p> <p>Los profesores renuentes no son presionados a cambiar su estilo preferido de docencia y una parte del currículo se mantiene sin cambios importantes donde este grupo puede continuar ejerciendo.</p> <p>La enseñanza en equipo u otra forma de enseñanza compartida se adopta en los cursos principales.</p>
Mantener el cambio	<p>Se conducen evaluaciones de impacto a largo plazo, donde los resultados (incluidos los primeros éxitos) están bien difundidos.</p> <p>Después de la reforma es evidente la importante mejoría en la calidad de los alumnos admitidos y en su motivación.</p> <p>Los profesores están involucrados en alguna forma de cambio/avance en la formación en curso.</p>

Figura 10. Características comunes en los programas de cambio exitosos, como se identificaron durante el estudio.

- En una cantidad reducida de casos (alrededor del 10%), la reforma responde a cambios obligatorios impuestos externamente a nivel nacional y universitario. Generalmente, estos cambios involucran una reestructuración universitaria importante o un cambio amplio en el sector, oportunidad que se aprovecha para implementar mayores cambios en la formación de ingeniería.
- Entre el 5% - 10% de los casos, los cambios ocurren dentro de Escuelas o Departamentos donde la cultura de innovación y de toma de riesgos ya existe. Una gran proporción de los profesores tienen un sentido de responsabilidad colectiva, comparten una visión del programa de pregrado y creen que sus esfuerzos para mejorar el currículo serán reconocidos a nivel directivo. Sorprendentemente, estas circunstancias parecen encontrarse dentro de las pocas, donde la innovación existente o la experiencia de investigación en la formación de ingeniería es una influencia positiva en el proceso de cambio.

Al parecer existe un conjunto de circunstancias, casi exclusivamente en los casos de Estados Unidos, donde el cambio exitoso del sistema no está asociado al compromiso generalizado de los profesores en la necesidad por el cambio, sino que el esfuerzo de cambio se debe a un importante financiamiento externo. Cuando son apoyados y dirigidos de buena manera, dichos esfuerzos de cambio generalmente encuentran un bajo nivel de resistencia en los profesores, debido a que: (i) la participación de los profesores es generalmente voluntaria y el tiempo que dedican a la actividad es generalmente "pagado", (ii) el financiamiento trae prestigio y una visibilidad externa del cambio, con la presión, de que la labor sea vista como exitosa y (iii) la actividad no depende de un gran financiamiento interno, por lo tanto, no requiere de cortes presupuestarios o acuerdos. Sin embargo, la sustentabilidad de dichos cambios es generalmente problemática y usualmente contingente a un flujo de financiamiento externo continuo y un perfil externo prominente.

Los programas de cambio exitosos también comparten varios factores contextuales comunes. En primer lugar, existe una mayor probabilidad de que estos casos involucren profesores con experiencia en la industria y/o profesores recién contratados que reemplazan aquellos por jubilar. Estos dos grupos demográficos parecen producir una cultura académica que está más abierta al cambio y más dispuesta a dedicar tiempo adicional a las actividades de formación. En segundo lugar, la decisión de embarcarse en una reforma de formación generalmente se realiza dentro de un contexto de cambios en el sistema de acreditación nacional y/o en el reciente financiamiento de un edificio nuevo. En tercer lugar, los líderes del cambio exitoso fracasaron varias veces al intentar hacer cambios aislados a nivel de curso, de lo cual concluyeron que "el cambio debía ser radical y amplio para que funcionara".

5.2.2 Características comunes para el éxito: liderazgo y compromiso de los profesores

Los programas de cambio exitosos tienen un equilibrio entre los "enfoques inductivos y deductivos", donde la

fuerte visión y dirección de la Junta Directiva es apoyada por un sentimiento de apropiación de la mayoría de los profesores. Casi sin excepción, los cambios exitosos son apoyados enérgicamente por el Jefe de Departamento, quien invariablemente es también el líder o colíder del cambio. Esta persona es generalmente asignada internamente, altamente respetada por sus actividades de investigación y pedagógicas, y es percibida como una persona "que practica lo que predica". El papel principal que juega el Jefe de Departamento para lograr el cambio exitoso es una de las mayores conclusiones del estudio. Sin importar la escala del cambio (sea un grupo pequeño de cursos o una reforma amplia), el compromiso y liderazgo de los Jefes de Departamento parece ser un factor decisivo en el éxito a largo plazo. Generalmente los cambios exitosos también son apoyados por la Junta Directiva de la universidad, desde las primeras etapas del desarrollo de las propuestas de reforma. Como resultado de este apoyo, las normas universitarias han sido moldeadas o no se han aplicado para darle cabida a los aspectos menos convencionales de la reforma.

Los programas de cambio exitosos no parecen estar asociados con cambios formales en los procedimientos de promoción o recompensa en Departamentos y Escuelas en general. Sin embargo, en muchos de los casos exitosos, existió un claro entendimiento que involucrarse en el proceso de reforma (y el consecuente abandono de otras actividades) no sería considerado negativo para el profesor en lo que se refiere a procedimientos de promoción. En muchos casos, existió una fuerte percepción de que a pesar de que el criterio de promoción no había cambiado, la manera en que sería aplicado sería diferente y que la innovación en la formación y/o la participación en un programa de cambio serían valoradas. Esta opinión generalizada dentro de los profesores se basa en una confianza en el Jefe de Departamento y la creencia que este individuo "los representaría" durante procesos de promoción.

5.2.3 Características comunes para el éxito: diseño de la formación e implementación

Para la mayoría de los programas de cambio exitosos incluidos en este estudio, desde la primera etapa del proceso, los profesores comprendieron claramente los impulsores para el cambio y la estrategia a ser adoptada. En particular, la necesidad subyacente de una reforma es bien articulada por los líderes del cambio y generalmente se apoya en la evidencia. Después de las primeras conversaciones, un gran porcentaje de profesores estuvo de acuerdo, que un cambio en la formación era necesario y, por lo tanto, es más probable que apoyen el cambio completo.

Una característica distintiva de los cambios exitosos es, hasta qué punto los involucrados han dado un "paso atrás" y considerado lo que intentan alcanzar sus programas en la formación. El alto nivel de evaluación y reestructuración del plan de estudios parece ser un factor de éxito importante, incluso donde los cambios sólo impactan pocos cursos. De las entrevistas con líderes de cambios exitosos llama la atención, hasta qué punto intentaron cambiar la forma de pensar de los profesores hacia una consideración más fundamental de las metas de formación. Este cambio se logró, incentivando a los profesores a que miraran el currículo como un todo, fuera de sus propias disciplinas. Generalmente se observa que la naturaleza radical de

muchos de los cambios atrae a los profesores y ellos los ven como un desafío que les permite *“hacer importantes aportes al currículo en vez de pequeños ajustes”*. Además de su diseño coherente, el currículo resultante también es generalmente *“más liviano”* y se reduce el número de horas de clases presenciales.

La mayoría de los programas de cambio exitosos considerados en este estudio busca crear una marca única para sus enfoques, una que inspire a establecer evaluaciones comparativas para la práctica de formación de ingeniería nacional o internacional. Es interesante resaltar que la mayoría involucra una mezcla de aprendizaje basado en problemas con ejercicios de ingeniería profesional. Los programas de cambio exitosos también tienden a involucrar un gran porcentaje de profesores, si no son todos, en el diseño de los detalles de los programas reformados, quienes generalmente han dirigido y mantenido el cambio con pocos recursos adicionales. Sin embargo, parece ser crucial la liberación formal del tiempo de ciertos profesores, escogidos cuidadosamente, para dirigir el diseño y la implementación de la reforma. Generalmente, el Jefe de Departamento les disminuye las tareas administrativas y pedagógicas a dichos profesores. Los cambios sin la liberación de tiempo de los profesores resultan en un importante debilitamiento en la implementación de la reforma planeada o un temprano *“cansancio”* de aquellos que tienen como tarea implementar el cambio.

A pesar de la participación generalizada de profesores en el diseño del currículo, en casi todos los cambios exitosos no se obligó a los profesores más reacios a cambiar su estilo preferido de docencia. En otras palabras, una parte del currículo está generalmente reservado para cátedras basadas en la entrega tradicional del contenido. Como un Jefe de Departamento comentó: *“te traes contigo a los entusiastas, transformas el terreno del medio, pero dejas a los que se resisten donde están”*. Se les puede pedir a aquellos *“reacios”* al cambio que modifiquen una cosa dentro de sus actividades (que enseñen otra materia, que se aseguren que el material entregue información de manera coherente al informe para un futuro proyecto ABP, etc.); sin embargo, los componentes básicos de sus actividades pedagógicas diarias no cambiarán.

Finalmente, los programas más exitosos de cambio parecen haber eliminando o debilitado la conexión directa entre cada profesor y un curso en particular, lo que crea una sensación mayor de propiedad compartida en relación al currículo como un todo. En muchos casos, parece que esto se logró a través de una combinación de enseñanza en equipo y el hecho de que todos los profesores hayan estado involucrados en el proceso de diseño del currículo.

5.2.4 Características comunes para el éxito: sustentar el cambio

La prueba principal para sustentar una reforma en la formación parece residir, en si continúa más allá de una reestructuración universitaria o pasa a las manos de la Junta Directiva. Los programas de reformas que parecen ser más reacios en estas condiciones generalmente comparten al menos dos de las siguientes características.

1. Los cambios están arraigados en los asuntos principales del Departamento: La falta de sustentabilidad de un cambio generalmente se relaciona con: hasta qué punto está aislado dentro del currículo y depende de una cantidad reducida de *“entusiastas”* para que lleven a cabo los cursos principales. Sin un plan de estudios interconectado y coherente, la importancia y el impacto de las reformas quizás no sean evidentes para la mayoría de los profesores, o incluso para la mayoría de los estudiantes, con lo cual es menos probable que defiendan su continuidad. Sin un grupo amplio de profesores que puedan y estén dispuestos a llevar a cabo los cursos reformados, cualquier cambio de personal entre los líderes de los cursos existentes puede ser catastrófico. La enseñanza en equipo parece ser una herramienta valiosa en este respecto, especialmente cuando los equipos son rotados de manera regular.

2. Es evidente el mayor compromiso de los estudiantes: En varios casos, la sustentabilidad de un cambio parecer estar relacionada con un mayor compromiso de los estudiantes y con la calidad de los alumnos admitidos como consecuencia de la reforma. Incluso en aquellos profesores que todavía mantienen sus dudas sobre la visión y el enfoque de la reforma, la satisfacción de formar a estudiantes *“inteligentes y motivados”* aumenta la aceptación de los cambios.

3. Se han realizado evaluaciones a largo plazo: Las evaluaciones de impacto realizadas parecen jugar un papel positivo e importante para apoyar el cambio y proteger a las reformas recién implementadas de los efectos de reestructuraciones institucionales o cambios en el personal. Los resultados generalmente se usan para mantener el impulso durante las primeras etapas de implementación y para apoyar la continuidad a largo plazo del currículo reformado. En la práctica; sin embargo, es raro que se realicen evaluaciones de impacto rigurosas. Una barrera fundamental en su adopción es la falta de medidas de éxito y herramientas de evaluación aceptadas comúnmente.

4. Es evidente el interés constante en la innovación y la investigación: El compromiso con alguna forma de proceso continuo de cambio, después del período formal de cambio, también es una característica común entre aquellas reformas que han sido sustentadas de manera exitosa. Para algunos, esto significó el establecimiento de programas de investigación en la formación de ingeniería, para otros, involucró un ciclo constante de evaluaciones y mejoras para cada curso. Al momento que el nuevo líder asume su cargo, parece particularmente importante que exista una cultura de mejoras continuas.

5.3 Lo que NO parece estar asociado con un cambio exitoso

Las entrevistas y los estudios de caso desafiaron las suposiciones generalizadas sobre los componentes decisivos del cambio exitoso.

Algunas suposiciones no fueron apoyadas por los resultados de este estudio, como se resume a continuación.

- **El cambio exitoso del sistema no es provocado por la evidencia pedagógica:** Pocos programas de cambio exitosos considerados en este estudio se basaron en la bibliografía de investigación sobre la formación, antes de rechazar un cambio o cuando seleccionaron el enfoque curricular deseado. En otras palabras, la evidencia pedagógica parece no haber jugado un papel importante en provocar una reforma más amplia del plan de estudios o en moldear su diseño de formación general. Estas decisiones generalmente se basan en la *“experiencia personal en la sala de clases”* y, en algunos casos, en un enfoque de formación distinto observado en otro lugar. Los resultados de este estudio sugieren que el posicionamiento de mercado es mucho más importante que la pedagogía al momento de provocar un cambio en el sistema. De hecho, la información recopilada sugiere que las conversaciones pedagógicas desincentivan a algunos profesores del proceso, sienten que el ambiente original de *“prueba”* es muy distinto al suyo y que debilita su sentido de propiedad del enfoque. Sin embargo, en contraste con los cambios amplios del currículo, las decisiones tomadas para embarcarse en reformas a nivel de curso, ya sea por individuos o pequeños grupos de trabajo, generalmente están influidas por la evidencia pedagógica.
- **El compromiso positivo de los estudiantes para con el proceso de cambio no mejora sus probabilidades de éxito:** Aunque los programas de reformas exitosas invariablemente producen un plan de estudios que incrementa el compromiso de los alumnos, al parecer los programas no se beneficiaron del aporte positivo de los estudiantes durante el proceso de cambio en sí mismo. Por ejemplo, varios programas de cambio se basan en el modelo *“si lo construye, ellos vendrán”*: Si los alumnos asisten a un curso que tiene un nuevo enfoque para la formación y que ellos encuentran que es beneficioso, lo terminarán exigiendo en otra parte y forzarán el cambio. En otras palabras, las estrategias de cambio que involucran a los estudiantes como defensores de los nuevos enfoques de enseñanza y aprendizaje no parecen tener más éxito que aquello que no los involucran. En contraste, el descontento de los estudiantes parece provocar un cambio en ciertas situaciones. Se debe destacar que, aunque el compromiso positivo de los alumnos generalmente no provoca un impacto en el *proceso* de cambio (por ejemplo, cuán probable es que sea iniciado o sostenido), parece mejorar

la calidad de los programas de formación resultantes. Por ejemplo, el proceso de consulta de los estudiantes durante el diseño de un nuevo currículo probablemente conllevará a mejores resultados de aprendizaje para el programa reformado.

- **La innovación existente y/o la experiencia de formación no son la base fundamental para una reforma del sistema:** Los fuertes niveles de compromiso que existen en la investigación o una trayectoria de innovación en la formación no parecen ser más comunes entre los cambios curriculares exitosos. De hecho, en algunos casos, la presencia de una minoría de innovadores y/o expertos en investigación de la formación de ingeniería puede provocar una división entre los profesores durante el proceso de cambio que puede tener impactos catastróficos. La única instancia en la cual la experiencia de investigación en la formación de ingenieros parece ser particularmente beneficiosa, es en Departamentos pequeños y colegiales, donde un gran porcentaje de los profesores apoya el cambio.
- **El buen ejercicio de los defensores del cambio generalmente no se extiende a otros profesores:** La estrategia de cambio adoptada en varios programas de reforma es: identificar profesores innovadores, entregarles poder para implementar cambios en sus cursos e incentivar este *“buen ejercicio”* para que se extienda en el resto del currículo. En un principio, dichos modelos parecen tener éxito dentro de los cursos objetivos. Sin embargo, al final, estas innovaciones no se extienden y no se auto sustentan a largo plazo, a menos que sean apoyadas con liderazgo enérgico y una visión estratégica ambiciosa. Toda la evidencia del estudio señala que el cambio sólo es implementado exitosamente cuando un gran porcentaje de los profesores está involucrado en el diseño y enfoque de la formación en ingeniería y sólo cuando los cambios son sostenidos, parte de una evaluación crítica y de una reestructuración de todo el plan de estudios.

5.4 Características comunes de un cambio sin éxito

El estudio apunta a 3 etapas donde es más probable que el proceso de cambio pueda fallar:

- **La etapa de planificación previa:** presentarle a los profesores la nueva visión de formación para el cambio, antes de que se hayan planificado los detalles de la reforma. Al momento de enterarse de los planes de reforma, un gran porcentaje de profesores se *“revela”* y los esfuerzos por el cambio son abandonados. Las preocupaciones más importantes de los profesores se centran generalmente en uno o más de los siguientes puntos: (i) que los cambios resultarán en una *“simplificación”* del currículo, (ii) que ellos no

están de acuerdo con la necesidad subyacente de cambio, (iii) que ellos creen que los cambios propuestos no son compatibles con las prioridades estratégicas de la universidad y/o (iv) que tienen miedo que los cambios afecten de manera negativa sus trabajos. El fracaso en esta primera etapa tiende a estar asociado con la falta de comunicación efectiva entre los profesores sobre los cambios planeados (y, en particular, sobre por qué el cambio es necesario y qué beneficios traerá para los profesores) y/o la baja credibilidad de aquellos individuos que proponen el cambio.

- **La etapa de implementación previa:** en la etapa final del proceso de planificación o en la etapa inicial de la implementación de la reforma. Cuando existe una excesiva confianza en una pequeña cantidad de individuos, donde existe una mala planificación y/o recursos insuficientes para la reforma, aquellos que tienen como tarea liderar el cambio quedan “cansados” y no son capaces de llevar a cabo las reformas. En algunos casos, el esfuerzo de cambio es abandonado poco después; sin embargo, y con más frecuencia, el impulso detrás de las reformas disminuye, lo que resulta en un cambio más diluido que no es bien apoyado y que finalmente demuestra ser insostenible.
- **La etapa posterior a la implementación:** en 5 a 10 años, después de la implementación de la reforma. Después de la implementación, los esfuerzos de cambio parecen no haberse mantenido por varias razones: (i) los recursos asignados son insuficientes para mantener la reforma en su etapa estable, (ii) los nuevos cursos o programas dependen demasiado de uno o dos individuos, quienes o están “cansados” o ya no participan en ellos, (iii) el fuerte descontento de los alumnos o profesores y (iv) más común, la Junta Directiva no continuó monitoreando el impacto y el funcionamiento del nuevo plan de estudios e inadvertidamente los profesores comenzaron a volver al antiguo currículo en sus cursos.

5.5 Recomendaciones

5.5.1 Para la comunidad de formación de ingenieros

Este estudio ha destacado varias barreras y facilitadores de un cambio sistémico en las Escuelas y Departamentos

de ingeniería alrededor del mundo. Sobre la base de los resultados de este estudio, la prevalencia y la tasa de éxito de la reforma curricular serían mejoradas a través de:

1. El desarrollo de un grupo de herramientas simples para medir la enseñanza y el aprendizaje efectivos en ingeniería. Dichas herramientas tendrían dos propósitos muy importantes: (i) apoyar el proceso de promoción y recompensa de los profesores dependiendo de su contribución en la formación, y (ii) entregar un esquema aceptable con el cual los Departamentos y Escuelas pudieran monitorear el impacto de las reformas curriculares sin la necesidad de desarrollar sus propios modelos.
2. La disponibilidad de evidencia del impacto de la reforma sobre el rendimiento del programa. Dado que la mayoría de las reformas exitosas se deben a un problema crítico dirigido por el mercado, la evidencia del impacto a largo plazo de las labores de cambio para mejorar su posición en el mercado sería de gran beneficio para otros que consideran el cambio. Dicha evidencia podría tomar la forma de un estudio longitudinal de una reforma exitosa realizado por una institución renombrada, seguir el impacto del cambio en factores como el reclutamiento, la retención y la empleabilidad y comparar éstos con otras instituciones competidoras.
3. El financiamiento para apoyar el cambio de la formación debería ser asignado, en lo posible, a Departamentos completos con la participación explícita del Jefe de Departamento y no a individuos o grupos. La recepción del financiamiento también debería estar supeditado a un análisis de impacto a largo plazo.

5.5.2 Para las Escuelas y Departamentos de ingeniería

El estudio ha identificado varias estrategias y características asociadas al cambio exitoso y sustentable. Sobre la base de estos resultados, varias recomendaciones se trazaron para apoyar a las Escuelas y Departamentos de ingeniería que deseen embarcarse en un cambio generalizado en la formación de ingeniería. Estas recomendaciones se resumen en la Figura 11.

PREPARACIÓN
<p>Reúna evidencia: reúna evidencia cuantitativa sobre el desempeño de su programa, comparada con otras instituciones. Enfóquese en las preocupaciones más importantes en relación con su posición en el mercado actual o futuro.</p>
<p>Capte la atención del Jefe de Departamento: gaste toda su energía en asegurar que el Jefe de Departamento apoye activamente el cambio y que, preferentemente, lo lidere. Si el apoyo es limitado, tenga conciencia que sus posibilidades de éxito a largo plazo se verán considerablemente disminuidas.</p>
<p>Consulte con la Junta Directiva de la universidad: inicie conversaciones informales con la Junta Directiva de la universidad sobre los planes de cambio. Identifique conflictos potenciales y mida los niveles de apoyo.</p>
PLANIFICACIÓN
<p>Comuníquese a los profesores del Departamento sobre la necesidad de una reforma: Enfóquese en la necesidad indispensable de cambio, apoyada por la evidencia reunida y el potencial impacto de la reforma en las actividades diarias de los profesores. Evite entregar detalles específicos sobre la forma que el cambio debería tener. Si disfruta del apoyo de la universidad, resáltelo.</p>
<p>Involucre a los profesores en el diseño del currículo: Involucre a la mayoría de los profesores, si no es a todos, en el proceso de diseño de formación de todo el Departamento. Incentíuelos a pensar fuera del marco de sus disciplinas, identifique las prioridades de formación más importantes y diseñe un currículo coherente, en el que todos los elementos estén cuidadosamente conectados con los cursos ya existentes. El nuevo enfoque para la formación debe ser distintivo y suficiente como para situar a su institución "en el mapa". Al menos una parte del plan de estudios deberá permanecer sin cambios.</p>
<p>Consulte perspectivas externas: asegúrese de escuchar algunas opiniones externas. Algunas posibilidades incluyen: tener un Comité Asesor Industrial con agallas, enviar a los profesores a visitar instituciones pares que hayan implementado cambios positivos y/o nombrar un asesor educacional/industrial. Estas actividades son particularmente importantes cuando no se ha renovado el personal recientemente y/o cuando hay pocos profesores con experiencia en la industria.</p>
<p>Nombre un equipo de gestión y libere su tiempo: Seleccione cuidadosamente un equipo de gestión compuesto de 2 a 3 personas que sean bien respetadas y que comprendan, en detalle, cómo funcionan los programas de pregrado. Oficialmente libere una parte de su tiempo para que lo dediquen a la planificación e implementación.</p>
<p>Establezca evaluaciones de impacto: Seleccione un método por el cual pueda reunir información sobre el impacto durante y más allá del proceso de cambio y recopile datos básicos sobre el período previo a la reforma.</p>
IMPLEMENTACIÓN
<p>Seleccione las personas que implementarán la reforma: No es necesario que aquellos que implementen la primera fase piloto sean los "típicos" innovadores dentro del Departamento. No intente forzar en ningún momento del proceso a los profesores más reacios a impartir alguno de los cursos nuevos.</p>
<p>Disminuya la relación directa entre profesores y cursos específicos: Cuando sea posible, establezca equipos de enseñanza para todos los cursos nuevos, con una rotación regular de profesores. Cree un foro especial para que los equipos se reúnan.</p>
<p>Mantenga el impulso: asegúrese de que exista un diálogo regular entre los profesores y los líderes del cambio. Asegúrese que la Junta Directiva de la universidad y el Departamento perciban públicamente el cambio como una prioridad. Divulgue los primeros éxitos a nivel interno y externo.</p>
SUSTENTAR EL CAMBIO
<p>Monitoree rigurosamente la información de impacto: continúe recopilando y monitoreando información de impacto durante un período de tiempo sostenido. Continúe destacando internamente los resultados positivos y negativos. Divulgue los éxitos externamente.</p>
<p>Informe a los nuevos profesores sobre la reforma: Asegúrese que todos los profesores nuevos estén informados de la razón por la cual se llevaron a cabo las reformas y el impacto de los cambios realizados. Asigne a los profesores nuevos para que observen los equipos de enseñanza.</p>
<p>Establezca un enfoque continuo en la formación universitaria: asegúrese que el plan de estudio nuevo no esté estancado. Embárguese en un desarrollo continuo que mantenga el currículo a la vanguardia. Establezca actividades que probablemente atraigan a una variedad de profesores. Estas actividades dependerán del contexto, pero pueden incluir, crear un grupo de investigación sobre la formación de ingeniería, ser miembro de una comunidad internacional y/o talleres de desarrollo docente.</p>
<p>Prepárese para posibles problemas: Durante la reestructuración universitaria y/o cambios en la Junta Directiva dedíquese una atención especial a más de 3 tareas y comunique a todos los profesores sobre los impulsores y los impactos de las reformas.</p>

Figura 11. Recomendaciones para aquellos Departamentos/Escuelas que quieren embarcarse en un cambio sistémico, basándose en los resultados de los estudios.

