

# Capítulo

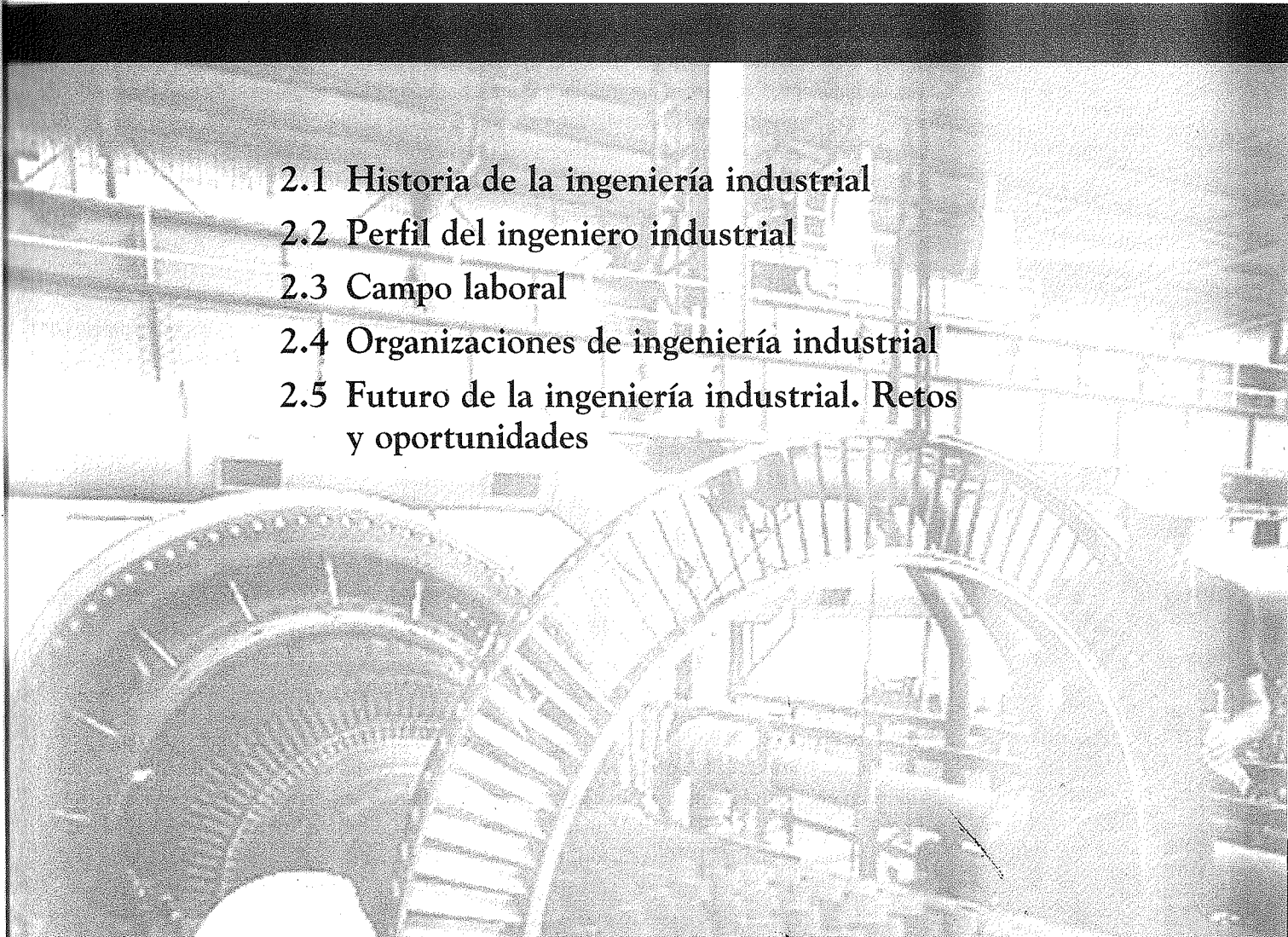
# 2

## Introducción a la ingeniería industrial

**Dr. Omar Romero Hernández**

**Dr. Sergio Romero Hernández**

**Dr. David Muñoz Negrón**

- 
- 2.1 Historia de la ingeniería industrial
  - 2.2 Perfil del ingeniero industrial
  - 2.3 Campo laboral
  - 2.4 Organizaciones de ingeniería industrial
  - 2.5 Futuro de la ingeniería industrial. Retos y oportunidades

## 2.1 Historia de la ingeniería industrial

La profesión de ingeniería industrial surgió como consecuencia de la Revolución Industrial y de la conjunta necesidad de profesionales técnicamente entrenados para planear, organizar y dirigir las operaciones de grandes y complejos sistemas. La necesidad de incrementar la eficiencia y la eficacia de las operaciones fue también un original estímulo para que emergiera la ingeniería industrial (Case, 1993). En las siguientes secciones se presentan algunos desarrollos que representan la base general sobre la que nació la ingeniería industrial.

Aunque el hombre ha venido produciendo bienes para su consumo desde hace mucho tiempo de manera artesanal en sus inicios, se considera que la producción industrial, que es la base de los sistemas actuales de producción, comienza con la llamada *Revolución Industrial*, que evolucionó hasta llegar en nuestros días a lo que diversos autores han denominado la *Revolución por la calidad*. Hasta antes de la Revolución Industrial, la producción y distribución de bienes estaba dominada por las uniones de artesanos y los mercados domésticos (Hopp y Spearman, 1996). Los diferentes pasos de un proceso de manufactura no estaban integrados en una fábrica como ocurre actualmente; los artesanos realizaban cada paso del proceso de manufactura, comprando y vendiendo sus productos en los mercados domésticos. Por ejemplo, para la producción de prendas de vestir, había artesanos encargados de producir el hilo a partir de la fibra natural, otros compraban el hilo y producían la tela, otros compraban la tela y se encargaban de teñirla, y así sucesivamente hasta llegar a la prenda de vestir; los artesanos que participaban en cada uno de estos pasos compraban los insumos requeridos y ofrecían sus productos trabajados en los mercados domésticos.

En la transición desde la Revolución Industrial hasta la revolución por la calidad, se han identificado varias etapas (Russell y Taylor, 1995), que se han caracterizado por el desarrollo de técnicas y filosofías predominantes durante las mismas. Las etapas más importantes en el desarrollo de los métodos de producción son las siguientes:

- La Revolución Industrial (a partir de 1769 hasta fines del siglo XIX).
- La administración científica (desde fines del siglo XIX hasta mediados de la década de 1930).
- El movimiento por los recursos humanos (de mediados de los años 30 hasta fines de la década de 1950).
- Toma de decisiones con base en modelos (de principios de los años 60 hasta principios de los años 70).
- La revolución por la calidad (de principios de los años 70 hasta nuestros días).
- La economía basada en el conocimiento (desde principios de los años 90 hasta nuestros días).

A continuación se presenta un breve resumen de los eventos más sobresalientes que ocurren en estas etapas, así como una breve exposición de los métodos de producción y tendencias comerciales que han caracterizado a las cuatro primeras etapas antes mencionadas. Los elementos más importantes de la última etapa se aprecian con mayor detalle a continuación.

### La Revolución Industrial

Se considera que la Revolución Industrial se inicia con la invención de la máquina de vapor por el inglés James Watt en 1769, que se instala por primera vez en las manufacturas de hierro de John Wilkinson en 1776; sin embargo, es conveniente recordar que una variedad de sucesos anteriores como la apertura de canales para la navegación fluvial, el cercado de tierras y la acumulación de otros inventos, posibilitó la Revolución Industrial. La máquina de vapor permite reemplazar el tra-

bajo artesanal (el cual utilizaba sólo herramientas) por la máquina, y también a la potencia del agua como fuente de energía, que tenía la desventaja de depender de las fuentes naturales de caída de agua. A partir de su primera aplicación, la máquina de vapor empieza a ser utilizada en fábricas (principalmente en la industria textil), en barcos, trenes y en la explotación de minerales.

El segundo gran descubrimiento ocurrido durante la Revolución Industrial es la división del trabajo, enunciada por Adam Smith en su libro *La riqueza de las naciones*, en el que expone los principios del capitalismo y explica cómo la división del trabajo permite una producción más rápida y económica que la artesanal.

Es conveniente indicar, sin embargo, que si bien el Reino Unido empieza a dominar la producción industrial de principios de la Revolución Industrial (principalmente por su poderosa industria textil) con base en la utilización de máquinas, la industria inglesa mantiene por algún tiempo el viejo sistema de mercados domésticos; es decir, en un principio, las fábricas no se integran. Aparentemente, quienes empiezan a aprovechar las ventajas de la división del trabajo son los industriales de Estados Unidos de América (EUA), donde hacen su aparición las primeras fábricas integradas.

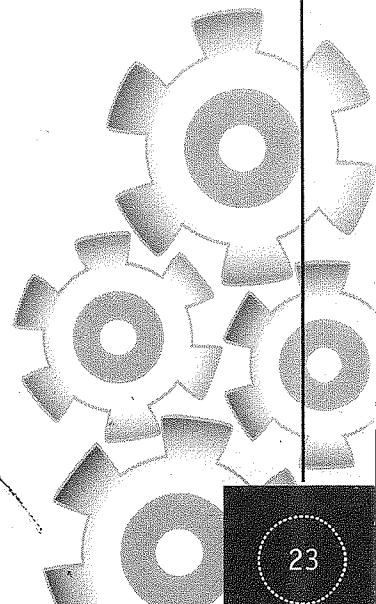
Un hecho digno de especial mención es que, al descubrir las aplicaciones textiles de la máquina, el Reino Unido protege su industria prohibiendo la salida de modelos, diseños y de personal con conocimientos técnicos. Ante ello, los industriales de EUA, al no poder reproducir la tecnología inglesa, se ven forzados a robarla a través de Samuel Slater, quien aprende la tecnología, huye de Inglaterra y establece, con Moses Brown y William Almy, la primera hilatura en América, dedicada a la producción industrial de hilo de algodón.

El tercer descubrimiento importante de la Revolución Industrial es el principio de intercambio de las partes, es decir, el hecho de que las partes de diferentes ejemplares del mismo producto se puedan intercambiar sin alterar el funcionamiento de los mismos, si estas partes respetan una tolerancia en sus especificaciones de diseño. Si bien en 1785 el francés Honoré LeBlanc fue el primero en mostrar este principio a Thomas Jefferson, intercambiando las partes de dos mosquetes, este principio no fue adoptado en Europa, donde se prefirió continuar con el antiguo método artesanal. No fue sino hasta 1801 cuando Eli Withney y Simeon North probaron la factibilidad del método, mediante la celebración de un contrato para producir 10 000 mosquetes para el gobierno de EUA, habiendo entregado el último mosquete de la orden en 1809.

Retomando el hecho de que la industria estadounidense fuera la primera en experimentar la instalación de fábricas integradas, es conveniente indicar que diversos autores (Hopp y Spearman, 1996) consideran que este hecho fue casual, atribuyéndolo principalmente a dos razones. En primer lugar, en EUA no estaba arraigada la tradición artesanal, ya que quienes ejecutaban la manufactura eran más bien aficionados cuya actividad principal no era la manufactura. Por otro lado, la existencia de reservas de caída natural de agua en EUA ocasionó que no se desarrollaran otros métodos de uso de energía; de manera que la dependencia del agua forzaba a que las actividades de manufactura se concentraran espacialmente, facilitando la integración. Así, en 1814 y en 1821, Francis Cabot Lowell instala en Massachusetts las dos primeras fábricas textiles integradas desde la hilatura hasta la confección.

De esta manera, si bien la Revolución Industrial empieza en el Reino Unido con el aprovechamiento de la máquina de vapor, hacia finales de este periodo (inicios del siglo XX), la industria de EUA asume el liderazgo a nivel mundial con respecto a sus similares de otras naciones, apoyada por el incentivo de un amplio mercado local en expansión. Algunos hechos de la historia de la industria de EUA que corroboran esta afirmación son los siguientes:

- A partir de 1840, los hornos alimentados por carbón (antracita) empiezan a proporcionar hierro forjado barato para la fabricación de maquinaria y vehículos (trenes y barcos) para transporte pesado.
- A finales de 1840, aparecen fábricas de artículos de consumo masivo, como relojes, candados, pistolas, máquinas de coser, etc., aunque en esta época todavía no aparece la llamada producción en masa.



- Entre 1850 y 1880, se desarrollan los sistemas de distribución con base en los trenes, el telégrafo y los barcos de vapor. Fue así como Sears Roebuck creció de un nivel de ventas de US \$138 000 en 1891 a US \$37 789 000 en 1905 (Chandler, 1977).
- Con el desarrollo de las redes ferroviarias y de telégrafos en EUA, aparece por primera vez la necesidad de los sistemas de administración jerárquica y de los sistemas de contabilidad organizados, los cuales permitieron administrar eficientemente empresas con un gran volumen de operaciones. Por otro lado, la gran demanda de insumos que generó la construcción de estas redes creó la necesidad de producir en masa grandes volúmenes de productos, como rieles, ruedas, artículos de madera y vidrio, alambre de cobre, entre otros.
- Aparecen las primeras empresas integradas, como es el caso de la producción de acero, que tuvo en Andrew Carnegie a uno de los pioneros de la integración vertical. La industria de EUA logró pasar de una producción de 8 500 ton en 1868, en comparación con 110 000 ton del Reino Unido en el mismo año, a 9 138 000 ton en 1879, contra 1 826 000 ton del Reino Unido en el mismo año. El caso de la industria del acero demostró claramente las ventajas de la producción integrada y de flujo continuo, ya que el precio del acero se redujo de US \$100 por tonelada en 1870 a US \$12 en 1890 (Chandler, 1984).

En cuanto a las prácticas comerciales, durante los siglos XVIII y XIX, la aparición de empresas industriales aceleró el comercio de Europa (especialmente el Reino Unido) con otros países, aunque este comercio se concentró fundamentalmente en la importación de productos primarios (minerales y productos agrícolas) desde las colonias y los países recientemente independizados.

Por otro lado, las inversiones europeas en otros países tenían por finalidad consolidar la red comercial para la importación de materias primas. La inversión extranjera en manufactura casi no existía hacia fines del siglo XIX, salvo el caso en que la localidad presentara claras ventajas para la producción, por ejemplo, en razón de la exclusividad de la materia prima (Flaherty, 1996).

### La administración científica

Como se mencionó anteriormente, a inicios del siglo XX, la Revolución Industrial permitió la aparición de las primeras empresas integradas, las cuales presentaban la necesidad de organizarse en estructuras de administración jerárquica y de desarrollar sistemas de contabilidad organizados. Estos primeros sistemas de organización fueron el punto de partida para proponer que la administración debería constituirse en una disciplina, con principios y técnicas basados en el método científico.

**Frederick W. Taylor (1856-1915)** es considerado el padre de la administración científica. A él se le reconoce haber logrado, por primera vez, un interés sostenido en la generación de un marco sistemático para proclamar a la administración como una disciplina. Luego de estudiar en la prestigiosa Academia Exeter, Taylor decidió enrolarse como aprendiz de maquinista en la empresa de acero Midvale Steel Company en 1878, en la que logró el puesto de jefe de ingeniería en 1884. Mientras trabajaba de tiempo completo, cursó estudios para graduarse de ingeniero mecánico en el *Stevens Institute*; durante su carrera como ingeniero, obtuvo diversas patentes por sus desarrollos, entre los que se encuentra el acero de alta velocidad (utilizado en herramientas para corte en caliente). Sin embargo, la mayor contribución de Taylor consistió en sistematizar el principio de la división del trabajo, estableciendo que se puede mejorar la eficiencia de un sistema de producción, si se estandarizan cada uno de los pasos de un proceso productivo estudiando científicamente la mejor manera de llevarlos a cabo. Taylor era de la idea de que el diseño de los estándares y métodos de producción deberían ser desarrollados por los administradores e ingenieros de mayor nivel, de manera que los operarios y técnicos encargados del trabajo de operación condujeran sus tareas bajo estándares y métodos especificados; la mayor eficiencia radicaría en el estricto cumplimiento de las normas. De esta manera, el trabajo de producción podría ser delegado a personal con necesidad de entrenamiento, pero no de estudios especializados. Si bien este concepto permitió el despliegue de sistemas de producción altamente productivos, en los últimos años ha sido cuestionado

por los métodos que propone la *Revolución por la calidad* (como se verá en la siguiente sección). Los principios desarrollados por Taylor se publicaron en su libro *The Principles of Scientific Management* (Taylor, 1911).

La idea de la administración científica introducida por Taylor tuvo muchos seguidores, quienes desarrollaron diferentes técnicas que hasta nuestros días sirven de base para el diseño y la planeación de la producción. Entre estos seguidores, figuran Henry Gantt (1861-1919), quien propuso la *Carta de Gantt* para la programación de actividades, y Frank y Lillian Gilbreth, quienes propusieron los *estudios de tiempos y movimientos* (en inglés *motion study*), bajo los cuales se examinan detalladamente los tiempos y movimientos de los operarios, para proponer los procedimientos más eficientes de producción.

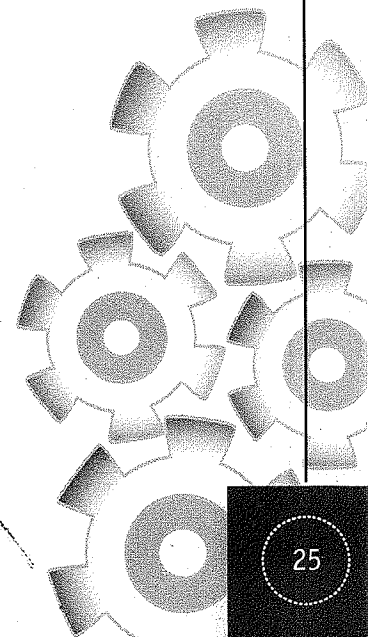
Durante el periodo correspondiente a esta etapa, aparecen los sistemas de producción en masa. Uno de los primeros hombres de negocios que mejor aprovechó las ideas de la administración científica fue Henry Ford (1863-1947), quien implantó por primera vez una línea de producción en masa de alta velocidad para el modelo T, en su planta de Highland Park, en 1913. La innovación principal de esta línea consistió en la introducción del transportador móvil, de manera que dejó de ser necesario que el obrero se trasladara a buscar el trabajo, pues el trabajo llega al obrero sin que éste tenga que moverse de su posición. Esta innovación permitió a Ford abatir enormemente los precios de sus automóviles, y llegó a captar 60 % de ese mercado en EUA en 1920 (Hopp y Spearman, 1996).

Como consecuencia de la aparición de la producción en masa y de las empresas integradas, a finales del siglo XIX, aproximadamente entre 1875 y 1914, surgen las primeras empresas transnacionales —aquellas que invierten y crean empresas en otros países— cuyas actividades (incluyendo la manufactura) están bajo el control de la matriz. Entre las transnacionales más importantes de esta época, resaltan las empresas estadounidenses Otis, Quaker Oats, Coca-Cola, Heinz, Armour y Singer, y las europeas Philips, Siemens, Ciba-Geigy, BASF, Hoechst y Bayer. Así, en 1914, la inversión extranjera directa, como porcentaje del producto interno bruto, alcanza su pico histórico, siendo el Reino Unido la principal fuente de inversión extranjera, seguido por EUA, Francia y Alemania. Diversos investigadores (Dunning, 1993) coinciden en opinar que existieron dos razones fundamentales para el desarrollo de la actividad de las transnacionales: la primera fue la estrategia de captar recursos de otros países, fundamentalmente en vías de desarrollo, estrategia seguida por las transnacionales de alimentos (frutas, por ejemplo) y actividades petroleras. La segunda razón obedeció a la búsqueda de nuevos mercados por parte de transnacionales que establecieron plantas cerca de los mismos para obtener ventajas en costo de transporte (tal fue el caso de las empresas alemanas de productos químicos y farmacéuticos). Esta temprana actividad de las transnacionales se vio interrumpida por la Primera Guerra Mundial; sin embargo, entre 1914 y 1938, debido a las barreras comerciales, la inversión extranjera directa siguió en aumento, y la mayor parte de la misma se destinó a los países de Latinoamérica y Asia.

## El movimiento por los recursos humanos

Los principios de la administración científica establecidos por Taylor significaron un impresionante impulso para el desarrollo de técnicas y métodos de producción que permitieron la aparición de empresas integradas y altamente productivas, las cuales aprovecharon las ventajas de la división del trabajo y de las economías de escala. Estas ideas, sin embargo, no tomaban en cuenta que la productividad de los trabajadores no sólo depende de los métodos y estándares establecidos para la ejecución de sus tareas, sino también de la motivación de los trabajadores para realizar su trabajo.

Se reconoce a Hugo Munsterberg (1863-1916) el haber sido el primero en aplicar la Psicología al estudio de la eficiencia de los sistemas de producción industrial. Munsterberg dirigió los primeros estudios de Psicología Industrial en su laboratorio de la Universidad de Harvard, que culminaron en la publicación de su libro *Psychology and Industrial Efficiency* en 1913, donde por primera vez





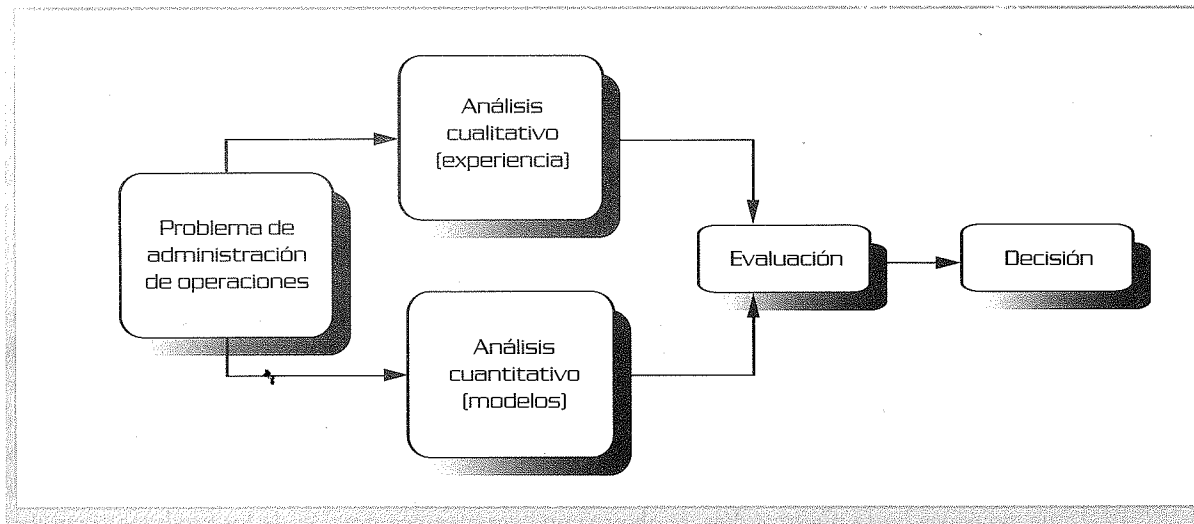
se tocaron temas como la selección de empleados, el entrenamiento y las condiciones de trabajo, así como la motivación del trabajador para el logro de las metas de la empresa. Sin embargo, el hito histórico de mayor importancia para el movimiento por los recursos humanos fue la serie de estudios realizados en la planta Hawthorne de la Western Electric entre 1924 y 1932, conocidos comúnmente con el nombre de *Estudios Hawthorne*. En estos estudios, se trató de investigar, empíricamente, qué efecto tendría la iluminación de la planta sobre la productividad de los trabajadores. Los primeros resultados indicaron que al aumentar la intensidad de la luz, la productividad aumentaba; sin embargo, posteriormente descubrieron que también el hecho de disminuir la intensidad tenía efectos positivos en la productividad de los trabajadores. Incapaces de explicar tales resultados, los miembros del primer equipo de trabajo abandonaron esos estudios. Luego de invitar a diversos investigadores para analizar los resultados encontrados, fue Elton Mayo quien proporcionó una teoría satisfactoria al respecto. Mayo indicó en un principio que el cambio de productividad se debía simplemente a una mayor atención en su trabajo por parte de los trabajadores, fenómeno que recibió el nombre de *Efecto Hawthorne*. Posteriormente, Mayo ofrece una versión más elaborada de sus conclusiones, indicando que el trabajo es una actividad esencialmente de grupo; expresó que no es simplemente el beneficio monetario lo que motiva a realizar bien un trabajo, sino que también existen diversos incentivos que motivan a los trabajadores a lograr incrementos importantes en la productividad. A partir de estos estudios, empieza a crecer el interés por la motivación del trabajador como medio para el establecimiento de sistemas de producción más eficientes, y aparecen diversas teorías sobre la motivación, como las de Abraham Maslow en los años 40, Frederick Herzberg en los años 50, y Douglas McGregor en los años 60.

### La toma de decisiones con base en modelos

Una de las grandes contribuciones en el camino de la administración con base en métodos científicos se ha derivado a partir de la investigación de operaciones, área que en sus inicios aparece para resolver problemas de logística y abastecimiento en operaciones militares, durante la Segunda Guerra Mundial. El área se ocupó, en un principio, de la formulación en términos matemáticos, para luego desarrollar técnicas de solución de diversos problemas relacionados con la administración de operaciones. Estas técnicas, como mencionamos anteriormente, fueron desarrolladas inicialmente para solucionar problemas que surgen en operaciones militares, pero fueron rápidamente aprovechadas para facilitar la toma de decisiones en los sistemas de producción, donde demostraron la utilidad de los modelos matemáticos para representar problemas administrativos y, lo que es más importante, en apoyo del proceso de toma de decisiones.

Desde la aparición del primer modelo de investigación de operaciones, la programación lineal (desarrollada por George Dantzig durante la Segunda Guerra Mundial), se han estudiado diversos modelos que actualmente sirven como herramientas de apoyo al proceso de toma de decisiones. La característica fundamental de los modelos de investigación de operaciones es que simplifican la toma de decisiones, describiendo el espacio de decisiones en términos matemáticos o cuantitativos, formulación que permite a los investigadores del área la elaboración de técnicas obtener la mejor decisión dentro del espacio de decisiones. Muchas de las técnicas desarrolladas por la comunidad científica de la investigación de operaciones son intensivas en cálculos numéricos, por lo que el uso de los modelos en los sistemas de producción ha proliferado gracias al desarrollo de la computadora.

Actualmente, los modelos para la toma de decisiones son ampliamente utilizados en casi todas las áreas de la administración de operaciones; se reconoce que un proceso de toma de decisiones estará mejor conducido si se cuantifican los elementos del mismo, y que las mejores decisiones son aquellas que se toman racionalmente y con el auxilio de la mejor información objetiva disponible (figura 2.1).



**Figura 2.1** La toma de decisiones bajo la administración científica

Algunas de las áreas que actualmente constituyen la investigación de operaciones y que sirven como herramientas para la administración científica son las siguientes:

- Análisis estadístico.
- Árboles de decisiones.
- Modelos de inventarios.
- Modelos de transporte.
- Modelos para la optimización en redes.
- Probabilidad aplicada.
- Programación entera.
- Programación lineal.
- Programación no lineal.
- Simulación de sistemas.
- Sistemas de espera.

Luego de la Segunda Guerra Mundial, las empresas trasnacionales de EUA empiezan a dominar la industria en todo el mundo, mostrando su fortaleza fundamentalmente en sectores intensivos en tecnología, investigación y desarrollo así como en propaganda (productos de marca). La capacidad de innovación y la alta productividad de la industria estadounidense permite a su industria penetrar mercados como el europeo, estableciendo filiales en dichos países cuando la competencia local empieza a desarrollar sus propios productos. Entre 1945 y 1960, la inversión extranjera directa proveniente de EUA se cuadruplica, aumentando a una tasa sin precedentes. Esta inversión tiene como destino tanto países desarrollados como países en vías de desarrollo, donde la inversión busca la creación de nuevos mercados. Es importante indicar que, durante este periodo (hasta los años 70), las trasnacionales de EUA siguieron la política de participar en mercados extranjeros manteniendo la propiedad y el control total de sus subsidiarias, evitando la formación de alianzas y el otorgamiento de franquicias o de contratos de licencia de tecnología (Dunning, 1993).

## El ambiente competitivo actual

Dados los cambios significativos ocurridos en el entorno competitivo y en los métodos de producción desde la década de 1970 hasta nuestros días, se ha preferido dedicar la presente sección a esta etapa, para presentar una exposición más completa sobre la historia y los cambios ocurridos en este periodo, que algunos autores han denominado la *Revolución por la calidad*.

### La revolución por la calidad

Desde la Revolución Industrial hasta la década de 1960, la industria de EUA ganó y mantuvo el liderazgo en la producción de bienes y servicios, desarrollando técnicas, métodos y sistemas de administración que se ubicaron en la frontera de la tecnología en el ámbito mundial. Sin embargo, a partir de las de 1970 y 1980, ese liderazgo se ve seriamente amenazado por la aparición paulatina pero creciente, en diversos sectores de la industria, de fuertes competidores de otras naciones, entre las que sobresalen Japón, Alemania y nuevos países industrializados de Asia. A partir de esa época hasta nuestros días, se observa una agresiva penetración de los productos manufacturados en Asia, que logran una amplia aceptación y se venden a precios muy competitivos; al mismo tiempo, tanto la industria de EUA como la de Europa (Russel y Taylor, 1995) empiezan a responder a este nuevo reto, creando un ambiente muy competitivo y con tendencia a la globalización de los mercados.

En las últimas décadas, este fenómeno ha suscitado el interés, tanto de académicos como de empresarios y responsables de la política gubernamental, por entender las bondades y ventajas que exhiben las empresas japonesas, y que les permiten ser tan exitosas en sectores tan diversos como las industrias de automóviles, electrónica, del acero y textiles, entre otros. Como resultado de este interés, en los últimos años han proliferado publicaciones en las cuales se describen las técnicas que emplean los sistemas de manufactura japonesa, o se exponen teorías o filosofías de producción inspiradas en las prácticas de esta industria, sugiriendo a menudo que la implantación de estas técnicas o filosofías es la solución a los problemas de competitividad que enfrentan las empresas en este nuevo entorno competitivo. Sin embargo, no es una buena estrategia el tratar de imitar las prácticas o sistemas de producción de otras naciones sin antes entender las ventajas que estas prácticas pudieran brindarnos, ya que, de otra manera, estaríamos cayendo en el error de fincar nuestros métodos de producción en principios dogmáticos (Hopp y Spearman, 1996 o Teece *et al.*, 1997), creando solamente confusión y falta de dirección estratégica (Hayes y Pisano, 1994).

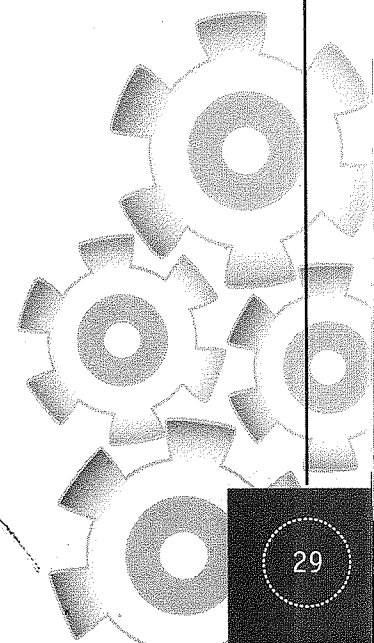
Desde esta perspectiva, empezamos a describir objetivamente los cambios que se observan en el entorno de la producción de manufacturas y servicios durante la revolución por la calidad, para dedicar el siguiente capítulo al estudio de las diversas filosofías y técnicas de producción que han venido apareciendo en nuestros días y que, desde nuestro punto de vista, deben considerarse como medios (y no como estrategia) para obtener ventajas en el entorno competitivo actual.

Dicho en forma sencilla y resumida, el cambio fundamental experimentado en las últimas décadas pone de manifiesto que la estrategia competitiva de la industria de EUA, basada en el logro de altos niveles de productividad, a través de las ventajas de la producción en masa, se ha visto superada por una nueva estrategia. Ésta recurre a la innovación y el rápido desarrollo de nuevos productos, haciendo que la flexibilidad para adaptar la producción en masa a nuevos diseños y patrones de demanda sea más importante que la productividad y el bajo costo, y que la capacidad para producir manufacturas y servicios de mejor calidad sea más importante que producir más. Un resultado de esta nueva estrategia (quizás de no menor importancia) es que los métodos de producción rescatan la posición preponderante que tuvieron en los inicios de la Revolución Industrial. Bajo este nuevo esquema de competencia, el éxito de una empresa no estriba sólo en su fuerza de ventas, poder de negociación y capacidad financiera, sino también en las habilidades que desarrolla la empresa para satisfacer cada vez mejor al cliente; esto es, no se producen bienes para convencer al cliente que debe comprarlos, sino que se desarrollan métodos de producción y pro-



ductos para que el cliente venga a comprarlos porque así le conviene. Este nuevo enfoque estratégico obliga a replantear muchas de las técnicas que, en materia de métodos de producción, se han venido desarrollando. En particular, Russel y Taylor (1995) ponen de relieve los siguientes diez temas y tendencias clave para el desarrollo de los métodos de producción en el entorno competitivo actual.

- **Competencia intensiva.** Se espera que la competencia por la penetración de mercados, a nivel mundial, vaya en aumento. Según el economista Lester Thurow, las guerras militares serán reemplazadas por virtuales “guerras” económicas, donde se pueden identificar los bloques asiático, europeo y americano, bajo el liderazgo de Japón, Alemania y EUA, respectivamente.
- **Mercados, proveedores y financiamiento globales.** Muy pocas empresas serán capaces de sobrevivir con base en economías locales. Las tendencias hacia la globalización indican que las empresas deben aprender a competir con sus similares de otras naciones y, a la vez, aprovechar las ventajas derivadas de alianzas, para desarrollar ventajas tecnológicas, de información, abastecimiento y financiamiento, entre otras, que se obtienen a partir de las relaciones de intercambio entre empresas ubicadas en diferentes lugares del mundo.
- **Importancia de la estrategia.** Las empresas deberán delinear sus estrategias de largo plazo para poder mantener posiciones competitivas. En particular, será difícil el éxito de las empresas que no desarrollen esquemas de cooperación con otras empresas, con instituciones educativas y de investigación así como con los gobiernos, para desarrollar ventajas competitivas basadas en la cooperación y el beneficio mutuo. Las ideas iniciales del capitalismo, basadas en la división del trabajo y la especialización dentro de una misma empresa integrada, están perdiendo terreno ante una nueva forma de capitalismo, que tiene su punto de apoyo en la especialización de las empresas (McMillan, 1990 y Skinner, 1974) y en la cooperación organizada de diferentes empresas, ya sean del mismo o de diferentes sectores industriales.
- **Variedad de productos y adecuación al cliente.** Los mercados tienden a exhibir una creciente variedad de manufacturas y servicios, con tendencia, también, hacia una mayor segmentación, y en busca de una mejor satisfacción de las necesidades de los clientes. En algunos casos, ya se están diseñando sistemas de producción en masa que permitan satisfacer necesidades individuales. Como consecuencia de ello, los ciclos de vida de los productos se vuelven cada vez más cortos, lo que genera la necesidad de innovar procesos, productos y servicios con mayor rapidez.
- **Mayor y mejor servicio al cliente.** El nivel de servicios que se ofrecen al cliente, y que acompañan la venta de productos manufacturados, es cada vez mayor, como lo evidencia el crecimiento de la industria de servicios que están experimentando los países desarrollados. En consecuencia, se espera una gran competencia en el campo de los servicios para brindar una mejor atención al cliente.
- **Énfasis en la calidad.** El precio de las manufacturas y servicios ya no es una ventaja si los mismos no alcanzan los niveles de calidad que, con mayor énfasis, están exigiendo los mercados. Los métodos de manufactura y prestación de servicios deben priorizar la mejora continua de la calidad de los productos que se ofrecen.
- **Flexibilidad.** Como consecuencia de la reducción de los ciclos de vida de los productos y, en general, de una mayor competencia, las compañías que deseen permanecer en sus mercados habrán de desarrollar métodos flexibles de producción. La flexibilidad deberá implantarse según las diferentes dimensiones de la actividad de una compañía; en particular, se requerirá flexibilidad para introducir con rapidez nuevos diseños de productos, cambiar las tasas



de producción de los diferentes productos que ofrece la empresa, adaptarse a los cambios en los volúmenes de demanda, incorporar los adelantos en tecnología de proceso que se están desarrollando y que permitirán a la empresa generar nuevas ventajas competitivas.

- **Innovación tecnológica.** La tecnología sigue avanzando a un ritmo sin precedentes, a la vez que brinda oportunidades para producir con eficiencia mejores productos. Áreas de desarrollo tecnológico, como la ciencia de los materiales y compuestos, la ingeniería mecánica, la automatización y las tecnologías de información, vienen proporcionando mayores oportunidades para la innovación de los productos y de los procesos de producción, desarrollo de nuevos materiales con mejores propiedades (metales, polímeros, cerámicas, entre otros), mejores procedimientos para el maquinado (por ejemplo, métodos de corte basados en rayos láser, de electrones así como herramientas flexibles), y métodos para mejorar las operaciones de la empresa, como son el procesamiento de imágenes, la identificación automática y la automatización de las operaciones.
- **Incorporación del operario para la mejora continua.** Las antiguas ideas del taylorismo, conforme a las cuales se consideró al trabajador sólo como un ejecutor de las actividades diseñadas por los mandos jerárquicos, están pasando a la historia para dar paso a una nueva filosofía fincada en la habilidad de los trabajadores para proponer métodos de mejora, como en la destreza y conocimientos del personal especializado para incorporar estas mejoras y traducir las oportunidades de la nueva tecnología en mejores procesos y diseños. Para ello, la educación y la capacitación de la fuerza laboral cobrarán cada vez mayor importancia para mantener empresas competitivas.
- **Consideraciones ecológicas y de medio ambiente.** Las compañías deberán considerar, cada vez con mayor atención, el costo que sus actividades representan para la sociedad, ya sea por el deterioro que éstas ocasionan al medio ambiente o por el consumo de recursos públicos. Las regulaciones gubernamentales están considerando, cada vez con mayor énfasis, las compensaciones que debe imponer la sociedad por el uso que las empresas hacen de los bienes públicos y, en la mayoría de los países desarrollados, esta regulación se ve también acompañada por requerimientos de los propios consumidores, que se niegan a comprar productos cuya manufactura o consumo pueden ocasionar un deterioro de la calidad de vida.

## Nuevos actores en la economía mundial

Uno de los elementos más importantes para el cambio experimentado en la estructura de la industria mundial en las últimas décadas es, sin duda, la aparición de nuevos actores en la economía mundial. A partir de la información de las figuras 2.2 y 2.3, se puede comparar la importancia relativa de las multinacionales de los tres principales bloques industriales, en 1973 y 1993, respectivamente. Como puede apreciarse, es notable la presencia actual de Japón, como potencia en las principales ramas de la actividad industrial; esta presencia de Japón en la industria mundial va asociada con un mayor bienestar de su economía, como lo muestra la evolución de su ingreso *per cápita* ilustrada en la figura 2.4. En ella, se puede apreciar la evolución favorable no sólo de Japón, sino también de Alemania y de otros países, que en adelante se denominarán *nuevos países industrializados* (NPI), quienes apuestan al desarrollo industrial como motor del bienestar económico. La presencia de estos nuevos actores en la economía mundial ha creado una nueva organización industrial que descansa en la construcción de un esquema de cooperación entre empresas (pequeñas y medianas) proveedoras y empresas (grandes) de las industrias terminales.

Es pertinente preguntarse cómo logra la industria japonesa romper el liderazgo indiscutible que mantuvo la industria de Estados Unidos desde los inicios de la Revolución Industrial hasta hace unas pocas décadas. Una primera respuesta a esta interrogante se obtiene al observar la alta calidad que alcanza la manufactura japonesa desde los años 80; es decir, los productos japoneses empiezan a co-

os cambios en  
so que se irán  
tivas.

entes, a la vez  
as de desarro-  
a mecánica, la  
ayores oportu-  
desarrollando  
tros), mejores  
n rayos láser y  
raciones de la  
a y la automa-

el taylorismo,  
as actividades  
o a una nueva  
de mejora, así  
rar estas pro-  
sos y diseños.  
mayor impor-

nsiderar, cada  
ad, ya sea por  
rsos públicos.  
fasis, las com-  
de los bienes  
mbién acom-  
rar productos  
vida.

a de la indus-  
la economía  
ortancia rela-  
3, respectiva-  
a en las prin-  
al va asocia-  
so *per capita*,  
e Japón, sino  
industrializa-  
nico. La pre-  
ación indus-  
(pequeñas y

discutible que  
asta hace un  
calidad que  
iezan a con-

quistar mercados porque demuestran la importancia de otras dimensiones de la competencia (calidad y servicio al cliente), respecto a la dimensión clásica de competencia (alto volumen y bajo precio), en la cual la industria de EUA fundó su liderazgo.

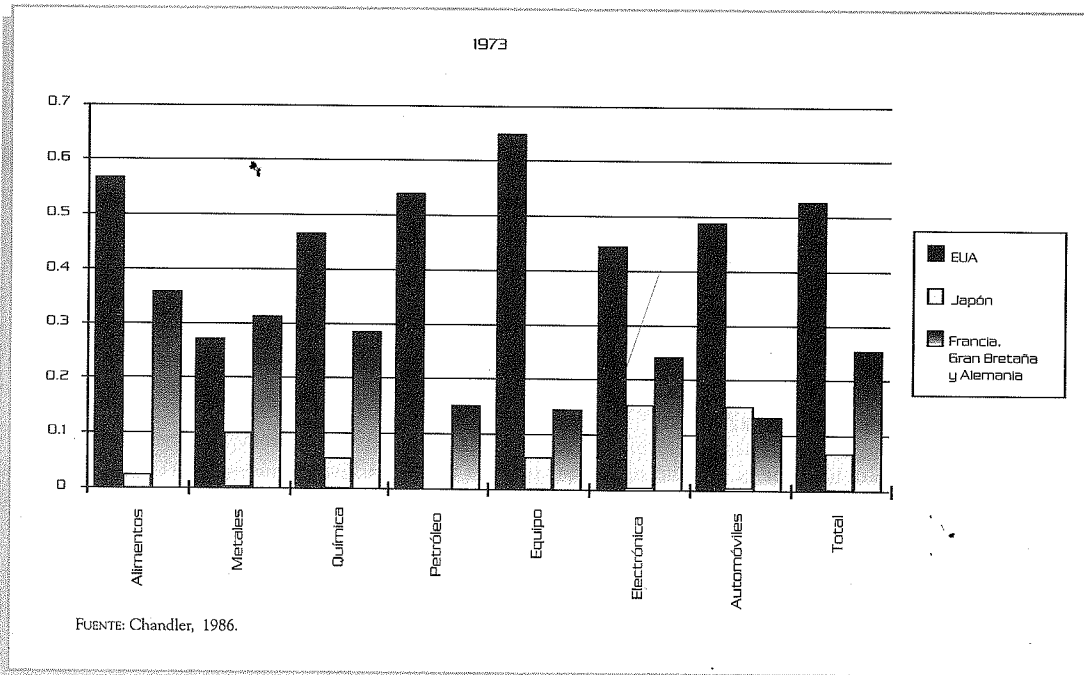


Figura 2.2 Fracción del total de multinacionales por región en 1973

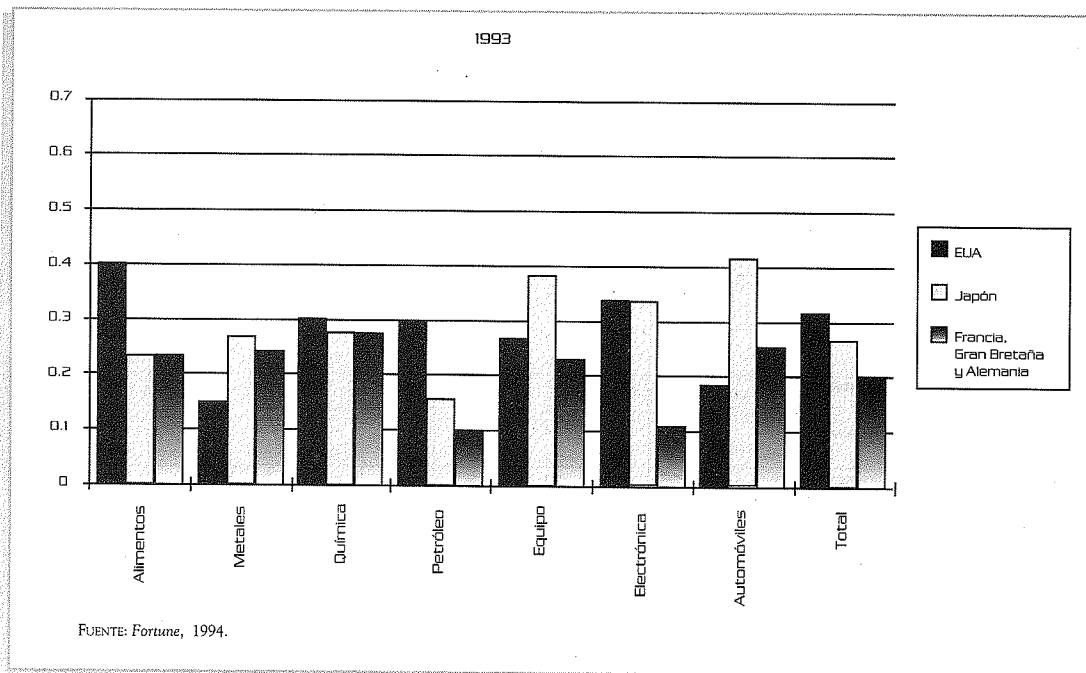
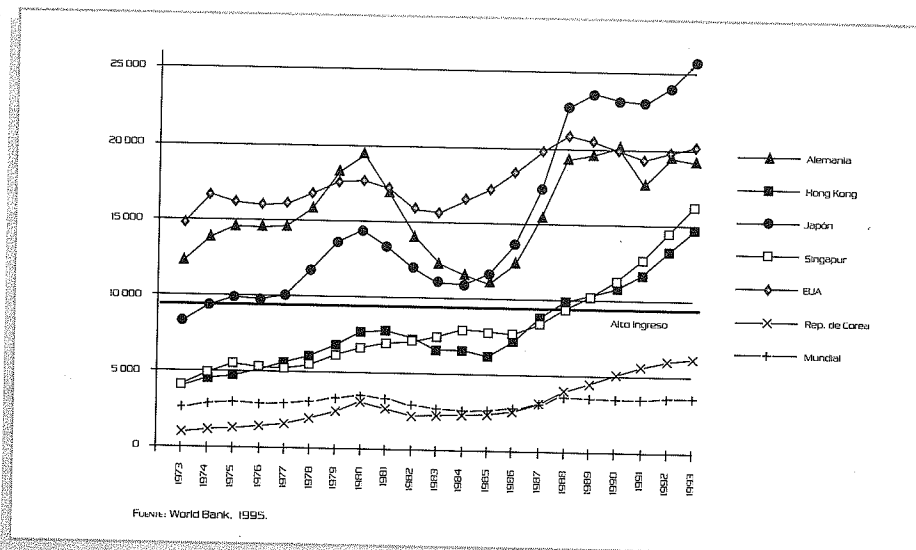


Figura 2.3 Fracción del total de multinacionales por región en 1993

**Figura 2.4** Evolución del ingreso real per cápita (en dólares) en algunos países



## Competencia global

Durante la revolución por la calidad aparecen nuevos países industrializados (NPI) en la economía mundial, que apuestan al desarrollo industrial como motor de sus economías. Al mismo tiempo, un nuevo esquema de organización industrial basado en la cooperación entre empresas grandes de la industria terminal y empresas proveedoras medianas y pequeñas permite implantar exitosamente una estrategia de competencia fincada en la innovación y la flexibilidad. Por otro lado, tras la caída de los gobiernos comunistas de Europa del Este, al comenzar la década de 1990, irrumpe en América Latina una ola de gobiernos democráticos, convencidos de que el desarrollo de la región deberá ser alcanzado incorporando sus economías a un marco de competencia global, que trastoca profundamente el entorno competitivo de las empresas locales. Este nuevo concepto para los países latinoamericanos ha forzado a las empresas locales a revisar sus estrategias competitivas, para orientar su tecnología y operaciones en concordancia con el nuevo entorno competitivo a escala global.

Dado que el concepto de competencia global es de trascendental importancia actual para las empresas latinoamericanas, a continuación se presentan las principales características de este entorno competitivo.

**Figura 2.5** Inversión extranjera directa acumulada por país y región

	Países desarrollados	EUA	Gran Bretaña	Alemania	Francia	Japón	Países en desarrollo	América Latina	Asia	Total
<b>1914*</b>	14.4	2.6	6.5	1.5	1.8	.03	neg.	n.d.	n.d.	<b>14.6</b>
	5.2	1.5	.2	n.d.	n.d.	.03	8.9	4.6	3.0	<b>14.1</b>
<b>1938*</b>	26.3	7.3	10.5	.35	2.5	.75	neg.	n.d.	n.d.	<b>26.4</b>
	8.3	1.8	.7	n.d.	n.d.	.1	16.0	7.5	6.1	<b>24.3</b>
<b>1960**</b>	62.9	31.9	10.8	.8	4.1	.5	.7	n.d.	n.d.	<b>66.1</b>
	36.7	7.6	5.0	n.d.	n.d.	.1	17.6	8.5	4.1	<b>54.5</b>
<b>1971**</b>	168.1	82.8	23.7	7.4	7.3	4.4	4.0	n.d.	n.d.	<b>172.1</b>
	108.4	13.9	13.4	n.d.	n.d.	2.5	51.4	29.6	7.8	<b>166.3</b>
<b>1978**</b>	380.3	162.7	50.7	28.6	14.9	26.8	12.5	n.d.	n.d.	<b>392.8</b>
	291.7	42.4	(32.5)	n.d.	n.d.	6.0	100.4	52.5	25.2	<b>361.6</b>
<b>1985**</b>	684.7	251.0	101.2	59.9	20.3	83.6	5.4	1.8	2.1	<b>690.2</b>
	509.7	184.0	62.0	30.9	19.2	6.4	175.0	60.2	65.4	<b>685.3</b>
<b>1990**</b>	1602	423.2	244.7	155.1	74.8	310.8	10.8	3.1	6.1	<b>1613</b>
	1230	403.7	205.6	93.5	51.5	18.4	265.9	97.1	120.9	<b>1496</b>

\* Millones de dólares.

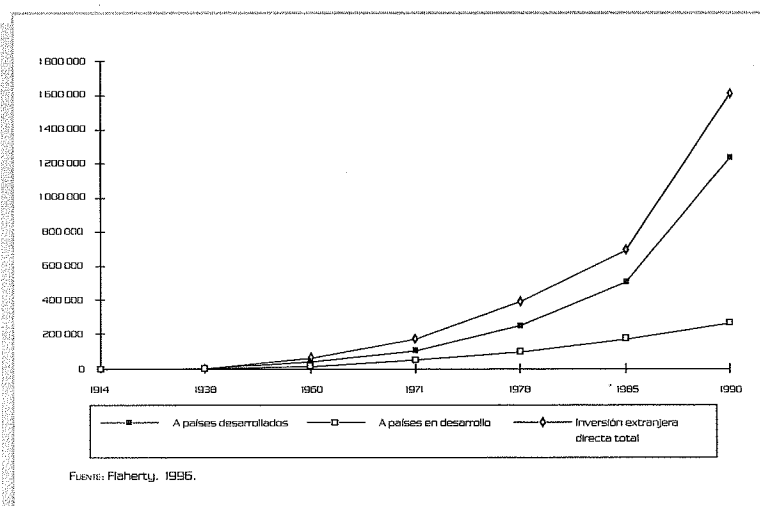
\*\* Miles de millones de dólares.

El renglón superior indica el flujo de inversión extranjera directa que proviene de la región, el renglón inferior indica el flujo de inversión extranjera directa hacia la región o país.

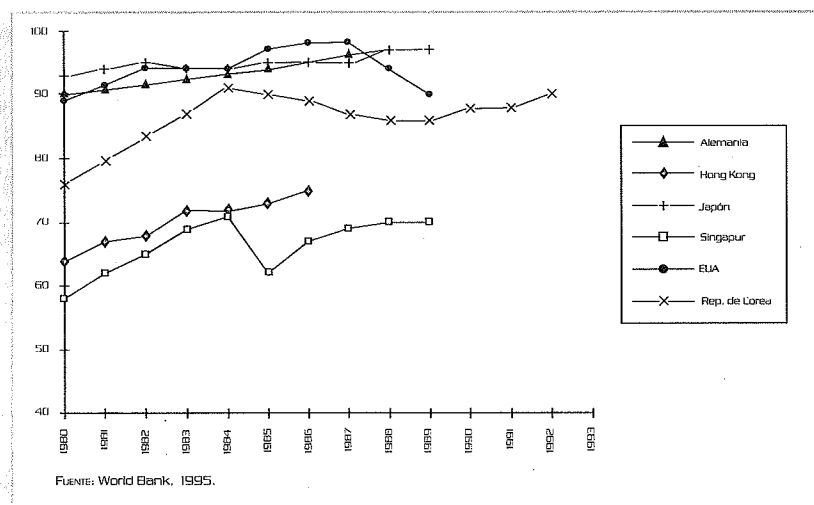
Fuente: Raherty, 1996.

**Cambios en la economía mundial.** Además de la presencia de los NPI, la economía mundial ha experimentado cambios importantes a nivel agregado, entre los que se cuentan el rápido crecimiento de la inversión extranjera directa (IED) y del comercio internacional. Como puede apreciarse en los datos de la figura 2.5, la IED sigue teniendo como principal objetivo la penetración de mercados, ya que el mayor porcentaje de la misma se destina a las economías desarrolladas (figura 2.6). Sin embargo, como menciona Flaherty (1996), la IED hacia países en desarrollo, que tradicionalmente había buscado la captación de materias primas hacia las economías desarrolladas, actualmente busca proveedores de bienes con un mayor valor agregado, que impriman un mayor dinamismo a la industria de los países avanzados; por ejemplo, a los “cuatro tigres” (Corea del Sur, Hong Kong, Singapur y Taiwán) correspondía 1 % de las exportaciones mundiales en 1963, mientras que su participación superó 7 % en 1990; destaca el hecho de que la mayor parte de dichas exportaciones fueron manufacturas. Por otro lado, la IED con la mira puesta en el desenvolvimiento de mercados, ha venido creciendo sostenidamente en Asia y en Latinoamérica desde los inicios de la presente década, incentivada por los procesos de privatización en esta última región. En cuanto al comercio internacional, su crecimiento ha sido impulsado por diversos acuerdos que reducen las barreras arancelarias, como la Comunidad Económica Europea, el Tratado de Libre Comercio de América del Norte, la ronda uruguaya del GATT (Acuerdo General sobre Aranceles y Comercio) y el Mercosur.

**Competencia entre multinacionales.** En 1992 existían aproximadamente 37 000 corporaciones multinacionales, las cuales, según estimaciones de la Organización de las Naciones Unidas (véase UNCTAD, 1993), son responsables de 75 % del comercio de manufacturas y servicios, y de 80 % de la transferencia de tecnología comercial, cifras que muestran la persistencia del dominio de las multinacionales, e incluso su incremento en esta década. Sin embargo, como puede observarse en las figuras 2.2 y 2.3, el predominio de las multinacionales de EUA se ha visto seriamente afectado por la presencia actual de las multinacionales japonesas, hecho que ha generado una mayor competencia entre este tipo de corporaciones.



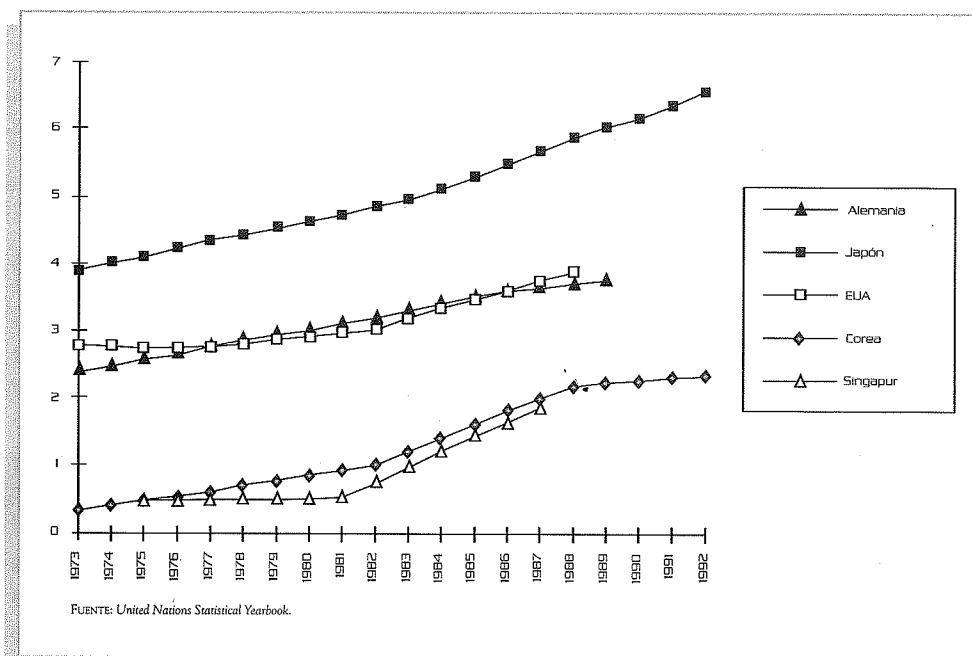
**Figura 2.6** Tendencias de la inversión extranjera directa



**Figura 2.7** Porcentajes de matrícula en educación secundaria

Según el consultor de McKinsey, Kenichi Ohmae (1985), dado que las economías de las tres regiones exhiben similares niveles financieros y tecnológicos, sus empresas compiten por clientes, proveedores y aliados a través de sus operaciones en cada mercado, tienen acceso a proveedores en diversas partes del mundo y no permiten que sus competidores puedan obtener ganancias libres de competencia, a la vez que acuden a sus redes de información para mejorar tan rápidamente como sus competidores.

**Figura 2.8** Científicos e ingenieros empleados en investigación y desarrollo (por cada 1 000 hab.)



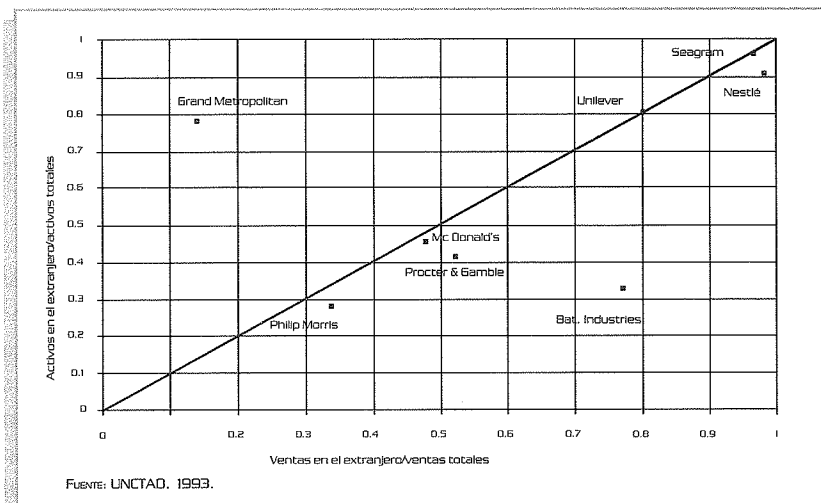
**Competencia entre economías industrializadas.** A partir de los datos de la figuras 2.7 y 2.8, puede observarse que las diferencias en la cobertura educacional en los distintos países industrializados tienden a cerrarse, lo que explica el hecho de que los recursos tecnológicos y humanos de los países industrializados tienden a ser similares. En este sentido, sigue siendo notable el caso de Japón que, ya desde la década de 1970 (Flaherty, 1995), exhibe un mayor número de científicos e ingenieros (por cada 1 000 hab.) en actividades de investigación y desarrollo que EUA. Aunque la intensidad de la competencia es difícil de medir, a partir de las figuras anteriores es posible apreciar que las ventas en el extranjero crecen con la inversión en activos en el extranjero. En el caso de productos intensivos en propaganda (productos de marca), las multinacionales canadienses y europeas tienden a alcanzar una fracción más alta de inversiones que de ventas en el extranjero, reflejando su estrategia de penetración del mercado en EUA. En el caso de las trasnacionales de automóviles, las empresas japonesas también tienden a una fracción más alta de inversiones que de ventas en el extranjero, pero esto parece ser más bien reflejo de su estrategia de desarrollo de proveedores en el exterior.

**Competencia en los NPI.** Los NPI han experimentado un desarrollo industrial acelerado, contando con el apoyo de grandes grupos industriales y de sus respectivos gobiernos. Según Alice Amsden (1989), los NPI empezaron con productos que requerían un nivel medio de tecnología, y enfocaron sus esfuerzos en la manufactura de dichos productos con la misma calidad pero a menor costo que en los países industrializados. El rendimiento de la inversión en estos productos no fue relativamente alto al inicio, por lo que se requirió del apoyo gubernamental para mantener sus empresas. Sin embargo, en el mediano plazo consiguieron mejorar la calidad y sofisticación tecno-

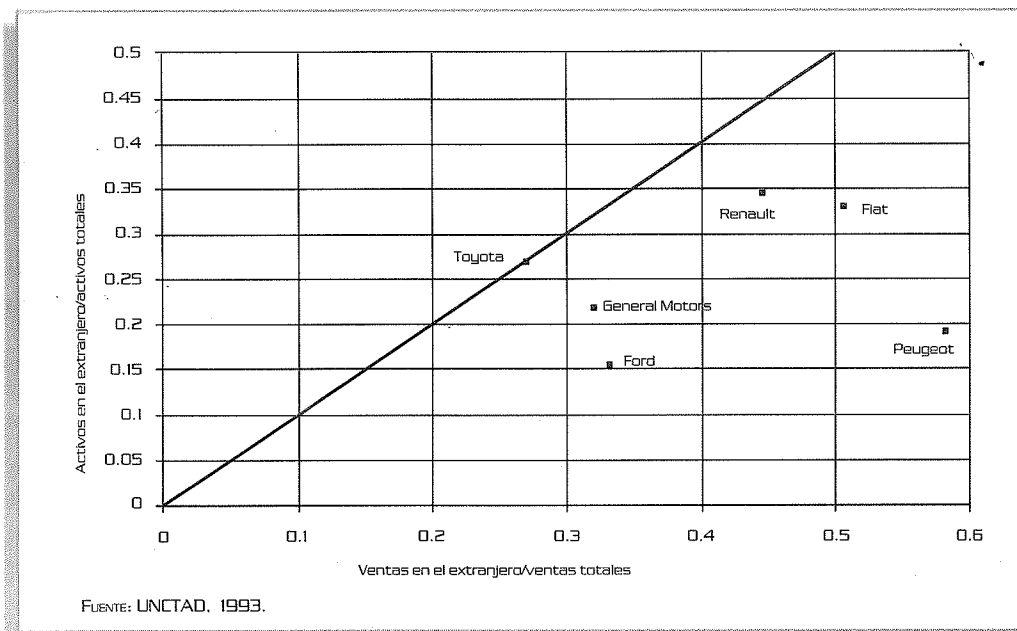


de las tres  
r clientes,  
eedores en  
s libres de  
ente como

lógica de sus manufacturas y, con ello, competir exitosamente en los mercados internacionales. Por ejemplo, las exportaciones hacia EUA, desde las subsidiarias estadounidenses en los "cuatro tigres", aumentaron de 10 % de las ventas en 1966 a 27% en 1977. Desde la década de 1990 hasta la fecha, otras economías parecen seguir los pasos de los "cuatro tigres". Entre ellas se cuentan Brasil, Chile y México en Latinoamérica; China, India, Filipinas y Tailandia en Asia, e Irlanda, Portugal, Polonia, Rumanía y España en Europa.



**Figura 2.9** Activos y ventas en el extranjero para trasnacionales de productos intensivos en propaganda



**Figura 2.10** Activos y ventas en el extranjero para trasnacionales de automóviles

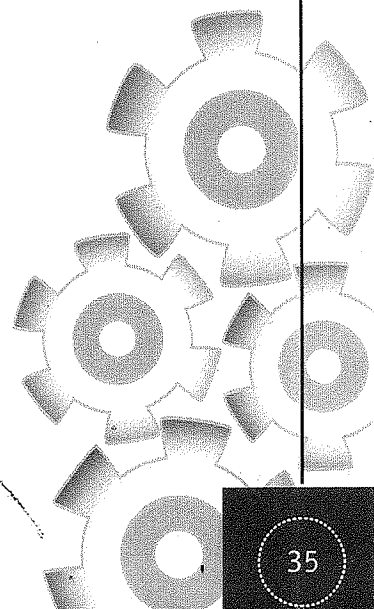
2.7 y 2.8,  
industriali-  
anos de los  
caso de Ja-  
científicos e  
A. Aunque  
sible apre-  
En el caso  
adienses y  
extranjero,  
cionales de  
siones que  
sarrollo de

rado, con-  
gún Alice  
tecnología, y  
o a menor  
tos no fue  
ntener sus  
ión tecno-

## La economía basada en el conocimiento

En forma paralela a los acontecimientos descritos anteriormente, se ha observado también una reorientación en las ventajas competitivas de las naciones. Esta reorientación ha cobrado mayor fuerza desde la década de 1990 y es conocida por algunos investigadores como la "nueva economía" debido a que se enmarca en un contexto de globalización y uso intensivo de tecnologías de información y comunicaciones (TI). Sus productos principales son la información y el conocimiento.

Las ventajas competitivas que brinda la capacidad para generar conocimiento han sido reconocidas por diversos sectores industriales, los cuales basan su estrategia empresarial en esta nueva economía; entre los sectores más activos, destacan: desarrollo de software, servicios de entretenimien-



to y noticias, telecomunicaciones, servicios por Internet, circuitos, computadoras, juegos de video, biotecnología, farmacéuticos.

La importancia de la nueva economía en los últimos años está claramente registrada. Esta nueva economía explica la tercera parte del crecimiento del pib y mitad del incremento en productividad entre 1995 y 2000 en EUA. Se observa que de las 25 empresas con mayor capitalización de mercado a mediados de 2000 en EUA, 13 eran de TI y dos farmacéuticas. Entre las 50 empresas con mejor desempeño (*Business Week*), 27 eran de TI. El crecimiento de 50 % del índice Nikkei entre 1998 y 2000 se atribuye a empresas de la *nueva economía*.

La economía basada en el conocimiento ha dado lugar a nuevos paradigmas y a un nuevo enfoque que en cuanto a los costos. En este contexto, son dominantes los costos iniciales (desarrollo y creación del sistema de producción/distribución del producto), mientras que los costos marginales de producción y distribución son relativamente bajos e independientes de la distancia. Los siguientes ejemplos reflejan la relevancia de la nueva economía: i) el desarrollo de Office 2000 requirió de alrededor de 1000 desarrolladores durante dos años; ii) una planta de circuitos integrados puede costar alrededor de 2000 millones de dólares (típicamente 70 % del costo del producto se explica por depreciación y mantenimiento); iii) la aprobación de un medicamento toma alrededor de cinco años y 600 millones de dólares de inversión.

Otras características de la nueva economía son las siguientes:

- La administración de proyectos se vuelve particularmente relevante.
- La *producción acumulada* es importante tanto para reducir el costo unitario como para mejorar el *conocimiento* implícito en el producto.
- La demanda y la oferta crecen a medida que crece la *red de usuarios*.
- El *efecto red* y la estructura de costos hacen que la rapidez por ganar el mercado sea muy importante.

Asimismo, existe una serie de tendencias en las prácticas y en las operaciones de las empresas que cada vez son más comúnmente encontradas y que, sin lugar a dudas, están basadas en la nueva economía; por ejemplo:

- La incorporación rápida de nuevos servicios permite atraer nuevos clientes.
- La calidad está muy ligada a la oportunidad; la perfección del producto puede sacrificarse por una más rápida entrada al mercado.
- El producto inicial debe ser altamente flexible para poder incorporar las características que demandan los nuevos usuarios.
- Puede ser conveniente incorporarse a una *red* de proveedores de servicios.
- Si se es miembro de una *red*, debe estimularse la producción de productos *compatibles* dentro de la red.
- La compatibilidad es muy importante (por ejemplo, PC's, sistemas CAD, etc.).
- Se está más dispuesto a utilizar proveedores para concentrarse en las habilidades esenciales.

Con base en lo anterior, podemos concluir que lo importante para el ingeniero industrial es comprender el contexto en el que se desarrollan sus actividades y reconocer, adaptarse y transformar las prioridades en la *nueva economía*.

*Algunos de los años más excitantes y productivos para nuestra profesión están justo a la vuelta de la esquina. Las oportunidades que tenemos para ayudar a la humanidad nunca han sido tan grandes.*

## 2.2 Perfil del ingeniero industrial

### Habilidades y cualidades necesarias

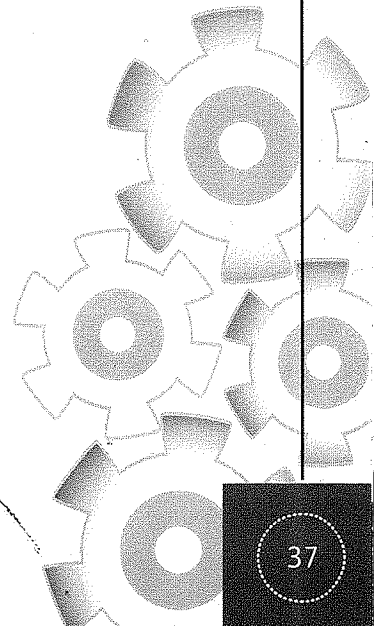
Para ejercer de manera correcta la profesión de ingeniero industrial, la persona interesada en hacerlo deberá contar con algunas o todas de las muchas habilidades que se mencionan a continuación; algunas de ellas pueden ser innatas, otras se van adquiriendo y puliendo con el tiempo mediante la práctica.

Estas son algunas de las más importantes:

- Buenas habilidades matemáticas
- Agilidad en el manejo de tiempo
- Aptitudes para la mecánica
- Buen sentido común
- Un fuerte deseo por alcanzar la eficiencia y la organización
- Saber venderse/habilidades comunicativas
- Creatividad al resolver problemas
- Habilidades cuantitativas
- Competencia técnica
- Búsqueda continua del mejoramiento
- Ingenio
- Habilidades para escuchar
- Habilidades para negociar
- Diplomacia
- Paciencia
- Habilidad para adaptarse a distintos ambientes
- Ser multifacético
- Facilidad al interactuar con distintos grupos de individuos
- Mente inquisitiva, curiosa
- Deseo continuo de aprender y conocer
- Habilidades de liderazgo
- Ética
- Pasión por el mejoramiento

*Los ingenieros industriales exitosos deben poseer la habilidad de comunicarse efectivamente; si carecen de ella, nadie comprará sus ideas. Deben ser capaces de manejar varios proyectos y múltiples metas; si carecen de estas habilidades, serán menos eficientes y menos indispensables para su empleador. Deben ser capaces de observar a otros y comprender por qué hacen lo que hacen, ya que, de otra manera, el cambio será una dura batalla.*

El ingeniero industrial tiene un marcado perfil empresarial, aunque puede variar su orientación hacia la producción o hacia las ciencias de la empresa; habitualmente desarrolla las siguientes funciones:



Estudio, factibilidad, proyecto, dirección, construcción, inspección, instalación, operación y mantenimiento de obras. Estudios, tareas y asesoramientos relacionados con: i) Aspecto funcional de las construcciones industriales y de servicio y sus obras e instalaciones complementarias. ii) Selección de máquinas, equipos, aparatos e instrumentos para industrias, fábricas, talleres y otras formas de empresas industriales y de servicio. iii) Factibilidad del aprovechamiento e industrialización de los recursos naturales y materias primas que sufran transformación, y elaboración de nuevos productos. iv) Programación, dirección, organización, planificación, racionalización, control e investigación operativa, estudio de métodos de trabajo, estudios y análisis de procesos de fabricación en industrias, fábricas, talleres y otras formas de empresas industriales y de servicio relacionadas con los incisos anteriores. v) Asuntos de ingeniería legal, económica y financiera relacionados con los incisos anteriores. vi) Arbitrajes, pericias y tasaciones relacionados con los incisos anteriores. vii) Higiene, seguridad y asuntos ambientales relacionados con los incisos anteriores.

## 2.3 Campo laboral

Los ingenieros industriales descifran cómo hacer mejores las cosas. Ingenian procesos y sistemas para mejorar la calidad y la productividad; realizan contribuciones significativas para sus empleadores, ahorrándoles dinero mientras hacen del lugar de trabajo un área agradable para sus compañeros. El campo laboral de los ingenieros industriales es posiblemente uno de los más amplios dentro de las distintas carreras profesionales. La reconocida capacidad analítica del ingeniero industrial y su visión de procesos resaltan entre los principales atributos por los cuales es atractivo en el campo laboral. El ingeniero industrial puede trabajar en empresas de productos o de servicios, instituciones públicas y privadas, empresas micro, pequeñas, medianas o grandes corporativos transnacionales.

En aspectos más específicos y relacionados con la industria, el ingeniero industrial es competente para i) la gerencia o dirección de plantas industriales: de fabricación de aceros y metales en general, de textiles, de fabricación de pastas y papeles, de fabricación de productos de minerales no metálicos, petroquímicas, metalúrgicas y siderúrgicas, ii) la gerencia de la división técnica de una empresa industrial, iii) la dirección de investigaciones y desarrollos, en temas industriales.

Asimismo, el ingeniero industrial puede efectuar transacciones y valuaciones de plantas industriales en lo relativo a sus instalaciones y equipos, sus productos semielaborados y elaborados y las tecnologías de transformación utilizadas en la producción y distribución de bienes industrializados. La gama de posibilidades es muy amplia; incluso, puede realizar arbitrajes y peritajes referidos a la planificación y organización de plantas industriales, sus instalaciones y equipos y el proceso de producción, los procedimientos de operación y las condiciones de higiene y seguridad en el trabajo, para la producción y distribución de bienes industrializados.

El campo laboral suele representar el inicio de la vida profesional del ingeniero industrial. La formación del ingeniero no termina con la obtención de un título universitario, sino que requiere de una actualización constante. Ya no es un secreto que muchos de los conocimientos obtenidos en los cursos de ingeniería se vuelven obsoletos en unos cuantos años, debido principalmente al constante desarrollo de metodologías, técnicas, productos y, en general, a los nuevos conocimientos. La **actualización profesional** puede llevarse a cabo mediante cursos, seminarios, redes de contactos, diplomados, postgrados y la incorporación a asociaciones de profesionales.

## 2.4 Organizaciones de ingeniería industrial

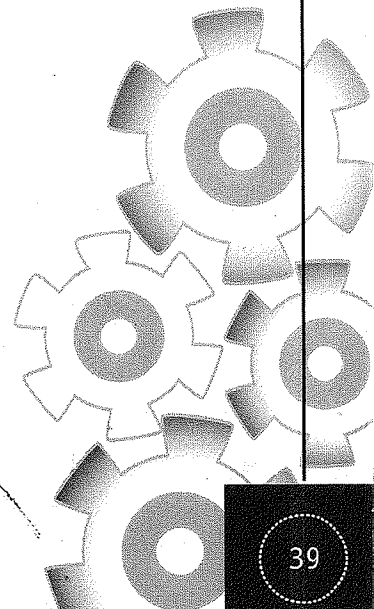
A lo largo del siglo XX, la profesión de ingeniero industrial ha ido tomando fuerza abriéndose camino entre otras ramas de la ingeniería, y con esto han surgido distintas organizaciones e instituciones alrededor del mundo entero, las cuales se enfocan en esta profesión, brindando información necesaria para resolver cualquier duda que pueda surgir sobre esta grandiosa rama de la ingeniería. En estas organizaciones se hacen investigaciones, se publican artículos de interés para ingenieros industriales o personas interesadas. A la mayoría de estas organizaciones se les puede contactar por medio del correo electrónico, obteniendo sus direcciones en las respectivas páginas web.

Éstas son sólo algunas de las más importantes alrededor del mundo:

- Instituto de Ingenieros Industriales, fundado en 1948, [www.iienet.org](http://www.iienet.org)
- Instituto Europeo de Ingenieros Industriales, fundado en 1988, <http://www.efps-eiie.com/>
- Instituto de Ingenieros Industriales de Australia, fundado en 1954, [www.iie.com.au](http://www.iie.com.au)
- Instituto de Ingenieros Industriales de Irlanda, fundado en 1955, [www.iie.ie](http://www.iie.ie)
- Instituto Japonés de Ingenieros Industriales, fundado en 1959, [www5.ocn.ne.jp/~jiie](http://www5.ocn.ne.jp/~jiie)
- Instituto Filipino de Ingenieros Industriales, fundado en 1998, [www.piie.org](http://www.piie.org)
- Instituto Chino de Ingenieros Industriales, [www.ciie.org.tw](http://www.ciie.org.tw)
- Instituto para Ingenieros Industriales de Sudáfrica, fundado en 1976, [www.saiie.co.za](http://www.saiie.co.za)

Asimismo, existe en el mundo una gran cantidad de asociaciones profesionales enfocadas hacia aspectos más específicos de la ingeniería, entre las cuales se pueden citar las siguientes:

- Sociedad de Ingenieros de Manufactura (*Society of Manufacturing Engineers*, SME). El objetivo de esta sociedad de profesionales es apoyar la educación en manufactura a través de programas especiales para sus miembros, publicaciones y exposiciones. La sociedad tiene miembros de más de 70 países y sus actividades tienen influencia en más de medio millón de ingenieros manufactureros, ejecutivos y practicantes. Su dirección electrónica es [www.sme.org](http://www.sme.org).
- Instituto para la Investigación de Operaciones y las Ciencias Administrativas (*Institute for Operations Research and the Management Sciences*, INFORMS). Este instituto representa a los profesionales en el campo de la investigación de operaciones, las ciencias administrativas y algunas áreas relacionadas, como, por ejemplo, las tecnologías de información. Los miembros de estas profesiones aplican herramientas y métodos científicos para mejorar los sistemas y sus operaciones y apoyar la toma de decisiones. En este campo se integran y extienden los principios y técnicas de la ingeniería, matemáticas y las ciencias de información y sociales. INFORMS publica una variedad de revistas de investigación arbitradas, en donde se describen los últimos desarrollos y aplicaciones en el campo de la investigación de operaciones y las ciencias administrativas. Su dirección electrónica es [www.informs.org](http://www.informs.org).
- Consejo de Profesionistas de la Cadena de Suministro (*Council of Supply Chain Management Professionals*, CSCMP, antes *Council of Logistics Management*). Ésta es una organización profesional sin fines de lucro integrada por profesionales de todo el mundo interesados o responsables en asuntos logísticos y de cadena de suministro. Su objetivo es reforzar el desarrollo de la profesión logística mediante programas educativos e información relevante, entregada a través de una variedad de servicios, programas y actividades. Su dirección electrónica es [www.cscmp.org](http://www.cscmp.org).



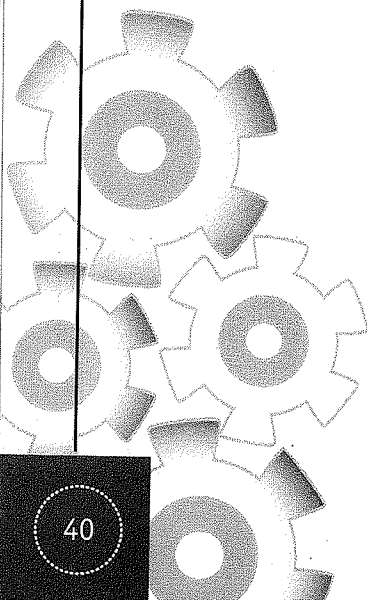
- Sociedad Americana para la Producción y el Control de Inventarios (*American Production and Inventory Control Society*, APICS) y la Sociedad para la Producción y la Gestión Operaciones (*Production and Operations Management Society*, POMS). Ambas sociedades tienen objetivos similares y enfocan sus actividades al desarrollo de conferencias, publicaciones y actividades profesionales que promuevan el conocimiento y la aplicación en el área de operaciones. La dirección electrónica de estas sociedades es [www.apics.org](http://www.apics.org) y [www.poms.org](http://www.poms.org) respectivamente.
- Sociedad Americana de Calidad (*American Society for Quality*, ASQ). Es reconocida como una comunidad en donde convergen aquellos profesionistas que buscan mejoras mediante la aplicación y conocimiento de conceptos, tecnologías y herramientas relacionadas con la calidad. Su dirección electrónica es [www.asq.org](http://www.asq.org).

## 2.5 Futuro de la ingeniería industrial. Retos y oportunidades

La profesión del ingeniero industrial está llena de retos y oportunidades que es importante identificar. Hablar del futuro es un tema en el que no hay nada garantizado; sin embargo, constantemente se encuentran en todo el mundo ingenieros pertenecientes a instituciones académicas, organizaciones, sociedades o empresas involucradas con la actividad del ingeniero industrial y su futuro. Durante la realización de la presente obra, se buscó tomar en cuenta la opinión de docentes de expertos en todo el mundo, haciendo especial énfasis en Iberoamérica; los comentarios y puntos de vista que tan amablemente compartieron fueron compilados y estructurados en esta sección.

Es pertinente nombrar a algunas de las instituciones, universidades y organizaciones a las que pertenecen los expertos en la materia que participaron en las encuestas realizadas o que han generado material de consulta utilizado en esta investigación: *Technische Universität Berlin*, *University of Stuttgart* (Alemania); *Universidad Tecnológica Nacional* (Argentina); *Institute of Industrial Engineers Australia*, *The Industrial Engineering Society of Engineers Australia* (Australia); *Institute of Industrial Engineers*, *National Academy of Engineering*, *The George Washington University*, *World Future Society* (EUA); *Instituto de Ingenieros Industriales* (México), *Instituto Politécnico Nacional*, *Instituto Tecnológico Autónomo de México*, *Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey* (Campus Estado de México), *Universidad Panamericana*, *Universidades e Institutos Tecnológicos* pertenecientes a la *Secretaría de Educación Pública* (México); *Pontificia Universidad Católica del Perú*, *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas* (Perú); *Universidad de la República* (Uruguay).

Asimismo, al final de la sección se presentan dos cuadros en donde se muestran explícitamente algunas oportunidades propuestas y retos para los ingenieros industriales. El segundo cuadro es el resultado de un análisis de prospectiva tecnológica en donde se resaltan las principales tecnologías emergentes para las próximas décadas.





## Retos y oportunidades en educación

La educación en la ingeniería debe anticipar los cambios esperados en sus distintas ramas y adaptarse a ellos. “El ingeniero del 2020 aspirará a poseer la ingenuidad de Lilian Gilbreth, la visión científica de Albert Einstein, la creatividad de Picasso, la determinación de los hermanos Wright, las habilidades de liderazgo de Bill Gates, la conciencia de Eleonor Roosevelt, la visión de Martin Luther King Jr. y la curiosidad y capacidad de maravillarse de nuestros nietos” (NAE, 2004).

Los ingenieros deben también adaptarse a la competencia global, que está y estará en constante crecimiento. Como cada uno de ellos estará inmerso cada vez más en el ámbito internacional, deberán aprender a apreciar otras culturas y la importancia de su papel en la economía global. Los futuros ingenieros deben estar preparados para ayudar a la sociedad, solucionando cuestiones sociales y éticas con respecto a muchas tecnologías, como aquellas que afectan la privacidad personal. Deben estar profundamente educados y ser capaces de adquirir conocimientos rápidamente.

Las escuelas de ingeniería deberán estar abiertas a una forma nueva de enseñanza y de entrenamiento que les sea atractivo a los mejores y más brillantes estudiantes. “En 2020, al planear proyectos, los ingenieros deberán estar preparados para lidiar con nuevas necesidades sociales, económicas, legales y políticas” (Comité NAE, 2004). Deben ser educados para desarrollar tecnologías enfrentando estas necesidades y estar preparados para comunicar estos nuevos desarrollos al gobierno, a industrias privadas y al resto de la sociedad.

Los ingenieros del futuro deben ayudar a plantear políticas nacionales, tomando en cuenta la importancia del servicio público; deberán convertirse en líderes en los sectores tanto público como privado, y representar así a la sociedad. La profesión de ingeniería necesita reconocer que los ingenieros pueden construir un futuro a través de una clase de papeles de liderazgo en la sociedad y no sólo a través de trabajos técnicos. Las Universidades deberán estar muy atentas para identificar la educación necesaria que requieren los próximos ingenieros y que son las bases para carreras en otros campos, como medicina, leyes y negocios. Estos profesionistas deberán estar preparados y enfrentar distintas condiciones, como lo serán los grandes hallazgos en biotecnología y el aumento de cambios climáticos.

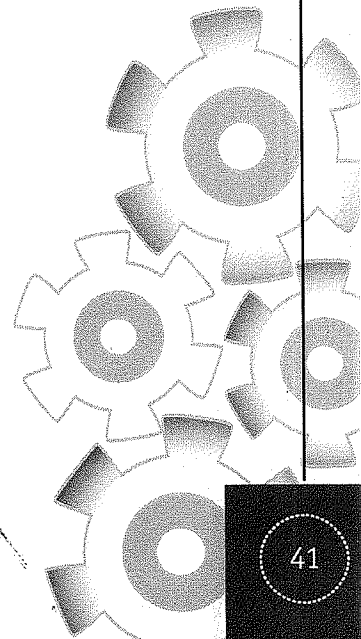
## Retos y oportunidades en las industrias

Conforme las empresas se mueven hacia el futuro, inevitablemente verán cambiar sus formas de operación; sus clientes demandarán tiempos de entrega más cortos, niveles de calidad más altos y menores costos. Estas nuevas necesidades crearán demandas de fluctuación de la producción y requerirán de una reducción de costos. “Más barato, mejor y más rápido” es lo que el cliente demanda y cada día exige con mayor fuerza.

En todo tipo de industrias, se exigirá a los individuos que demuestren iniciativa, que asuman más responsabilidades y que se encuentren motivados a alcanzar niveles de excelencia que en otros tiempos no se tomaban en consideración. Los equipos serán la organización prevaleciente; éstos están formados por grupos de individuos. El valor de cada individuo y su posible contribución nunca deben ser subestimados. Un equipo no es tal sin toda la gente moviéndose en una misma dirección. Esta transición de una forma de trabajar de manera individualista a una cultura de equipo es tal vez la más difícil a efectuarse, especialmente como una parte de la motivación que se incentiva y depende de un trabajo en equipo. Los grandes sindicatos en el trabajo enfrentarán, tarde o temprano, cambios que aseguren los empleos, y representarán beneficios tanto para las empresas como para sus empleados.

### Encuestas de opinión

Según expertos internacionales y su visión de la ingeniería en los próximos 20 años, todos los ingenieros seguirán creando soluciones que resuelvan problemas reales. Estos últimos serán cada día más



complejos y sus soluciones requerirán de conocimientos diversos que los ingenieros deberán entender e integrar. Su capacidad por mantenerse actualizados será vital para seguir el acelerado ritmo de los avances tecnológicos (Mejía, 2004). El mundo estará digiriendo los cambios masivos en la adquisición de productos a partir de las capacidades informativas de la Web, de la enorme capacidad de producción disponible por parte de la India y China, así como de sistemas de transporte mejorados (Andrews, 2004). Las ciencias en general siempre tendrán un papel preponderante en el progreso de la humanidad, mediante el uso que la ingeniería hará de la ciencia aplicada a la resolución de problemas en los diversos campos. Será un mundo globalizado, con muchos problemas mundiales; necesitará, más que nunca, el servicio de la ingeniería para la resolución práctica y rápida de muchos de sus problemas (Rocca, 2004).

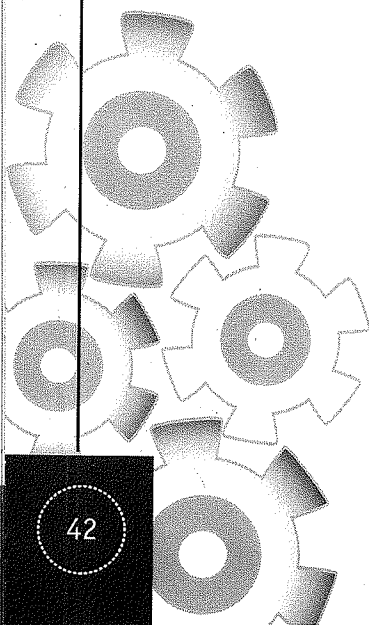
Tradicionalmente, la actividad profesional de los ingenieros ha sido la encargada de aplicar los conocimientos científicos al desarrollo en las sociedades avanzadas; consecuentemente, se ha convertido a sí misma en un factor de competitividad de la economía y la globalización, de la misma forma que lo es en otros aspectos del desarrollo. Así, en los próximos 20 años, el impacto de las tecnologías de la información apunta a tres tipos de ingenieros: a) los de rutina, comprometidos en tareas importantes, aquellos que utilizan, mas no desarrollan, software; b) los de élite o los aristócratas, con una sólida base científica, especializada en diseño, totalmente inmersos en la tecnología de información, en el desarrollo de software y en el trabajo con problemas reales; c) el rango intermedio de los funcionales, capacitados para integrarse a equipos de trabajo multidisciplinarios constituidos por una variedad de individuos, con un amplio rango de antecedentes y experiencias relacionados con los aspectos del desarrollo de un producto. Cada uno requerirá de conocimientos, habilidades, destrezas, actitudes y aptitudes asociadas a la profesión de ingeniero (Lacayo, 2004).

Específicamente en el campo de la ingeniería industrial, dentro de los próximos 20 años los ingenieros industriales serán un poco más reconocidos como profesionales de una disciplina que no solamente hace funcionar las cosas, sino que las hace funcionar mejor (Resnick, 2004).

Distintos grupos de trabajo serán responsables de mejorar resultados en su propia productividad, calidad y seguridad; por lo tanto, consultarán a los ingenieros industriales para obtener su asistencia. Sistemas de simulación, asesoría de riesgos y sistemas de análisis basados en computadoras estarán a la disposición rutinaria para el uso de los ingenieros industriales; tendrán acceso a técnicas pertenecientes a grandes bases de datos, estudios de casos y la referencia de textos, todo a la mano (Andrews, 2004).

Existe en Latinoamérica una serie de particularidades que merecen ser tomadas en cuenta. En esencia, esta región tiene los problemas y necesidades del resto del mundo; la diferencia significativa radica en la dimensión de los proyectos y en las necesidades masivas de la población de cierta ciencia y tecnología relativamente simple y accesible, pero en cantidades que requieren mucha inversión (Rocca, 2004).

Con el paso de los años, el ingeniero industrial debe garantizar que su papel en la sociedad siga siendo relevante. Los ingenieros industriales se preocupan por el bienestar del ser humano en todos los niveles; sin embargo, están entrenados para crear prosperidad y proveer mejores resultados económicos optimizando el uso de todos los recursos mientras mejoran la funcionalidad del producto. Sería razonable motivar a la sociedad para proveer la infraestructura que permita el desarrollo de la Ingeniería Industrial y su práctica profesional, para así, efectivamente, mejorar el bienestar de toda la sociedad (Andrews, 2004). Las decisiones económicas y políticas cada vez involucran mayor complejidad técnica, por lo que los ingenieros industriales deberán comprometerse más en papeles de política y legislación (González, 2004). El ingeniero industrial debe ser formado en la *tecnología* y en la *gestión* (que incluye los asuntos políticos y de legislación), pero a su vez debe ser formado en la ética y en la responsabilidad social para saber tomar decisiones de la mejor manera posible (Sack, 2004). Se deben formar ingenieros industriales totalmente comprometidos con su sociedad y sus problemas; si han de tomar cargos políticos o de asuntos sobre legislación, se desempeñarán correctamente (Rocca, 2004).



Para afrontar retos futuros, los ingenieros industriales deberán enfocar más el desarrollo de sus habilidades; específicamente, deberán pensar de manera crítica y analítica, así como tener una perspectiva de sistemas. Es necesario reconocer que sólo integrando todas y cada una de las subdisciplinas (calidad, simulación, OR, diseño de trabajo, factores humanos, etc.) se alcanzará el potencial verdadero de los ingenieros industriales. El reto estará en convencer, a los graduados y a los practicantes, de rechazar la idea de ser expertos en sólo un aspecto y desconocer los demás (Resnick, 2004).

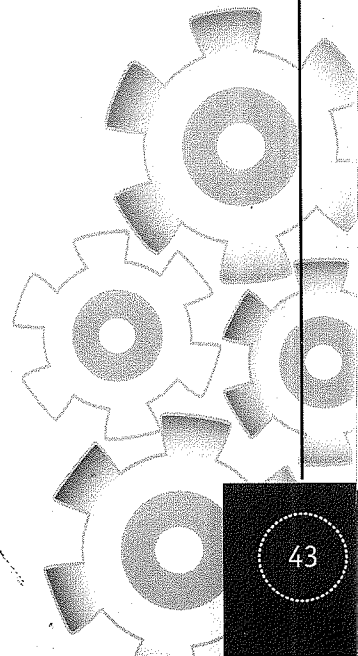
El ingeniero industrial debe olvidarse de una concepción centralizada que ya no funciona; debe entender que es necesaria una reestructuración del tiempo y del espacio. Esto es, el trabajador del conocimiento no necesita estar ocho horas en un determinado lugar, pues podrá practicar el teletrabajo (Álvarez, 2004). Necesitará desarrollar habilidades de visualización global de problemas y de integración de distintas soluciones tecnológicas y humanas (Mejía, 2004).

Específicamente, algunos de los investigadores encuestados identificaron las siguientes habilidades que un ingeniero industrial deberá desarrollar o confirmar para seguir resolviendo retos futuros: Formación más sólida y menos especializada para facilitar su movilidad, de manera que pueda llevar a cabo cruces interdisciplinarios con mayor facilidad, conceptualizar, tener capacidades para recurrir a fuentes de información actualizada; contar con una sólida preparación en aspectos científicos fundamentales; contar con una formación en áreas humanísticas y un buen nivel de cultura universal; tener sensibilidad política; conocer y dominar técnicas modernas de la información y las telecomunicaciones; capacidad de autoaprendizaje; servir a la sociedad con entrega para comprender los procesos sociales y las aspiraciones del ser humano. Y algunas otras que son fundamentales: habilidades tecnológicas de diseño y de creatividad, saber comunicarse adecuadamente por cualquier medio, capacidad de trabajo en equipo multi e interdisciplinario, capacidad de toma de decisiones, liderazgo, visión empresarial, iniciativa propia; deberá ser innovador y emprendedor (Lacayo, 2004).

### **Retos y oportunidades en algunas áreas de ingeniería**

La profesión de la Ingeniería Industrial se estableció para satisfacer las necesidades de la industria, desarrollando y diseñando sistemas y métodos para hacer eficientes y eficaces las operaciones de producción. Mientras esto último se extendía también hacia áreas de servicio, el enfoque hacia el desarrollo y mejora de sistemas para alcanzar la máxima eficiencia continúa siendo el impulsor de esta profesión; como practicantes y profesionales de algunos campos relacionados, como la Ingeniería Mecánica, Psicología, Negocios, Matemáticas y Física, en éstas y otras áreas la presencia de los ingenieros industriales es idónea, ya que son más interdisciplinarios. No es una sorpresa que sus actividades sean tan diversas y que el apoyo de investigación de la ingeniería industrial provenga de distintas áreas. Claro está que esto ha afectado el desenvolvimiento de los programas de formación y de investigación. Es un verdadero reto organizar y promover una agenda para la investigación de la Ingeniería Industrial que incluya todos los campos relacionados con ella y que conozca las necesidades y esperanzas de la sociedad.

La tabla 2.1 presenta algunas oportunidades y retos para los ingenieros industriales. En esta tabla, convergen cinco núcleos de conocimiento tradicionales con diez áreas emergentes que se espera cobren aún más relevancia en el siglo XXI.



**Tabla 2.1** Algunas oportunidades propuestas y retos para los ingenieros industriales

Núcleos de conocimiento tradicionales de la ingeniería industrial					
Áreas emergentes y su relación con los núcleos de conocimiento tradicionales	Eficiencia y medición de productividad y mejoramiento	Calidad y medición de valor y mejoramiento	Factores humanos relacionados	Sistemas y metodologías de integración	Investigación de operaciones y aplicaciones estadísticas
1. Fuerza de trabajo del siglo XXI	Diseñar un sistema de trabajo que facilite la fuerza trabajadora para ser más eficaz y eficiente y con ayuda para arreglar necesidades y habilidades físicas.		Diseño de ambientes laborales seguros para apoyar a una fuerza de trabajo.	¿Cómo podemos apoyar y entrenar ambientes de más grupos de trabajo diversos en la riqueza de la información y la producción, servicio y militar?	
2. Manufactura del siglo XXI	La globalización ofrece nuevas oportunidades y flexibilidad para el diseño de sistemas de manufactura, diseño de sistemas. Las mediciones multicriterio basadas en riesgos son necesarias para las decisiones estratégicas y para las contribuciones de evaluación de entidades individuales para el sistema entero.		La salud del trabajador, los estándares de seguridad y los procesos para distintas poblaciones son necesarios, así como las transiciones de manufactura hacia redes internacionales. Aumenta la sofisticación en productos. Las tecnologías resaltan la importancia de equipos de trabajo cooperativos.	Ubicación de decisiones e intercambios entre hardware y software. El software será exigente al minimizar costos mientras se maximiza los recursos. Inteligencia distribuida será necesaria para productos y sistemas. Los complejos sistemas requerirán de mejores métodos para la integración desde diversos panoramas de producción. Los estándares son necesarios para la descripción formal de habilidades para aumentar el comercio electrónico.	Integración a pequeña escala; nivel de desempeño operacional con logística, estrategias a largo plazo y evaluación de mercado. Deberán ser modeladas las decisiones con horizontes de tiempo finitos; técnicas de recolección de información y dispositivos deben definirse y desarrollarse para mejorar sensibilidad, seguridad y rentabilidad.
3. Diseño y manufactura de productos biomédicos	Los ingenieros industriales contribuirán en todas las facetas de la manufactura rápida, incluyendo metodologías de CAD/CAM, prototipos rápidos y con ingenierías coexistentes en productos biomédicos.		La ingeniería social de equipos biomédicos de manufactura serán muy importantes (véase siguiente columna).	Los ingenieros industriales harán grandes contribuciones en el uso de ingenierías coexistentes que utilizan físicos e ingenieros para diseñar ayuda biomédica y otros productos.	
4. Sistemas biomédicos	Análisis de flujo de trabajo y mapeo de manufactura biomédica y sistemas de servicios.	Desarrollo en las especificaciones de sistemas de control de calidad para nuevos procesos en manufactura biomédica/biotecnología. Desarrollo o establecimiento de estándares globales para manufactura biomédica.	¿Cómo podemos calcular los riesgos de nuevas drogas y nuevos equipos sobre la salud de los pacientes? ¿Cuáles riesgos tendrán los nuevos procesos de manufactura para los trabajadores y cómo podemos eliminarlos o minimizarlos? ¿Qué clase de protección será requerida al trabajar con materiales biomédicos peligrosos? ¿Cómo será afectado el entrenamiento personal por los nuevos requerimientos de sistemas de manufactura biomédica?	Impacto de nuevas tecnologías y ciencia sobre la producción y sistemas de manufactura en cadenas de abastecimiento de manufacturas biomédicas. Comprendiendo la intersección de sistemas biomédicos, biotecnología y su impacto en la producción y en sistemas empresariales.	Aplicación de métodos de optimización para mejorar las operaciones de sistemas de manufactura para productos y equipos biomédicos.

5. Infraestructura civil		Métodos avanzados del monitoreo, fusión e interpretación de información sensorial para la detección de fallas en sistemas de repartición de agua. Degradación de puentes y estructuras.		Se modelarán escenarios complejos y habilidades para integrar información desde distintas fuentes, mapas de infraestructura, reportes del clima, etc., planeando respuestas de urgencia; desarrollando técnicas de distribución de información para advertencias avanzadas y apoyos de decisión.	Integración de optimización y de la teoría de decisión multiobjetiva para resolver problemas de infraestructura; por ejemplo, localización de terminales de aeropuertos, construcción de arterias de transportación. Metodologías para asesorías de riesgos que combinen métodos estadísticos y el juicio humano para determinar la probabilidad de riesgos en infraestructuras.
6. Automatización de la construcción	Adaptar métodos de ingeniería industrial para que la aplicación en construcción, en la cual, a diferencia de muchas fábricas, el producto es estacionario y el diseño de planta está cambiando constantemente. La automatización de ciertas actividades de construcción incrementarán significativamente la eficiencia y la productividad de los procesos de construcción.	Modelos de Ingeniería Industrial serán desarrollados para evaluar y planear una coordinación propia entre proyectos de disponibilidad de suministros/personal. Desarrollo de herramientas estadísticas para usarse en el área de construcción; esto será hecho por supervisores y trabajadores con mínima educación.	A diferencia de las fábricas, el espacio laboral de construcción cambia constantemente en su geometría, tamaño, localización de materiales, localización de trabajo, creando oportunidades de difícil investigación para incrementar eficiencia y minimizar accidentes.	Integración de ingenierías de valor, pensamientos débiles y calidad <i>six sigma</i> para negociar los distintos sets de valores de los diseñadores, dueños, contratistas y clientes en un proyecto de construcción.	Se modelarán las logísticas de construcción, más métodos robustos para analizar la contribución de tiempos complejos para proyectos de construcción a gran escala.
7. Empresas de ingeniería	Técnicas para una mayor aplicación de sensores, procesamiento de información, impulsores y controladores con una comunicación empresarial inalámbrica.	Calidad de despliegue y estándares para organizaciones altamente distribuidas, incluyendo diversas culturas y antecedentes.	Empresas virtuales deberán comprender asuntos sociales y psicológicos. Empresas distribuidas tendrán mejores métodos para la innovación y creatividad.	Manejo de contradicciones, robusta colaboración y nuevas técnicas para las decisiones paralelas y de planeación distribuidas en empresas con bases en redes.	Se modelarán protocolos y algoritmos distribuidos para un manejo eficiente de proyectos, servicios y producción.
8. Seguridad nacional	Evaluación y mejoramiento de embarques de abastecimientos para urgencias.	Despliegue de sistemas sensoriales para asegurar servicios de urgencia.	Simulación y análisis de sistemas de respuesta de urgencia y función de un inspector	Desarrollar la confianza y supervivencia de la red de computadoras y comunicaciones.	Modelos para clasificación, análisis y evaluación; por ejemplo, la introducción de sistemas de detección.

Áreas emergentes y su relación con los núcleos de conocimiento tradicionales	Eficiencia y medición de productividad y mejoramiento	Calidad y medición de valor y mejoramiento	Factores humanos relacionados	Sistemas y metodologías de integración	Investigación de operaciones y aplicaciones estadísticas
9. Micro y nanomanufactura	Ingenieros industriales desarrollarán nuevos procesos y métodos justificando métodos competitivos, con el fin de que esta investigación progrese. También contribuirán en el diseño de metodologías de manufactura que serán necesarias.	Nuevos métodos para inspeccionar y medir la calidad de productos serán necesarios y desarrollados por la comunidad investigadora de ingenieros industriales. Adicionalmente, desarrollarán nuevas formas para especificar nanoproductos para la adaptación de calidad.		Ingenieros industriales contribuirán al análisis de diseño y control de sistemas de micro y nanomanufactura.	Algunas de las metodologías necesitarán más metodologías de investigación de operación.
10. Telecomunicación e Inter Networking	Revisión de métodos de ingenieros industriales, valor de los ingenieros y mejoramiento de teorías para sistemas de trabajo.	Calidad multiempresarial, aseguramiento de servicio y desplazamiento. Nuevos niveles de certificación de abastecimiento, pruebas remotas y estándares de calidad de productos que se basan en el compartimiento de información rápida y transmisión.	Interacción entre humanos y computadoras. Impactos y oportunidades para el aprendizaje a larga distancia, para nuevas y remotas poblaciones		Optimización, simulación y modelación distribuidas se habilitan por las telecomunicaciones

### Retos y oportunidades en el desarrollo de tecnologías

En todo el mundo, las personas sienten la profunda transformación por la que estamos pasando, lo cual brinda una conveniente y útil fuente de información que guía a la comprensión y ayuda a tomar decisiones. El hecho de poder imaginar las tecnologías que se presentarán en el futuro crea ciertas expectativas sobre cómo será la vida que les espera a nuestros hijos nietos, o los avances que podremos llegar a conocer y que serán de gran utilidad. A continuación se presenta una investigación coordinada por la Universidad George Washington y realizada por expertos de todo el mundo. Esta investigación es el resultado de encuestas, textos, entrevistas y observaciones orientadas a una prospectiva de las diez tecnologías emergentes más importantes para los próximos treinta años. Los resultados se resumen en la tabla 2.2 y se subdividen para cada uno de los seis lustros entre los años 2000 y 2030.



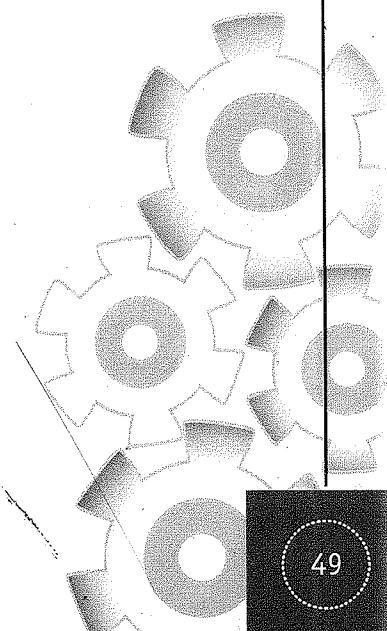
**Tabla 2.2** Perspectivas tecnológicas para las próximas décadas

	2005	2010	2015	2020	2025	Más allá 2030
<b>Energía</b>	(2009) Celdas de combustible son usadas comúnmente.		(2016) Fuentes de energía alternativas son ampliamente usadas. (2018) La eficiencia de energía mejora en 50 %.	(2021) Dispositivos eléctricos son mejorados por superconductores.		El poder de la fusión nuclear es usada comercialmente para la producción de electricidad.
<b>Medio ambiente</b>		(2010) Impuestos ambientales son incentivos comunes para la manufactura de "Economía amigable". (2012) Reciclaje: la mayoría de los bienes son manufacturados con materiales reciclados.	(2015) Empresas ambientales se convierten en norma. (2019) El agua marina desalinizada es económicamente viable.	(2020) Los gases invernadero se reducen en 50 % en relación con los niveles actuales.	(2029) La ecología industrial es usada en la mayoría de las instalaciones de manufactura.	El diseño de ecosistemas es usado para reciclar contaminantes.
<b>Campo/comida</b>	(2008) Especies diseñadas de plantas y animales son producidas por la ingeniería genética.	(2011) Los alimentos terapéuticos pueden aliviar enfermedades. (2013) El cultivo orgánico es incorporado al cultivo tradicional en la mayoría de los países desarrollados.	(2016) El cultivo de precisión es común.	(2020) La cultura acuática provee la mayor parte del consumo de mariscos.		Alimentos artificiales: carne sintética, vegetales, etc., son consumidos comúnmente.
<b>Tecnologías de información en hardware</b>	(2009) Instrumentos de información combinan todos los medios.	(2012) Se desarrollan computadoras ópticas. (2014) El papel electrónico se usa comúnmente.	(2015) Procesos paralelos en supercomputadoras son comunes. (2018) Redes inteligentes conectan dispositivos. (2019) Monitores de pared reemplazan los tubos de rayos catódicos.	(2021) Biochips que almacenan datos en lazos moleculares están disponibles comercialmente.		
<b>Tecnologías de información en software</b>	(2006) Redes neuronales representan 30 % de la computación. (2007) Asistentes virtuales ayudan a trabajar a la gente. (2009) Amplia comunicación entre humano y PC.	(2012) Sistemas de expertos son usados rutinariamente en la administración, medicina, ingeniería, etc. (2014) Computadoras inteligentes, sistemas que aprenden están a la disposición común.	(2018) La traducción de lenguas en tiempo real es realizada diariamente por computadoras.			

	2005	2010	2015	2020	2025	Más allá 2030
<b>Tecnologías de información en servicios</b>	(2007) Publicación en línea: la mayoría de los libros son sólo publicados en línea. (2008) Televid: Monitores de pared interactivos se usan para trabajar, comprar, aprender, etcétera.	(2010) Teletrabajo: 80 % de los trabajadores realizan alguna tarea a larga distancia. (2012) La educación de larga distancia es usada comúnmente en escuelas y universidades.	(2015) La realidad virtual es común. (2019) Las comunicaciones globales conectan a la mayoría de las personas.			
<b>Manufactura</b>	(2007) Tradiciones de productos en masa son comunes.	(2010) Las fábricas automatizadas son comunes. (2011) Autos reciclados: La mitad de todos los autos son hechos con materiales reciclados. (2013) Compuestos de metal reemplazan la mayoría de los metales tradicionales.	(2015) Robots inteligentes se usan en las fábricas. (2019) Micromáquinas encuentran un uso muy difundido.	(2020) Materiales inteligentes se usan en los hogares, oficinas, vehículos. (2022) Motores de cerámica son producidos en masa para vehículos comerciales.		La nanotecnología es desarrollada en aplicaciones comerciales.
<b>Medicina</b>	(2009) Cuidado de la salud computarizado mejora la preservación de documentos y diagnósticos.	(2012) Los bebés "diseñados" son factibles a través de ingeniería genética.		(2020) Órganos clonados son usados ampliamente para reemplazar partes del cuerpo. (2021) Órganos artificiales y tejidos producidos sintéticamente son usados. (2022) Diferencias genéticas guían tratamientos.	(2025) La terapia genética cura la mayoría de las enfermedades.	El promedio de vida del hombre alcanza los 100 años.
<b>Espacio</b>			(2015) Bases lunares son establecidas permanentemente.	(2022) En las misiones a Marte, el hombre camina exitosamente sobre su superficie.		Se hace contacto con inteligencia en algún lugar del universo. El viajar por las estrellas se vuelve factible.
<b>Transportación</b>	(2007) Automóviles híbridos que combinan motores eléctricos y de combustión se vuelven comunes.	(2010) Automóviles con celdas de combustible entran al mercado. (2012) Los trenes Maglev conectan la mayoría de las ciudades.	(2015) Autopistas inteligentes se usan para disminuir la congestión. (2017) Autopistas automatizadas controlan la velocidad, dirección, etc.	(2023) Aviones hipersónicos se usan en la mayoría de los vuelos transoceánicos.		

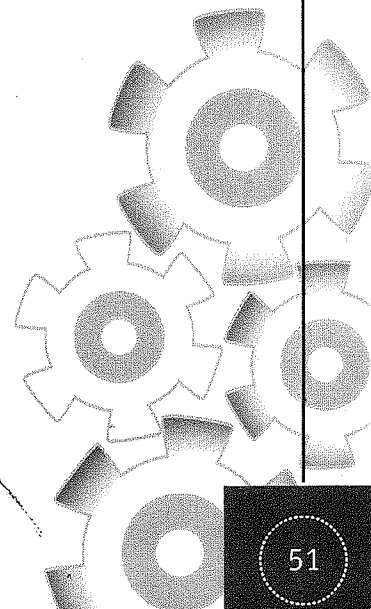
## Referencias

- Adam, E. E. y R. J. Ebert (1991). *Administración de la producción y las operaciones*, 4a. ed., Prentice Hall, México.
- Amsden, A. H. (1989). *Asia's Next Giant: South Korea and Late Industrialization*, Oxford University Press, Nueva York.
- Andrews, D., Presidente Federal, Instituto de Ingenieros Industriales de Australia, comunicación personal, noviembre, 2004.
- Brandenburger, A. M. y B. J. Nalebuff (1996). *Competition*, Doubleday.
- Byrne, D. M. y S. Taguchi (1987). "The Taguchi approach to parameter design", *Quality Progress*, dic., pp. 19-26.
- Carvalho, E. Profesor, Sección Ingeniería Industrial, UPC, comunicación personal, noviembre, 2004.
- Case, K. et al. (1993). *Introduction to Industrial and Systems Engineering*, 3a. ed., Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Castro, A. Director, Escuela de Ingeniería, UP, comunicación personal, noviembre, 2004.
- Chandler, A. D. Jr. (1977). *The Visible Hand: The Managerial Revolution in American Business*, Harvard University Press, Cambridge.
- Chandler, A. D. Jr. (1984). *The emergence of managerial capitalism*. *Business History Review*, 58, 473-503, Harvard Business School Press, Boston.
- Chandler, A. D. Jr. (1986). "The evolution of the modern global corporation", en *Competition in Global Industries*, M. E. Porter, Harvard Business School Press, Boston.
- Chung, K. L. (1974). *A Course in Probability Theory*, 2a. ed., Academic Press, San Diego.
- Crosby, P. B. (1979). *Quality is Free*, McGraw-Hill, Nueva York.
- Damelio, R. (1977). *Los Fundamentos del Benchmarking*, Panorama Editorial, México.
- Dixit, A. (1980). "The role of investment in entry deterrence", *Economic Journal*, 90, 95-106, Londres, Reino Unido.
- Dodge, H. F. y H. G. Romig (1959). *Sampling Inspection Tables-Single and Double Sampling*, 2a. ed., John Wiley, Nueva York.
- Dunning, J. H. (1993). *Multinational Enterprises and the Global Economy*, Addison Wesley, Reading, Reino Unido.
- Espasadin, J. profesor y director, Sección Ingeniería Industrial, UDELAR, comunicación personal, noviembre, 2004.
- Evans, J. R. (1993). *Applied Production and Operations Management*, 4a. ed., Minneapolis, West Publishing
- Feigenbaum, A. V. (1983). *Total Quality Control*, McGraw-Hill, Nueva York.



- Filippova, A. A. (1962). "Mises' theorem on the asymptotic behavior of functions of empirical distribution functions and its statistical applications", en *Theory of Probability and its Applications* 7, 24-57, Society for Industrial and Applied Mathematics, Filadelfia, PA.
- Flaherty, M. T. (1996). *Global Operations Management*, McGraw-Hill, Nueva York.
- Garvin, D. A. (1984). "What does 'product quality' really mean?", en *Sloan Management Review*, Otoño, pp. 25-43.
- Ghemawat, P. (1991). *Commitment: The Dynamics of Strategy*, Free Press, Nueva York.
- Gilbert, R. J. y D. M. G. Newberry (1982). "Preemptive patenting and the persistence of monopoly", en *American Economic Review*, 72, 514-526.
- Gill, P. E., W. Murray y M. H. Wright (1981). *Practical Optimization*, 4a. ed., Academic Press, Nueva York.
- Goetsch, D. L. (1991). *Modern Manufacturing Processes*, Delmar Publishers, Nueva York.
- González, D., Coordinador de especialidad, Ingeniería Industrial, comunicación personal, noviembre, 2004.
- Hayes, R. H. y G. Pisano (1994). "Beyond world class: the new manufacturing strategy", *Harvard Business Review*, 1, 77-86.
- Hayes, R. H. (2002). "Challenges Posed to Operations Management by the 'New Economy'", en *Production and Operations Management*, 11, 21-32.
- Hill, T. (1993). *Manufacturing Strategy Text and Cases*, Irwin, Boston.
- Hogg, R. V. y A. T. Craig (1987). *Introduction to Mathematical Statistics*, 4a. ed., Macmillan Publishing, Nueva York.
- Hopp, W. J. y M. L. Spearman (1996). *Factory Physics*, Boston, Irwin.
- Iglehart, D. L. (1978). "The regenerative method for simulation analysis", en *Current Trends in Programming Methodology*, vol III, Software Engineering, 52-71, K. M. Chandy y R. T. Yeh (eds.), Nueva York, Prentice Hall.
- IIE Council (2002). "The Future of Industrial Engineering Research", IIE [www.iienet.org](http://www.iienet.org).
- IIE Web staff (2004). "Engineering education must grow and adapt", [www.iienet.org](http://www.iienet.org).
- Ishikawa, K. (1972). *Guide to Quality Control*, Asian Productivity Organization, Tokio.
- Juran, J. M. y F. M. Gryna (1970). *Quality Planning and Analysis*, McGraw-Hill, Nueva York.
- Juran, J. M., Ed. (1974). *Quality Control Handbook*, 3a. ed., McGraw-Hill, Nueva York.
- Kackar, R. N. (1989). "Taguchi's quality philosophy: analysis and commentary", en *Quality Control, Robust Design and the Taguchi Method*. Dehnad K. y AT&T Bell Laboratories (eds.), California, Wadsworth & Brooks/Cole Advanced Books & Software.
- Krajewski, L. J. y L. Pritzman (1993). *Operations Management: Strategy and Analysis*, Addison Wesley, Nueva York.
- Kreps, D. M. y M. Wilson (1982). "Reputation and imperfect information", en *Journal of Economic Theory*, 27, 253-279.

- Lacayo, O., Director, Departamento de Ingeniería Industrial y de Sistemas, ITESM, comunicación personal, noviembre, 2004.
- Machuca, J. (1995). *Dirección de Operaciones: Aspectos Tácticos y Operativos*, McGraw-Hill.
- Massaki, I. (1986). *Kaizen-The Key to Japan's Competitive Success*, Nueva York, McGraw-Hill.
- McMillan, J. (1990). "Managing suppliers: incentive systems in Japanese and U.S. industry", en *California Management Review*, 38-55, Verano.
- Mejía, M., Director, División Académica de Ingenierías, Instituto Tecnológico Autónomo de México, comunicación personal, noviembre, 2004.
- Milgrom, P. y J. Roberts. (1982). "Limit pricing and entry under incomplete information: an equilibrium analysis" en *Econometrica*, 50, 443-459.
- Mitra, A. (1998). *Fundamentals of Quality Control and Improvement*, 2a. ed., Prentice Hall, Nueva Jersey.
- Montgomery, D. C. (1991). *Diseño y análisis de experimentos*, Grupo Editorial Iberoamericana, México.
- Muñoz, D. F. (1992). "Tendencias actuales en los sistemas de producción", en *Programa de Desarrollo Empresarial*, fascículo 2 del módulo VME, Casar ed., México, Nacional Financiera.
- Muñoz, D. F. y P. W. Glynn. (1997). "A batch means methodology for estimation of a nonlinear function of a steady-state mean", en *Management Science*, 43:8, 1121-1135.
- Niebel, B. W. (1987). "Design-to-manufacture", en *Production Handbook*, 4a. ed., J. A. White, ed., John Wiley, Nueva York.
- Ohmae, K. (1985). *Triad Power*, The Free Press, Nueva York.
- Porter, M. E. (1985). *Competitive Advantage*, The Free Press, Nueva York.
- Quintanilla, F., Vicepresidente, Instituto de Ingenieros Industriales, México, comunicación personal, noviembre, 2004.
- Resnick, M., Representante, Instituto de Ingenieros Industriales, comunicación personal, noviembre, 2004.
- Rocca, E., Profesor y Coordinador, Sección Ingeniería Industrial, PUCP, comunicación personal, noviembre, 2004.
- Russell, R. y B. W. Taylor III (1995). *Production and Operations Management Focusing on Quality and Competitiveness*, Prentice Hall, Nueva Jersey.
- Sack, R., Director, Sección Ingeniería Industrial, UTN, comunicación personal, noviembre, 2004.
- Santandreu, M. J. (1991). *Gestión de la Calidad*, ESADE Press, Barcelona.
- Schmalensee, R. (1983). "Advertising and entry deterrence: an exploratory model", en *Journal of political economy*, 91:4, 636-653.
- Searle, S. R. (1971). *Linear Models*, John Wiley, Nueva York.
- Shapiro, C. (1989). "The theory of business strategy", *RAND Journal of Economics*, 20:1, 125-137.



- Shewhart, W. A. (1931). *Economic Control of Quality of Manufactured Product*, D. V. Nostrand Eds., Nueva York.
- Shingo, S. (1989). *A Study of the Toyota Production System from an Industrial Engineering Viewpoint*, Productivity Press, Cambridge.
- Skinner, W. (1974). "The focused factory", en *Harvard Business Review*, 3, 113-121.
- Spendolini, M. J. (1992). *The Benchmarking Book*, American Management Association, Nueva York.
- Taguchi, G. y D. Clausing (1990). "Robust quality" en *Harvard Business Review*, 1, 61-75.
- Taylor, F. W. (1911). *The Principles of Scientific Management*, Harper & Row, Nueva York.
- Teece, D. J., G. Pisano y A. Shuen (1997). "Dynamic capabilities and strategic management", en *Strategic Management Journal*, 18:7, 509-533.
- The George Washington University (2000). "The GW Forecast", [GWForecast.gwu.edu](http://GWForecast.gwu.edu)
- UNCTAD (1993). *The World Investment Report 1993: Transnational Corporations and Integrated International Production*, Publicación de la Organización de las Naciones Unidas, Programa de la UNCTAD sobre Corporaciones Transnacionales.
- Verter, D. y M. C. Dincer (1992). "An integrated evaluation of facility location, capacity expansion and technology selection for designing global manufacturing strategies", en *European Journal of Operational Research*, 60, 1-18.
- Weiss, R. (2000). "The Future of Production Incentives", en *Theory of Probability and its Applications*, Filadelfia, PA.
- Wheelwright S. C. y R. H. Hayes (1985). "Competing through manufacturing", en *Harvard Business Review*, 1, 99-109.
- World Bank (1995). *World Tables*, The John Hopkins University Press, Baltimore.

## Ejercicios

Esta sección incluye algunas problemas propuestos para el capítulo. Se invita al lector a consultar la página web del libro en donde se incluyen más preguntas, respuestas y algunas de las preguntas y material complementario.

1. Investigue qué es el método científico y las partes que lo comprenden.
2. Investigue instituciones y organizaciones en las que el ingeniero industrial puede desempeñar sus funciones. Fundamente su respuesta.
3. Si se instala una empresa de alimentos en la Ciudad de Los Mochis, Sinaloa, ¿qué actividades tendría que realizar un ingeniero industrial a cargo, para ponerla en marcha y asegurar su buen funcionamiento?