



Encuentro Internacional de
Educación en Ingeniería ACOFI

Innovación en las facultades de ingeniería:
el cambio para la competitividad y la sostenibilidad

Centro de Convenciones Cartagena de Indias

4 al 7 de octubre de 2016



NECESIDAD DE UN PROGRAMA DE INGENIERÍA DE MANUFACTURA EN COLOMBIA

Carlos A. Montilla M., Carlos A. Romero P., Valentina Kallewaard E.

Universidad Tecnológica de Pereira
Pereira, Colombia

Resumen

Este artículo está dedicado a la presentación del programa de Ingeniería de Manufactura que se ofrecerá en la Universidad Tecnológica de Pereira. Con este programa se pretende responder al déficit de personal profesional científico e innovador en el campo de la fabricación de bienes de capital. Se hace una presentación de la realidad local, nacional e internacional sobre Manufactura, seguidamente se justifica la creación del programa, se enuncian sus objetivos, se hace una descripción de los diferentes perfiles profesional y ocupacional del aspirante. Se presenta la estructura general del currículo.

Palabras clave: ingeniería de manufactura; metalmecánica; currículo

Abstract

The purpose of this paper is to introduce a Manufacturing Engineering curriculum, to be offered at the Universidad Tecnológica de Pereira, in Pereira. This program might face nationwide workforce shortage in manufacturing engineers and innovators. Local, national, and international manufacturing contexts, linked to the technological competitiveness, are considered to further justify the creation of the program. The main objectives are presented, as well as a description of the candidate profiles, and also the professional and occupational competences to be reached with the program. The general structure of the curriculum is described.

Keywords: *manufacturing engineering; metalmechanics; curriculum*

1. Introducción

La educación superior se enfrenta en todo el mundo a desafíos y dificultades relacionados con la mejora de la calidad de la enseñanza, la creación, transformación y comunicación de conocimiento, la investigación en conexión con el medio, la pertinencia y actualización continua de los planes de estudios. La educación superior debe hacer frente a los retos que suponen las nuevas tecnologías, en cuánto a producir, organizar, difundir, aprovechar el saber y dominar el acceso al mismo. Particularmente, para países en vía de desarrollo como el nuestro, aparte de la expansión o cobertura, la educación superior debe permitir responder rápidamente al desafío de superar la disparidad en investigación y transferencia tecnológica en el sector secundario de la economía. Debe contribuir a formar una masa crítica de personas cualificadas y cultas con la cual se haga realidad el desarrollo tecnológico endógeno y sostenible.

En respuesta a los desafíos descritos, se pone en marcha un proceso de formación, a nivel de ingeniería, de expertos en bienes de capital, en lo referente a planeación, concepción, diseño para fabricación, construcción y explotación de éstos. En este trabajo se presenta una propuesta curricular de un programa de "Ingeniería de Manufactura", con amplia aplicación de la ciencia básica en cursos afines en su mayoría a la Ingeniería Mecánica, pero con gran énfasis en los procesos y métodos de fabricación y planeación de piezas, artefactos, mecanismos, mandos, máquinas, celdas de manufactura y talleres de producción. Bajo el nuevo programa proyectado se formarán expertos con conocimientos no cubiertos hasta ahora por ninguna de las ingenierías actualmente reglamentadas por el Ministerio de Educación Nacional de Colombia. La Ingeniería de Manufactura formará profesionales competentes con estructura y capacidad prospectiva, con formación para la creación y proyección de nuevos procesos y métodos acompañados con las tendencias internacionales marcadas por la evolución natural científica y tecnológica.

A lo largo de esta exposición se sintetizarán los antecedentes destacables que han inducido al grupo de trabajo en manufactura a proponer este programa; seguidamente se comentarán las tendencias nacionales e internacionales consideradas para elaborar la propuesta académica; se enuncian los objetivos del programa, se muestra globalmente el plan de estudios y, finalmente, se hacen conclusiones sobre el desarrollo y puesta en funcionamiento del programa.

2. Fundamentación

Nuestras empresas de bienes de capital no están en capacidad de ofrecer en la maquinaria y equipo, los adelantos tecnológicos y las ganancias en productividad que cada vez más requiere el sector industrial, para ser competitivas nacional e internacionalmente (Serna, 2002). El tamaño del mercado no ha permitido avanzar en forma sustancial en la producción de bienes de capital propiamente dichos, con excepción de algunas máquinas y herramientas sencillas para uso agrícola, minero y de transmisión eléctrica (Serna, 2002).

Dentro del sector secundario, los subsectores de productos metálicos, bienes de capital, y el material y equipo de transporte, comparten, en general, el uso de la misma maquinaria. El parque tecnológico del subsector está compuesto principalmente por las siguientes máquinas: troqueladoras, prensas hidráulicas y neumáticas, fresadoras, tornos, electro-erosionadoras, taladros, cepillos, equipos y/o cabinas de pintura, hornos, soldadores, plantas de galvanoplastia (Serna, 2002). Las máquinas anteriormente mencionadas son operadas por técnicos mecánicos, así como técnicos afines, es decir, fresadores, rectificadores, ajustadores mecánicos y torneros mecánicos, además de los electrónicos, con el apoyo de dibujantes, proyectistas y electrotécnicos. Ellos han tenido la posibilidad de convertirse en operadores, programadores u operarios de mantenimiento de máquinas y sistemas CNC, con capacitación específica de corta duración, generalmente facilitada por las propias empresas, por los proveedores de equipamiento CNC o por entidades especializadas en capacitación y/o perfeccionamiento en servicio.

3. Justificación

3.1. Necesidades del país y la región en un contexto globalizado

Algunos referentes históricos y documentos producidos en diferentes instancias en el país y que se relacionan con la demanda de formación calificada para la manufactura, como solución de competitividad, son los referidos en este apartado:

En el año 2002, la empresa colombiana de petróleo ECOPETROL, propone llevar a cabo un Programa de Fabricación de Bienes de Capital y Partes con Pymes Nacionales. En 2007, el gobierno de Colombia y el sector privado se unieron para desarrollar una política de articulación de los sectores público y privado; definieron una visión para convertir a Colombia en un país de ingresos medios en 2032 (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo de Colombia, 2009); se facilitó la creación del Sistema Nacional de Competitividad (SNC); se creó el Consejo Privado de Competitividad (CNC); y se reestructuró el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo - MCIT (Cámara FEDEMETAL, ANDI, 2000).

Los factores que rigen la competitividad en Colombia, según el Departamento Nacional de Planeación de Colombia, acordes con el Foro Económico Mundial son: seguridad y confianza, Educación y tecnología, condiciones macroeconómicas, instituciones favorables e infraestructura. Por otro lado, para el cumplimiento de la política de competitividad y productividad, se tiene como estrategia romper el círculo virtuoso que engloba estos factores (Programa Visión Colombia 2019).

Para Porter (Porter, 1990, Porter, 2007), uno de los co-autores del Reporte Global de Competitividad emitido por el FEM, la productividad es el determinante más importante para la competitividad de una nación y así lo define en su libro "La Ventaja Competitiva de las Naciones". **Ninguna ventaja competitiva será suficiente sin una clase de profesionales que apalanque la investigación y el desarrollo industrial.**

Desde la apertura económica, pasando por el *Programa de Fabricación de Bienes de Capital*, hasta los programas actuales del país con Visión 2032, hay una carencia de integralidad en las iniciativas y políticas propuestas, porque no se mira la educación como herramienta y como estructura de un sistema. Dados los vacíos anteriores, proponemos la creación de un programa de Ingeniería de Manufactura, para:

- Ayudar a construir un sistema de formación que fundamente la realidad tecnológica (productos, máquinas, procesos y sistemas) del país.
- Ayudar a construir un sistema que defina los fundamentos del “know-how” tecnológico aplicado a la obtención de bienes de capital; dicho know-how debe permitir modelar, simular, virtualizar, patentar y negociar productos, máquinas, procesos y sistemas de manufactura.
- Mejorar en el mediano y largo plazo la competitividad

Construir un concepto de realidad empresarial tecnológica exige un trabajo que vincule e integre los aparatos conceptuales y proposicionales de las ciencias básicas de la mecánica teórica, la teoría de mecanismos y máquinas, los procesos de manufactura, la mecatrónica y la ciencia de la medición y control, como mínimo, integrando además las nociones matemáticas y abstractas. Una buena formación apuntala un buen sistema productivo, un buen sistema productivo permite un mejor bienestar y bajo éste se establecen unas mejores relaciones filosóficas, económicas, políticas, sociales, culturales y administrativas bajo las que se construyen mejores organizaciones empresariales.

3.2. Plan de desarrollo del departamento de Risaralda

La Universidad Tecnológica de Pereira realizó el acompañamiento metodológico en la formulación del *Plan Regional de Competitividad*, elaborado por la *Comisión Regional de Competitividad de Risaralda*, coherente con lo establecido a partir de la política de competitividad nacional definida en el CONPES 3439 “Institucionalidad y principios rectores de política para la competitividad y productividad” (Comisión Regional de Competitividad de Risaralda, 2008). En el plan, a partir de los objetivos estratégicos, se concluye la necesidad de apalancar los procesos de fabricación de bienes de capital y se definen las políticas transversales conducentes a estos fines. A partir de allí puede justificarse la apertura de un programa en ingeniería de manufactura como respuesta desde la Universidad a las necesidades de apoyo científico y tecnológico.

Entre las visiones del plan *Visión Colombia Segundo Centenario 2019* (Programa Visión Colombia 2019), relacionadas (aunque no explícitamente) con la formación para la ingeniería de manufactura, pueden transcribirse:

Visión 2: “contar con una población educada en un 100%, con capacidad de utilizar la oferta tecnológica; además con capacidad y vocación de lograr metas y objetivos productivos, competitivos y sostenibles preservando los recursos naturales en un entorno social, cultural y tecnológico (haciendo uso eficiente y con criterio de racionalidad), una región que cambie con la dinámica que ofrece el entorno interno y externo”

Visión 3: “Risaralda habrá logrado consolidar un sector productivo capaz de aprovechar sus ventajas comparativas y generar ventajas competitivas y, de esta manera, será un departamento competitivo en los mercados nacionales e internacionales”

3.3. Oportunidades potenciales y existentes de desempeño del ingeniero de manufactura

Los principales problemas tecnológicos de las empresas que conforman la Cadena Metalmeccánica del país, se encuentran bien explicitadas en el documento *Informe Especial “Inventario de Problemas y Oportunidades Tecnológicas”* (Serna, 2002), el cual hace referencia a (17) problemas básicos, los cuales se ratifican y complementan con los diferentes estudios así:

- Calidad defectuosa y falta de uniformidad de algunos aceros nacionales
- Faltan normas técnicas colombianas sobre materias primas y/o sobre productos, o no se aplican las que hay para el cumplimiento de estándares
- Calidades defectuosas en tratamientos térmicos y recubrimientos galvánicos
- Carencia de servicios de metrología
- Bajas calidades de soldadura
- Corrosión
- Escasez de sistemas, equipos y métodos para efectuar pruebas no destructivas
- Escasa capacidad de diseño y de desarrollo de productos
- Escasez de medios de acceso a la tecnología internacional o no uso de las existentes
- Descuido generalizado en el uso racional de la energía
- Contaminación por residuos de procesos metalúrgicos con metales tóxicos
- Deficiente construcción de troqueles, matrices y moldes
- Rozamiento, desgaste y fricción excesiva en máquinas, equipo y herramientas
- No se cuenta con máquinas herramientas de alta precisión
- Desconocimiento y desuso de los equipos de forja y de sus posibles usos
- Poco conocimiento de herramientas especiales para garantizar mayor productividad y calidad
- Muy pocos medios de capacitación y calificación técnica de obreros, técnicos y profesionales.
- Transporte
- Altos costos de materia prima y altos aranceles
- Importación de materias primas

Para superar los problemas básicos diagnosticados por el sector metalmeccánico, y particularmente el sector autopartista, es necesario, al menos temporalmente, contar con un programa de formación de profesionales de forma tal que se pueda:

- Superar la oferta de productos fabricados con elevado valor agregado;
- Elevar el nivel de investigación, desarrollo e innovación;

- Elevar el nivel de automatización de la producción;
- Mejorar la organización de funciones y tareas en la cadena productiva.

3.4. Tendencias del ejercicio profesional del ingeniero de manufactura

A nivel macro, hoy el estándar ISO 16100 define las relaciones existentes en los *Sistemas Integrados de Manufactura SIM*. Este modelo de información de manufactura también se extiende a la formación en las ingenierías y las tecnologías, en lo concerniente a la definición de sus roles. En el estándar ISO 16100 se observa la relación entre las actividades del ingeniero mecánico tradicional con el campo de “Diseño de producto”, mientras que el campo de “Ingeniería de proceso” está destinado para un ingeniero de manufactura; actualmente esta última formación no se imparte y las funciones son cumplidas por ingenieros y tecnólogos mecánicos o ingenieros y tecnólogos industriales que han adquirido conocimiento formal y práctico en las industrias particulares y específicas donde se han desempeñado. El estándar ISO 16100 fija un dominio de manufactura objetivo para incluir la operación de la manufactura y la actividad de control (discreto, continuo y de lotes), y la actividad de diseño del proceso de manufactura.

En concordancia con el estándar ISO 16100, a nivel mundial, se observan tres tendencias particularmente pertinentes al sector de los materiales y la manufactura: una primera tendencia trata sobre la migración incremental hacia la adopción de nuevas herramientas de desarrollo del producto como CAD, CAM, métodos de desarrollo rápido de herramientas y prototipado virtual; una segunda tendencia extiende la flexibilidad a todas las áreas de los procesos de fabricación, y la tercera tendencia aborda el reciclaje de los recursos y el análisis del ciclo de vida. Las tres tendencias mencionadas deben ser preocupaciones en todas las etapas del productor desde su concepción hasta la manufactura e implementación.

3.5. Entorno condicionante de la formación del ingeniero de manufactura a nivel internacional y nacional

La manufactura se desarrolla en un tiempo de competencia global tripolar, con los tres bloques comerciales de Asia, Europa y Norteamérica, los cuales cuidan de mejorar e invertir continuamente en nuevos procesos de manufactura, particularmente con énfasis en los sistemas de información y la integración de los procesos. Es creciente el papel de los países en desarrollo en la globalización de la manufactura, los países desarrollados pierden participación real por su estrategia de “outsourcing”, al tiempo que ganan en los sectores del servicio y financiero. Se observa una creciente preocupación por el fortalecimiento de una cultura manufacturera en los países subdesarrollados, caracterizada por la articulación del sector público, la industria privada y la academia. Para esto, ven como apoyo la actualización de las tecnologías informáticas y la formación continua, potenciada por los computadores y el Internet al servicio del desarrollo de habilidades de elevada calidad, para apoyar una base manufacturera fuerte.

Analizando las tendencias tecnológicas a mediano y largo plazo en la industria internacional, se está haciendo uso intensivo de la computación para la mejora de procesos y su simulación, mejorando los sistemas de prototipado virtual, reduciendo costos y mejorando el rendimiento y la capacidad de respuesta. Para Colombia, con una alta utilización del mecanizado convencional como proceso de manufactura, es importante avanzar en el desarrollo y penetración de otros procesos relacionados directamente con la obtención de las piezas bases (piezas brutas o piezas verdes), como son los procesos de fundición, forja y estampado, así como procesos similares en cuanto a procedimiento y resultado.

La industria metalmecánica colombiana participa con el 20,7% de los establecimientos industriales del país, y con el 17,8% del personal ocupado, incluyendo permanentes y temporales. Los artículos metálicos son el resultado de cambios en forma y volumen por deformación mecánica de los metales, proceso que se da generalmente en frío, mientras que la construcción de maquinaria no eléctrica se realiza a través del ensamble de piezas en su gran mayoría mecánicas (Programa Visión Colombia 2019).

En Risaralda y sus departamentos vecinos existen algunos programas afines a la Ingeniería de Manufactura - diseño industrial, ingeniería electrónica y automatización, ingeniería industrial, tecnología de sustancias minerales, tecnología en mecánica industrial-, los cuales tienen énfasis en la planeación y gerencia de la producción, pero carecen del énfasis con el cual se pretende orientar la nueva propuesta: el diseño, la planeación, el modelado, la simulación y la validación de los procesos de fabricación. Actualmente en el país, salvo el programa de Ingeniería Mecánica y de Manufactura, ofrecido por la Universidad Autónoma de Manizales, no se ofrece un programa formal universitario en Ingeniería de Fabricación de Bienes de Capital o Ingeniería de Manufactura, con el énfasis anteriormente mencionado.

4. Descripción del programa de ingeniería de manufactura

4.1 objetivos de formación

El programa tiene como objetivo principal formar profesionales líderes y competentes para: innovar, diseñar, implantar, mejorar, automatizar y mantener procesos de manufactura, así como administrar y evaluar proyectos en el ámbito de su competencia.

Propósitos del programa

- Académicos. Formar profesionales con conocimientos y habilidades relativas a la ingeniería de manufactura.
- Investigación y desarrollo. Generar y aplicar en la industria local, regional y nacional, conceptos relacionados con nuevos modelos de manufactura, mejores prácticas, tecnologías de información y de herramientas, ingeniería de materiales y procesos de manufactura.

- Extensión. Mejorar la posición competitiva de la industria local, regional y nacional a través acuerdos de cooperación industria-universidad, a través de la participación en proyectos y servicios para la industria.

4.2. Perfiles del aspirante

El aspirante a Ingeniero de Manufactura debe poseer las siguientes aptitudes, capacidades, habilidades, actitudes y valores:

Aptitudes y capacidades

- Conocimientos en ciencia básica (matemática, física, dibujo, química)
- Capacidad de percepción, atención y concentración.
- Capacidad de razonamiento lógico, abstracto, numérico y espacial.
- Conocimiento en aplicaciones informáticas básicas
- Capacidad de comunicación oral y escrita.
- Capacidad de lectura, análisis, interpretación y síntesis de información para promover el auto-aprendizaje con creatividad, motivación e iniciativa.
- Capacidad de trabajo en grupo bajo las políticas del trabajo cooperativo, el saber escuchar y el saber expresarse en un entorno de respeto, liderazgo y demás valores morales.

4.3. Perfil profesional

Desde el punto de vista de la *Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones CIUO* la Ingeniería de Manufactura se clasifica como:

Gran grupo: 2. Profesionales científicos e intelectuales

Subgrupo principal: 21. Profesionales de las ciencias físicas, químicas, matemáticas y de la Ingeniería

Subgrupo: 214. Arquitectos, Ingenieros y afines

Grupo primario: 9. Ingenieros no clasificados bajo otros epígrafes.

El egresado del programa de Ingeniería de Manufactura de la Universidad Tecnológica de Pereira debe poseer las siguientes competencias: Diseño de productos y procesos bajo enfoques PLM; Planificación, implementación y administración de procesos (producción, herramientas y herramientas, materias primas, sistema de fabricación); Diseño e implementación de sistemas de control de calidad; Diseño, implementación de sistemas de empaque, transporte y distribución.

4.4. Perfil ocupacional

El Ingeniero de Manufactura es un profesional que posee una sólida fundamentación en las ciencias básicas, en Tecnología e Ingeniería, elevada conciencia social y ambiental, con amplios conocimientos en manufactura, que

le permiten contribuir al desarrollo de la industria de productos manufacturados, a nivel nacional e internacional. El Ingeniero de manufactura estará en capacidad de diseñar, planear, organizar, dirigir, evaluar y controlar proyectos, procesos, operaciones y productos en diversas industrias.

5. Plan de estudios

En la tabla 1 se presenta el consolidado del número de materias y horas crédito, en función del área de formación.

Tabla 1. Estructura curricular resumida del programa

Área	Número de asignaturas	Total Horas crédito
Ciencia e Ingeniería Básica	17	54
Humanística	6	12
Profesionalizantes y Básica Profesional		
Ingeniería Eléctrica y Electrónica	4	12
Mecánica Teórica, Diseño Mecánico y Ciencia de Materiales	5	13
Manufactura	21	54
Ingeniería Industrial, Administración y Costos	5	12
Electivas de grado	2	4
Totales	60	161

6. Conclusiones

En el espacio permitido para este artículo, se ha expuesto el proyecto de creación de un programa de Ingeniería de Manufactura, para ser ofrecido en la Universidad Tecnológica de Pereira, como complemento al programa tradicional de Ingeniería Mecánica.

A partir de las tendencias internacionales en el campo productivo y académico y respondiendo a diagnósticos representativos de problemas y oportunidades tecnológicos, se ha justificado el ofrecimiento del programa y se han concebido los objetivos del mismo. Considerando la problemática de competitividad del país y los problemas diagnosticados se han definido los perfiles y la composición por áreas del plan de estudios, seguros de que la propuesta contribuirá a mejorar la competitividad de la manufactura colombiana, además de ampliar el abanico de posibilidades laborales para la población.

7. Bibliografía

- Departamento Nacional de Planeación, <http://www.dnp.gov.co>, 07/20/2012. Ministerio de Comercio, Industria y Turismo de Colombia. “Desarrollando Sectores de Clase Mundial en Colombia”. Sector de Autopartes. *Resumen Ejecutivo*, Junio, 2009.
- Cámara FEDEMETAL de la ANDI. “Análisis Estructural de la Cadena Siderúrgica y Metalmeccánica en Colombia 1.992 – 2.000”. Santafé de Bogotá: La Institución, 2.000.
- Foro Económico Mundial, www.weforum.com, 07/10/2012.
- Consejo Privado de Competitividad, disponible en www.compite.ws, 07/20/2012.
- Lesmes, P. J. M. (2002). “Prospectiva Económica de la Cadena Siderúrgica y Metalmeccánica Colombiana”. Informe del Director Ejecutivo de la Cámara Fedemetal de la ANDI, 2002.
- Presidencia de la República – Departamento Nacional de Planeación – Colciencias. Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 “Prosperidad para todos”. República de Colombia, (2006).
- Comisión Regional de Competitividad de Risaralda, Documento sectorial, Cadena Autopartes. “Plan Regional de Competitividad periodo 2009 – 2019”. Diciembre de 2008
- Estándar Internacional ISO 16100-1. Industrial automation systems and integration – Manufacturing software capability profiling for interoperability.
- Porter, M. (1990). “La ventaja competitiva de las naciones”. Javier Vergara Editor s.a., Buenos aires, Argentina.
- Porter, M. (2007). “Colombian competitiveness: Moving to the next level”, Expogestión, Bogotá.
- Programa Visión Colombia 2019. Fundamentar el crecimiento y el desarrollo social en la ciencia, la tecnología y la innovación, Propuesta para discusión, Bogotá. Disponible en: <http://www.dnp.gov.co/Politicadestado/VisiónColombia2019.aspx>, 07/15/2012.
- Serna, I. C. “Caracterización Ocupacional del Sector Metalmeccánico”. Informe de la Mesa Sectorial Metalmeccánica. Manizales, marzo 2002.
- Sistema Nacional de Competitividad, <http://www.snc.gov.co/>, 07/01/2012
- World Economic Forum, 2005. “The Global Competitiveness Report 2005-06”.

Grupo de trabajo

Ph. D. Valentina Kallewaard, M. Sc. Carlos Montilla, Ph. D. Carlos Romero, M. Sc. Héctor González, PH D. Libardo Vanegas, M.Sc. Stella Arias, Ph.D. Edgar Salazar, Ph. D. Dairo Mesa, M. Sc. Adriana Cañas, Carlos Silva (q.e.p.d), M. Sc. Ricardo Acosta, Ing. Carlos Cataño, M. Sc. Yesid Ortiz, M. Sc. Felipe Arroyave.