

Artículo

Formulación y diseño de un modelo de vigilancia tecnológica curricular en programas de ingeniería en Colombia[☆]

Formulation and design of a model for a technological monitoring curriculum for engineering programs in Colombia

Vladimir Balza-Franco

Facultad de Ingeniería, Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia

Recibido el 29 de octubre de 2015; aceptado el 2 de junio de 2016

Disponible en Internet el 2 de julio de 2016

Resumen

Este documento plantea la formulación, el diseño y la validación de una herramienta de diseño curricular en ingeniería. Mediante una revisión de la literatura de procesos curriculares y de vigilancia tecnológica fueron identificados los factores clave: dimensiones, supuestos, procesos y variables; el modelo se validó mediante un estudio de tendencias del área de Operaciones y Logística en la carrera de ingeniería industrial en Colombia. Los resultados se usaron para retroalimentar el modelo. Concluimos que las instituciones académicas requieren adoptar mecanismos de diseño curricular flexibles, prospectivos y dinámicos para asimilar las tendencias del estado del arte, orientar la permanente actualización curricular y construir un perfil profesional acorde.

© 2016 Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior A.C. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Palabras clave: Diseño curricular; Vigilancia tecnológica; Educación superior; Ingeniería; Operaciones; Logística

Abstract

This paper proposes the formulation, design and validation of a tool for curricular development in engineering courses. Following a literature review of curricular processes and technological monitoring, key drivers were identified: dimensions, assumptions, processes, and variables. The model was then validated by

[☆] Se hace un reconocimiento especial a la Facultad de Ingeniería y a la Vicerrectoría de Docencia de la Universidad del Magdalena por el apoyo institucional dado a este proyecto.

Correo electrónico: vladbalza@gmail.com

analyzing trends within the operations and logistics areas of industrial engineering programs in Colombia, the results of which provided feedback for the model. The study concluded that academic institutions need to adopt flexible, forward-looking and dynamic mechanisms for curriculum design, in order to incorporate state-of-the-art developments in the field, while constructing the most updated and relevant professional profiles.

© 2016 Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior A.C. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Keywords: Curricular design; Technological monitoring; Higher education; Engineering; Operations; Logistics

Introducción

La presente investigación recogió la experiencia acumulada tras 12 años de dirección de procesos de diseño curricular e investigación en programas de ingeniería industrial en universidades colombianas. Estos procesos, en el contexto de otros más de acreditación de los propios programas, se acompañaron de la asesoría de pares académicos internos y externos que brindaron valiosos aportes a los métodos académicos relativos al diseño curricular en estas instituciones. Como síntesis de esta experiencia, y bajo la revisión de la literatura, fue formulado un modelo de gestión de diseño curricular que busca apoyar a las unidades académicas con el propósito de obtener insumos para el bosquejo de un plan de estudio prospectivo, dinámico, articulado y contextualizado con la *praxis*. El modelo obtuvo su validación mediante un estudio exploratorio de las tendencias temáticas en un área de ingeniería industrial. La institucionalización de este mecanismo al interior de las unidades ayudará a impulsar una cultura de vigilancia que propenda por el mejoramiento continuo de los procesos académicos.

Metodología

La construcción del modelo propuesto compendia un sumario dinámico de investigación surgido de los resultados de estudios formales en los procesos curriculares y de investigación formativa de tendencias en ingeniería industrial. El proceso fue permanentemente retroalimentado por expertos académicos y profesionales en ingeniería y la investigación evolucionó hasta formular un modelo conceptual general, aplicable a la ingeniería, con la idea de articular los mundos académico y de la *praxis*, orientado por los principios de la planeación académica y de la prospectiva. La literatura aportó elementos tales como principios generales y métodos, dándole una dimensión de proceso prospectivo y continuo en el tiempo. La investigación incluyó tres fases:

- 1) *Revisión y análisis de antecedentes*. Esta primera fase tuvo las siguientes etapas:
 - *Revisión del marco teórico*. Se consultaron modelos teóricos generales de diseño curricular y se revisó la teoría pertinente al proceso de diseño curricular en dos dimensiones principales: la planeación curricular y el proceso de enseñanza-aprendizaje; de éstas se adoptaron los supuestos teóricos básicos apoyados en didácticas específicas, e igualmente en el enfoque positivista del proceso de planeación curricular.
 - *Revisión y análisis de procesos de diseño curricular*. Fueron analizados documentos de acreditación, actas de comité curricular y otros documentos académicos de soporte a los procesos de diseño curricular en ingeniería industrial en tres universidades colombianas.

Esta revisión derivó en la admisión de un enfoque básico del modelo: el diseño curricular orientado por áreas problemáticas.

- *Revisión de la literatura en diseño curricular y en vigilancia tecnológica.* Se revisó la literatura específica en dos categorías conceptuales: 1) diseño curricular en ingeniería y 2) vigilancia tecnológica, más la literatura común a ambos temas. El reconocimiento permitió adoptar el enfoque prospectivo del proceso de planeación curricular y, como unidad de análisis, el «área problemática de ingeniería».

2) *Formulación del modelo.* Se basó en tres supuestos teóricos básicos:

- Enfoque de diseño curricular basado en «áreas problemáticas».
- Enfoque prospectivo de la planeación curricular.
- Proceso enseñanza-aprendizaje basado en didácticas específicas.

Con estos supuestos, utilizando los insumos de la revisión de la literatura y considerando un esquema de dimensiones, de procesos, de supuestos, de principios y de variables, fue posible formular el modelo conceptual.

3) *Validación del modelo.*

- El modelo obtuvo su validación mediante un estudio exploratorio de las tendencias del estado del arte de un área problemática específica, dentro de una ingeniería en particular. Se escogió como unidad de análisis el área de Operaciones y Logística (O&L) en programas de ingeniería industrial en Colombia. El estudio partió de la siguiente pregunta de investigación: «Dado el veloz desarrollo de la tecnología y los rápidos cambios en el entorno económico, la formación de los ingenieros industriales ¿es acorde con las últimas tendencias de la disciplina y con la tecnología de soporte requerida?». En esta fase, a partir de los resultados, de la opinión de expertos consultados, de la revisión de la literatura académica actualizada del área analizada y de la propia experiencia, se alimentó el modelo conceptual formulado y se generó la información pertinente para el rediseño de los contenidos temáticos de las asignaturas del área de ingeniería industrial.

Universo y muestra

De un total de 76 programas de ingeniería industrial existentes en Colombia, elegimos una muestra de nueve programas para analizar la opinión de al menos un docente experto en el área de estudio. En total fueron encuestados diez docentes-investigadores, bajo los criterios que debían incluir: ingeniero industrial, con maestría o doctorado, que desarrollara investigación y/o docencia en O&L, vinculado de tiempo completo a universidades reconocidas y distribuidas ampliamente en el territorio nacional.

Tipo de muestreo aplicado

Utilizamos un muestreo por criterio, basado en el juicio del investigador para seleccionar muestras representativas (Fernández Nogales, 2004). El método era intencionalmente sesgado y buscaba conseguir la opinión experta del tema investigado. Su elección se justificó bajo la premisa de alcanzar los datos cualitativos más relevantes (Rojas Soriano, 1998).

Instrumentos de recolección de datos

Conforme al enfoque prospectivo del modelo y el tipo de muestreo, el instrumento de investigación tuvo los criterios expuestos en la [tabla 1](#).

Tabla 1
Método de recolección de datos

Método escogido	Tipo de método	Fase del estudio	Enfoque metodológico	Base de premisas
Encuestas temáticas	Identificación de problemas	Exploratoria	Cualitativo	Basada en la opinión de expertos

Fuente: elaboración propia a partir de [Miles y Keenan \(2004\)](#).

Las encuestas temáticas fueron enviadas por escrito al grupo seleccionado de expertos mediante un correo electrónico institucional. Las preguntas formuladas en la encuesta eran de tipo abierto, utilizando las categorías conceptuales definidas para la unidad de análisis seleccionada. De igual forma, las encuestas diligenciadas se recibieron vía correo electrónico institucional.

Revisión del marco teórico

Curriculum y planeación curricular

En sentido amplio, el *curriculum* es un constructo útil para controlar el proceso de enseñanza-aprendizaje, es decir, qué se enseña y cómo se enseña: «El *curriculum* se nos presenta como una invención reguladora del contenido y de las prácticas implicadas en los procesos enseñanza-aprendizaje» ([Gimeno Sacristán, 2010](#): 24). De esta definición surgen tres ideas clave para el diseño curricular en educación superior: 1) el *curriculum* como sistema regulador; 2) el *curriculum* como un proceso, y 3) el *curriculum* como constructo. El *curriculum* como sistema regulador cumple la función práctica de controlar el proceso de avance de los educandos y debe ser flexible a la vez; como proceso implica gestiones académicas de planeación y de control que aseguren la calidad del mismo; finalmente, como constructo se asocia al contexto de realización y a la naturaleza de los contenidos enseñados. En educación superior esto es fundamental, dado que la naturaleza de cada disciplina condiciona la construcción del *curriculum* y la validez de los contenidos que se enseñan. En el caso de ingeniería, el conocimiento a enseñar resulta, por naturaleza, dinámico y, por tanto, el *curriculum* de un programa en este campo debe reflejar ese dinamismo.

La validez y la pertinencia del conocimiento teórico de una disciplina son otorgados por su respectiva comunidad académica mediante el proceso de investigación científica ([Bonilla, Hurtado y Jaramillo, 2009](#)). El diseño del contenido temático del *curriculum* académico implica un proceso de revisión del estado del arte de los temas más pertinentes y válidos a incluir en los cursos que integran el plan de estudios: «Los *curricula* constituyen definiciones de las formas de conocimiento cuya impartición se considera válida» ([Clark, 1991](#)). El *curriculum* declara aquello que es considerado como conocimiento válido por alguna unidad académica; éste se materializa en un plan de estudios, el cual a su vez, institucionalmente, se articula a un marco referencial exógeno que dicta criterios de pertinencia y de validez para la disciplina, y además responde a políticas, objetivos y metas de la unidad organizacional en la que se inserta (departamento, facultad, escuela).

El proceso de planeación y diseño curricular puede realizarse desde varias perspectivas teóricas o enfoques básicos «asociados al desarrollo de las teorías y de la metodología curricular» ([Díaz Barriga, 1993](#)), es decir, el *curriculum* como:

- 1) Estructura organizada de conocimientos.
- 2) Sistema tecnológico de producción.

- 3) Plan de instrucción.
- 4) Conjunto de experiencias de aprendizaje.
- 5) Reconstrucción del conocimiento y puesta en acción.

Esta clasificación no es exhaustiva pero integra una tipología adecuada para contrastar los ejemplos de diseños curriculares obtenidos de acuerdo con el enfoque seleccionado por una unidad académica; de este modo, por lo común, el *currículum* en ingeniería se asimila al enfoque tipo 1 (estructura organizada de conocimientos basada en lo disciplinar). Cada disciplina de la ingeniería genera sus propios conocimientos, métodos y soluciones, de acuerdo con el avance de la ciencia y la tecnología. Sin embargo, el enfoque tipo 5, «basado en el análisis de la práctica y la solución de problemas» (Díaz Barriga, 1993), es cada vez más utilizado en la gestión de diseño curricular, especialmente en ingenierías, dada su orientación para aplicar la ciencia y la técnica en la solución de problemas.

Por otro lado, los enfoques 1 y 2 son congruentes con la postura epistemológica adoptada en ingeniería, tanto en la academia como en la *praxis*. La planeación curricular comúnmente se aborda desde una perspectiva de la gestión académica, «[...] que asume el *currículum* como una forma de explicar y de predecir el horizonte y la dinámica de los procesos educativos, a través del control y el establecimiento de relaciones directas entre objetivos y métodos» (Fernández, 1991; citado en Tovar-Gálvez, 2013). En este sentido, el diseño curricular aparece como una actividad de planeación universitaria, la cual debe realizarse bajo cuatro supuestos (Taborga, 1980; citado en Díaz Barriga, 1993):

- Epistemológico.
- Axiológico.
- Teleológico.
- Futurológico.

Los dos últimos supuestos resultan fundamentales para el planteamiento teórico de esta investigación; el supuesto teleológico asume que la planeación «está condicionada por fines, metas y objetivos determinados» (Díaz Barriga, 1993), circunstancia que es congruente con las estructuras de pensamiento —tales como el enfoque sistémico— y los esquemas de acción propios de las disciplinas ingenieriles; el supuesto futurológico plantea que «la planeación tiene un carácter anticipatorio, busca proyectar cambios cualitativos en la realidad, en congruencia con los ideales buscados» (Díaz Barriga, 1993); bajo esta condición, la planeación curricular debe detectar cuáles son los temas pertinentes y válidos para una disciplina hoy y anticiparse a cuáles serán en el futuro.

El proceso enseñanza-aprendizaje

En forma simplificada, el proceso enseñanza-aprendizaje (PEA) podemos dividirlo en dos grandes aspectos: 1) el pedagógico hace referencia a «formas de entender, o teorías sobre la educación, que es un proceso desde el que genera conocimiento sobre los procesos educativos, y que es la vivencia de los procesos educativos» (Díaz, 2005; citado en Tovar-Gálvez, 2013); 2) el didáctico muestra dos grandes categorías: la didáctica basada en la teoría del aprendizaje y las didácticas específicas centradas en los presupuestos históricos y epistemológicos de cada disciplina (García y Tovar-Gálvez, 2012). La revisión y la actualización de las tendencias temáticas de una disciplina permanecen enmarcadas en esta última categoría, pues la investigación en didácticas específicas

tiene el carácter de insumo de la construcción curricular, y se presume que el resultado de la actividad investigativa, connatural a la academia, se revierte hacia la práctica docente en una disciplina específica.

Las funciones sustantivas de la educación superior —docencia, investigación y extensión (Gallego, 2014)— determinan y delimitan la *praxis* cotidiana de las Instituciones de Educación Superior (IES) (Balza et al., 2003). En la práctica, cada programa ejerce estas funciones desde su propia perspectiva disciplinar, articulándose al entorno institucional, al mundo de la teoría y al de la *praxis*, generando el constructo denominado *curriculum* (Gimeno Sacristán, 2010); a su vez, éste se implementa mediante la articulación de las dimensiones pedagógicas y didácticas en un PEA. Del mismo modo, insertas en el *curriculum* y connaturales a la docencia se hallan las didácticas específicas, las cuales alimentan el saber y el saber-hacer de las disciplinas que conforman el *corpus* teórico de un programa académico.

Revisión de antecedentes y literatura

Antecedentes

En Colombia, según la Asociación de Facultades de Ingeniería (ACOFI), en 2012 existían 93 denominaciones diferentes de ingeniería, ofrecidas por 886 programas de pregrado registrados, impartidas por 144 IES, en 84 municipios del país; es una de las naciones latinoamericanas que más carreras de ingeniería ofrece, por encima de Brasil (48) y de México (45). El número de programas disminuyó de 916 en 2009 a 886 en la actualidad, presentándose un déficit de egresados, especialmente en Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), según ACOFI.

Al interior de los programas, el proceso de revisión y de actualización de *microdiseños* o contenidos programáticos es realizado con variada regularidad. A menudo, tal ejercicio sólo se hace cuando existe el proyecto de lanzar un nuevo programa o inicia un proceso de acreditación (Balza et al., 2003). La literatura reporta carencias detectadas como la articulación y la integración no coordinadas del *curriculum*. En muchos casos, los contenidos son construidos individualmente y los cursos se dictan de forma aislada, o proceden de una tradición hereditaria de planes de estudio: «se podría evidenciar precisamente el alto grado de imposición, de reproducción y de dependencia que tiene aún nuestra educación en ingeniería» (Rodríguez, 2012). Esta desarticulación muestra su evidencia en la repetición y en la falta de integración temática en distintas asignaturas.

Una de las causas del desajuste de los contenidos radica en que, por lo común, la redacción y la actualización de los propósitos temáticos recaen en cada docente de curso, generalmente en un proceso no integrado (Balza-Franco, Caro-Ospina y Navarro-Zúñiga, 2015). En Colombia, dada la singular estructura académico-administrativa universitaria, muchas instituciones no cuentan con suficientes docentes de tiempo completo para realizar la gestión curricular. Por lo común esta función descansa en los docentes vinculados por hora-cátedra, sin asignación formal de tiempo ni de espacio institucional para la coordinación del trabajo. Como resultado de estas prácticas, el proceso de planeación y diseño curricular en muchos programas de ingeniería carece de métodos sistemáticos de planeación, de revisión y de retroalimentación de los contenidos (Balza et al., 2003); del mismo modo, no se evidencia ajuste en los supuestos *teleológicos* y *futurológicos* de la planeación universitaria (Díaz Barriga, 1993). Estas prácticas de diseño curricular con frecuencia arrojan como resultado una hoja de ruta de asignaturas a cursar, asimilada por un plan de estudios y no por un verdadero *curriculum* (Balza-Franco et al., 2015).

Diseño curricular y vigilancia tecnológica

El diseño y la revisión curricular son procesos fundamentales en la articulación de las funciones sustantivas de la educación superior. En este contexto, la educación puede concebirse como un proceso de formación vitalicio que permite al educando entender la naturaleza cambiante y compleja del conocimiento científico-tecnológico (González, Sánchez y Caira, 2013). Por tanto, este proceso asume la naturaleza dinámica del conocimiento y la necesidad actual de proyectarlo hacia el futuro, dada la velocidad de los cambios interrelacionados en la ciencia, en la técnica y en la ingeniería: «mientras más rápido ocurran los cambios, más lejos debemos tratar de ver» (Barbieri Massini, 1995).

El diseño curricular en ingeniería es, de suyo, de carácter prospectivo; la naturaleza técnica de las carreras de ingeniería demanda, por un lado, una vigilancia permanente de las tendencias del estado del arte en cuanto al desarrollo teórico de la disciplina y, por otro, una mirada sistemática a los problemas de la *praxis*, así como a las tendencias de la ciencia y de la tecnología en el futuro. La prospectiva es una filosofía-disciplina que viene en ayuda de la necesidad del ser humano de mirar hacia el futuro. La idea central de la prospectiva es «tomar sistemáticamente en cuenta al futuro al momento de tomar decisiones trascendentales en el presente» (Berger, 1957). Por su parte, la vigilancia tecnológica (VT), o *technological foresight*, «se encarga de la búsqueda de datos a través de las fuentes formales o informales» (González et al., 2013).

Existen sutiles diferencias entre prospectiva y *foresight*. La escuela francesa plantea un método y un procedimiento rigurosos para hacer prospectiva, enfocándose en grandes problemas sociales, políticos y económicos de la sociedad, desde los cuales se desea «anticipar la acción presente a la luz de los futuros posibles y deseables» (Godet y Durance, 2011); la prospectiva estratégica hace uso de estas herramientas para orientar la toma de decisiones organizacionales ante los posibles futuros. Por su parte, la escuela británica del *foresight* es más flexible en cuanto a los métodos y los propósitos de los estudios prospectivos, incluso está más enfocada en las tecnologías emergentes (Miles y Keenan, 2004). Aunque ambos enfoques comparten el objetivo de establecer futuros *posibles, probables y deseables*, los métodos difieren y el *foresight* privilegia los adelantos tecnológicos. De hecho, grandes firmas utilizan métodos de priorización como *roadmapping* para orientar el desarrollo de tecnologías clave.

De acuerdo con el propósito del estudio de la VT, Miles y Keenan (2004) plantean una tipología de cuatro grupos básicos de métodos de *foresight*: 1) identificación de problemas; 2) enfoques extrapolativos; 3) enfoques creativos, y 4) priorización. A su vez, éstos presentan tres dicotomías clave: a) la distinción entre métodos cuantitativos y cualitativos; b) la singularidad entre enfoques basados en expertos y basados en premisas, y c) la particularidad entre estudios exploratorios o normativos. Los 13 métodos formales de *foresight* son descritos en la tabla 2.

De estos métodos, el análisis SWOT, las *encuestas temáticas*, el método Delphi, los paneles de expertos y el análisis de escenarios son los más conocidos y utilizados en planeación estratégica empresarial (Godet y Durance, 2011), mientras que en el contexto curricular los métodos de identificación de problemas podrían ser los más adecuados para la exploración de tendencias en el estado del arte de una disciplina en particular, considerando las restricciones de tiempo y de recursos. Las encuestas temáticas o *issue surveys* constantemente son usadas para consultar a un amplio rango de opiniones expertas, más de las que se podrían acomodar en reuniones cara a cara —como en un panel de especialistas— y a un menor costo, pues permiten indagar lo que los expertos consideran desarrollos importantes en su área. Tales encuestas, mediante correo o *e-mail*, se emplean para consultar tendencias del estado del arte de un tema específico, con amplia cobertura nacional e internacional (Miles y Keenan, 2004). Algunos estudios recientes sobre

Tabla 2
Métodos de *foresigth*

Grupo de métodos	Método	Fase del estudio	Enfoque metodológico	Base de premisas
Identificación de problemas	Exploración del entorno	Exploratoria	Cualitativo	Asumidas
	Análisis <i>swot</i>	Exploratoria	Cualitativo	Basada en expertos
	<i>Issue surveys</i>	Exploratoria	Cualitativo	Basada en expertos
Enfoques extrapolativos	Extrapolación de tendencias	Exploratoria	Cuantitativo	Asumidas
	Modelos de simulación	Exploratoria	Cuantitativo	Asumidas
	Pronósticos de «genios»	Exploratoria	Cualitativo	Basada en expertos
	Método Delphi	Normativa	Cuali/cuanti	Basada en expertos
Enfoques creativos	<i>Brainstorming</i>	Exploratoria	Cualitativo	Basada en expertos
	Paneles de expertos	Exploratoria	Cualitativo	Basada en expertos
	Análisis de impacto cruzado	Exploratoria	Cualitativo	Basada en expertos
	Escenarios	Normativa	Cualitativo	Basada en expertos
Priorización	Tecnologías críticas (y claves)	Exploratoria	Cualitativo	Basada en expertos
	Tecnología de <i>roadmapping</i> (hoja de ruta)	Normativa	Cuantitativo	Asumidas

Fuente: elaboración propia a partir de [Miles y Keenan \(2004\)](#).

enfoques curriculares prospectivos han utilizado el método Delphi ([Zartha et al., 2013](#)) apoyados en grupos de especialistas; sin embargo, es un método más extrapolativo que exploratorio, y más costoso de implementar.

Un proceso sistemático de VT y de revisión curricular permanentes, utilizando las herramientas del *foresigth*, asumido éste como un curso continuo de gestión, puede generar beneficios para la academia: «Se puede implementar la vigilancia tecnológica en la transformación curricular en las universidades y de esta manera estar a la vanguardia e incorporar las tecnologías emergentes y existentes en el mercado» ([González et al., 2013](#)). En el ámbito académico, la vigilancia tecnológica curricular (VTC) puede asimilarse como un conjunto de procesos sistemáticos institucionalizados con el fin de detectar, entre otras cosas, las tendencias del mercado productivo y laboral, no sólo con el fin de orientar el proceso de diseño curricular, sino también para orientar y fomentar los vínculos universidad-empresa.

Áreas problemáticas de la ingeniería industrial

De acuerdo con la *Accreditation Board of Engineering and Technology* (ABET), la ingeniería es la profesión que aplica el conocimiento matemático y científico al desarrollo de las formas económicas que utilizan materiales y recursos naturales en pro de la humanidad. Según [Clark \(1991\)](#), una «profesión» se guía por un principio disciplinar, al agrupar a especialistas similares en «el conjunto de colegiados». A su vez, la disciplina es una «forma especializada de organización», dado que se especializa temáticamente por el campo de conocimiento, y su naturaleza comprensiva le imprime un carácter universal, no idiosincrático. Así, la ingeniería aplica ciencia en contextos regionales, acorde con el estado del arte validado, y en este sentido la actualización curricular es un instrumento que garantiza la validez del conocimiento aplicado, el cual incorpora las didácticas específicas en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

En ingeniería, la tradición de parcelar los planes de estudio en áreas funcionales proviene de [Fayol \(1949\)](#), quien clasificó las operaciones industriales en seis grupos (técnicas, comerciales, financieras, administrativas, seguridad y contables), constituyéndose este ordenamiento en la primera aproximación al concepto de áreas disciplinares en gestión industrial ([Balza et al., 2015](#)).

El enfoque «*curriculum* como reconstrucción del conocimiento y puesta en acción» ha conducido al desarrollo de modelos de enseñanza-aprendizaje «basados en problemas» (Díaz Barriga, 1993), asumiendo que es factible y conveniente la parcelación del conjunto de conocimientos de una disciplina en «áreas problemáticas».

En Colombia, la estructura curricular de los programas de ingeniería industrial cuenta con cinco áreas tradicionales: 1) ciencias básicas; 2) científico-tecnológica; 3) económico-administrativa; 4) sociohumanística, y 5) profesional específica (Durán, 1989; citado en Rodríguez, 2012). De esta última área, los temas declarados prioritarios son: a) nuevas tecnologías; b) optimización; c) producción; d) administración y finanzas, y e) criterios de calidad (Zartha et al., 2013).

Tendencias en diseño curricular en ingeniería

En Colombia, la literatura reporta falencias en el proceso de diseño curricular en programas de ingeniería; los planes de estudio se perciben desconectados de las tendencias globales y de las necesidades locales de gestión del cambio: innovación, información, conocimientos tecnológico y organizacional. Para subsanar esto, la iniciativa «Ingeniería para las Américas» propuso «construir capacidades locales de ingeniería para crear conocimiento que asegure la solución de necesidades locales y abra puertas para competir por oportunidades globales» (Zartha et al., 2013).

Otra falencia detectada es la ausencia de enfoque en problemas específicos de la práctica profesional. El enfoque en áreas problemáticas disciplinares constituye una metodología de diseño curricular apoyada en los métodos de solución que brinda la disciplina a los problemas propios de la *praxis*, articulados integral e interdisciplinariamente; el diseño, a su vez, se orienta mediante la formulación de preguntas problemáticas: «¿Cómo diseñar y administrar las operaciones [...] para lograr la mayor productividad y competitividad, en un mercado globalizado y competitivo, con responsabilidad social y mínimo impacto ambiental?» (Balza et al., 2003). Según este estudio, las tendencias marcadas en áreas problemáticas son gestión de operaciones y logística, sistemas de gestión de la calidad, métodos cuantitativos, gestión administrativa y financiera de proyectos (Balza et al., 2003). La figura 1 ilustra el proceso típico de diseño curricular apoyado en la metodología de áreas problemáticas.

Las líneas de investigación curricular en ingeniería van desde la internacionalización del *curriculum* y el diseño basado en competencias hasta la formación por ciclos propedéuticos. Las competencias emergen como lenguaje común en el esfuerzo de internacionalizar el *curriculum*; el término «competencia» fue asimilado como categoría conceptual estándar en procesos de internacionalización académico-curricular en ingeniería (Paipa, de Zan y Parra, 2009). Sin embargo, la globalización demanda trascender la profesionalización tradicional y adoptar fortalezas humanísticas, allende la técnica y la ciencia: «La universidad, como institución social, no sólo está profundamente impactada por la globalización, sino que está llamada a desempeñar un rol activo y propositivo frente a este fenómeno irreversible» (De Zan, Paipa y Parra, 2011).

La formación disciplinar en ingeniería industrial converge hacia el desarrollo de competencias profesionales globalizadas. Frente a esto, las características deseables en *curricula* de ingeniería industrial son: a) perfiles deseados en términos de competencias; b) *microdiseños* que evidencien las competencias a desarrollar, y c) presencia de cursos que fortalezcan el uso de una segunda lengua (Paipa et al., 2009).

En contraste, la formación por ciclos propedéuticos plantea integrar los niveles técnico y tecnológico al superior mediante ciclos de profesionalización, orientados hacia el desarrollo de competencias para el trabajo; este enfoque asume a la educación superior como un medio

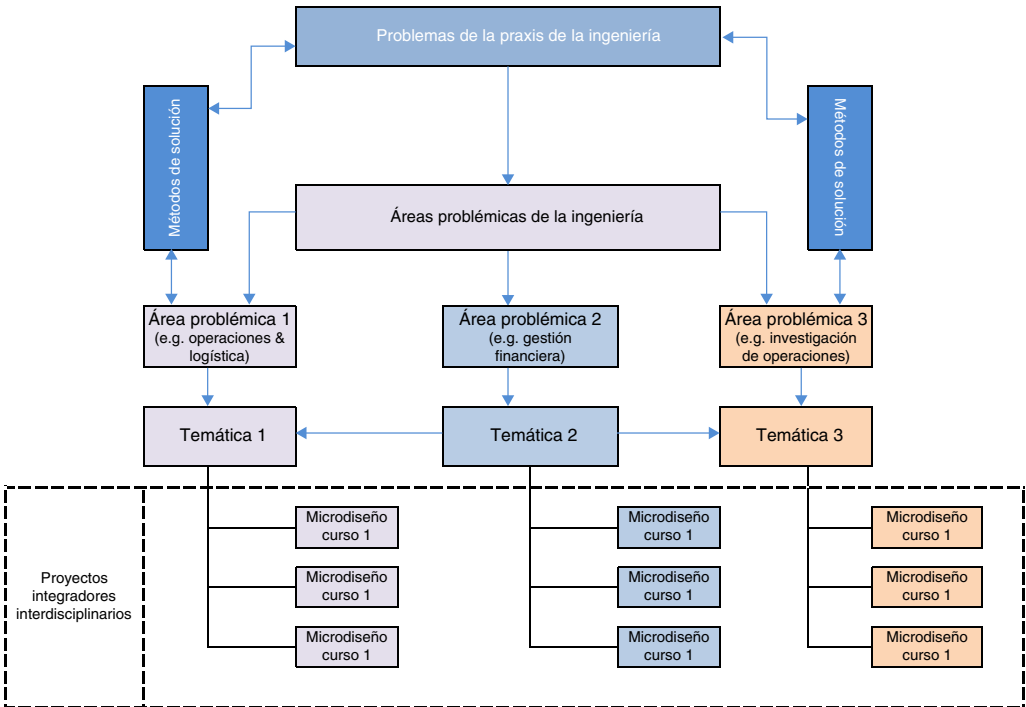


Figura 1. Proceso de diseño curricular basado en áreas problemáticas.
Fuente: elaboración propia.

de formación de empleados para el mundo laboral, subordinando la dimensión epistemológica a la mera profesionalización.

Modelo propuesto

Modelo conceptual de diseño curricular prospectivo

Con base en las dimensiones, procesos, supuestos, principios, enfoques y variables extraídos de la revisión de literatura, en los supuestos teóricos asumidos en la revisión conceptual y en los datos de la experiencia de procesos de diseño curricular previos, se propone un modelo general conceptual de diseño curricular prospectivo que se resume en la [tabla 3](#).

El modelo considera dos dimensiones principales y complementarias: el mundo académico y el mundo de la *praxis*; ambas se retroalimentan mutuamente, pero es en la *praxis*, y en particular en el desarrollo de la tecnología, donde se generan las tendencias del estado del arte de la disciplina. Los problemas generados en la *praxis* plantean inquietudes a la academia, la cual proyecta desarrollar métodos de solución para dichos problemas, y en el proceso pretende generar también un nuevo conocimiento que se valida con la puesta en práctica de estas soluciones.

Para el proceso de diseño curricular, la información prospectiva surgida de la *praxis* conforma un insumo para la construcción de los nuevos contenidos que a su vez utilizan los paradigmas tradicionales y los principios rectores de la disciplina para intentar dar solución a los problemas, generando un nuevo conocimiento válido y actualizado. Desde el punto de vista del proceso

Tabla 3
Modelo conceptual de diseño curricular prospectivo

Dimensiones		Mundo académico			Mundo de la praxis					
Procesos		Planeación curricular			Vigilancia tecnológica					
Supuestos/principios	Epistemológico	Axiológico	Teleológico	Futuroológico	Considerar el futuro sistemáticamente en la toma de decisiones	Conciliar los fines con los métodos	Convertir la visión de futuro en planes concretos	A cambios más rápidos mayor perspectiva	Mirar al futuro para orientar las acciones diarias	Anticiparse a los cambios tecnológicos del futuro
Supuestos teóricos del proceso enseñanza-aprendizaje	Enfoque positivista del diseño curricular		Procesos de enseñanza aprendizaje basado en didácticas específicas		Validez de los nuevos conocimientos surgidos de la <i>praxis</i>			Pertinencia de las nuevas tecnologías surgidas de la <i>praxis</i>		
Variables	<i>Inputs</i>	Métodos tradicionales de la ingeniería/Principios rectores de la ingeniería en particular	Tendencias globales en economía y la ingeniería/filosofías gerenciales		Problemas actuales y futuros de la práctica disciplinar			Nuevas técnicas, métodos y modelos de investigación en ingeniería		
	<i>Outputs</i>	Tendencias del desarrollo teórico del área disciplinar		Tendencias del desarrollo tecnológico de la <i>praxis</i> disciplinar						
		Teorías y modelos emergentes		Problemas específicos del área disciplinar						
		Didácticas específicas		Métodos de solución específicos						
		Soluciones propuestas por la academia a los problemas de la <i>praxis</i>								
		Competencias profesionales específicas del área disciplinar								
		Conjunto de temas y métodos de solución generales del área disciplinar								
		Microdiseños curriculares de cursos específicos								

Fuente: elaboración propia.

de planeación curricular, en este modelo se adoptan principios de planeación universitaria que permiten ponderar los aspectos teleológicos y futuroológicos del *currículum*, sin perjuicio de los aspectos epistemológicos y axiológicos.

Desde la perspectiva de los supuestos teórico-curriculares, el modelo asume un enfoque positivista y funcionalista del *currículum*, mientras adopta una estrategia de enseñanza aprendizaje apoyada en didácticas específicas, generadas por la propia disciplina. En el mundo de la *praxis*, el modelo privilegia el enfoque prospectivo y se apoya en los principios generales de la propia prospectiva para generar los supuestos y variables de entrada.

Modelo vectorial de vigilancia tecnológica curricular

De igual forma, empleamos un método de identificación de problemas de *foresight* para acopiar la información que permite alimentar el modelo. Las variables de salida se presentan a manera de información tanto de las tendencias prospectivas de las temáticas que preocupan a la *praxis* de la profesión como de las líneas teóricas que desarrolla la academia mediante la investigación. A través del proceso de diseño curricular, esta información se decanta y se transforma en métodos de solución, en competencias profesionales y en contenidos generales del área problemática específica. Los procesos de revisión y de rediseño curricular deben llevar estas temáticas a los microdiseños de las asignaturas del plan estudio, con lo que se genera un plan de estudios prospectivo, pertinente, actualizado, articulado entre sí y con la realidad empresarial que lo rodea. La fase de revisión y rediseño permanente de este modelo, institucionalizado al interior del programa, se convertirá en un proceso continuo de VT curricular, el cual esquematizamos en la *figura 2* mediante un modelo que se ha denominado «vectorial», dado que plantea un compromiso resultante entre las tendencias del estado del arte de la disciplina y las tendencias de la *praxis* profesional del mundo empresarial.

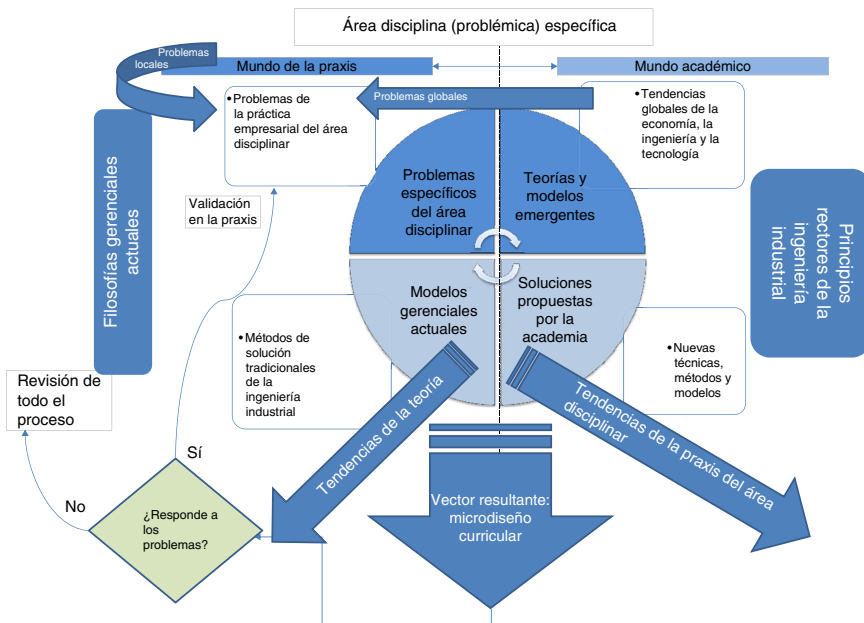


Figura 2. Modelo vectorial de vigilancia tecnológica curricular. Fuente: elaboración propia.

Análisis y discusión

El modelo parte de un enfoque de diseño curricular orientado por «áreas problemáticas», aplicable por áreas disciplinares de ingeniería, sin perjuicio de la integración, de la transversalidad y de la interdisciplinariedad de las áreas de una carrera específica; enfatiza la actitud prospectiva y dinámica que deben asumir los actores institucionales para interpretar los retos del entorno inmediato y las tendencias del macroentorno global. El proceso debe dar como consecuencia una serie de contenidos temáticos actualizados del área que incluyan los últimos conceptos, métodos y técnicas que den solución a los problemas planteados en la *praxis*. Este «vector» resultante se constituye en insumo del microdiseño curricular.

El modelo también se alimenta con revisiones periódicas del estado del arte, coordinadas por el comité curricular, integrando a grupos de investigación y a empresarios. Las temáticas derivadas generan alternativas para que el comité curricular estructure el contenido del área y las distribuya adecuadamente en los *microdiseños* de los cursos de pregrado y de posgrado ofrecidos. El propio comité debe analizar periódicamente los temas emergentes para incorporarlos, actualizarlos o removerlos de los microdiseños, a fin de generar las didácticas específicas de cada curso, sin afectar la estructura espaciotemporal del programa, ni el régimen de prerrequisitos y co-requisitos, haciendo menos traumáticos los ajustes y los cambios al plan de estudios.

La validación de los contenidos procede de su contraste con los problemas reales de la práctica profesional; tal confrontación puede evidenciar si los contenidos del área y los microdiseños de curso no responden adecuadamente a los problemas específicos de la disciplina; en ese momento, el modelo genera un bucle de revisión sistemática de todo el proceso, pues las didácticas específicas de cada curso deben armonizar con aspectos pedagógicos del proceso enseñanza-aprendizaje, con metodologías recientes de estudio-aprendizaje-práctica y con los recursos materiales disponibles. En síntesis, la gestión curricular evoluciona de un abordaje individualista hacia a un enfoque académico colectivo, mediante un proceso sistemático de vigilancia académica que genera «vida útil» a los contenidos dentro del marco de acción para el que fueron diseñados.

La riqueza del modelo no está en los resultados obtenidos sino en el proceso en sí. Los productos son insumos que alimentan el proceso de diseño curricular. En la fase de asimilar e institucionalizar el modelo, la unidad académica ganará en especialización y en conocimiento del curso de su propia gestión curricular.

El modelo propuesto no reemplaza un proceso de diseño curricular ni los resultados de la exploración se constituyen por sí solos en el *currículum* académico; ante todo es una herramienta para recabar la información que permita construir el componente epistemológico (saberes-*microdiseños*) del propio *currículum*. Estos resultados deben ser decantados por un detallado análisis del comité curricular para obtener una distribución adecuada y pertinente de los temas en las diferentes asignaturas del área y evitar la repetición de temas.

Validación del modelo

Diseño del instrumento de investigación

El instrumento de investigación aplicado se diseñó considerando las dimensiones académica y práctica-prospectiva del modelo conceptual general; las categorías conceptuales investigadas que pasaron a conformar la *encuesta temática* fueron:

Tabla 4
Categorías conceptuales del instrumento de investigación

	Dimensión académica		Dimensión de la praxis	
Inputs	Métodos tradicionales de la ingeniería/ Principios rectores de la ingeniería en particular	Tendencias globales en economía y la ingeniería/filosofías gerenciales	Problemas actuales y futuros de la práctica disciplinar	Nuevas técnicas, métodos y modelos de investigación en ingeniería
Categorías conceptuales	<i>a, d</i>		<i>b, c</i>	<i>e, f</i>

Fuente: elaboración propia.

Tabla 5
Interpretación de categorías conceptuales y variables

Categoría conceptual/variables	Correspondencia en el modelo	Interpretación en el modelo
<i>a</i>	Dimensión académica	Indaga por las temáticas que actualmente se incorporan a los planes de estudio de los programas encuestados, tanto en pregrado como en posgrado
<i>b y c</i>	Dimensión práctica-prospectiva	Indaga por las temáticas <i>deseables</i> a incorporar en los contenidos temáticos del área conforme con las tecnologías emergentes y futuras
<i>d</i>	Variable cuantitativa/dimensión académica	Busca medir la intensidad académica relativa que tiene el área problémica específica con relación a las otras áreas y su peso específico en el plan de estudios
<i>e</i>	Dimensión académica/práctica	Indaga por las tendencias en apoyos tecnológicos y tecnologías educativas que se aplican al proceso enseñanza-aprendizaje en relación con las tendencias en las temáticas y en las tecnologías de apoyo
<i>f</i>	Dimensión práctica	Recaba información sobre la demanda de temas que exige actualmente el mundo de la <i>praxis</i> en relación con los problemas que surgen de ésta

Fuente: elaboración propia.

- Temáticas específicas incluidas actualmente en el plan de estudios.
- Temáticas deseables a incluir en el plan de estudios de pregrado.
- Temáticas deseables a incluir en posgrado.
- Intensidad académica de los cursos del área en el plan de estudios.
- Métodos de enseñanza-aprendizaje, herramientas y apoyos tecnológicos.
- Actividades de extensión (educación continuada, consultoría y asesoría).

Estas categorías se corresponden con las variables de entrada del modelo, tal como lo muestra la [tabla 4](#), mientras que la [tabla 5](#) indica la interpretación de las respectivas categorías y variables.

La validación del instrumento sobrevino mediante encuestas piloto aplicadas a docentes del área de O&L de varias universidades colombianas, cuya contribución fue muy valiosa para depurar y perfeccionar el instrumento de investigación.

Las instituciones escogidas para realizar las encuestas, las ciudades respectivas y el nivel de formación de los docentes-investigadores que participaron en el estudio se presentan en la [tabla 6](#) (se omiten intencionalmente los nombres de los encuestados).

Tabla 6
Universidades que hicieron parte del estudio y perfil de encuestados

Universidad	Ciudad	Nivel académico del encuestado
U. de Ibagué	Ibagué	M.Sc.
U. EAFIT	Medellín	M.Sc.
U. del Valle	Cali	Ph.D.
U. del Valle	Cali	M.Sc.
U. del Norte	Barranquilla	Ph.D.
U. del Magdalena	Santa Marta	M.Sc.
U. Tecnológica de Bolívar	Cartagena	M.Sc.
U. de los Andes	Bogotá D.C.	M.Sc.
U. Industrial de Santander	Bucaramanga	Ph.D.
U. Simón Bolívar	Barranquilla	M.Sc.

Fuente: elaboración propia.

Resultados del estudio exploratorio

Tendencias globales y retos que afronta la profesión de ingeniería industrial

Dividimos los resultados de esta sección en tres tipos: 1) las tendencias económicas y problemáticas globales que pueden afectar la profesión; 2) opiniones abiertas sobre las herramientas actuales de la ingeniería industrial para afrontar estos retos, y 3) tendencias en los campos de ocupación de la ingeniería industrial en el futuro próximo.

Al considerar prospectivamente los fenómenos económicos mundiales que reconfiguran la actividad productiva y la logística mundial, observamos que la globalización afecta los criterios de definición y de diseño curricular, imponiendo duros retos a la *praxis* de la profesión. En opinión de los encuestados, los fenómenos que afectan las tendencias en el mundo empresarial, entre otros, son los siguientes:

- *China*. Segunda economía del mundo y primer productor mundial de acero; al 2025 se proyecta como la primera potencia económica mundial, doblando el PIB de la Unión Europea y superando en un 30% el PIB de Estados Unidos.
- *El cambio climático*. Representa una amenaza omnipresente para la supervivencia global y plantea grandes retos a todas las ramas de la ingeniería; por ejemplo, cómo amortiguar y adaptarse a este cambio inminente.
- *Nuevos desarrollos tecnológicos*. Nanotecnología, biotecnología, biomecánica, ingeniería de tejidos, *software* altamente confiable, inteligencia artificial, entre otros, son nuevos retos para la ingeniería industrial.
- *La total globalización de la economía mundial y de la manufactura*. Esto plantea grandes retos logísticos al comercio internacional y a la ingeniería industrial.
- *Global Chain Supply Management*. La importancia cada vez mayor de la gestión global de la cadena de suministro, dado el impacto del comercio global.
- *La corrupción pública y privada*. El deterioro de la ética empresarial exige la incorporación de principios de responsabilidad social empresarial a los *curricula* (Balza, 2015).

Los resultados evidencian que el área de O&L cuenta con capacidad de respuesta a los retos mediante la orientación por principios rectores, filosofías gerenciales y con diversos métodos de

Tabla 7

Principios rectores, filosofías gerenciales y métodos de solución de la ingeniería industrial

Principio rectores de la ingeniería industrial	Filosofías gerenciales aplicables a área de operaciones y logística	Métodos de solución de la ingeniería industrial
Economía de los procesos	Gestión total de calidad	Ingeniería de métodos y tiempos
Eliminación del desperdicio	Teoría de restricciones	Análisis estadístico de la variabilidad
Gestión eficiente del cambio	Six-sigma	Métodos de pronóstico de la demanda
Calidad	<i>Just-in-time</i> (Kaizen)	Métodos de planeación agregada de la producción
Economía del tiempo	<i>Lean manufacturing</i>	Investigación de operaciones aplicada
Eficiencia de los procesos	Mantenimiento productivo total (TPM)	Modelación matemática de redes logísticas
Eficacia de los procesos	Gestión estratégica de las operaciones	Diseño optimizado de cadenas de suministro
Seguridad de las operaciones		Control estadístico de procesos
Satisfacción total del cliente		<i>Advance planning and scheduling</i>

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 1

Créditos académicos del área de operaciones y logística

Categoría	Promedio
Créditos académicos del área	21.1
Intensidad horaria semanal por asignatura	3.33
Horas por semestre de prácticas en laboratorios	6.70

Fuente: elaboración propia.

solución como técnicas de gestión productiva y logística, métricas de desempeño y herramientas informáticas, elementos que se constituyen en las prácticas empresariales de la ingeniería industrial (tabla 7).

Otras prácticas cotidianas de la ingeniería industrial mencionadas en la encuesta son: gestión permanente del cambio, calidad del producto desde el principio del proceso, producción ajustada a la demanda, eliminación del inventario, adecuado flujo de los materiales y de las operaciones, capacitación constante del operario de producción y logística, integración proveedor-empresa-cliente, trabajo en equipo, innovación del producto, gestión por procesos y autogestión. Por otra parte, algunas tendencias futuras que la práctica de la ingeniería industrial abordará eventualmente son: logística inversa, diseño logístico sostenible, diseño de redes de logística humanitaria, *Global Supply Chain Management*, *Knowledge Intensive Business Services*, *Knowledge Process Outsourcing*, *Offshoring*, *Backshoring*, gestión integrada de la producción y dinámica de sistemas, entre otras.

Ejes temáticos actuales y perfil curricular del área de operaciones y logística

Distribución temática por créditos académicos

Los cursos del área de O&L incorporados a los planes de estudio de las universidades encuestadas —para pregrado y posgrado— son: Diseño de sistemas de producción, Pronósticos, Sistemas de almacenamiento e inventarios, Sistemas de transporte y redes de abastecimiento, Logística industrial y Modelación matemática, entre otras. Los promedios de la intensidad horaria, medida en créditos académicos y horas teórico-prácticas, se muestran en el cuadro 1.

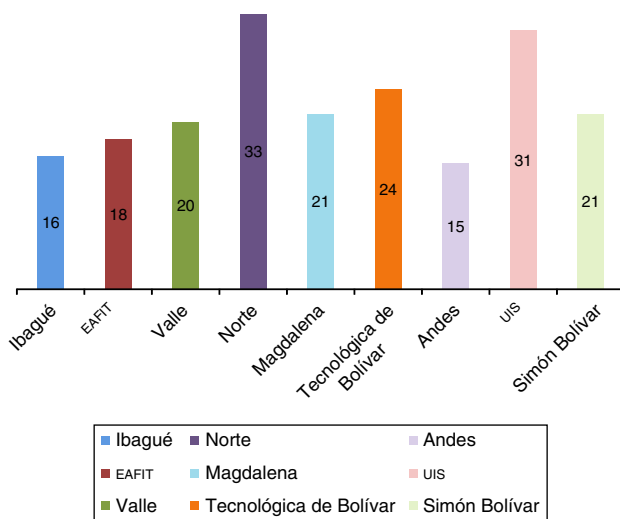


Figura 3. Distribución de créditos del área de operaciones y logística.
Fuente: elaboración propia.

Cuadro 2
Distribución de cursos por nivel académico

Cursos del área	Pregrado	Posgrado	Total
Logística	42%	15%	57%
Operaciones	32%	11%	43%
Total	74%	26%	100%

Fuente: elaboración propia.

La dedicación de créditos al área de O&L en las universidades encuestadas se muestra en la figura 3.

Según los resultados, la UniNorte (Barranquilla) y la UIS (Bucaramanga) evidencian un notorio enfoque hacia el área de O&L, mientras que otras, como la Universidad de Ibagué, la EAFIT y los Andes muestran una relativa baja concentración en créditos obligatorios en el área, enfocándose más hacia otras, tales como las gestiones administrativa y financiera. El cuadro 2 resume la distribución de las 23 asignaturas incluidas en el estudio entre cursos de pregrado y de posgrado, en temas de operaciones y de logística.

De estos cursos, tanto de pregrado como de posgrado, el 57% incluye visitas empresariales en sus prácticas académicas, mientras que el 43% restante no lo hace.

Metodologías pedagógicas utilizadas

La clase magistral es el método pedagógico más utilizado en el área de O&L (59.25% del total de horas-semestre). Los talleres —en aula o en sala de informática— son los métodos no tradicionales más ampliamente utilizados. De manera adicional, se propusieron las siguientes prácticas: visitas a empresas, análisis de artículos científicos, investigación en el aula, trabajo práctico en empresa y videos de procesos industriales. La figura 4 resume los resultados en metodologías de enseñanza-aprendizaje.

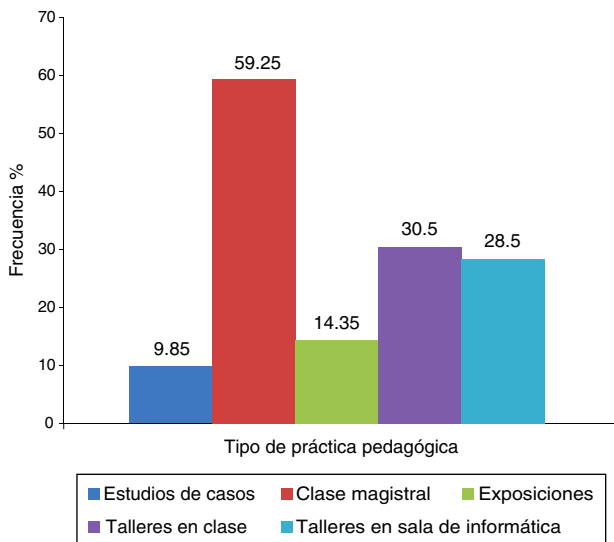


Figura 4. Metodologías pedagógicas más utilizadas.

Fuente: elaboración propia.

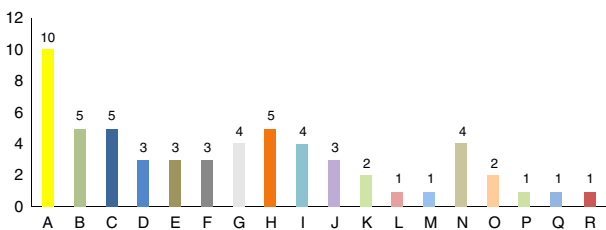


Figura 5. Frecuencia absoluta por temas programáticos.

Fuente: elaboración propia.

Temáticas incluidas en los microdiseños curriculares

En respuesta a la pregunta «¿qué temas hacen parte actualmente del microdiseño curricular de sus cursos?», la [figura 5](#) ilustra la frecuencia de los temas incluidos actualmente en los microdiseños de las asignaturas del área de O&L en los programas de la muestra; la [tabla 8](#) expone las convenciones adoptadas para cada tema.

Destaca el tema «Diseño del sistema productivo y planeación de operaciones», porque aparece en todas las respuestas. No es inesperado, dado que el eje temático tradicional del área es la producción manufacturera. Otros temas relevantes en la muestra son: pronósticos, estudio del trabajo —métodos, tiempos y movimientos— y gestión de almacenes, con una frecuencia de 5 respuestas cada uno.

Temas deseables a incluir en los programas de estudio

Los temas postulados como deseables a ser incluidos en el *currículum* fueron: «Tecnologías de la información y la comunicación (TIC)» y «Simulación y lenguajes de programación en

Tabla 8

Temas incluidos en los microdiseños curriculares

Convenciones adoptadas en la figura 5

A	Diseño del sistema productivo y planeación de operaciones
B	Pronósticos
C	Metodología del estudio del trabajo (métodos, tiempos y movimientos)
D	Planeación y control de la capacidad
E	Planeación agregada
F	<i>Material Requirement Planning (MRP)</i>
G	Gestión de inventarios
H	Gestión de almacenes
I	Cadenas de suministros
J	Investigación de operaciones aplicada
K	Sistemas de transporte y ruteo de vehículos
L	Control estadístico de la calidad
M	Dinámica de sistemas en problemas de logística y producción
N	Gestión logística
O	Teoría de restricciones
P	Logística inversa
Q	<i>e-commerce</i>
R	<i>Advanced Planning and Scheduling (APS)</i>

Fuente: elaboración propia.

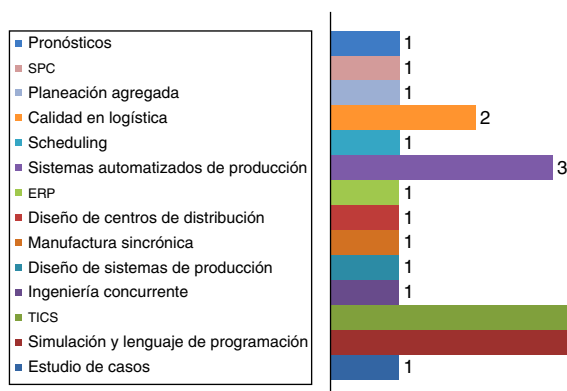


Figura 6. Temas a incluir en cursos de pregrado.

problemas de producción», los cuales presentan la mayor frecuencia absoluta, como se muestra en la figura 6. Ello refleja la necesidad de los encuestados de incluir estas herramientas como parte de los recursos de enseñanza-aprendizaje y no como temas en sí, lo cual coincide con las respuestas obtenidas sobre los tipos de *software* de apoyo didáctico. De acuerdo con esto, el uso de *software* se constituye en una estrategia metodológica de curso y no en una competencia en sí misma.

La figura 7 exhibe las respuestas a la pregunta «¿qué tema considera que se debe incluir en los cursos de posgrado?». Demuestra la amplia dispersión sobre este tema a nivel de posgrado, lo que indica que no existe una tendencia clara; sin embargo, «Calidad en logística e indicadores» y «Optimización de la cadena de abastecimiento» aparecen con dos respuestas. Se observa cierta similitud entre los temas en pregrado y en posgrado, diferenciándose en el nivel de profundidad; así, las líneas de profundización más relevantes en O&L son: logística inversa, manufactura

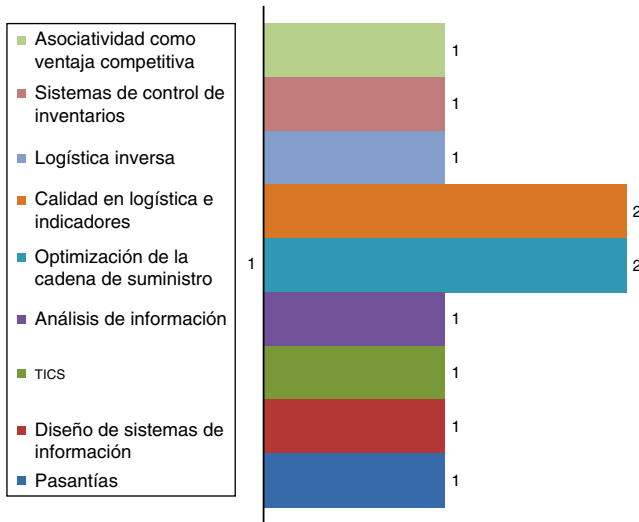


Figura 7. Temas propuestos en cursos de posgrado.
Fuente: elaboración propia.

sincrónica, ingeniería concurrente, manufactura aditiva, producción más limpia, *green logistics*, automatización, *Advanced Planning and Scheduling* (APS), dinámica de sistemas, *collaborative supply chain* y logística humanitaria.

De acuerdo con las encuestas, la enseñanza en O&L se enfoca hacia la gestión estratégica de las operaciones y a la gestión logística de la cadena de suministro. Los métodos de solución destacados son la teoría de restricciones (TOC) aplicada a problemas de flujo de procesos, y la investigación de operaciones (IO) aplicada al diseño de la cadena de suministro. Las tendencias específicas se resumen en: 1) gestión logística estratégica: *warehousing*, *shared crossdocking*, logística colaborativa y optimización de redes logísticas, y 2) gestión estratégica de operaciones: TOC, sistemas automatizados de control, APS, manufactura esbelta, planeación agregada de la capacidad, gestión de la demanda, manufactura sincrónica, ingeniería concurrente y sistemas ERP. Algunos temas logísticos, como gestión de aprovisionamiento, *e-commerce*, transporte, almacenamiento, inventarios, planeación de la producción y distribución física, tienden a integrarse en un nuevo campo de gestión: *Strategy Supply Chain Management*.

Software de apoyo utilizado

La figura 8 —pregrado y posgrado— resume las respuestas a la pregunta «¿qué tipo de *software* utiliza en su práctica académica y con qué frecuencia?». Excel de Microsoft Office (24%) es el *software* más utilizado. Le siguen Win-QSB, SPSS y E-VIEWS, y con menor frecuencia aparecen X-Press, POM (DS), Logware, AMPL, Statgraphics, Arena, SINMAF, APS/Network Optimizer, Sched/APS y CARGO-PLANNER/APS.

Actividades de extensión

La encuesta indagó en cuanto a los servicios de extensión —diplomados y cursos libres— y la venta de servicios —consultoría y asesorías externas ofrecidas al sector empresarial— por los docentes de la muestra. Los resultados se muestran en la figura 9.

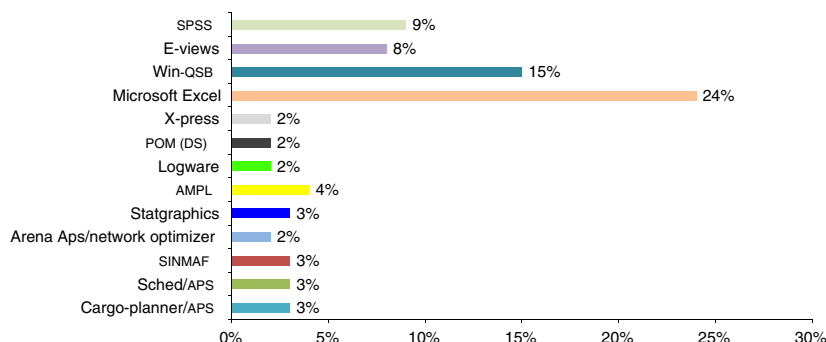


Figura 8. Utilización de *software* en la práctica académica de O&L.

Fuente: elaboración propia.

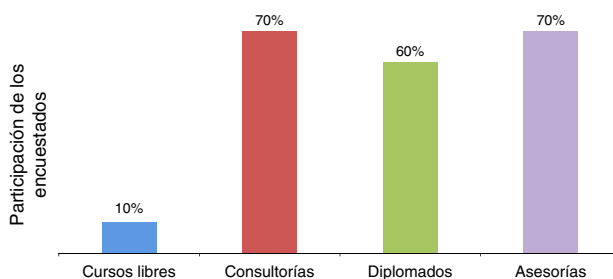


Figura 9. Modalidades de extensión en que participan los expertos encuestados.

Fuente: elaboración propia.

Los temas tácticos más solicitados son las técnicas de pronóstico, el diseño de redes de suministro, la logística de distribución física, la planeación de la producción y la gestión de inventarios. La consultoría toca temas estratégicos como gestión de la demanda, inventarios, planeación estratégica de la cadena de suministro, gestión de calidad, mejoramiento de procesos, reducción del desperdicio y teoría de restricciones. En asesorías se abordan estudios especializados de manuales de calidad, estudios de tiempos, distribución en planta y panorama de riesgos.

Conclusiones

Tradicionalmente, los programas académicos de ingeniería en Colombia se han adaptado en forma pasiva a la dinámica de cambio en los avances teóricos, a las prácticas empresariales, a los avances tecnológicos, a las herramientas propias de la ingeniería y a los retos que impone el futuro de la tecnología, de la ciencia y del ecosistema. A diferencia de las maestrías y doctorados, en pregrado es poco común la actualización curricular apoyada en el estado del arte de la disciplina.

Como resultado de una sistemática y continua reflexión de su propia actuación pedagógico-investigativa, los programas en ingeniería deben responder metódica, rigurosa y colectivamente a esta pregunta: la formación de los ingenieros ¿es acorde con las últimas tendencias de la disciplina y con la tecnología de soporte que se requiere?

La puesta en práctica de este modelo conceptual, utilizando métodos de *foresight* tecnológico y su institucionalización como proceso continuo, deviene en un *modelo vectorial de vigilancia*

tecnológica curricular (MVTTC) aplicable a áreas problemáticas de cada ingeniería. Este modelo fue validado por un estudio exploratorio que halló información valiosa para la construcción de un programa de ingeniería industrial

El MVTTC en ingenierías sintetiza los principios básicos de la planeación académica con principios de la planeación prospectiva dando como resultado un constructo de diseño curricular prospectivo, que con base en dimensiones, procesos, supuestos, principios y variables puede generar información pertinente, prospectiva y contextualizada de las tendencias del estado del arte de la disciplina, en un área problemática específica.

Como sistema dinámico, el *currículum* es un «vector» resultante de fuerzas de magnitud y de dirección diversas: tendencias globales, presiones sociales del macro-entorno y fuerzas internas del meso-entorno institucional al programa académico. Desde lo micro, los contenidos obedecen a otras fuerzas «vectoriales» como las tendencias teóricas de la disciplina y las de la *praxis*. El vector resultante es un *microdiseño* más pertinente a los retos específicos del área disciplinar.

El ejercicio realizado en ingeniería industrial creó un modelo «vectorial» idiosincrático para un área problemática de este programa en particular. Este mismo ejercicio de investigación, en otra ingeniería, probablemente generará constructos diferentes, aportando elementos distintos al modelo. Un ejemplo es el aporte de los «principios rectores» de la ingeniería industrial y las «filosofías gerenciales», categorías conceptuales surgidas del proceso que son afines a todas las áreas problemáticas de esta disciplina. Sin embargo, el modelo conceptual de base aplica para cualquier programa de ingeniería.

Los enfoques basados en expertos se adaptan a las necesidades de la investigación prospectiva curricular, y permiten identificar tendencias y expectativas del futuro del desarrollo de una disciplina, con apoyo en la opinión experta.

Las IES requieren adoptar mecanismos prospectivos, dinámicos y flexibles de diseño curricular a fin de asimilar las tendencias del estado del arte, sin perder la identidad epistémica de las unidades académicas para así poder orientar eficientemente la actualización pertinente y continua del *currículum* en ingeniería, así como la construcción del perfil profesional del ingeniero, adecuado a los retos y tendencias actuales, sin perder de vista los principios institucionales.

Las filosofías gerenciales y técnicas japonesas de manufactura como *Total Quality Control*, *Just-in-Time*, *Kaizen*, *Six-Sigma*, 5S, círculos de calidad, etc., deben ser ejes temáticos transversales al plan de estudios de ingeniería industrial, puesto que se fundamentan en la aplicación de principios generales de la calidad, entrelazados con principios rectores de la profesión, vinculando las áreas de calidad y de operaciones.

Implicaciones para futuras investigaciones

Los resultados del estudio son un punto de partida para la continua revisión y el contraste con los problemas de la práctica profesional. Un posible paso a seguir es investigar entre los profesionales del área y comparar las diferencias entre los temas que ocupan a *scholars* y *practitioners*. Este documento puede dar inicio a una serie de estudios sobre modelos de VT curricular enfocados en áreas problemáticas de ingeniería, conducentes a la construcción de un modelo general de diseño curricular en ingeniería. De igual forma, surgen interrogantes en cuanto a las tendencias de los procesos de enseñanza-aprendizaje en ingeniería, en universidades de otros países, en el contexto latinoamericano y mundial, frente a las necesidades y retos del comercio global.

Referencias

- Balza, Vladimir, Rojas, M., del Castillo, A., Amar, P., García, A. y Rodríguez, N. (2003). *Diseño Curricular del Programa de Ingeniería Industrial de la Universidad del Atlántico*. Barranquilla: Atlántico.
- Balza, Vladimir (2015). La Responsabilidad Social del docente universitario de ingeniería industrial y administración frente a la enseñanza de ideologías económicas. Reflexiones desde la perspectiva humanista. *Educación en Ingeniería.*, 10(19), 69–79.
- Balza-Franco, Vladimir, Caro-Ospina, Ana Paola y Navarro-Zúñiga, William (2015). Una mirada a la investigación formativa de pregrado en el área de operaciones y logística de ingeniería industrial en Colombia. *Educación en Ingeniería.*, 10(20), 75–87.
- Barbieri Massini, Eleonora (1995). ¿Por qué reflexionar hoy acerca del futuro? *Cuadernos de Administración*, (21), 138–148.
- Berger, Gaston (1957). *Sciences humaines et prévision. La Revue des Deux Mondes*, 3, 3–12.
- Bonilla, Elssy, Hurtado, Jimena y Jaramillo, Christian. (2009). *La Investigación. Aproximaciones a la construcción del conocimiento científico*. México: Alfaomega.
- Clark, Burton R. (1991). *La Educación Superior. Una visión comparativa de la educación superior*. México: Nueva Imagen.
- De Zan, Arturo, Paipa, G. Luis A. y Parra, Ciro (2011). Las competencias: base para la internacionalización de la educación superior. *Revista Educación en Ingeniería*, 6(11), 44–54.
- Díaz Barriga, Frida (1993). Aproximaciones metodológicas al diseño curricular hacia una propuesta integral. *Tecnología y Comunicaciones Educativas*, (21), 19–39.
- Fayol, Henri (1949). *General and Industrial Management*. London: Pitman and Sons.
- Fernández Nogales, Ángel (2004). *Investigación y técnicas de mercado*. Madrid: Esic Editorial.
- García, Germán y Tovar-Gálvez, Julio César (2012). Investigación en la práctica docente universitaria: obstáculos epistemológicos y alternativas desde la didáctica general constructivista. *Educação e Pesquisa*, 18(55), 881–895.
- Gallego, Germán (2014). Universidades y desarrollo económico local. *Perfil de Coyuntura Económica*, (23), 9–14.
- Gimeno Sacristán, José (2010). La función abierta de la obra y su contenido. *Revista Electrónica Sinéctica*, (34), 11–43.
- Godet, Michel y Durance, Philip (2011). *La prospectiva estratégica para las empresas y los territorios*. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
- González, Karela, Sánchez, José G. y Caira, Norma M. (2013). Herramientas informativas para la vigilancia tecnológica en diseños curriculares de universidades públicas. *Revista Internacional de Gestión del Conocimiento y la Tecnología*, 1(2), 19–31.
- Miles, Ian y Keenan, Michael (2004). In U. O. Manchester (Ed.), *Overview of Methods used in Foresight*. Manchester, UK: PREST. Institute of Innovation Research (IIR).
- Paipa G, Luis A., de Zan, Arturo y Parra, Ciro H. (2009). *Avances en los procesos de internacionalización de los currículos de ingeniería industrial en Colombia*. Bogotá: Universidad de la Sabana, Facultad de Ingeniería.
- Rodríguez, Luisa F. (2012). Algunos cuestionamientos a la enseñanza de la ingeniería industrial en Colombia. *Cuadernos de Administración*, 48(28), 91–103.
- Rojas Soriano, Raúl (1998). *Investigación social: teoría y praxis* (9.^a ed.). México: Plaza y Valdés.
- Tovar-Gálvez, Julio César (2013). Pedagogía ambiental y didáctica ambiental como fundamentos del currículo para la formación ambiental. *Revista Brasileira de Educação*, 18(55), 877–898.
- Zartha, Jhon Wilder, Arango, Bibiana, Vélez, Fabián Mauricio, Coy, David Alejandro, Méndez, Katia, Orozco, Gina Lía, et al. (2013). Estudio de la prospectiva de la ingeniería industrial al 2025 en algunos países miembros de la OEA. *Latin American and Caribbean Journal of Engineering Education*, 7(1).