

PERSPECTIVAS EN LA FORMACION DEL INGENIERO INDUSTRIAL

RODRIGO VARELA V.*

RESUMEN:

Hace algunos años, al inaugurar el IX Congreso Nacional de Ingeniería Industrial y Administrativa planteé algunas ideas sobre la formación de ingenieros industriales (1). Este artículo hace planteamientos muy específicos sobre la orientación que debe tener un proceso de formación de Ingenieros Industriales para los próximos años, y se basa tanto en mi vinculación a los procesos educativos en Ingeniería Industrial como a las grandes tendencias que a nivel mundial se están dando en esta área.

* El presente Artículo es una contribución especial del Autor para la Revista E.A.N.

** Ingeniero Químico Univalle; PHD. Ingeniería Química Colorado School of Mines; Director Centro de Desarrollo de Espíritu Empresarial ICESI

El único bien del hombre es el saber; su único mal la ignorancia.

SOCRATES

1. INTRODUCCION

Indudablemente no estamos en una época, con una gran cantidad de modificaciones tanto en las formas de vida, como en las aspiraciones y motivaciones del ser humano, como en los conceptos económicos y políticos, como en la estructura y forma administrativa de las organizaciones, como en todos los aspectos de la ciencia y la tecnología etc. Estos cambios han sido ampliamente reportados en la literatura y no vale la pena insistir en repetirlos (ver referencias 2, 3, 4, 5, 6, 12); pero es vital que los tengamos en cuenta al pensar en rediseñar el proceso educativo de los Ingenieros Industriales.

La Ingeniería se define como "la profesión en la cual los conocimientos de la matemática y de las Ciencias Naturales, ganados mediante el estudio, la experiencia y la práctica son aplicados con buen juicio para desarrollar formas de utilizar económicamente los materiales y las fuerzas de la naturaleza para el beneficio del hombre. (7).

"La Ingeniería Industrial, en particular se interesa por el diseño, mejoramiento e instalación de sistemas integrados de personas, materiales, información, equipos y energía. Para ello toma conocimiento especializado y habilidades de las matemáticas, las ciencias naturales, las ciencias sociales y las une con los principios y métodos del análisis y diseño Ingenieril para especificar, predecir y evaluar los resultados de dichos sistemas. (8)

Al comparar estas dos definiciones surgen varios hechos que debemos tener en cuenta.

- La Ingeniería Industrial es Ingeniería y por ello sus raíces descansan en la formación Ingenieril.
- La Ingeniería Industrial se enfoca mucho a la interrelación del ser humano con los procesos técnico económicos y aquí surge su diferencia con las otras Ingenierías.
- Centra su acción en el mejoramiento de la productividad o sea el logro de los mejores, mayores y más valiosos resultados con los menores y menos costosos recursos.

d) Su proceso involucra el análisis, la evaluación, la síntesis, el diseño y la administración de Sistemas integrados.

Pritsker (9) interpreta la Ingeniería Industrial como el proceso de mejorar el funcionamiento total de un sistema integrado, medido en términos de parámetros económicos, de logro de calidad, de los efectos ambientales y de como todos ellos se relacionan en beneficio del género humano.

Es claro que la formación del Ingeniero Industrial debe ser más amplia que la de los otros Ingenieros, y es claro que debe existir un cuerpo de conocimientos muy propio al Ingeniero Industrial, algo que lo distinga de las otras profesiones y que justifique plenamente su existencia.

El profesor William E. Biles (10), plantea una serie de preguntas que coinciden mucho con las planteadas en mi discurso inaugural del IX Congreso Nacional de Ingeniería Industrial y Administrativa y que se pueden resumir en las siguientes:

- ¿Cuáles serán los campos específicos y centrales de acción del Ingeniero Industrial en el siglo XXI?
- ¿Qué campo de conocimientos debe tener el Ingeniero Industrial para poder llevar a cabo su función?
- ¿Cómo diseñar un currículo apropiado?
- ¿Cómo debe ser educado el ingeniero Industrial?

2. ¿QUE ES LO PROPIO DEL INGENIERO INDUSTRIAL?

Para definirlo debemos contestar la pregunta: ¿Cuáles son las áreas de acción más propias del Ingeniero Industrial?

En distintas épocas, diversos autores han realizado encuestas tanto con empresas como con Ingenieros Industriales y han identificado diversas áreas de actividades del Ingeniero Industrial.

De una revisión de dicha literatura, se puede llegar a identificar las siguientes áreas como las más características:

- Planeación y control de producción
- Costos e Ingeniería Económica
- Diseño y Mejoramiento de productos y procesos

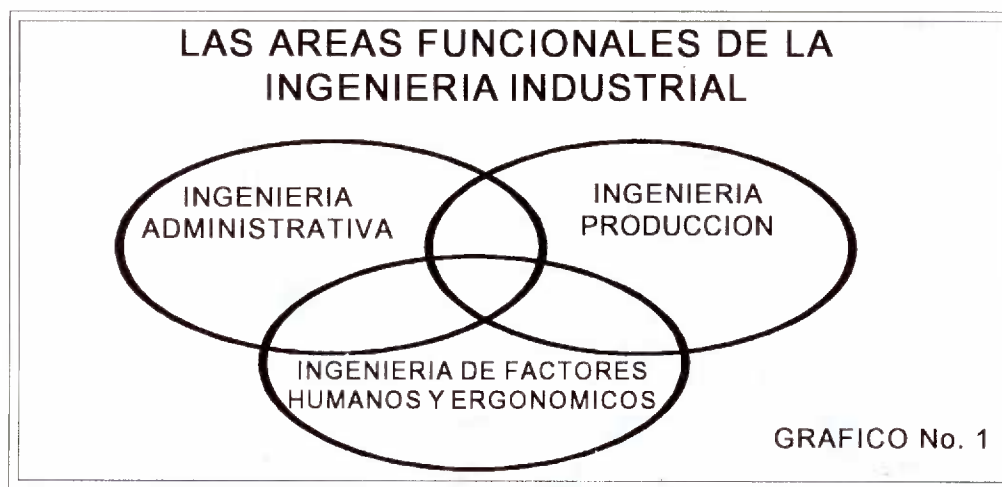
- Diseño de Instalaciones
- Evaluación, Medición y Administración de Recursos Humanos
- Ingeniería de Manufactura
- Manejo de Materiales
- Producción y Control de Inventarios
- Mejoramiento de la calidad
- Métodos Cuantitativos
- Medición del trabajo e Ingeniería de Métodos
- Factores ergonómicos y humanos
- Aplicaciones del computador a los sistemas productivos
- Creación de Empresas
- Organización y diseño de trabajos y procedimientos
- Medidas de desempeño y control de operaciones
- Planeamiento y control de proyectos

Estas áreas representan el cuerpo de conocimientos que es más propio al Ingeniero Industrial que a cualquier otro profesional, y por ello son el núcleo de la formación del Ingeniero Industrial, su elemento diferencial, su ventaja competitiva.

Ellas nos definen no solo los conocimientos especiales que debe tener el Ingeniero Industrial, sino también los campos más específicos de su desempeño.

3. LAS AREAS FUNCIONALES DE LA INGENIERIA INDUSTRIAL

Biles (11) en su artículo, plantea que las raíces de la Ingeniería Industrial se pueden agrupar en tres grandes grupos interactuantes:



Ingeniería de Producción, Ingeniería de factores ergonómicos y humanos, e Ingeniería Administrativa (ver gráfico #1). Aunque existen muchos sectores económicos en los cuales estos tres grandes grupos han sido y serán aplicados por los Ingenieros

Industriales, es necesario que tengamos claro que la misión básica del Ingeniero Industrial, como su nombre lo indica, es el sector Manufacturero y por ello el gran énfasis de su formación debe hacerse sobre dicho sector, claro está sin eliminar las extensiones normales hacia sectores como salud, servicios, sector primario, transporte, comercio, etc; que le permiten ampliar sus perspectivas de formación y desarrollo.

La Ingeniería de Producción comprende todos los componentes técnicos e ingenieriles de los procesos de producción, que permiten alterar las materias primas para convertirlas en productos, y también comprende los componentes de planeación y control de inventarios, planeamiento y control de producción, administración de materiales, aseguramiento de calidad, aplicaciones del computador a los sistemas productivos (Robótica, CIM, CAD/CAM, FMS, MAPICS, MRPII, Sistemas de control, recolección de datos en tiempo reales, etc.), diseño de instalación, diseño y mejoramiento de productos y procesos, investigación y desarrollo, adecuación tecnológica, mantenimiento etc..

La Ingeniería de factores humanos y ergonómicos comprende todos los componentes asociados con el diseño, análisis y control de los sistemas hombre máquina, medición del trabajo, Ingeniería de Métodos, organización y diseño de trabajos, medidas de desempeño, administración de la compensación, seguridad e higiene ambiental, factores ecológicos, administración y desarrollo del recurso humano.

La Ingeniería Administrativa comprende: análisis económico, control de costos, análisis y diseño de organizaciones, planeación y control de proyectos, investigación de operaciones, administración y teoría organizacional, sistema de información y control

gerencial, procesos de creación de empresas. Esta clasificación de Biles, debe ser superpuesta a una estructura básica de formación ingenieril y profesional y debe ser complementada con la posibilidad para el Ingeniero Industrial de ser profesional independiente o sea creador de su propio trabajo y del trabajo de muchos otros.

Los tres grandes grupos de la Ingeniería Industrial se soportan en las ciencias generales de la Ingeniería y en las ciencias propias de la Ingeniería Industrial (ver gráfico #2), siendo las primeras de ellas el conjunto de conocimiento que soportan a todas las ramas de la Ingeniería: estática, dinámica, resistencia, termodinámica, transferencia de calor, circuitos, electrónica y equipos electromecánicos,

ciencias térmicas, mecánica de fluidos, ciencia de los materiales, ciencias computacionales, sistemas de control; y las segundas el conjunto de conocimientos que son básico para el desarrollo de la labor del Ingeniero Industrial: Procesos de Manufactura, medidas de trabajo, ingeniería de métodos, factores humanos, mejoramiento de calidad, etc. Aunque tanto las ciencias generales de la Ingeniería como las ciencias propias de la Ingeniería Industrial tienen fundamento en la matemática y las ciencias físico químicas; las ciencias de la Ingeniería Industrial también se apoyan en las ciencias biológicas y las ciencias sociales, administrativas y del comportamiento. El cuadro #1 da una idea más detallada de estas ciencias.

CUADRO No. 1	
CIENCIAS DE LA INGENIERIA INDUSTRIAL	
<p>MATEMATICAS</p> <ul style="list-style-type: none"> ·Cálculo diferencial e integral ·Cálculo multivariado ·Ecuaciones Diferentes ·Ecuaciones de diferencia ·Algebra lineal ·Probabilidad ·Estadística ·Métodos numéricos y de optimización 	<p>CIENCIAS SOCIALES, ADMINISTRATIVAS Y DEL COMPORTAMIENTO</p> <ul style="list-style-type: none"> ·Economía ·Sociología ·Sicología ·Administración ·Antropología
<p>CIENCIAS FISICO QUIMICAS</p> <ul style="list-style-type: none"> ·Física ·Química ·Fisicoquímica 	<p>CIENCIAS GENERALES DE LA INGENIERIA</p> <p>Mecánica: Estática, dinámica, resistencia</p> <p>Térmica: Termodinámica, transferencia de calor</p> <p>Mecánica de fluidos</p> <p>Ciencias de los Materiales</p> <p>Teoría de control</p> <p>Ciencia computacional</p> <p>Ciencia eléctrica: Circuitos, electrónica, equipos electromecánicos.</p>
<p>CIENCIAS BIOLÓGICAS</p> <ul style="list-style-type: none"> ·Biología ·Anatomía ·Fisiología humana 	

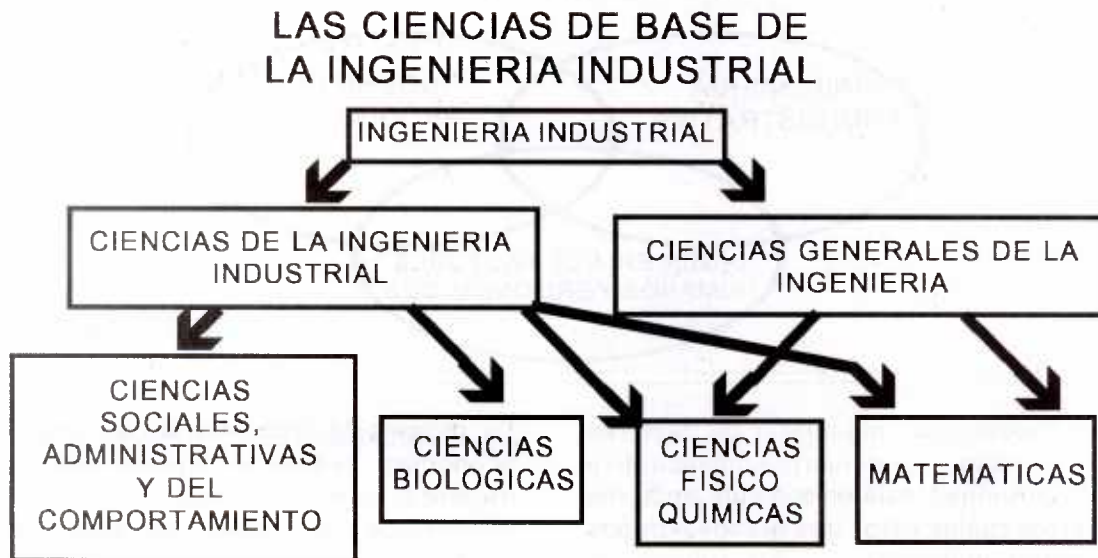


GRAFICO No. 2

4. ASPECTOS FORMATIVOS DEL INGENIERO INDUSTRIAL

En adición a los componentes de información y de conocimiento que ya se han planteado, creo que es vital que en el proceso de formación del Ingeniero Industrial se involucren algunos otros elementos como los siguientes:

- a) Manejo, al menos al nivel de lectura, pero ojalá hasta el nivel de entendimiento oral, de un idioma extranjero, pues indudablemente las tendencias de globalización de modernización así lo exigirán. Creo que al menos dos años de idioma extranjero son absolutamente necesarios.
- b) Excelente manejo de las técnicas de comunicación oral y escrita. Aquí un gran esfuerzo en redacción, manejo de medios audiovisuales y capacitación en presentación y sustentación de ideas es vital.
- c) Integración permanente a los procesos investigativos, haciendo que estos refuerzen permanentemente los procesos docentes.
- d) Integración permanente con la vida industrial a través de visitas, prácticas internados, semestres de industrias, conferencias y profesores de las industrias y de los gremios.
- e) Indudablemente se debe dar una formación en artes y humanidades, ojala orientada a estudiar los desarrollos científicos, culturales y tecnológicos de una o varias culturas o periodos de desarrollo del hombre.
- f) Desarrollo de valores y habilidades como: Liderazgo, creatividad, innovación, toma de iniciativa, independencia, autodesarrollo, logro, espíritu empresarial, autoconfianza, relaciones interpersonales, toma de riesgos moderados, capacidad de trabajo en grupo, responsabilidad, honestidad, capacidad crítica.
- g) Desarrollo de una conciencia ciudadana que lo haga participe y responsable de las actividades a que su núcleo social se enfrenta.
- h) Obviamente todo, este proceso educativo debe implicar el uso permanente de las herramientas computacionales existentes.

Todos estos elementos formativos en unión de las ciencias de la Ingeniería y las ciencias propias a la

Ingeniería Industrial deben conformar el currículo del futuro. Debe estar claro para todos que en el proceso de diseño del currículo, se tendrá que resolver varios grandes dilemas educativos.

-Cubrimiento	Vs.	tiempo disponible
-Amplitud	Vs.	profundidad
-Contenido	Vs.	contexto
-Complejidad	Vs.	simplicidad
-Flexibilidad	Vs.	rigidez
-Incertidumbre	Vs.	determinismo

Y que la solución de todo el proceso será un proceso de optimización con dos grandes restricciones.

- Cantidad y calidad de profesores
- Recursos Disponibles

5. ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE EL PROCESO EDUCATIVO

Indudablemente este nuevo Ingeniería Industrial requiere un proceso educativo diferente, y en ese sentido me permito plantear algunas recomendaciones.

- a) Se deben involucrar nuevas tecnologías educativas que complementen la labor del profesor recitador: el uso del computador como medio educativo, la aplicación de la tecnología multimedia, el uso de libros de instrucción programada, el uso de videos, de la simulación etc., deben ser elementos normales en este nuevo modelo educativo.
- b) Involucrar a los estudiantes en la solución de problemas del mundo real con el propósito de que ganen conocimientos y discernimiento, que aprendan haciendo.
- c) Cambiar el esquema enseñanza - aprendizaje, que genera en el estudiante una acción pasiva de simple receptor, por una educación activa en que tanto el profesor como el estudiante esten siempre en el proceso de "Aprender a Aprender", que debe ser la meta y el objetivo básico de todo proceso educativo, pues es la única forma que se puede garantizar que el profesional este en capacidad de estarse adecuando a sus necesidades futuras.
- d) Se debe generar en los estudiantes una disciplina del trabajo intenso, fuerte; y de aprendizaje continuo. El currículo debe ser un espacio intelectual en el que el estudiante pague porque lo hagan ejercitar al máximo su mente.

- e) Entusiasmar a los estudiantes para que encuentren y exploren los aspectos más amplios de un problema; usando para ello un análisis multidisciplinario.
- f) Acostumbrarlos a ser capaces de usar datos generados personalmente y a evaluar la bondad de ellos, junto con el manejo de información más impersonal.
- g) Orientarlos para que dependan menos de factores externos de información y de la opinión de expertos, y que piensen por si mismos y se apropien del conocimiento.
- h) Prepararlos para que desarrollen respuestas emocionales a las situaciones de conflicto, entusiasmándoles para que generen decisiones y compromisos de acción en condiciones de incertidumbre y presión.
- i) Darles la oportunidad de crear vínculos, redes y contactos en el mundo exterior en relación con sus intereses.
- j) Darles más oportunidad de que aprendan flexibilizando el tiempo y la localización del aprendizaje
- k) Darles más ejemplos que les muestren la aplicación exitosa de los conocimientos en la práctica.
- l) Promover en ellos el uso de valores, sentimientos y actitudes en la toma de decisiones en adición a la información fría.
- m) Inducirlos hacia la toma de iniciativa, la independencia, la creatividad y la innovación.
- n) Orientarles sus proyectos de los diferentes cursos de forma tal que puedan ser de utilidad en la clarificación de sus ideas empresariales y que les ayuden a llegar al ideal de constitución de su empresa.
- o) Analizar con ellos las ventajas y desventajas del trabajo dependiente como empleado y del trabajo independiente como empresario.
- p) Hacerlos concientes de los conceptos de productividad, excelencia, desarrollo y respeto del ser humano como elementos básicos de su acción.
- q) Darles la oportunidad de entender la interacción de cada curso con su profesión, con el mundo real en que se desenvolverán, con la ciencia, con la

tecnología, con el desarrollo socio económico, con el mundo político, en fin con todo el ambiente circundante.

r) Insinuarles a través del ejemplo un nivel ético y de conducta profesional muy alto.

Todos estos nuevos elementos deben conjugarse con los tradicionales: buen juicio, sentido común, autonomía, integridad, pensamiento lógico, habilidad analítica, profundidad de pensamiento, capacidad de trabajo intensa, coraje, perseverancia, creatividad, liderazgo, innovación, para poder producir el Ingeniero Industrial que Colombia Necesita en el siglo XXI.

El futuro de la profesión y del desarrollo del país esta en la capacidad de que las Universidades, asuman la responsabilidad del cambio, seleccionen las ideas que les parezcan válidas, introduzcan sus modificaciones y las promuevan en sus universidades.

6. BIBLIOGRAFIA

1. Varela V. Rodrigo. Discurso Inaugural IX Congreso Nacional de Ingeniería Industrial y Administrativa. Cali, 1989
2. Naisbitts J. "Megatrends" Warner Books Inc, New York, 1982
3. Naisbitts J. Aburdene. P., "Megatrends 2000". Willian Morrow and Company, Inc, New York, 1990
4. Varela V. Rodrigo. Los Retos del Siglo XXI. Primer encuentro de egresados de Ingeniería Industrial de la Universidad del Valle., Nov.1991
5. Varela V. Rodrigo. El Nuevo Ambiente Mundial y el Papel del Ingeniero. II Encuentro de egresados de Ingeniería Industrial Universidad del Valle., Nov.1991
6. Naisbitts J. Aburdene. P., "Re-inventing the corporation" Warner Books, 1985
7. Accreditation Board for Engineering and Technology
8. Institute of Industrial Engineers
9. Pritsker A., Alan B., "Papers Experiencias Perspectives". System Publishing Company. West Lafayette, Indiana 1990
10. Biles Willian "The Engineering Science of Industrial Engineering: A View Point of the Industrial Engineering Curriculum. "92" Annual Convention, American Society for Engineering Education.
11. Biles Willian. op. Cit.
12. Naisbitts John. "Paradoja Global"