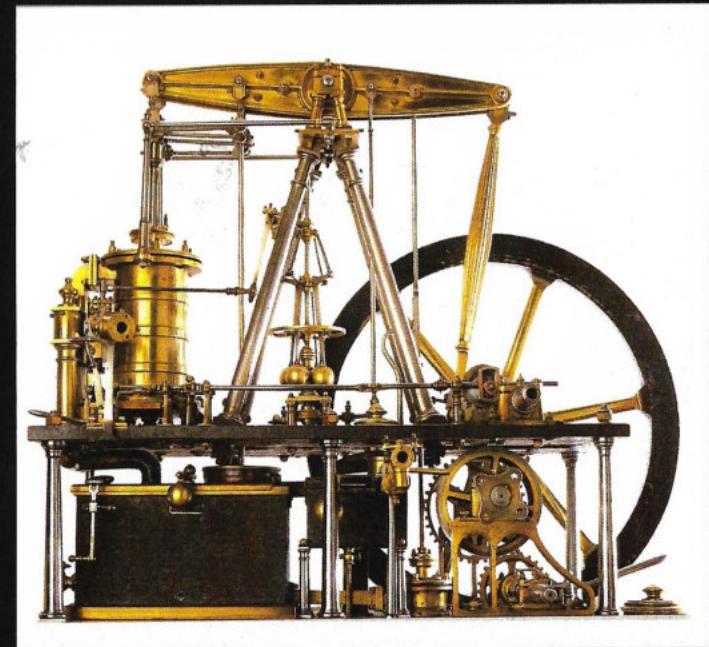


# Introducción a la Ingeniería

## La tecnología, el ingeniero y la cultura



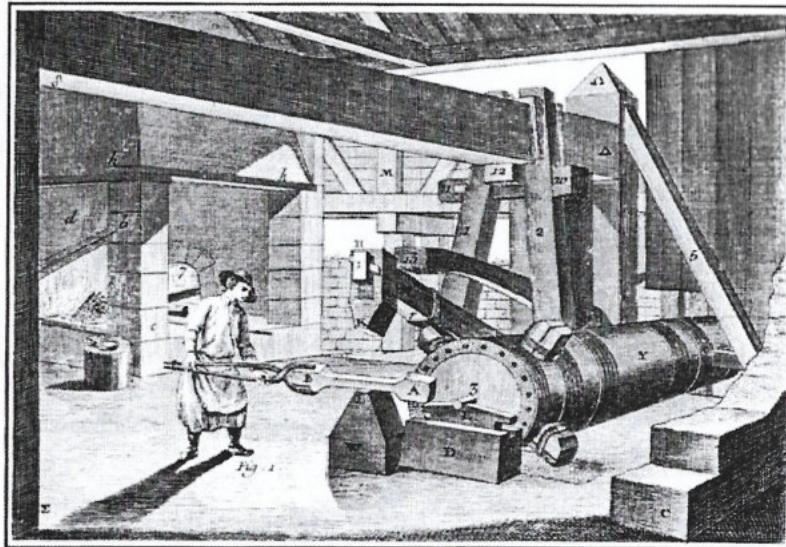
 Editorial Brujas

**Aquiles Gay**

## Aquiles Gay

- Ingeniero Mecánico Electricista (Universidad Nac. de Córdoba).
- Doctor Honoris Causa (Universidad Nacional de Córdoba)
- Diplomado en Ciencias de la Educación (Univ. de Ginebra, Suiza).
- Ciudadano Ilustre de la ciudad de Córdoba - Rep. Argentina
- Ex Docente titular: de la Universidad Nacional de Córdoba, de la Universidad Tecnológica Nacional (Facultad Regional Córdoba) y de la Escuela de Ingeniería de la Fuerza Aérea Argentina.
- Ex Decano de Facultad Regional Córdoba de la Universidad Tecnológica Nacional
- Ex Funcionario de la UNESCO en Ginebra (Suiza)
- Ex Ingeniero de la Compañía Telefónica Ericsson en Estocolmo (Suecia)

**LA TECNOLOGIA, EL INGENIERO Y LA CULTURA**



**Gran martinete accionado por fuerza hidráulica**

En el dibujo, tomado de la *Encyclopédie* de Diderot, vemos un dispositivo (eje) que transmite el movimiento de una rueda hidráulica (que no se ve en la figura) a las levas que accionan un martinet. Puede observarse claramente que el dispositivo (eje) es el tronco de un árbol (en su época hubiera sido muy difícil otra solución); de allí el nombre con el que conocemos a dispositivos de estas características:

**"árbol de levas"**

Con el mismo criterio hablamos de:

**"árbol de transmisión".**

# LA TECNOLOGIA EL INGENIERO Y LA CULTURA

**Aquiles Gay**

*Título:* Introducción a la Ingeniería - La tecnología, el ingeniero y la cultura  
*Autor:* Aquiles Gay

Todos los derechos de esta obra son propiedad de Aquiles Gay

Aquiles Gay  
Introducción a la ingeniería : la tecnología, el ingeniero y la cultura .. -  
1a ed. - Córdoba : Brujas.  
246 p. ; 23x15 cm.

ISBN 978-987-591-304-2

1. Ingeniería.  
CDD 620.01

© de todas las ediciones Aquiles Gay

© Editorial Brujas

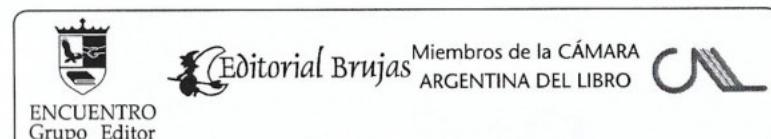
Edición 2016

Impreso en Argentina

ISBN: 978-987-591-304-2

Queda hecho el depósito que marca la ley 11.723.

Ninguna parte de esta publicación, incluido el diseño de tapa, puede ser reproducida, almacenada o transmitida por ningún medio, ya sea electrónico, químico, mecánico, óptico, de grabación o por fotocopia sin autorización de Aquiles Gay.



[www.editorialbrujas.com.ar](http://www.editorialbrujas.com.ar) [publicaciones@editorialbrujas.com.ar](mailto:publicaciones@editorialbrujas.com.ar)

Tel/fax: (0351) 4606044 / 4691616- Pasaje España 1485 Córdoba - Argentina.

## Índice

<b>Capítulo I El ser humano frente al mundo: la técnica, a ciencia y la tecnología .....</b>	p. 11
El campo de la ciencia y el de la tecnología ....	p. 13
Técnica .....	p. 15
Ciencia .....	p. 17
Tecnología .....	p. 20
Tecnologías duras y tecnologías blandas ....	p. 33
Definiciones de tecnología .....	p. 34
Diferencias entre técnica y tecnología .....	p. 37
Diferencias entre ciencia y tecnología .....	p. 38
Descubrimiento, invención e innovación ..	p. 48
Intervalo de tiempo entre invención e innovación ....	p. 51
La relación bidireccional tecnología-sociedad ..	p. 52

<b>Capítulo II La tecnología, la sociedad y el ingeniero ..</b>	p. 55
Un poco de historia .....	p. 59
El ingeniero en el mundo de hoy .....	p. 63
Campo de actividades del ingeniero .....	p. 67

<b>Capítulo III Técnica, tecnología y civilización .....</b>	p. 73
La revolución técnica del medievo .....	p. 88
La revolución industrial .....	p. 92
La segunda revolución industrial .....	p. 99
La revolución científico-tecnológica .....	p. 106
De la Sociedad industrial al mundo de hoy .....	p. 109

<b>Capítulo IV La tecnología y la cultura .....</b>	p. 117
Cultura Tecnológica .....	p. 123

<b>Capítulo V La tecnología, la industria y el medio ambiente ..</b>	p. 127
El riesgo en el mundo de hoy .....	p. 128
La relación ser humano-naturaleza .....	p. 129
El costo social del desarrollo tecnológico ..	p. 132

**Capítulo VI** La tecnología, la estructura productiva y la economía  
p. 137

- La producción de tecnología ..... p. 144  
La dependencia tecnológica ..... p. 149  
Valor de uso, valor de cambio y valor de signo ..... p. 152

**Capítulo VII** Los sistemas y el enfoque sistémico ..... p. 155

- El concepto de sistema ..... p. 156  
Sistemas abiertos y sistemas cerrados ..... p. 160  
Características de los sistemas ..... p. 160  
Los sistemas y la complejidad ..... p. 164  
El enfoque analítico ..... p. 164  
El enfoque sistémico ..... p. 166  
Comentario sobre los dos enfoques ..... p. 167  
El enfoque sistémico como instrumento de estudio ..... p. 168

**Capítulo VIII** La tecnología y la resolución de problemas ....p. 173

- El proyecto tecnológico - El análisis de productos ..... p. 175  
La resolución de problemas ..... p. 177

**Capítulo IX** El proyecto tecnológico ..... p. 183

- Las etapas de un proyecto tecnológico .... p. 186  
Las fases de un proyecto tecnológico ..... p. 189

**Capítulo X** El análisis de producto ..... p. 193

- La lectura del objeto ..... p. 194  
Etapas de la lectura del objeto ..... p. 198  
Ejemplos ..... p. 205

**Capítulo XI** Los modelos en tecnología ..... p. 217

- Modelos que se utilizan en tecnología ..... p. 220  
Modelos esquemáticos ..... p. 226  
Modelos gráficos ..... p. 227

# Prólogo

Este ensayo sobre la tecnología, el ingeniero y la cultura ha sido escrito, en principio, como tema de reflexión para quienes han decidido orientar su formación hacia la ingeniería.

Las grandes transformaciones que se han producido en los dos últimos siglos, consecuencia de los desarrollos tecnológicos, han cambiado tan radicalmente el medio, tanto material como espiritual, en el que el hombre desarrolla su existencia, que podemos decir que el mundo de hoy ha sido modelado por la tecnología.

La toma de conciencia de la importancia de la tecnología como factor de cambio social es fundamental en la etapa de formación de los que pueden llegar a ser partícipes activos de estos procesos de cambio.

Los temas aquí planteados, vinculados al quehacer tecnológico, son polémicos y merecen una atención especial por parte de los integrantes de la comunidad y sobre todo de los ingenieros, que deben tomar posiciones claras y definidas en su accionar profesional. Para esto, deben llegar a una correcta conceptualización de su papel y de su ubicación en el contexto social, para poder actuar con un sentido prospectivo; hay que tener en cuenta que el resultado de esta actividad profesional causa un gran impacto en lo social y en lo cultural; la dinámica del mundo contemporáneo sobrepasa todo pronóstico y el ritmo de la obsolescencia es cada vez mayor, por lo tanto las respuestas a los requerimientos deben ser lo más rápidas y eficaces, empleando el mínimo de recursos.

No se admite la praxis de la ingeniería, como tampoco de los otros campos de la tecnología, de manera intuitiva, ingenua, ignorando el carácter estructural de todos los fenómenos, y si bien es una utopía pretender abarcar todas las relaciones que puedan surgir en el accionar tecnológico, el profesional debe avanzar en la conquista del manejo de un número cada vez mayor de variables; en este estudio se brinda un panorama de algunas de las más importantes, muchas veces sobreentendidas pero en general no explicitadas en la formación académica tradicional.

Como conclusión quiero agradecer la colaboración del Ing. Miguel Angel Ferreras y de la Ing. Gabriela Durán con quienes mantuve provechosos intercambios de ideas sobre los temas aquí tratados y cuyos comentarios y sugerencias fueron de un valor inapreciable, agradezco también las interesantes sugerencias del Arq. Roberto Bulla.

Aquiles Gay

## CAPÍTULO I

# El ser humano frente al mundo: la técnica, la ciencia y la tecnología

*Si el mundo griego estuvo marcado por la filosofía, el romano por la jurisprudencia, el medieval por la religión, el renacentista por el arte, el moderno por la ciencia, el mundo contemporáneo lleva sin lugar a dudas la impronta de la tecnología.*

*A. Gay*

En el medio material (o físico) en el que transcurre la existencia humana se pueden señalar claramente dos sistemas superpuestos e interrelacionados:

- Uno que abarca lo **NATURAL**<sup>1</sup>, lo que no es obra humana: es decir lo **DADO**
- El otro que abarca lo **ARTIFICIAL**<sup>2</sup>, lo que es obra humana: es decir lo **CONSTRUIDO**

Ante esta realidad se puede hablar de dos mundos, cada uno con características propias:

- Un **MUNDO NATURAL** (el **MUNDO DADO**)
- Un **MUNDO ARTIFICIAL** (el **MUNDO CONSTRUIDO**)

Veamos la génesis de este mundo artificial; para esto partimos del mundo natural, frente al cual el ser humano siente el deseo o la necesidad de:

- **conocerlo** para estar más tranquilo y no flotando a la deriva (indagación), y de
- **actuar** sobre el mismo buscando adaptarlo a sus requerimientos para hacer la vida más confortable y segura (acción).

La materialización de ese actuar lleva a lo que hemos llamado **mundo artificial**.

---

<sup>1</sup> Natural pues es obra de la **naturaleza**.

<sup>2</sup> Calificamos de artificial todo lo que hace el ser humano en el campo de lo material.

Es decir que para el ser humano **el mundo natural es objeto de indagación y de acción**.

Con la **indagación** se busca **conocerlo**, es decir conocer la naturaleza y los fenómenos a ella asociados.

Con la **acción** se busca **actuar** sobre el mismo a fin de **modificarlo** buscando satisfacer requerimientos humanas, o de **controlarlo**.

- La indagación abre un campo, **el campo de la ciencia**.
- La acción otro campo, **el campo de la técnica y la tecnología**.

En función de esto podemos decir que:

- **La ciencia** está asociada al **conocer**.
- **La técnica y la tecnología** al **actuar**, en otras palabras al **hacer**.

En consecuencia:

- **La ciencia** (vinculada a la indagación) se ocupa en gran medida del mundo natural.
- **La técnica y la tecnología** (vinculada a la acción) se ocupa del mundo artificial, del mundo que surge del accionar técnico-tecnológico.

Aquí mencionamos asociados los términos **técnica** y **tecnología**, pues la tecnología deriva de la técnica (como veremos más adelante) y ambos están relacionados a la voluntad de actuar frente al mundo buscando dar respuestas a necesidades o deseos<sup>3</sup>, pero cada uno tiene sus características. A lo largo del texto se irán marcando las diferencias<sup>4</sup>, pero anticipándonos podemos decir que el primero (la técnica) está más vinculado a lo artesanal que a lo industrial, mientras que el segundo (la tecnología) concretamente a lo industrial. También podemos decir que generalmente el primero está más asociado a procedimientos y el segundo a procesos.

Los términos ciencia, técnica y tecnología abarcan tanto la **actividad** como el **producto resultante** de esa actividad.

<sup>3</sup> En página 178 se aclaran los conceptos de necesidades y de deseos.

<sup>4</sup> Ver página 37.

## EL MUNDO NATURAL, EL ARTIFICIAL Y LA VIDA COTIDIANA

Hemos planteado dos mundos superpuestos, el natural y el artificial, en ese contexto podemos decir que hoy la vida cotidiana transcurre en un mundo más artificial que natural. Un mundo en el que la tecnología (artífice de lo artificial) está omnipresente (la casa, el automóvil, el avión, la radio, la televisión, el teléfono, los electrodomésticos, etc., son productos tecnológicos) y marca las pautas de vida y el ritmo del progreso material. En otras palabras la tecnología condiciona nuestras actividades, nuestro comportamiento, y como consecuencia, nuestra cultura que lleva su sello indeleble.

## EL CAMPO DE LA CIENCIA Y EL DE LA TECNOLOGÍA

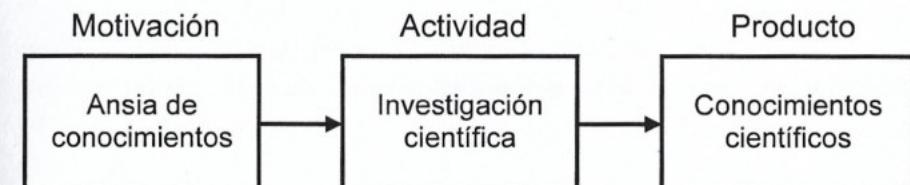
### EL CAMPO DE LA CIENCIA

El campo de la ciencia responde al deseo del ser humano de conocer y comprender racionalmente el mundo que lo rodea y los fenómenos a él relacionados.

El deseo de **conocer** lo lleva a investigar (científicamente). Normalmente el resultado de las investigaciones científicas incrementa el cuerpo metódicamente formado y sistematizado de conocimientos.

Esta actividad humana (**la investigación científica**) y su producto resultante (**el conocimiento científico**), es lo que llamamos **ciencia**.

En este campo, la motivación es el ansia de conocimientos, la actividad la investigación científica y el producto resultante el conocimiento científico.



Aquí se va de lo particular a lo general.

Decimos que se va de lo particular a lo general pues, como dice Bertrand Russell:

«La ciencia, aunque arranca de la observación de lo particular, no está ligada esencialmente a lo particular, sino a lo general. Un hecho en ciencia no es un mero hecho, sino un caso.»<sup>5</sup>

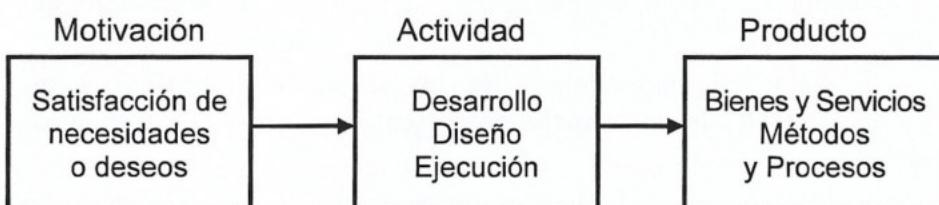
### EL CAMPO DE LA TÉCNICA Y LA TECNOLOGÍA

El campo de la técnica y la tecnología responde al deseo y la voluntad del ser humano de transformar su entorno, es decir el mundo que lo rodea, buscando nuevas y mejores formas de satisfacer sus necesidades o deseos.

En este campo prima la voluntad de **hacer** (concebir, crear, construir, fabricar, etc.).

Esta actividad humana (**el hacer**) y su producto resultante (**Bienes y Servicios, Métodos y Procesos**), es lo que llamamos **técnica o tecnología**, según sea el caso.

En este campo, la motivación es la satisfacción de necesidades o deseos, la actividad el desarrollo, el diseño y/o la ejecución y el producto resultante, bienes y servicios o métodos y procesos.



Aquí se va de lo general a lo particular.

A continuación analizaremos las tres actividades mencionadas: la técnica, la ciencia y la tecnología en el orden de su surgimiento.

<sup>5</sup> RUSSEL, B. *La perspectiva científica*. Barcelona, Editorial Ariel, 1983, p.48.

### TÉCNICA

La técnica aparece simultáneamente con el ser humano, y esto tiene lugar cuando su antecesor homínido comienza a ampliar sus posibilidades de acción con objetos que el mismo fabrica. Con la fabricación de estos primitivos objetos aparece y se desarrolla la técnica y simultáneamente el homínido va pasando a la categoría de ser humano, es decir que la técnica y el ser humano se van generando juntos. (ver página 53)

Ortega y Gasset decía en el año 1933: «el hombre empieza cuando empieza la técnica; sin la técnica el hombre no existiría ni habría existido nunca».<sup>6</sup>

La Técnica está presente en múltiples campos del quehacer humano, y en cada uno tiene características propias (por ejemplo: técnica de la producción de bienes, técnica de la natación, técnica de la conducción de vehículos, técnica del canto, etc.).

Pero en nuestras actividades cuando hablamos de técnica (sin otra calificación) nos referimos específicamente al campo de la producción de bienes (materiales e inmateriales), es decir limitamos el alcance del término, y lo definimos como:

**Técnica:** es el o los **procedimientos** que tienen como objetivo la producción de bienes (transformación de la materia) o la provisión de servicios.

Los **procedimientos** implican tanto conocimientos teóricos y prácticos, como el manejo de habilidades, tanto las herramientas como la capacidad inventiva.

Históricamente las técnicas se han basado, tanto en conocimientos empíricos transmitidos, como en la experiencia o en la intuición, pero últimamente, bajo el influjo de la ciencia, muchas han perdido gran parte de su carácter fundamentalmente empírico.

<sup>6</sup> ORTEGA Y GASSET. *Meditación de la técnica*. Madrid, Revista de Occidente, en Alianza Editorial, 1982, páginas 53; 13.

La técnica no es privativa del ser humano, se da en la actividad de todo ser viviente y responde a una necesidad para la supervivencia.

En el animal la técnica es instintiva y característica de la especie (todos los horneros utilizan la misma técnica para construir sus nidos, todas las abejas construyen sus panales en la misma forma).

En el ser humano la técnica surge de su relación con el medio y se caracteriza por ser consciente, reflexiva, inventiva y fundamentalmente individual. El individuo la concibe, la aprende, la hace progresar y la transmite a sus congéneres.

Sólo los humanos son capaces de construir con la imaginación algo que luego pueden concretar en la realidad.

En este texto consideraremos la palabra técnica implícitamente referida a la técnica humana, es decir que se excluye del concepto de técnica todo lo que signifique acciones instintivas.

La técnica es creativa, el ser humano no se limita simplemente a repetir procedimientos conocidos, sino que busca desarrollar otros nuevos. La técnica le ha permitido expandirse por todo el globo y vivir en climas y condiciones muy diferentes sin necesidad de una adaptación biológica.

Desde un punto de vista biológico, la evolución está asociada a la adaptación del organismo al medio ambiente; mientras que desde un punto de vista técnico-tecnológico la evolución esta asociada a la adecuación del medio ambiente al organismo.

La técnica sobrepasando la satisfacción de las necesidades elementales del ser humano pasa a pertenecer al orden de la cultura e integra, junto con la tecnología, un sector de la cultura denominado cultura material.

A partir de los siglos XIV-XV la técnica en Occidente tuvo un gran desarrollo, lo que contribuyó a cambiar la faz del mundo. La expansión geográfica de la civilización occidental, desde su cuna Europa, hacia prácticamente todo el planeta, si bien respondió a consideraciones de orden político, social, económico, etc., fue factible

gracias a los adelantos técnicos que permitieron el gran despliegue de poder y de eficacia que posibilitó a Europa imponer su poderío y su cultura en el mundo.

Recordemos que en la Edad Media tanto en China como en los países árabes existía un nivel técnico comparable, y en muchos casos superior al de Europa, pero el progreso técnico adquiere en Europa una fuerza impensable y todo comienza a cambiar, las razones son muchas y muy complejas, algunas las analizaremos más adelante, pero lo que nos interesa sobre todo son las consecuencias de ese progreso, que unido al científico llevó al nacimiento de la tecnología y condujo a la Revolución Industrial.

## CIENCIA

El término "ciencia" cubre un campo de actividades y conocimientos tan amplio que cualquier definición corre el riesgo de ser muy restringida, por lo que más bien planteamos su objeto de estudio, que es el conocimiento de las cosas por sus principios y causas.

La ciencia surge cuando el ser humano busca descubrir y conocer, por la observación y el razonamiento, la estructura de la naturaleza.

Si bien, la observación de la naturaleza y de los fenómenos naturales se remonta a los orígenes mismos del ser humano, la ciencia es algo más que la mera observación, es además y fundamentalmente, razonamiento, y nace cuando se abandona una concepción mítica de la realidad y se enfoca la misma con una visión objetiva y reflexiva.

En occidente, la ciencia comienza con los griegos, que fueron los primeros en desarrollarla en forma racional. Pero éstos se abocaron fundamentalmente a una ciencia pura de carácter especulativo, al saber por el saber mismo; hay que tener en cuenta que el ideal de la época era el conocimiento desinteresado, mientras que la concepción actual de la ciencia tiene su origen en los siglos XVI y XVII, cuando sabios como Galileo Galilei (1564-1642), Francis Bacon (1561-1626), René Descartes (1596-1650), Isaac Newton (1642-1727), etc., comienzan a investigar temas vinculados al comportamiento del mundo natural, planteándose preguntas (los porqués) y buscando respuestas apelando a la investigación experimental.

Se puede decir que a partir de entonces el ser humano, a través de la experimentación, pregunta a la naturaleza tratando de descubrir las leyes que rigen su accionar.

Hay que tener en cuenta que el conocimiento no es algo dado sino que se construye partiendo de preguntas y las correspondientes respuestas.

### **Todo conocimiento es la respuesta a una pregunta.**

La nueva concepción de la ciencia basada en la observación empírica y la experimentación, es decir en preguntar a la naturaleza, fue esbozada por Galileo y completada por Newton. Con Galileo y Newton se inician la investigación objetiva y experimental de la naturaleza, y la búsqueda de la cuantificación y expresión matemática de los fenómenos naturales y las leyes físicas.

Galileo estableció el principio de la objetividad del conocimiento científico y aunque posiblemente buscó hacer una ciencia más demostrativa que experimental, sus trabajos dieron nacimiento al método experimental en la investigación científica.

Un caso paradigmático es el estudio de la caída de los cuerpos a causa de la gravedad realizado por Galileo (asesor del arsenal de Venecia), quién le preguntó a la naturaleza sobre la veracidad de la teoría Aristotélica sobre el tema y fue la misma naturaleza la que a través del resultado de experimentaciones le contestó refutándola.

Preguntarse o preguntar buscando respuestas a la inquietud del ser humano frente a los misterios del Mundo físico, que fue el origen del nacimiento de la ciencia moderna, sigue siendo la forma básica de adquirir conocimiento.

Este nuevo enfoque de la ciencia que planteó Galileo nació con el auxilio de la técnica, que proporcionó los instrumentos (el telescopio, los elementos de medición, la balanza para medir intervalos de tiempos, etc.) que permitieron la investigación objetiva de los fenómenos naturales. Podemos decir que la técnica posibilitó el nacimiento de la ciencia experimental.

Con la introducción de la técnica –sus métodos y formas– en la investigación científica, nace el método experimental (método científico) y comienza una interrelación entre ciencia y técnica que desempeñó un papel clave en el nacimiento de la tecnología.

El método científico que nace en la época de Galileo (aplicable a las ciencias fácticas), se puede esquematizar planteando tres etapas básicas:

- La primera, "**la observación**" de ciertos hechos, para descubrir la(s) ley(es) que los rigen;
- La segunda, "**la formulación de hipótesis**", entendiendo por hipótesis una respuesta tentativa que permita explicar lo observado;
- La tercera, "**la comprobación de la hipótesis**", mediante la experimentación y el análisis.

Si la comprobación confirma la hipótesis, ésta pasa a ser "**ley**", válida hasta el momento en que el descubrimiento de nuevos hechos pueda plantear la necesidad de introducir modificaciones en su formulación.

En el lenguaje de la ciencia, una ley es una proposición general, vinculada al conocimiento de algún sector del universo y cuya veracidad ha sido suficientemente comprobada.

Podemos decir que con Galileo comienza una profunda transformación en la forma de pensar y actuar del ser humano. Se despierta lo que podríamos llamar la mentalidad científica que presupone aceptar como cierto sólo aquello que sea verificable.

La ciencia de la época estaba encuadrada en un modelo meramente especulativo; con él, asistimos a un cambio substancial, al contacto con la realidad, a la tecnificación de la ciencia, es decir, a la determinación de técnicas precisas para analizar los fenómenos naturales y medirlos con exactitud matemática y a la introducción de elementos de la técnica en el proceso de investigación científica.

Esto marca el comienzo de una nueva etapa en el desarrollo de la ciencia, etapa signada por la complementariedad entre la ciencia y la técnica, y hoy en día entre la ciencia y la tecnología. Además, se inicia en esa época la cientifización de los conocimientos.

## TECNOLOGÍA

Comenzaremos planteando que tecnología es una palabra de origen griego, "τεχνολογος" formada por tekne (τεχνη "arte, técnica u oficio") y logos (λογος "tratado o conjunto de saberes").

Este término recién aparece en publicaciones del siglo XVIII, pero es poco utilizado hasta el siglo XIX, y surge cuando su antecesora, la técnica, históricamente empírica, empieza a relacionarse con la ciencia, comienzan a sistematizarse los métodos de producción, y se busca calificar situaciones asociadas con este nuevo enfoque del quehacer técnico.

A título de comentario transcribimos a continuación un párrafo vinculado al tema.<sup>7</sup>

«Leo Marx<sup>8</sup> indaga sobre las razones históricas de la aparición del término tecnología. Sus comienzos están ligados con el auge de la idea de progreso, en un comienzo referente a las artes mecánicas.

Ligadas a las representaciones sociales de hostilidad al trabajo manual, las artes mecánicas evocaban una asociación con lo sucio e impuro. Por ello, había que buscar un concepto abstracto y neutral apropiado para mostrar los avances de la historia, es decir, un término en consonancia con los ideales del progreso.»

Este término se fue afirmando a lo largo del proceso de la Revolución industrial (años 1760 a 1830), por lo que al hablar de Tecnología tomamos esos años como la etapa de su consolidación, y consideramos que antes de ese período es más pertinente hablar de técnica y no de tecnología.

La Tecnología, como concepción, y la Revolución industrial como realidad nacen casi simultáneamente.

Buscando aproximarnos a este planteo transcribimos a continuación la entrada a la definición de la palabra **Tecnología** del Diccionario Universal publicado en Madrid en el año 1878 bajo el plan de D. Nicolás María Serrano.

<sup>7</sup> Tomado de CHAVARRO, L. A. *El debate sobre el determinismo tecnológico: de impacto a influencia mutua*. Revista SISTEMAS Y TELEMÁTICA, una publicación de la Universidad ICESI, Cali Colombia, 2004.

<sup>8</sup> Véase MARX, LEO. *La idea de la «tecnología» y el pesimismo postmoderno*.

Se han subrayado algunas frases por su importancia, y en algunos casos también por su vigencia, pese a los años que han pasado desde su publicación.

*Tecnología: s. f. Tratado de las artes en general y especialmente de las industriales. Conjunto de términos técnicos.*

*—Enclop. Cada arte, cada industria, exige instrumentos y operaciones que le son propias y que se modifican según la marcha de las ciencias y de los descubrimientos. Esos instrumentos y esas operaciones tienen nombres especiales que forman los idiomas de los talleres. A medida que se van haciendo inventos, es preciso crear nuevos términos para designar los nuevos mecanismos u objetos, El número de estas voces es inmenso y cada día crece más. Para distinguirlas de las del lenguaje común se llaman técnicas, de la voz griega techne (arte), y se da el nombre de tecnología a la ciencia que da a conocer su significación.*

*El estudio de la tecnología, tomada en esta primera acepción, sería de mucha utilidad porque nos conduciría a la inteligencia de las descripciones de las artes a que se refieren las voces en ellas usadas. Pero extendiendo la significación de la palabra tecnología; cesando de aplicarla únicamente a los términos empleados en las artes, para trasladarla a las artes mismas y a los conocimientos teóricos y prácticos que exigen, se ha convertido, de una ciencia especial en otra que abre al estudio un campo más extenso, más variado y que merece ser muy cultivado.*

*La tecnología, tal como hoy se define, es la ciencia de las artes industriales. Las abraza todas y comprende todo cuanto el hombre ejecuta con sus manos o con los instrumentos y máquinas que ha inventado. Tiene relación con la mayor parte de nuestras necesidades reales o ficticias; los oficios que nos alimentan, los que preparan nuestro vestido, los que fabrican las cosas que sólo sirven para distraemos, están bajo su dominio. La tecnología debe guiar, en la práctica de las artes industriales, la marcha de los obreros, poniendo a su alcance los conocimientos que deben sustituir a la rutina.*

*La tecnología, que tanto merece ser estudiada, no es una ciencia generalmente enseñada. En algunos países están encargados de su explicación los conservatorios de artes y oficios y las escuelas industriales.*

Serían inmensas las ventajas que reportaría una nación, estableciendo la enseñanza de la tecnología sobre anchas bases, porque las artes avanzarían mucho y los operarios abandonarían la rutina a la que tan apagados se encuentran.

La tecnología, que surge de la técnica, es el resultado de una nueva forma de pensar, razonar, actuar, producir, y el concepto planteado en el diccionario de 1878 muestra el sentido con el que se originó el término, y además deja constancia de diferencias entre técnica y tecnología.

Hoy, en muchos casos se usan arbitrariamente uno u otro término.

Al respecto Mario Bunge dice: «Debemos reconocer que no hay un consenso muy generalizado sobre el uso de las palabras técnica y tecnología, posiblemente porque en los países anglosajones se incluye la artesanía en la tecnología; pero en castellano, así como en otros idiomas se dispone de dos palabras, "técnica" y "tecnología", y se suelen distinguir entre los conceptos que respectivamente designan. Habitualmente se entiende por tecnología la técnica que emplea conocimiento científico. Por ejemplo, se distingue la técnica de la modista, de la tecnología de la industria de la confección».

Como caso típico de una cierta falta de claridad con respecto a la diferencia entre técnica y tecnología, podemos mencionar títulos de libros como *Historia de las técnicas* (original en francés) e *Historia de la tecnología* (original en inglés) que prácticamente abarcan los mismos temas, posiblemente el inconveniente surja de un problema de traducción del inglés al español. Dennis Herschbach plantea que: «los conceptos de técnica y de tecnología están mezclados en la palabra "technology" usada en inglés»<sup>9</sup> por lo que algunas veces habría que traducirla como técnica y no como tecnología.

Miguel Ángel Quintanilla comenta que: «En la literatura especializada se tiende a reservar el término "técnica" para las técnicas artesanales precientíficas, y el de tecnología para las técnicas industriales vinculadas al conocimiento científico.»<sup>10</sup>

<sup>9</sup> HERSCHBACH, D.R. *La tecnología como conocimiento: implicancias para la educación*. Traducción de la versión inglesa, 1995. Internet.

<sup>10</sup> QUINTANILLA, M.A. *Tecnología: un enfoque filosófico*. Buenos Aires, EUDEBA, 1991, p. 33.

En el pasado generalmente la ciencia y la técnica marcharon separadamente sin complementarse; podemos recordar, por ejemplo, la Grecia clásica en donde la ciencia no estuvo vinculada con aplicaciones técnicas, o mencionar la ingeniería romana en donde había una técnica sin ciencia subyacente; pero hoy la tecnología, sucesora de la técnica, y la ciencia marchan indisolublemente ligadas.

Actualmente se utiliza la palabra tecnología en campos de actividades muy diversos; sin entrar a plantear la corrección o no de su uso en determinados contextos, en este análisis la vinculamos a la concepción y elaboración de bienes, procesos o servicios; es decir que tomamos la palabra tecnología con un sentido restringido.

Desde esta óptica podemos definirla diciendo que:

**TECNOLOGÍA** es el conjunto de conocimientos, y los procesos asociados, que tienen como objetivo la producción de bienes y servicios que son respuesta a necesidades o deseos de la sociedad, teniendo en cuenta los aspectos económicos, productivos y socioculturales involucrados; el término se hace extensivo a los productos resultantes de esos procesos, los que deben, como ambición, contribuir a mejorar la calidad de vida.

Esta definición caracteriza la tecnología como: proceso, producto y conocimiento (técnico-tecnológico, científico, etc.).

Desde un punto de vista más estructural podemos plantear la siguiente definición:

**TECNOLOGÍA** es el resultado de relacionar la técnica con la ciencia y con la estructura sociocultural, económica y productiva a fin de brindar respuesta a problemas sociales.

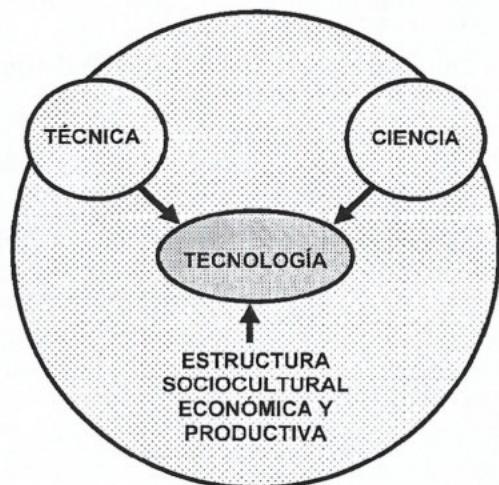
Es decir que la tecnología proviene de analizar determinados problemas que se plantea la sociedad y buscar su solución relacionando la técnica, con la ciencia y con la estructura sociocultural, económica y productiva del medio.

Abarcando:

**La técnica:** los conocimientos técnicos, la capacidad inventiva, los procedimientos, las herramientas, y métodos específicos.

**La ciencia:** el campo de los conocimientos científicos.

**La estructura sociocultural, económica y productiva:** el campo de las relaciones sociales, las formas organizativas, los modos de producción, los aspectos económicos, el marco cultural, etc.



La tecnología integra técnicas, conocimientos científicos y empíricos, valores socioculturales y económicos, esquemas productivos, y formas organizativas y de gestión.

En el concepto de tecnología están implícitos tanto la **actividad** (el accionar tecnológico) como el **producto resultante** de ese accionar.

En el accionar tecnológico se manejan, además de los conocimientos técnicos de base y los procesos, ciertos temas relativos a la estructura que sustenta la solución, como son: los sistemas de organización y de gestión, los sistemas de control y evaluación, etc.

Teniendo en cuenta que la tecnología está íntimamente vinculada a la estructura sociocultural lleva implícita ciertos valores y podemos decir que no es ni social ni políticamente neutra. No se puede plantear la tecnología desde un punto de vista puramente técnico-científico, pues los problemas asociados a la misma son también socioculturales.

La dificultad de aislar la tecnología de su contexto sociocultural tiene implicancias muy importantes en el tema de la transferencia de tecnologías.

Johan Galtung escribe, en un interesante estudio preparado para la UNCTAD (Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo), que lleva por título: *El desarrollo, el medio ambiente y la tecnología* (Naciones Unidas, Nueva York, 1979):

«Una forma ingenua de entender la tecnología sería considerarla meramente como cuestión de herramientas (equipos) y aptitudes y conocimientos (programas). Claro que estos componentes son importantes, pero constituyen la superficie de la tecnología, como la punta visible del iceberg. La tecnología también comprende una estructura conexa, e incluso una estructura profunda. Los conocimientos en que se basa constituyen una determinada estructura cognoscitiva, un marco mental, una cosmología social que actúa como un terreno fértil en el que pueden plantarse las semillas de determinados tipos de conocimientos para que crezcan y generen nuevos conocimientos. Para utilizar las herramientas hace falta una cierta estructura del comportamiento. Las herramientas no funcionan en un vacío, las hace el ser humano y las utiliza el ser humano y para que puedan funcionar requieren determinadas circunstancias sociales. Incluso una tecnología de la producción totalmente automatizada implica una estructura cognoscitiva y del comportamiento, es decir de distanciación del proceso de producción. Por lo general se tiene muy poca conciencia de estas estructuras que acompañan a las tecnologías. [...] hay tendencia a reducir las tecnologías a técnicas.»<sup>11</sup>

<sup>11</sup> GALTUNG, J. *El desarrollo, el medio ambiente y la tecnología*. Nueva York, Naciones Unidas, 1979, p. 6.

Como hemos planteado, los problemas vinculados a la tecnología no son meramente técnico-científicos, sino también sociales. El objeto de la tecnología es la satisfacción de determinadas demandas sociales.

La tecnología es la suma total de nuestros conocimientos, capacidades y habilidades para dar respuesta a problemas sociales.

La tecnología abarca todos los medios de que dispone el ser humano para controlar y transformar su entorno físico, así como para convertir los materiales que le ofrece la naturaleza en elementos capaces de satisfacer sus necesidades.

La tecnología involucra un proceso intelectual, que partiendo de la detección de un problema se aboca al diseño y la construcción de un objeto o producto que da respuesta al problema, y que culmina con su uso.

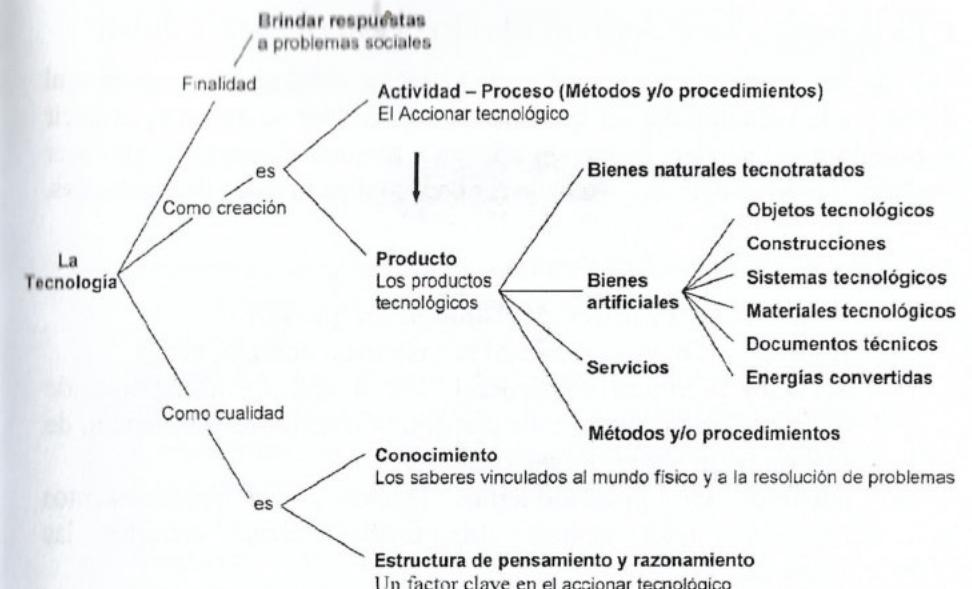
En la tecnología confluyen la teoría y la práctica.

En el concepto de tecnología están implícitos aspectos vinculados tanto a la concepción y a la fabricación como a la comercialización y al uso de los productos tecnológicos.

Los tres ejes del quehacer tecnológico son: **la fiabilidad, la economía y la aceptabilidad**.

El término "tecnología" se hace extensivo a los productos tecnológicos (objetos tecnológicos o situaciones tecnológicas), que son portadores de dimensiones no sólo técnicas y científicas, sino también económicas, culturales y sociales, y cuyo objetivo ideal debería ser mejorar la calidad de vida.

Buscando sistematizar el campo disciplinar de la tecnología planteamos el siguiente gráfico.



Como vemos, la tecnología abarca un amplio espectro que comprende:

1. **Actividad o Proceso** [Desarrollo, diseño, construcción, organización, gestión, control, evaluación, etc.];
2. **Producto** resultante de esa actividad [Bienes, servicios, métodos y/o procedimientos];
3. **Conocimiento** [Saberes teóricos y prácticos vinculados al mundo físico y a la resolución de problemas. Estos saberes se archivan bajo la forma de textos, dibujos, planos, etc., en soportes físicos como papel, computadora, CD, etc.];
4. **Estructura de pensamiento y razonamiento** [Un factor clave para enfocar la realidad, buscar soluciones y tomar decisiones].

En función de esto podemos decir que:

La tecnología se puede enfocar como:

- Actividad
- Producto
- Conocimiento
- Forma de pensar, razonar y actuar

## 1. La tecnología como **Actividad o Proceso** (Actividad social)

La tecnología (sistema de reflexión y acción) es una respuesta al deseo y a la voluntad del ser humano de transformar su entorno, es decir el mundo que lo rodea, buscando nuevas y mejores formas de satisfacer sus necesidades o deseos. Como actividad implica la toma de decisiones.

## 2. La tecnología como **Producto**

Tenemos los **Productos tecnológicos**, que son:

- **Bienes**<sup>12</sup> [Objetos, materiales, sistemas, energía, etc.];
- **Servicios** [Servicio en general: telefónico, de transporte, de distribución de energía, de distribución de correspondencia, de información y comunicación, etc.];
- **Métodos y/o procedimientos** [Métodos y/o procedimientos requeridos para realizar determinadas tareas, concebir las organizaciones, etc.].

En cuanto a los **Bienes** (tecnológicos), si bien en teoría son **artificiales** (como todos los productos tecnológicos), incluimos en esta categoría a algunos **Bienes naturales tecnotratados**, es decir Bienes naturales que han sido sometidos a tratamientos técnicos o tecnológicos y en consecuencia han sido artificializados.

Nos referimos, por ejemplo, a bienes asociados a la agricultura (las plantas agrícolas cultivadas por el ser humano, los granos y productos transgénicos, etc.), a la ganadería (el ganado, su crianza, domesticación y tratamiento, etc.), a la arboricultura (algunos árboles, las reforestaciones artificiales, sus cuidados, etc.), a la apicultura, a productos hortícolas y frutícolas cultivados, etc., y en general a cosas naturales a las que el ser humano le asigna una función que no tenían, y que en algunos casos pueden pasar a la categoría de objetos.

Los **Bienes artificiales** pueden ser:

- **Objetos tecnológicos**, en algunos casos llamados también **artefactos**. Se entiende por Objeto tecnológico todo elemento

material, manipulable u operable (factible de efectuar operaciones con el mismo), construido por el ser humano con una finalidad utilitaria y como respuesta a demanda de la sociedad;

- **Construcciones**. Son las que corrientemente llamamos construcciones civiles: edificios, puentes, carreteras, diques, etc.;
- **Sistemas tecnológicos**. Son, sobre todo, las infraestructuras materiales de los servicios: sistemas de informática, redes eléctricas, redes camineras, etc.;
- **Materiales tecnológicos**. Son materias que se obtienen por procedimientos tecnológicos (físicos, químicos o biológicos);
- **Documentos tecnológicos**. Son los planos, los manuales de funcionamiento, la documentación que sirve de base para trabajos técnico-tecnológicos, etc.;
- **Energías convertidas**. [Son las energías, consideradas como bienes o recursos, que se obtienen por conversión de otras energías. Algunas, como la eléctrica, se utiliza tanto en la vida cotidiana como en los procesos productivos].

## 3. La tecnología como **Conocimiento**

Abarca los conocimientos, tanto científicos como tecnológicos, vinculados al mundo físico y a la resolución de problemas.

**El conocimiento científico** (saber crítico), es producto de la investigación científica, y está constituido por proposiciones, lógicamente vinculadas, que deben estar validadas por la experimentación (ciencias fácticas) o por el razonamiento (ciencias formales).

Estas proposiciones se expresan en un código (lenguaje) aceptado por la comunidad científica, y la terminología que se emplea es clara y precisa, libre de ambigüedades y en lo posible independiente del contexto.

**El Conocimiento tecnológico** está vinculado a las actividades humanas y como lo sugiere E. Clayton está orientado a crear realidades físicas y organizacionales acordes con un diseño humano.

<sup>12</sup> Bienes: Llamamos bienes (muebles o inmuebles) a los recursos que sirven para satisfacer, directa o indirectamente, necesidades o deseos humanos.

Puede ser **explícito** o **implícito**. El explícito abarca dos categorías: el conocimiento **descriptivo** y el conocimiento **prescriptivo**. El implícito es conocimiento **táctico**.



Puede ser **codificado** o **no codificado**, el codificado se puede almacenar o especificar formalmente, mientras que el no codificado es difícil de expresar o explicitar y se lo suele llamar táctico. El conocimiento tácito surge de la actividad manual

El conocimiento Codificado o Explícito es el que prevalece en la enseñanza clásica, se suele decir que el sistema educativo es un gran codificador. Una mirada a los currículos tradicionales muestra cómo predomina en forma casi exclusiva.

El conocimiento Implícito es Táctico y resultado del juicio individual, la habilidad y la práctica. Este conocimiento no se expresa formalmente con facilidad, si bien ayudan a explicarlo las descripciones, los diagramas y las imágenes. Sus resultados provienen de la práctica, la experiencia, la familiarización, la observación y la experimentación.

A continuación se transcriben párrafos de un comentario de Dennis R. Herschbach<sup>13</sup> sobre el tema

*Vicenti (1984) identifica tres categorías de conocimiento tecnológico: a) descriptivo, b) prescriptivo, y c) táctico. El descriptivo y el prescriptivo pertenecen al conocimiento tecnológico explícito. El conocimiento descriptivo, describe las cosas como son, mientras que el conocimiento prescriptivo prescribe que es lo que hay que hacer para conseguir el resultado deseado. En cuanto al conocimiento tácito, está implícito en la actividad.*

<sup>13</sup> En Internet: traducido de *Technology as Knowledge* en *Journal of Technology Education* Vol. 7 N°1, 1995, Virginia University Washington D.C.

*El conocimiento descriptivo representa las bases que proveen información a las personas que trabajan, como por ejemplo: propiedades de los materiales, información técnica, características de las herramientas. En cierto modo son aplicaciones de conocimiento científico. Y si bien pueden utilizarse fórmulas matemáticas o construcciones científicas, el conocimiento descriptivo no es científico en el sentido de que los marcos de explicación teórica no están totalmente desarrollados. Como todo conocimiento tecnológico, el descriptivo encuentra su significado en la actividad humana.*

*El Conocimiento prescriptivo resulta de los sucesivos esfuerzos por lograr gran efectividad, como por ejemplo mejorar procedimientos u operaciones. El conocimiento prescriptivo es algo más que un simple saber hacer no intelectual, se puede comparar con la adquisición de conocimientos intelectuales. El conocimiento prescriptivo se genera por medio de la experimentación, el ensayo-error y comprobaciones. El conocimiento prescriptivo se asemeja poco a los principios y leyes científicas y es difícil de codificar en forma general, y poco susceptible de generalizaciones instruccionales que vayan más allá de una actividad particular.*

*El conocimiento tácito es implícito y es el resultado del juicio individual, la habilidad y la práctica. Este conocimiento no se expresa formalmente con facilidad. Descripciones, diagramas e imágenes ayudan a explicarlo, pero la mayoría de sus resultados provienen de la práctica y de la experiencia.*

*En la práctica los conocimientos prescriptivo y tácito están intimamente relacionados, pues ambos tienen que ver con los procedimientos. Ambos son procedimentales. Gran parte de los conocimientos tácitos no pueden ser trasmisidos en forma oral o escrita. Es un conocimiento personal, subjetivo inmediato y específico que se adquiere trabajando codo a codo con técnicos experimentados o "prácticos". Fundamentalmente se transmite de un individuo a otro. El conocimiento operacional primario "se mantiene tácito porque no puede ser articulado suficientemente rápido y porque es imposible articular todo lo que es necesario para lograr un desempeño exitoso incluso porque la atención exhaustiva a los detalles produce un mensaje incoherente".*

*El conocimiento tácito está incorporado a la actividad tecnológica en mayor medida de la que normalmente se reconoce. En suma, el conocimiento tácito no ha desaparecido con el uso de formas de manufactura más sofisticada, basadas en la aplicación de ciencia y conocimiento técnico descriptivo. "Por el contrario, nuevas formas de saber hacer han aparecido y todas estas técnicas no codificadas juegan un rol importante en la producción industrial y en la innovación técnica y tecnológica" (Perrin, 1990; Rosenberg, 1982; Vincenti, 1984) y enfatizan sobre el hecho de que aun en la así llamada industria de alta tecnología, tal como la producción en aviación, electrónica y comunicaciones, se apoyan fuertemente en el conocimiento tácito aprendido por medio de la experiencia. Buena parte de las innovaciones industriales se relacionan con técnicas no codificadas. Polyani (1976) ha demostrado que toda actividad humana incluye alguna forma de conocimiento tácito.*

Recapitulando, hay dos tipos de conocimientos tecnológicos: el **explícito** y el **implícito**. El **explícito** proviene (Dosi -1988) del "modo de hacer las cosas" (específico), del "aprendizaje formal" (articulado), del conocimiento secreto o patentado (explícitamente privado), del conocimiento que ofrecen las publicaciones científicas y técnicas (público), del saber científico (universal), etc. El **implícito** es tácito (implícitamente privado), proviene en parte del "*trainig*" o del aprendizaje (tácito).

Un conocimiento es explícito si puede ser transmitido de un individuo a otro mediante algún medio de comunicación formal.

El conocimiento explícito abarca dos categorías: el **descriptivo** y el **prescriptivo**.

El conocimiento **descriptivo** brinda información o explicación sobre cosas:

- Propiedades de los materiales;
- Información técnica;
- Conceptos o principios generales;
- Característica de las herramientas; etc.

El conocimiento **prescriptivo** brinda información o explicación sobre actividades:

- Procedimientos (los procesos a seguir);
- Operaciones; etc.

El objetivo del conocimiento **prescriptivo** es lograr mayor efectividad en la actividad y en los productos resultantes.

Para adquirir o comprobar conocimientos, la tecnología se basa en el **Método de resolución de problemas** (ver página 177), mientras que la ciencia utiliza el **Método científico**.

#### 4. La tecnología como **Forma de pensar, razonar y actuar**

Este tema se sintetiza en pensar, razonar y actuar tecnológicamente, lo que implica que frente a cualquier problema se busque, a través del pensamiento, los conocimientos, el razonamiento y la acción, dar respuestas, teniendo en cuenta los materiales, las herramientas y las técnicas apropiadas para cada caso y las posibilidades de su aplicación.

### TECNOLOGÍAS DURAS Y TECNOLOGÍAS BLANDAS

«A los fines de su clasificación, en lo que respecta a la producción, se puede hablar de dos grandes ramas de la tecnología, las denominadas "duras" y las denominadas "blandas".

Las tecnologías "duras" son las que tienen como propósito la transformación de la materia con el fin de producir bienes y servicios. Entre ellas pueden distinguirse dos grandes grupos: las que producen objetos en base a acciones físicas sobre la materia y las que basan su acción en procesos químicos y/o biológicos.»<sup>14</sup>

Entre las tecnologías duras podemos mencionar la mecánica, la electrónica, la biotecnología, etc.

Las tecnologías "blandas", o "Tecnologías de Organización y de Gestión" (TOG), se ocupan de la transformación de elementos simbólicos en bienes y servicios; su producto, que no es un elemento tangible, permite mejorar el funcionamiento de las instituciones u organizaciones en el logro de sus objetivos.

<sup>14</sup> MINISTERIO DE CULTURA Y EDUCACION DE LA NACIÓN (República Argentina). *Contenidos Básicos Comunes para la Educación General Básica* (Segunda edición). Buenos Aires, 1995, p.217.

Entre las ramas de las tecnologías blandas (TOG) se destacan, entre otras, las relacionadas con la educación (en lo que respecta al proceso de enseñanza), la organización, el marketing, la estadística, la psicología de las relaciones humanas y del trabajo, y el desarrollo de software.

## DEFINICIONES DE TECNOLOGÍA

Para ampliar nuestra visión sobre el tema, y además teniendo en cuenta que el término tecnología puede admitir diversos enfoques, transcribimos a continuación diferentes definiciones.

### Ministerio de Cultura y Educación de la Nación (República Argentina)<sup>15</sup>

La tecnología es una **actividad social** centrada en el **saber hacer** que, mediante el uso racional, organizado, planificado y creativo de los **recursos materiales** y la **información** propia de un grupo humano, en una cierta época, brinda **respuesta a las necesidades y a las demandas sociales** en lo que respecta a la producción, distribución y uso de bienes procesos y servicios.

### Diccionario de la Real Academia Española (Vigésima segunda edición 2001)

#### Tecnología:

- 1º Conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico.
- 2º Tratado de los términos técnicos.
- 3º Lenguaje propio de una ciencia o un arte.
- 4º Conjunto de los instrumentos y procedimientos industriales de un determinado sector o producto.

### Louis-Marie Morfaux<sup>16</sup>

Tecnología: Reflexión filosófica sobre las técnicas, sus relaciones con las ciencias y las consecuencias políticas, económicas, sociales y morales de su desarrollo.

<sup>15</sup> MINISTERIO DE CULTURA Y EDUCACION DE LA NACIÓN (República Argentina). *Op. Cit.* p. 213

<sup>16</sup> MORFAUX, L.M. *Diccionario de ciencias humanas*. Barcelona, Ediciones Grijalbo, 1985, p. 336.

### Lynn White<sup>17</sup>

Tecnología es la modificación sistemática del entorno físico con fines humanos.

### John Kenneth Galbraith<sup>18</sup>

Tecnología significa aplicación sistemática del conocimiento científico (u otro conocimiento organizado) a tareas prácticas.

### Mario Bunge<sup>19</sup>

Un cuerpo de conocimientos es una tecnología si y solamente si:  
(i) es compatible con la ciencia coetánea y controlable por el método científico, y  
(ii) se lo emplea para controlar, transformar o crear cosas o procesos, naturales o sociales.

### Aquiles Gay

Tecnología es el resultado de relacionar la técnica con la ciencia y con la estructura, sociocultural económica y productiva a fin de brindar respuesta a problemas sociales.

### Mes, Smeets y DeVries<sup>20</sup>

Tecnología es una respuesta a necesidades humanas.

### James E. LaPorte<sup>21</sup>

La tecnología es un estudio del mundo hecho por el hombre.

### Wikipedia

Tecnología es el conjunto de habilidades que permiten construir objetos y máquinas para adaptar el medio y satisfacer nuestras necesidades.

<sup>17</sup> WHITE, L. El acto de la invención. In: Kranzberg, M.; Daveport, W.H. (eds.). *Tecnología y cultura*. Barcelona, Editorial Gustavo Gilí, 1979, p. 247.

<sup>18</sup> GALBRAITH, J. K. *El nuevo estado industrial*. Barcelona, Editorial Ariel, 1980, p. 41.

<sup>19</sup> BUNGE, M. *Epistemología*. Barcelona, Ed. Ariel, 1985, p. 206.

<sup>20</sup> Curso "Tecno-lógica" (MES, SMEETS Y DEVRIES) para alumnos de 12 a 14 años de edad. Holanda, 1998.

<sup>21</sup> LAPORTE, J.E. Profesor Asociado y Director del Programa Educación Tecnológica Virginia Tech, EE.UU.

### **A. Naughton<sup>22</sup>**

La tecnología es la aplicación de los conocimientos científicos y de otros tipos organizados de conocimientos a tareas prácticas por medio de sistemas jerarquizados que incluyen hombres y máquinas.

### **Jacques Ellull<sup>23</sup>**

La tecnología es el conjunto de todos los métodos racionales de cada campo de la actividad humana.

### **Samuel Bowles y Richard Edwards<sup>24</sup>**

Tecnología es la relación entre los factores de la producción (capital, trabajo y recursos naturales) y los bienes producidos (la entrada y la salida) en un proceso de trabajo.

Un proceso de trabajo es una transformación de nuestro entorno natural con la intención de producir algo útil (o que se piensa es útil).

### **Johan Galtung**

La tecnología abarca un conjunto de técnicas insertadas en una estructura determinada.

### **Langdon Winner**

Lo que llamamos "tecnologías" son los modos de ordenar nuestro mundo.

### **National Curriculum<sup>25</sup>**

La tecnología es la aplicación creativa de conocimientos y destrezas para diseñar y realizar productos de calidad con el fin de satisfacer necesidades.

### **Plan de estudios frances<sup>26</sup>**

La tecnología se distingue por su finalidad: concebir y crear nuevos objetos y sistemas artificiales al servicio del ser humano y su entorno.

<sup>22</sup> *What is "technology" anyway?* en *Technology in Schools*, Open University Press, Milton Keynes (UK) 1986.

<sup>23</sup> EULL, J. *Le bluff technologique*. París, Ed Hachette, 1988.

<sup>24</sup> BOWLES, S.; EDWARD, R. *Understanding capitalism*. Harper Collins College Publishers, p. 45.

<sup>25</sup> Department of Education and Science and the Welsh Office; HMSO (UK) 1990

<sup>26</sup> *Ministère de l' Education Nationale*. París, 1988.

Como planteo general, las definiciones son **modelos**, y como tales simplificaciones, en las que se presenta lo que se quiere destacar, estudiar o analizar del tema en cuestión, en consecuencia pueden no ser únicas y haber muchas que toquen el mismo tema, y todas ser válidas pese a la diferencia de enfoques, y además ser coherentes entre sí, siempre y cuando no haya entre ellas flagrantes contradicciones conceptuales.

Las definiciones no abarcan la integralidad del tema, pues para esto normalmente se requiere un desarrollo que escapa a lo que corrientemente entendemos por definición, pero pese a eso son muy útiles, casi podríamos decir clave, para ubicarnos en el tema a tratar.

## **DIFERENCIAS ENTRE TECNICA Y TECNOLOGÍA**

Buscaremos marcar algunas de las diferencias entre técnica y tecnología, ambas vinculadas a la resolución de problemas concretos dentro de un campo específico de la actividad humana, el campo del "hacer".

Fundamentalmente la técnica abarca los conocimientos técnicos y las herramientas, mientras que la tecnología tiene en cuenta además los conocimientos científicos, la estructura sociocultural, la infraestructura productiva y las formas organizativas y de gestión. Podemos decir que la **tecnología es técnica más estructura, estructura sociocultural, económica, productiva y de conocimientos**.

En la técnica está el "cómo" hacer, en la tecnología están además los fundamentos del "por qué" hacerlo así.

La técnica históricamente se basó en conocimientos corrientes (experiencias comunicadas, resultados del método de prueba y error, aplicación del sentido común, de la intuición, etc.) pero actualmente muchas veces utiliza también conocimientos científicos, mientras que la tecnología se basa sobre todo en conocimientos científicos, aunque también en algunos casos utiliza conocimientos empíricos.

La palabra técnica se utiliza para calificar **"procedimientos"** (por ejemplo, pintar, perforar, soldar, etc.), mientras que la palabra tecnología para calificar **"procesos"** (procesos que involucran técnicas, conocimientos científicos y también empíricos, aspectos económicos y productivos, y un determinado marco sociocultural).

Podemos decir que en general la técnica es unidisciplinaria, y la tecnología interdisciplinaria. Refiriéndonos a la tecnología podemos hablar de teorías tecnológicas, refiriéndonos a la técnica, más bien de concepciones técnicas.

Cuando nos referimos a la fabricación artesanal hablamos de técnica, cuando nos referimos a la producción industrial hablamos de tecnología.

## DIFERENCIAS ENTRE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Hemos planteado dos grandes campos del quehacer humano, uno asociado a la ciencia, el otro a la técnica y la tecnología, analizaremos las diferencias.

Comenzaremos transcribiendo algunos comentarios sobre el tema.

Thomas S. Kuhn, *La estructura de las revoluciones científicas*.

«Parte de nuestra dificultad para ver las diferencias profundas entre la ciencia y la tecnología debe relacionarse con el hecho que el progreso es un atributo evidente de ambos campos. Sin embargo, puede sólo aclarar, no resolver nuestras dificultades presentes el reconocer que tenemos tendencia a ver como ciencia a cualquier campo en donde el progreso sea notable.»<sup>27</sup>

George Basalla, *La evolución de la tecnología*.

«Aunque la ciencia y la tecnología supongan procesos cognitivos, su resultado final no es el mismo. El producto final de la actividad científica innovadora suele ser una formulación escrita, el artículo científico, que anuncia un hallazgo experimental o una nueva posición teórica. En contrapartida, el producto final de la actividad tecnológica innovadora es típicamente una adición al mundo artificial: un martillo de piedra, un reloj, un motor eléctrico.»<sup>28</sup>

<sup>27</sup> KUHN, T.S. *La estructura de las revoluciones científicas*. México, Fondo de Cultura Económica, 1971, p. 249.

<sup>28</sup> BASALLA, G. *La evolución de la tecnología*. Barcelona, Editorial Crítica, 1991, p. 45.

Edward V. Krick, *Introducción a la ingeniería y al diseño en la ingeniería*.

«Es difícil lograr una plena apreciación del papel que desempeña la ingeniería si no se comprende la diferencia básica entre la ciencia y la ingeniería.»<sup>29</sup>

John J. Sparkes, *Un programa de educación recurrente: el curso de tecnología de la Open University*.

«Se piensa a menudo, y quizás también lo pensó en un principio el comité de planificación de la Open University, que la tecnología es una especie de ciencia aplicada o de matemática aplicada. Pero los primeros profesores de la materia (tecnología) que ingresaron en la Open University hicieron saber muy pronto que ésa no era su concepción de la tecnología. No sólo se trataba de una inexactitud, sino de un verdadero error.»<sup>30</sup>

J. Rey Pastor y N. Drewes, *La técnica en la historia de la humanidad*.

«Considerar, según se acostumbra, la técnica como ciencia aplicada y, por lo tanto, posterior a la ciencia pura, es concepción que contradice la realidad histórica. Más bien han nacido las ciencias puras de una previa y no siempre sistemática acumulación de conocimientos técnicos. Del valioso saber astronómico de los caldeos y de su técnica astrológica se elevaron Hiparco, Aristarco y Ptolomeo a la teoría astronómica, y las dificultades y complicaciones técnicas con que se tropezó al aplicar la teoría geocéntrica durante catorce siglos incitaron a Copérnico a buscar una teoría mejor.»<sup>31</sup>

<sup>29</sup> KRICK, E.V. *Introducción a la ingeniería y al diseño en la ingeniería*. México, Editorial Limusa, 1978, p. 46.

<sup>30</sup> SPARKES, J.J. Un programa de educación recurrente: el curso de tecnología de la Open University. In: *Revista Perspectivas* (París, UNESCO), Vol. IV, Nº 1, 1974. (Reproducido en: *Aprender y Trabajar*. París, UNESCO, 1980, p. 308.)

<sup>31</sup> REY PASTOR, J.; DREWES, N. *La técnica en la historia de la humanidad*. Buenos Aires, Editorial Atlántida, 1957, p. 106.

Hardy Cross, *Los ingenieros y la torre de marfil*.

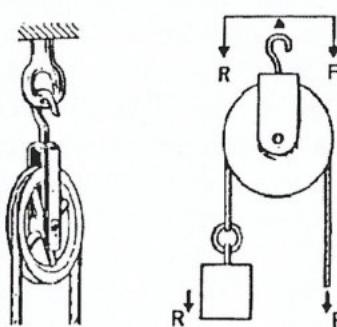
«La gloria de la adaptación de la ciencia a las necesidades humanas pertenece a la ingeniería; de hecho, causa daño la falta de distinción entre ésta y la ciencia.»<sup>32</sup>

Jorge A. Sábato y Michael Mackenzie, *La producción de tecnología*.

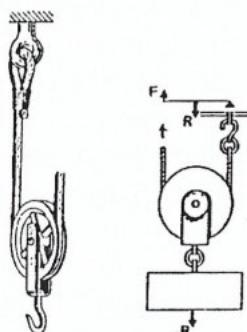
«Es particularmente perjudicial la creencia generalizada de que la tecnología no es otra cosa que ciencia aplicada, y que, por lo tanto, para obtener aquélla es suficiente producir esta última.»<sup>33</sup>

#### *ENFOQUE SOCIOHISTÓRICO DE LA RELACIÓN ENTRE CIENCIA Y TECNOLOGÍA*

La técnica es mucho más antigua que la ciencia, y si bien muchos planteos y desarrollos técnicos se han racionalizado y teorizado, no por eso dejan de ser técnico-tecnológicos. Tomemos un ejemplo: la palanca. La palanca, y sus variantes, la polea, la balanza y la rueda, se conoce desde hace miles de años, y si bien a posteriori se han desarrollado análisis teóricos sobre la misma, la palanca sigue siendo un hecho técnico-tecnológico.

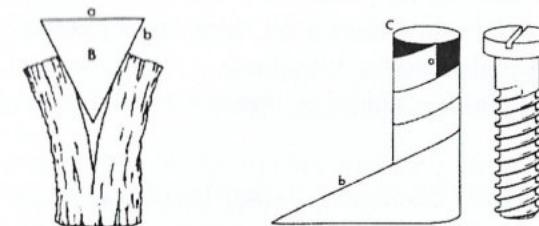


Polea fija – Palanca de primer género



Polea móvil – Palanca de segundo género

Otro caso es el plano inclinado usado también desde hace miles de años, así como sus variantes, la cuña y el tornillo.



Al referirnos a éstos, como a muchísimos otros casos, lo correcto cuando se teoriza el tema, sería hablar de tecnología teórica y no de ciencia aplicada, pues cuando surgieron todavía no existía la ciencia como conocimiento específico y cuando se desarrollaron, si bien se utilizaron conocimientos científicos, también se pusieron en juego conocimientos empíricos, etc.

Al respecto Carl Mitcham dice:

«Se puede argumentar razonablemente que el uso de la mecánica en la ciencia (como en la "mecánica celeste" de Newton), deriva de las primeras modernas tecnologías (especialmente la de relojes). Así, en cierto sentido, esa ciencia podría ser descrita con precisión como tecnología teórica.»<sup>34</sup>

Otro ejemplo vinculado al tema es el telescopio, cuando lo utilizó Galileo para sus observaciones astronómicas era un instrumento técnico empírico y si bien mediante sucesivas teorizaciones se llegó a los telescopios actuales, no por eso éstos dejaron de ser instrumentos técnico-tecnológicos.

Es bastante corriente confundir tecnología con ciencia aplicada, pero es un error, pues si bien es cierto que la tecnología utiliza conocimientos científicos, se basa también en la experiencia, en conocimientos empíricos y tiene en cuenta además muchos otros factores (algunos ajenos a la específica aplicación de determinados conocimientos científicos)

<sup>32</sup> CROSS, H. *Los ingenieros y las torres de marfil*. México. McGraw-Hill, 1971, p. 20.

<sup>33</sup> SABATO, J.A.; MACKENZIE, M. *La producción de tecnología*. México, Editorial Nueva Imagen, 1982, p. 14.

<sup>34</sup> MITCHAM, C. *¿Qué es la filosofía de la Tecnología?*. Barcelona, ANTROPOS, Editorial del hombre, 1988, p. 100.

como ser los aspectos prácticos de la construcción o de la producción industrial, los modos y medios de producción, la factibilidad económica, la adaptación del producto a las costumbres del usuario, la aceptación que el producto pueda o no tener en el público, etc.; además la tecnología está, sobre todo, vinculada a cosas que el ser humano hace, a cosas artificiales, incluidas transformaciones profundas de la naturaleza.

Como ejemplo podemos tomar la última parte del artículo citado en página 47 (Ref. 41), en el que se plantea que un geólogo aplicado puede predecir un deslizamiento de tierra (ciencia aplicada), mientras que un ingeniero, proyectando y supervisando las adecuadas obras de defensa, puede llegar a evitar el deslizamiento de tierra (tecnología).

Sin embargo en los países latinos se asocia la técnica y la tecnología a lo manual, y como consecuencia de la tradición greco-romana, que desvaloriza el trabajo manual, se desvaloriza la técnica y la tecnología. Socialmente es mucho más importante ser científico que tecnólogo, y en consecuencia muchos que desarrollan actividades típicamente tecnológicas (por ejemplo, los que proyectan y construyen satélites artificiales, o el cirujano de alta complejidad) prefieren ser llamados científicos, aunque en su actividad profesional sean tecnólogos.

Con el objeto de marcar claramente la diferencia entre ciencia y tecnología podemos decir que la ciencia se ocupa del conocimiento, mientras que la tecnología fundamentalmente del hacer (de la acción eficaz); pero evidentemente para hacer hay que conocer, por lo que el tecnólogo busca informarse, conocer, pero no por el conocimiento en sí mismo, sino para saber cómo hacer.

En el libro, *Tecnología: un enfoque filosófico*, Miguel Angel Quintanilla escribe:

«A diferencia de las ciencias, que son sistemas de conocimientos, las técnicas son sistemas de acciones de determinado tipo que se caracterizan, desde luego, por estar basadas en el conocimiento, pero también por otros criterios, como el ejercerse sobre objetos y procesos concretos, y el guiarse por criterios

pragmáticos de eficiencia, utilidad, etc. [...] las acciones técnicas son la forma más valiosa de intervenir o modificar la realidad para adaptarla a los deseos o necesidades humanas.»<sup>35</sup>

Resumiendo: la ciencia busca entender la naturaleza de las cosas, la tecnología busca hacer cosas, y en forma óptima y eficiente (lo mejor posible dentro de las condiciones impuestas).

En la ciencia podemos ver un intento racional y ordenado del ser humano por conocer y explicar el mundo físico, en la tecnología un intento, también racional y ordenado del ser humano, para transformar y controlar el mundo físico. Esta distinción se puede plantear como la diferencia entre la búsqueda del "cómo son" y el "porqué" de las cosas, y el saber "qué hacer" cuando se debe solucionar un problema.

La tecnología tiene un carácter social y está enmarcada dentro de pautas culturales. La tecnología no está vinculada solamente al sector de la producción, sino también al del consumo.

Ya en la antigüedad se planteaba la diferencia entre ciencia y técnica: la ciencia era filosofía y la técnica era el arte del artesano, decían los maestros constructores de la catedral de Milán en 1392.<sup>36</sup> La ciencia estaba alejada de los asuntos técnicos, y los progresos técnicos eran más bien el resultado del trabajo de los artesanos.

A lo largo de su historia la técnica no ha tenido mucha vinculación con la ciencia, el ser humano hizo objetos de hierro sin conocer su composición química ni la naturaleza de los procesos metalúrgicos, así como hizo máquinas y aparatos, muchas veces sin profundizar demasiado en los principios de la mecánica.

Con referencia a este tema, en el libro de André-Yves Portnoff y Thierry Gaudin, *La revolución de la inteligencia*, leemos:

«Basta sin embargo examinar la realidad para comprobar que el conocimiento científico es útil, pero que no siempre es el que origina las innovaciones [...].

<sup>35</sup> QUINTANILLA, M.A. *Tecnología: un enfoque filosófico*. Buenos Aires, EUDEBA, 1991, p. 29-30.

<sup>36</sup> Annali della Fabbrica del Duomo di Milano, Milán, 1877.

Se ha vuelto trivial recordar que la máquina de vapor precedió a la termodinámica, que la metalurgia fue puesta en práctica antes que una ciencia de los metales ayudara a concebir aleaciones.»<sup>37</sup>

Con el correr del tiempo se fue estableciendo una relación entre la ciencia y la técnica que fue siendo cada vez mayor y la aplicación de la ciencia a la técnica ha permitido el pasaje de las técnicas de tipo artesanal a lo que hoy llamamos "tecnología".

La tecnología se basa cada día más en los conocimientos científicos y por su parte la ciencia utiliza cada vez más los desarrollos tecnológicos. Actualmente no es posible pensar en un desarrollo tecnológico de avanzada, sin contar con el inapreciable aporte de los conocimientos científicos, como no es posible hacer ciencia sin contar con el apoyo de la tecnología que suministra los sofisticados aparatos y equipos necesarios para la investigación. En el mundo moderno sin ciencia no hay tecnología, así como, sin tecnología no se podría hacer ciencia. Estos dos campos, ciencia y tecnología, están ligados por una relación de interdependencia muy grande, pero las actividades vinculadas a uno u otro son substancialmente diferentes.

Refiriéndose a la relación entre la ciencia y la tecnología H.L. Nieburg expresa:

«La ciencia y la tecnología no son autónomas, sino aspectos estrechamente unidos e inseparables. La deuda que los conocimientos teóricos tienen contraída con la tecnología resulta clara en todos los terrenos. [...] El desarrollo de las matemáticas por Copérnico, Kepler y Galileo dependió de los notables progresos de la ingeniería mecánica en el siglo XV, y en especial de la creación de mecanismos de relojería y de juguetes mecánicos de gran ingenio.»<sup>38</sup>

Al señalar las diferencias entre ciencia y tecnología, Jorge A. Sábato y Michael Mackenzie dicen:

<sup>37</sup> PORTNOFF, A-Y; GAUDIN, T. *La revolución de la inteligencia*. Buenos Aires, INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial), 1988, p. 76.

<sup>38</sup> NIEGURG, H.L. *En nombre de la ciencia: Análisis del control económico y político del conocimiento*. Buenos Aires, Editorial Tiempo contemporáneo, 1973, p. 146-147.

«Mientras que la ciencia emplea exclusivamente el método científico, que es el único que acepta como legítimo, la tecnología usa cualquier método (científico o no) y su legitimidad es evaluada en relación con el éxito que con él se obtiene.»<sup>39</sup>

La tecnología se fundamenta en conocimientos teóricos (tanto de las ciencias básicas como de las aplicadas), pero también utiliza conocimientos empíricos y tiene en cuenta muchos otros aspectos como pueden ser los vinculados a la producción industrial.

Los datos y conocimientos científicos, en que se fundamenta la tecnología son generalmente de libre disponibilidad, cualquiera puede obtenerlos y utilizarlos (**el resultado de las investigaciones científicas normalmente se publica**); mientras que la tecnología como cuerpo de conocimientos muchas veces está protegida por patentes o es conocida por un grupo limitado de personas y forma parte de ese "saber cómo hacer" que en inglés recibe el nombre "*know how*" (**el resultado de las investigaciones o desarrollos tecnológicos no se publica sino que más bien se patenta**); desde este punto de vista la tecnología es un bien comercializable, es decir que además de su valor de uso tiene un valor de cambio.

He aquí otra diferencia fundamental entre ciencia y tecnología. Como lo observa Derek J. De Solla Price (1960), el científico publica (**es papirófilo**), el tecnólogo oculta sus hallazgos (**es papirófobo**); en general no existen documentos tecnológicos (de investigación y desarrollo) de acceso público porque el tecnólogo no comunica abiertamente sus conocimientos sino que a menudo los oculta para obtener ventaja comercial frente a sus competidores. Price define la tecnología como «la investigación en la que el producto principal no es un documento, sino una máquina, un medicamento, un producto o un proceso de cualquier tipo.»<sup>40</sup>

Si quisieramos plantear un ejemplo de lo que terminamos de decir podríamos referirnos a las teorías científicas en que se basan numerosos dispositivos o máquinas y que son de público conocimiento,

<sup>39</sup> SABATO, J.A.; MACKENZIE, M. *La producción de tecnología*. Op. Cit. p. 35.

<sup>40</sup> PRICE, D.J. DE SOLLA. *Science and technology*. In: Barnes, B. *Sociology of science*. Londres, Penguin, 1972, p. 166-180.

mientras que las tecnologías que son necesarias para su fabricación muchas veces están protegidas por patentes o son del conocimiento de un limitado número de personas, es decir que no son de libre disponibilidad.

Buscando marcar las diferencias entre la actividad del científico y la del tecnólogo reproducimos a continuación un párrafo del libro *La investigación científica*, de Mario Bunge, donde plantea el tema de la predicción científica y de la previsión tecnológica y muestra un ejemplo muy claro, que nos permite decir que predecir la órbita de un cometa es tarea del científico, y planear y prever la órbita de un satélite artificial es tarea del tecnólogo.

### LA PREVISIÓN TECNOLÓGICA

«Para la tecnología, el conocimiento es principalmente un medio que hay que aplicar para alcanzar ciertos fines prácticos. El objetivo de la tecnología es la acción con éxito, no el conocimiento puro, y consiguientemente toda la actitud del tecnólogo cuando aplica su conocimiento tecnológico es activa en el sentido de que, lejos de ser un mero espectador, aunque inquisitivo, o un diligente registrador, es un participante directo en los acontecimientos. Esta diferencia de actitud entre el tecnólogo en acción y el investigador –de especialidades pura o aplicada– introduce algunas diferencias también entre la previsión tecnológica y la predicción científica.

En primer lugar, mientras que la predicción científica dice lo que ocurrirá o puede ocurrir si se cumplen determinadas circunstancias, la previsión tecnológica sugiere cómo influir en las circunstancias para poder producir ciertos hechos, o evitarlos, cuando una u otra cosa no ocurrirán por sí mismas normalmente: una cosa es predecir la órbita de un cometa y otra completamente distinta planear y prever la trayectoria de un satélite artificial. Esto último presupone una elección entre objetivos posibles, y una tal elección presupone a su vez cierta previsión de las posibilidades y su estimación a la luz de un conjunto de desiderata.

[...]

La predicción de un hecho o proceso situado fuera de nuestro control no cambiará el hecho o proceso mismo. Así, por ejemplo, por

muy precisamente que prediga un astrónomo el choque de dos astros, este acontecimiento se producirá según su propio curso. Pero si un geólogo aplicado consigue predecir un deslizamiento de tierras, podrán evitarse algunas de sus consecuencias. Aún más: proyectando y supervisando las adecuadas obras de defensa, el ingeniero puede hasta evitar el deslizamiento de tierras, es decir, puede trazar la secuencia de acciones capaz de refutar la predicción inicial.»<sup>41</sup>

Buscando sintetiza conceptos generales vinculados a la relación ciencia-tecnología, podemos decir que:

La tecnología está regida por un pensamiento de estructura interdisciplinaria, se maneja con una lógica sintética y destaca abiertamente su carácter utilitario. Toda solución de un problema tecnológico está orientada a satisfacer una necesidad. Sus actividades giran en torno a la **relación fines-medios**. Mientras que el pensamiento de la ciencia posee, en principio, una lógica analítica, una estructura unidisciplinaria y pone en valor (por lo menos como tendencia) su carácter desinteresado. En sus análisis se ocupa de la **relación causa-efecto**.

Como planteo global, la actividad del tecnólogo es más interdisciplinaria que la del científico.

La ciencia está guiada, sobre todo, por la **razón teórica**, mientras que la tecnología, si bien en lo posible se fundamenta en la teoría, está guiada por la **razón práctica**, aunque también se generan teorías tecnológicas.

La ciencia busca entender la naturaleza de las cosas, mientras que la tecnología busca hacer cosas en forma óptima y eficiente (lo mejor posible dentro de las condiciones fijadas).

En la ciencia los planteos giran alrededor de términos como, **correcto o incorrecto, verdadero o falso**, mientras que en la tecnología los planteos giran, en gran parte, alrededor de los términos, **funciona o no funciona**.

La ciencia, partiendo de realidades **plantea teorías (ideas)**, mientras que la tecnología, partiendo de ideas **genera realidades**.

<sup>41</sup> BUNGE, M. *La investigación científica*. Barcelona, Editorial Ariel, 1983, p. 702.

La ciencia está vinculada al conocimiento, la tecnología al desarrollo socioeconómico y al poder. Hoy la tecnología es poder, y a una escala jamás imaginada antes por el ser humano, que puede utilizarse tanto para construir un mundo mejor como para destruirlo.

La ciencia tiene un carácter universal, no hay ciencia regional o local; la tecnología puede ser local, determinadas tecnologías son útiles en determinadas regiones y no en otras, o para determinados sistemas sociales y no para otros.

La tecnología, que surge como respuestas a demandas de la sociedad, no sólo cambia el medio físico sino que al cambiar el medio termina cambiando la sociedad.

## **DESCUBRIMIENTO, INVENCIÓN E INNOVACIÓN**

Buscando aclarar más los conceptos de ciencia, de técnica y de tecnología, es interesante señalar que la ciencia avanza con el descubrimiento de hechos o leyes que explican los fenómenos, mientras que la técnica y la tecnología lo hace mediante la invención o la innovación en el campo de los objetos, productos o procesos.

Trataremos de explicar en pocas palabras la diferencia entre descubrimiento, invención e innovación.

**DESCUBRIMIENTO** es el hallazgo de algo que era desconocido, pero que existía. Podemos decir que es la puesta en evidencia de una estructura (una ley) de la naturaleza; Newton descubrió la gravitación universal.

La CIENCIA progresó gracias a los DESCUBRIMIENTOS.

**INVENCIÓN** es todo nuevo dispositivo, mecanismo o procedimiento concebido por el espíritu humano; en otras palabras es la acción y el efecto de encontrar la idea de un nuevo producto o procedimiento. Podemos decir también que la invención es la propuesta, de un nuevo medio técnico para obtener un resultado práctico. Edison inventó la lámpara incandescente, Watt inventó la máquina de vapor. «La invención es artística y difícil de planificar,

en tanto que la tecnología depende esencialmente de la buena planificación y de la aplicación de técnicas conocidas.»<sup>42</sup>  
**La INVENCIÓN es UN HECHO TÉCNICO.**

Una invención pasa a ser socialmente útil cuando las condiciones económicas y sociales posibilitan su producción, uso y difusión; en este caso podemos hablar de una innovación.

**INNOVACIÓN** (en el campo técnico-tecnológico) es la incorporación de un invento al proceso de producción. Schumpeter, al distinguir invención de innovación, planteó que la invención puede convertirse en "fruto y parte de la vida económica", con tal de que sea "explotada económicamente". Esto ha tenido un impacto considerable sobre los desarrollos recientes en el campo de la historia de la economía y de la técnica. En su libro *Business Cycles*<sup>43</sup> comenta el caso del globo aerostático que no tuvo ninguna repercusión en la situación económica de su época, así como las invenciones del mundo antiguo que durante siglos no produjeron efectos sobre el curso de la vida. Sin embargo, cuando una invención produce réditos se activa un proceso que es a la vez fruto y parte de la vida económica de su tiempo, y no algo que actúa sobre la vida económica desde afuera.

«No todas las invenciones llevan a innovaciones, y no todas las innovaciones tienen éxito. La mayor parte de las ideas y de las invenciones nunca se aplican o quedan sin desarrollar por largo tiempo hasta que surgen las condiciones apropiadas para que se produzca la innovación»<sup>44</sup>.

La idea o invención que se transforma en innovación puede ser la propuesta de un nuevo producto o proceso o también una mejora en un producto o en un proceso ya existentes.

Podemos hablar de innovación cuando la idea propuesta corresponde a algo que es técnicamente posible y que, por otro lado, el medio ambiente requiere y/o acepta.

<sup>42</sup> DAVIES, D.; BANFIELD, T.; SHEAHAN, R. *El técnico en la sociedad*. Barcelona, Editorial Gustavo Gili, 1979, p. 38.

<sup>43</sup> SCHUMPETER, J.A. *Business Cycles*. New York McGraw-Hill, 1939.

<sup>44</sup> CROSS, N.; ELLIOTT, D.; ROY, R. *Diseñando el futuro*. Barcelona, Editorial Gustavo Gili, 1980, p. 78.

Al hablar del medio ambiente tenemos que tener en cuenta: las expectativas del consumidor, así como las condiciones financieras, administrativas, políticas, culturales, etc. Es decir que, en nuestro planteo, la innovación no es solamente un hecho técnico, sino algo que además de ser técnicamente realizable y económicamente factible es deseado o aceptado por el medio ambiente económico y humano. La innovación fundamental de la revolución industrial fue la introducción de la máquina de vapor para accionar las máquinas de tejer. La innovación es el resultado de lo técnicamente posible con lo socioeconómicamente deseado o aceptado, y desde el punto de vista de la sociedad, o de la producción, puede ser relativamente insignificante como potencialmente revolucionaria.

### **La INNOVACIÓN es un hecho TECNOLÓGICO.**

**DIFUSIÓN.** La innovación en sí misma puede no tener mucha importancia social; para que el impacto sea significativo tiene que tener gran aceptación, es decir tiene que tener difusión. La difusión es lo que transforma, en última instancia, la innovación en un hecho económico-social.

La difusión, así como la innovación, son procesos estrechamente vinculados al contexto económico, social y político del medio en el que tienen lugar.

J.H. Hollomon (del Departamento de Comercio de Estados Unidos), dice:

«La secuencia, necesidad percibida, invento, innovación (limitada por factores políticos, sociales o económicos) y difusión o adaptación (determinada por el carácter organizativo y por el incentivo de la industria) es una de las que encontramos más frecuentemente en la economía civil o regular.»<sup>45</sup>

A continuación se transcribe una tabla del libro *Tecnología y economía*<sup>46</sup> en la que figuran los intervalos de tiempo entre invención e innovación de treinta y cinco diferentes productos y procesos.

### **INTERVALOS DE TIEMPO ENTRE INVENCION E INNOVACIÓN**

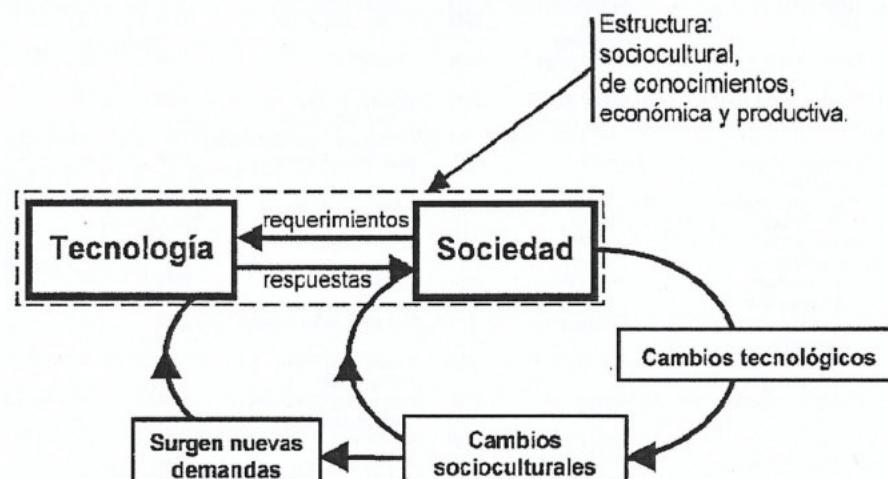
Invención Producto	Inventor	Fecha	Innovación Empresa	Fecha	(años)
Maquinilla de afeitar de seguridad	Gillette	1895	Gillette Safety Razor Company	1904	9
Lámpara fluorescente	Bacquerel	1859	General Electric, Westinghouse	1938	79
Televisión	Zworykin	1919	Westinghouse	1941	22
Telégrafo sin hilos	Hertz	1889	Marconi	1897	8
Teléfono sin hilos	Fessenden	1900	National Electric Signaling Company	1908	8
Tubo de vacío con tres electrodos	de Forest	1907	The Radio Telephone and Telegraph Company	1914	7
Radio (oscilador)	de Forest	1912	Westinghouse	1920	8
Máquina de hilar	Hargreaves	1765	Hargreaves'	1770	5
Hiladora (telar hidráulico)	Highs	1767	Arkwright's	1773	6
Hiladora mecánica intermitente	Crompton	1779	Fabricantes de maquinaria textil	1783	4
Máquina de vapor	Newcomen	1705	Empresa inglesa	1711	6
Máquina de vapor	Watt	1764	Boulton and Watt	1775	11
Bolígrafo	I. J. Biro	1938	Empresa argentina	1944	6
Máquina segadora de algodón	A. Campbell	1889	International Harvester	1942	53
Tejidos inarrugables	Company scientists	1918	Total Broadhurst Lee Company, Ltd.	1932	14
DDT	Company chemists	1939	J. R. Geigy Co.	1942	3
Precipitación eléctrica	Sir O. Lodge	1884	Cottrell's	1909	25
Refrigerante Freon	T. Midgley, Jr., A. L. Henne	1930	Química cinética Inc. (General Motors and Du Pont)	1931	1
Compás giroscópico	Foucault	1852	Anschütz-Kaempfe	1908	56
Endurecimiento de grasas	W. Normann	1901	Crosfield's of Warrington	1909	8
Motores de reacción	Sir F. Whittle	1929	Rolls Royce	1943	14
Turbomotores de reacción	H. von Ohain	1934	Junkers	1944	10
Discos de larga duración	P. Goldmark	1945	Columbia Records	1948	3
Grabación magnética	V. Poulsen	1898	American Telephone Co.	1903	5
Plexiglas, lucita	W. Chalmers	1929	Imperial Chemical Industries	1932	3
Nylon	W. H. Carothers	1928	Du Pont	1939	11
Energía dirigida	H. Vickers	1925	Vickers, Inc.	1931	6
Radar	Marconi; A. H. Taylor, L. Young	1922	Société Française Radio Électrique	1935	13
Reloj automático	J. Harwood	1922	Harwood Self-Winding Watch Co.	1928	6
Vaciado de revestimiento	J. Croning	1941	Fundición de Hamburgo	1944	3
Estreptomicina	S. A. Waksman	1939	Merck and Co.	1944	5
Terylene, dacron	J. R. Whinfield, J. T. Dickson	1941	Imperial Chemical Industries, Du Pont	1953	12
Reducción de titanio	W. J. Kroll	1937	U.S. Government Bureau of Mines	1944	7
Xerografía	C. Carlson	1937	Haloid Corp.	1950	13
Cremallera	W. L. Judson	1891	Automatic Hook and Eye Company	1918	27

<sup>45</sup> HOLLOMON, J.H. In: TRYBOUT R.A. (comp.), *Economics of research and development*, Columbus, Ohio, University Press, 1965, p. 253.

<sup>46</sup> ROSENBERG, N. *Tecnología y economía*. Barcelona, Editorial Gustavo Gili, 1976, p. 82-83.

## LA RELACIÓN BIDIRECCIONAL TECNOLOGÍA-SOCIEDAD

La **tecnología** (proceso y producto) y la **sociedad** (que la integra) son parte del medio en el que transcurre la vida humana. Ambas se generan simultáneamente, enmarcadas por una estructura, sociocultural, de conocimientos, económica y productiva, que las integra, y evolucionan manteniendo entre sí una relación que podemos calificar como bidireccional (**relación bidireccional tecnología-sociedad**), pues la sociedad plantea **requerimientos**<sup>47</sup> y la tecnología brinda **respuestas** a estos requerimientos. Si bien la realidad muestra que los desarrollos tecnológicos marcan la evolución material de la sociedad, hay que tener presente que esos desarrollos no son impuestos por la tecnología, sino que son respuestas a requerimientos de la sociedad. Sobre el tema es interesante recordar un dicho que dice: una buena idea debe esperar que la tecnología la haga realidad.



La relación bidireccional tecnología-sociedad se puede visualizar en este diagrama del proceso "Sociedad-Requerimientos-Tecnología-Respuestas-Sociedad".

<sup>47</sup> Los requerimientos suelen responder a necesidades o deseos, o también ser propios de ideas avanzadas, o consecuencia de presiones del mercado.

Analizando la relación bidireccional tecnología-sociedad queda claro que la sociedad, al plantear requerimientos, señala rumbos a la tecnología y a su vez la tecnología, al responder a los requerimientos, marca la evolución material de la sociedad pues genera cambios tecnológicos que a su vez generan cambios socioculturales. Todo esto plantea una permanente realimentación recíproca (bidireccional) y en consecuencia el proceso es cíclico y además dialéctico pues implica un diálogo tecnología-sociedad.

La sociedad puede o no aceptar la respuesta de la tecnología.

Sintetizando:

- La sociedad se autoconfigura por medio de la tecnología.
- La tecnología evoluciona al buscar respuestas a los requerimientos.

Buscando explicitar el proceso planteado nos remontamos a los orígenes del ser humano y de la técnica, y allí no podemos decir que el ser humano creó la técnica, o que la técnica creó al ser humano, sino que fueron naciendo juntos (el ser humano y la técnica)<sup>48</sup>.

Por ejemplo, cuando un homínido primitivo agarró un palo para defenderse comenzó por un lado gestando la técnica al asignarle al palo una función (la función de garrote) y en consecuencia convertirlo en objeto, y por otro lado gestándose como ser humano al ir racionalizando sus actos (es sus orígenes instintivos) con lo que le enseñaba ese pedazo de madera (el objeto garrote) que tenía en sus manos, que luego lo configuró para adaptarlo más eficazmente a su función. En síntesis el ser humano y la técnica nacieron juntos. La esencia de este hecho la podemos sintetizar en la posibilidad del ser humano de aumentar sus capacidades físicas, manuales e intelectuales.

<sup>48</sup> ORTEGA Y GASSET decía en 1933, «el hombre empieza cuando empieza la técnica»; «sin la técnica el hombre no existiría ni habría existido nunca». *Meditación de la técnica*. Madrid, Revista de Occidente, en Alianza Editorial, 1982, páginas 53 y 13.

CAPÍTULO II

## La tecnología, la sociedad y el ingeniero

*Los científicos exploran lo que es y los ingenieros crean lo que nunca ha sido*

Theodore von Kármán

Vivimos en un mundo modelado por la tecnología, jamás en su historia la sociedad humana estuvo tan condicionada por los desarrollos tecnológicos, jamás dependió tanto de la tecnología como en el mundo de hoy; ahora bien, dentro de ese contexto los avances tecnológicos plantean expectativas muchas veces totalmente disímiles, desde quienes piensan en un crecimiento sin límites que permitiría a todos nadar en la abundancia; o los que sin ser tan exageradamente optimistas confían en un futuro promisorio, con un enriquecimiento de la calidad de vida, resultado de los progresos científico-tecnológicos; hasta los que ven en esos progresos una deshumanización del hombre y un futuro incierto debido, entre otras causas, a la degradación del medio ambiente y al agotamiento de los recursos no renovables, y además con la espada de Damocles de una autodestrucción casi total.

En el libro de E.F.Schumacher *Lo pequeño es hermoso*, leemos:

«Los progresos de la ciencia y la tecnología durante los últimos siglos han sido tales que los peligros han crecido aún más rápidamente que las soluciones. Ya existe una evidencia abrumadora de que el gran sistema de equilibrio de la naturaleza se está convirtiendo persistentemente en desequilibrio particularmente en ciertas áreas y puntos críticos.»<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> SCHUMACHER, E.F. *Lo pequeño es hermoso*. Buenos Aires, Ediciones Orbis S.A., 1983, p. 30.

El tema es complejo y debemos reconocer que realmente existen problemas muy graves debido a usos incorrectos, inapropiados o simplemente sin control, de determinados desarrollos tecnológicos, pero creemos que la responsabilidad no es de "la tecnología", sino más bien de quiénes, en un desmedido afán de comodidad, de lucro o de poder, utilizan los recursos tecnológicos sin analizar previamente las consecuencias ecológicas, sociales y humanas que su uso y abuso pueden acarrear.

Dicho de otro modo, «los problemas sociales asociados a la tecnología provienen de la utilización que de ella se hace y no de la propia naturaleza de la tecnología.»<sup>2</sup>

Recordemos que si bien el hombre a lo largo de su historia trató por todos los medios de superar las barreras que le imponía la naturaleza (por ejemplo construyendo puentes para salvar ríos o precipicios, o barcos para extender su campo de acción), durante siglos aceptó sus leyes y aun se sometió a sus caprichos, sin cuestionar su papel tutelar. Pero todo cambió a causa del espectacular desarrollo de la ciencia y de la tecnología; el hombre pasó a sentirse dueño de la naturaleza, dominarla fue uno de sus objetivos fundamentales. Pero el uso indiscriminado y sin control de su poderío tecnológico está provocando consecuencias de carácter imprevisibles que pueden llegar incluso a afectar seriamente su propia existencia.

Frente a esta realidad posiblemente sea necesario replantear la relación hombre-naturaleza sobre la base de una mayor reciprocidad.

Actualmente, «el hombre no se siente parte de la naturaleza sino más bien como una fuerza externa destinada a dominarla y conquistarla.»<sup>3</sup> Esta situación debe revertirse y para esto es imperioso una toma de conciencia de la importancia de la tecnología y su impacto en el medio ambiente, y la necesidad de que quiénes estén directamente vinculados al tema, lo analicen en profundidad.

<sup>2</sup> DICKSON, D. *Tecnología alternativa*. Madrid, Ed. Orbis HYSPAMERICA, 1985, p.2.

<sup>3</sup> SCHUMACHER, E.F. *Op. cit.*, p. 14.

Si buscamos las personas más directamente implicadas en los temas tecnológicos nos encontramos con los ingenieros; podemos decir que éstos están en el centro de todos los desarrollos tecnológicos, y más aún, que son los principales constructores del mundo artificial que nos rodea (los ingenios tecnológicos son obra de la ingeniería); al hablar de ingeniería implícitamente hablamos de tecnología.

Teniendo en cuenta que los ingenieros son los hacedores (generalmente mandatarios) de la obra tecnológica, su papel es muy importante, por lo tanto su formación, su función y su responsabilidad merecen ser objeto de profunda reflexión, máxime si se tiene en cuenta que el resultado de sus trabajos, es decir sus obras, en mayor o menor grado influyen en el equilibrio de la naturaleza, siendo fundamental que al concretarlas tengan en cuenta, no solamente los aspectos económicos y de rentabilidad, sino también sus consecuencias sociales, culturales, ecológicas y humanas.

El ingeniero no debe ser un simple espectador pasivo del proceso socioeconómico, sino fundamentalmente un participante activo; debe asumir el papel que le corresponde en este mundo modelado por la tecnología, y encauzar los desarrollos tecnológicos para el bien y el progreso de la humanidad.

En este capítulo trataremos de analizar sucintamente el tema de la tecnología, la sociedad y el ingeniero, análisis que puede servir de base para una ulterior profundización.

Como hemos dicho los ingenieros están directamente vinculados con la tecnología y los procesos tecnológicos, es decir con actividades centradas en el hacer: concebir, construir, crear, fabricar, en otras palabras, con actividades creativas. La ingeniería es una profesión fundamentalmente creativa, posiblemente entre las más creativas (crear es la actividad específica del ingeniero).

John J. Sparkes, en el artículo *Un programa de educación recurrente: el curso de tecnología de la Open University*, dice:

«La premisa esencial de la tecnología es esa actividad creadora que constituye el estudio de concepción. [...]»

El estudio de concepción es parecido a la actividad creadora de un investigador científico cuando propone una nueva teoría, pero difiere de ésta al menos en tres puntos: a) es la actividad diaria, normal, del ingeniero; b) está orientada hacia un objetivo específico; casi todos los estudios de ingeniería tienen como punto de partida una especificación, aunque sea una de las tareas del ingeniero poner en tela de juicio las especificaciones, en lugar de aceptarlas simplemente; c) es preciso tomar en consideración muchos aspectos no científicos de un problema. No basta aplicar la ciencia al diseño o a la invención de un nuevo procedimiento o sistema, es preciso tener en cuenta también su efecto en la sociedad, su aceptabilidad para el público, su fiabilidad y su coste.

Se puede decir que un científico es alguien que observa una zona estrictamente determinada del mundo real, a menudo en el laboratorio, y que bajo la superficie del fenómeno observado, trata de alumbrar ideas y principios unificadores que incorporará en hipótesis y teorías. Cuanto más profunda sea en sus observaciones y más universalmente aplicables sean sus teorías, más eficaz resultará como científico.

Pero el tecnólogo, aun buscando como el científico ideas unificadoras subyacentes, de alguna forma debe volver pronto al mundo cotidiano y diseñar su coche, su fábrica, su computadora o su sistema de transporte dentro del mundo real y no en el laboratorio.

Para tener éxito, su proyecto debe tener en cuenta todos los complejos factores de interacción que ya hemos enumerado. En otros términos: no debe contentarse con aplicar la ciencia que ha aprendido; debe utilizar su conocimiento de la sociedad, de la economía, de la psicología humana, del dominio y de la conservación del medio ambiente para crear un objeto que no sea simplemente aceptable para el público, sino que tienda a mejorar la calidad de la vida. Este es un aspecto de lo que nosotros consideramos la esencia de la tecnología.»<sup>4</sup>

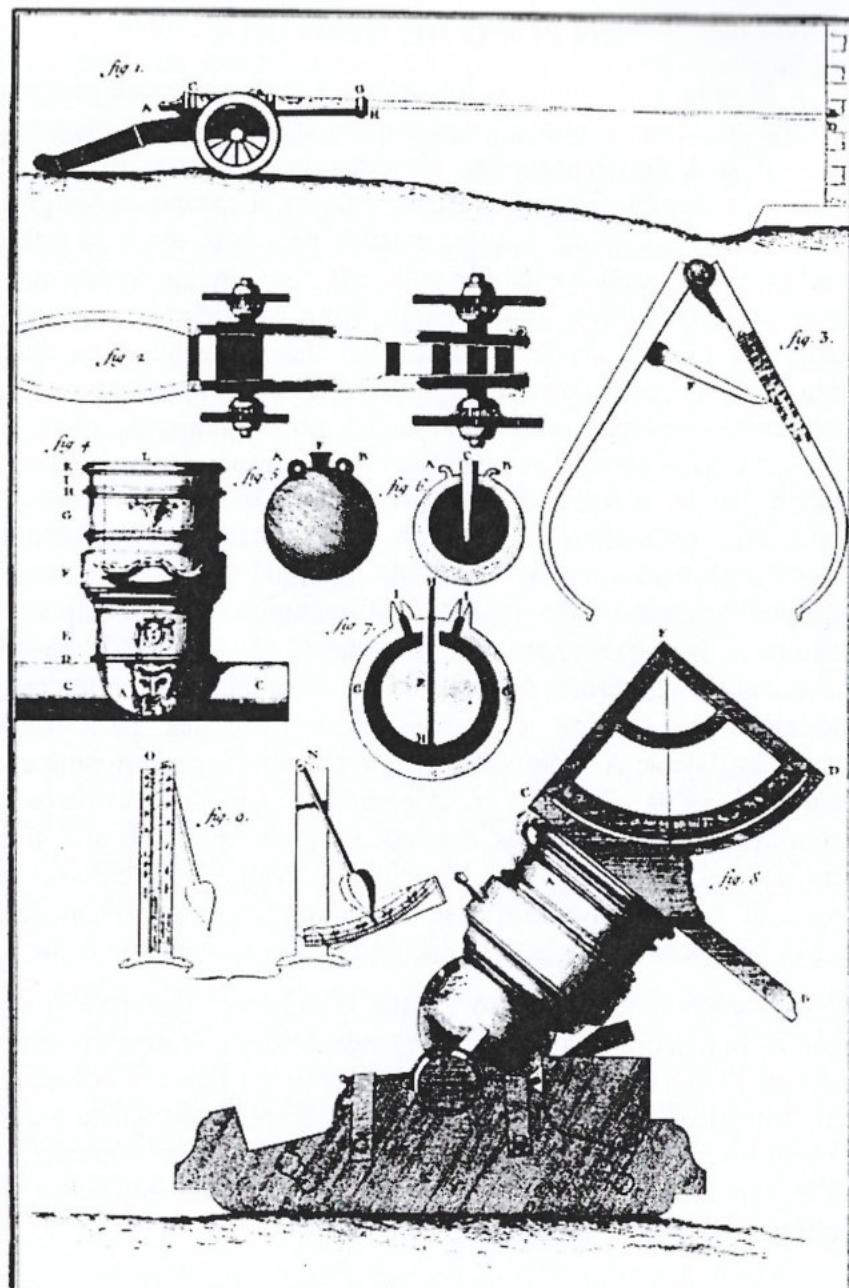
<sup>4</sup> SPARKES, J.J. Un programa de educación recurrente: el curso de tecnología de la Open University. In: Revista *Perspectivas* (París, UNESCO), Vol. IV. N°1, 1974. (Reproducido en: *Aprender y trabajar*. París, UNESCO, 1980).

## UN POCO DE HISTORIA

Si quisieramos buscar los orígenes de la actividad profesional que hoy conocemos con el nombre de ingeniería tendríamos que remontarnos a las importantes civilizaciones del pasado (como la egipcia, por ejemplo), cuyas realizaciones en el campo de las grandes construcciones (templos, diques, canales de riego, etc.) no hubieran visto la luz si no hubiera habido personas con conocimientos que hoy llamamos ingenieriles. Es decir que como actividad profesional sus orígenes se pierden en la historia. Han llegado a nuestros días los nombres de algunos ingenieros militares de la antigüedad (o más exactamente personas que hoy llamaríamos ingenieros, pues en la época este término aún no existía), por ejemplo: Mandrokles, que formó parte del ejército de Darío (550? - 486? a.C.); Artemon de Clazomene, colaborador de Pericles (495? - 429? a.C.); Polidos, de Filipo de Macedonia (382? - 336? a.C.); Diadas y Charias, de Alejandro Magno (356? - 323? a.C.); etc.<sup>5</sup> En el campo de la mecánica podemos recordar a Arquímedes (287 - 212 a.C.), ciudadano de Siracusa y discípulo de la Escuela de Alejandría, que trató de racionalizar la técnica y buscó leyes generales para explicar fenómenos físicos; Arquímedes, junto a Ctesibios (de la misma época, y también de la Escuela de Alejandría), son los primeros, que podríamos llamar ingenieros mecánicos, pues aplicaron sus conocimientos científicos en la construcción de artefactos técnicos. En la Escuela de Alejandría es donde se encuentran los primeros antecedentes, que conozcamos, de la vinculación entre la técnica y la ciencia.

Parece haber consenso en que la palabra "ingeniero" tiene su origen en la palabra latina *ingenium* (ingenio), que tanto en ese idioma como en español, se refiere a máquinas o artificios mecánicos (es decir "ingenios"), así como también a una disposición innata y natural del espíritu, la facultad de discurrir o inventar ("el ingenio"). Una asociación similar también se presenta en el idioma inglés: *engine* = máquina; *engineer* = ingeniero.

<sup>5</sup> GILLE, B. *Histoire des techniques*, París, Gallimard, 1978, p. 318-319, 325.



Diderot, *Encyclopédie*, París, 1762

Desde el siglo XII aparece frecuentemente, en las publicaciones que han llegado hasta nuestros días, la palabra latina *ingeniator* para referirse a los técnicos especializados en la construcción de máquinas de guerra y también de fortalezas.

Pero parece que el término "ingeniero" tiene un origen mucho más antiguo, ya que en una carta de Plinio el Joven (Siglo II) aparece el término *ingeniosus* con referencia al constructor de máquinas de guerra; es decir que en sus orígenes, y durante largo tiempo, estuvo asociado a la ingeniería militar.

A mediados del siglo XVII, el inglés John Smeaton, para diferenciar su especialidad de la del experto en construcciones militares, adoptó, por primera vez, el título de ingeniero civil, expresión que hasta el siglo XX se aplicaba a cualquier ingeniero que no estuviese directamente relacionado con trabajos militares.

Podríamos decir que el ingeniero, en la concepción actual de la profesión, tiene sus orígenes en el Renacimiento, período de cambios radicales en el esquema mental del hombre europeo, que profundiza sus reflexiones sobre la técnica. Surge así el ingeniero que racionaliza la técnica haciendo uso de los recursos de las matemáticas. Este nuevo profesional rompe con las tradiciones del artesano, aferrado a sus corporaciones, en las que las prácticas técnicas eran secretos celosamente guardados, y se afirma en actividades como la arquitectura, el arte militar, las construcciones civiles, las construcciones de máquinas, etc.

El ingeniero del Renacimiento abarcó muchos campos, generalmente artista, se caracterizó por ser creador, inventor, y no se manejó con simples recetas, sino que apeló a la razón.

La técnica de la época se adelantó a la ciencia. El dibujo pasó a desempeñar un importante papel en el desarrollo de la técnica, simplificando la parte descriptiva.

Entre los representantes de la época podemos mencionar a Brunelleschi (1377-1446), artista-escultor-arquitecto-ingeniero que en 1420 construyó la cúpula de la catedral de *Santa María dei Fiore*, en Florencia, obra de ingeniería cuya metodología de construcción todavía hoy sigue llamando la atención, y a Leonardo da Vinci (1452-1519),

el más ilustre ingeniero de la época, y posiblemente el modelo más acabado del ideal del ingeniero, llamado a Milán por Ludovico Sforza (Ludovico el Moro) en 1482 no precisamente por su capacidad como escultor, pintor o fundidor, sino, sobre todo, por sus conocimientos en ingeniería militar (Leonardo le había enviado una carta ofreciéndose como experto en arte militar y armamentos). Leonardo fue quien planteó por primera vez la expresión de la resistencia de una viga de sección cuadrada apoyada en sus extremos, y quien dijo también que "la mecánica es el paraíso de los matemáticos, pues, es en ella, que éstos se realizan". En 1516 Leonardo es nombrado, por Francisco I, Rey de Francia "Primer pintor e ingeniero y arquitecto del Rey".

Los aportes de Leonardo en el campo de la ingeniería son muy vastos: trabajó en las esclusas del canal de Milán, escribió un tratado de hidráulica, que no publicó, estudió las ruedas de los molinos de agua, el ángulo de ataque del agua, la forma de las paletas, trabajó en proyectos de paracaídas, de hélices aéreas, de máquinas volantes, de fortificaciones, de carros de combate, etc., diseño planos de ciudades, hizo profundos estudios sobre la viga empotrada en uno de sus extremos (el caso de los balcones), construyó modelos de canales con madera y vidrio para estudiar el movimiento del agua, etc.

Suele asumirse como fecha de institucionalización de la profesión de ingeniero el 27 de junio de 1490, fecha en que fueron convocados por Ludovico el Moro los maestros-ingeneros de la época, entre los cuales estaba Leonardo, para definir una maqueta de la torre interna de la Catedral de Milán.<sup>6</sup>

Siguiendo el hilo histórico del desarrollo de la profesión podemos mencionar a Galileo Galilei (1564-1642), padre de la dinámica moderna y del método experimental en las ciencias, que además de hombre de ciencia era un técnico. Refiriéndose a él, Bunge dice: «Galileo se interesó vivamente por problemas metodológicos, gnoseológicos y ontológicos: es un científico y un filósofo y, por añadidura, un ingeniero y un artista del lenguaje».<sup>7</sup>

<sup>6</sup> LEMOIGNE, J.L. Les paradoxes de l'ingénieur. In: *Culture technique*, N° 12, mars 1984, p. 328.

<sup>7</sup> BUNGE, M. *Epistemología*. Barcelona, Editorial Ariel, 1980, p. 30.

Con Galileo se asiste a un gran progreso en el conocimiento de los fenómenos naturales, la búsqueda de cuantificarlos y expresarlos matemáticamente.

## EL INGENIERO EN EL MUNDO DE HOY

Buscando definir al ingeniero en el mundo actual podemos comenzar diciendo que, desde un punto de vista estrictamente institucional, el ingeniero es un egresado de una Universidad o de un Instituto habilitado, con el título académico que lo consagra como tal. Pero si quisiéramos caracterizarlo en función de sus actividades comencemos recordando una definición del término ingeniería, redactada en 1828 por Tomás Tredgold, a pedido de la Institución de Ingenieros Civiles de Londres, que dice:

«El arte de dirigir los grandes recursos de energía de la naturaleza para uso y conveniencia del hombre».<sup>8</sup>

Esta definición abarca gran parte de lo que actualmente se conoce como ingeniería y nos da una idea de la imagen que se tenía de la ingeniería y del ingeniero, pero hoy tendríamos que redefinir la actividad de este último. Louis de Broglie, un científico francés, redactó en 1958 una definición que en lo esencial dice:

«El ingeniero es en cierta manera, por definición, un hombre que se ha especializado en la ejecución de ciertas aplicaciones de la ciencia[....] debe poseer conocimientos científicos amplios y precisos [....]. En campos hoy importantes de la electrónica y de la radioelectricidad, los ingenieros aportan constantemente al progreso de las ciencias tantas colaboraciones esenciales como los sabios de profesión».<sup>9</sup>

Si tomamos como base sus realizaciones, podemos decir que:

<sup>8</sup> Definición citada por HARDY CROSS en: *Los ingenieros y las torres de marfil*. México, McGraw-Hill, 1971, p. 165.

<sup>9</sup> DE BROGLIE, L. *Nouvelles perspectives en microphysique*. París, Albin Michel, 1958, p. 264.

El ingeniero es un hombre que, partiendo de conocimientos, ideas, medios y recursos (materiales y humanos) concibe y construye objetos o productos tecnológicos, realiza proyectos técnicos o desarrolla procesos; su objetivo fundamental es, como planteo general, mejorar la calidad de vida del ser humano.

Esta definición posiblemente sea un poco genérica, pero es difícil plantearla en forma mucho más precisa, habida cuenta del amplio espectro de actividades vinculadas a la ingeniería en sus diversas especialidades.

Intentar definirlo en función de las actividades específicas que puede llegar a desarrollar tampoco es fácil pues las mismas abarcan desde asesoramientos, peritajes, proyectos, cálculos, investigación, planificación, fabricación, etc., hasta dirección, administración, gestión, comercialización, etc. Pero teniendo en cuenta que detrás de cualquiera de esas actividades está siempre el objeto o el producto tecnológico, es decir que su actividad está vinculada, fundamentalmente, a la técnica y a los procesos tecnológicos, podemos caracterizarlo diciendo que:

#### **EL INGENIERO ES EL HOMBRE DE LA TECNOLOGÍA**

Lo caracterizamos así, pues como regla general está vinculado a los desarrollos e innovaciones tecnológicos. Podemos afirmar que el ingeniero es sobre todo un tecnólogo, no un científico, en algunos casos puede llegar a serlo, pero esto no está en la esencia misma de su profesión; para él la ciencia es una herramienta básica que debe conocer muy bien pues la utiliza a menudo, pero es una herramienta y no una meta en sí.

Tener conocimientos científicos, por profundos que sean (y el ingeniero los tiene), no significa ser científico; aplicar conocimientos científicos (utilizar la ciencia) no es hacer ciencia.

La actividad específica del ingeniero se desarrolla dentro del campo de la tecnología, buscando satisfacer las necesidades o los deseos del hombre, mediante los objetos o los productos tecnológicos, partiendo de los recursos disponibles.

La tecnología es, por intermedio de los objetos o los productos tecnológicos, el factor de mediación entre las necesidades o los deseos del hombre y los recursos disponibles.



La función del ingeniero es precisamente hacer que entre estos tres elementos, "los recursos", "los objetos o productos" y "las necesidades o deseos" haya una correspondencia óptima, es decir que debe optimizar "los recursos" de que dispone. Para esto deberá poseer el sentido de la técnica y/o de la tecnología, entendiendo por tal la capacidad de vincular óptimamente los recursos (materias primas y elaboradas), con las necesidades o los deseos del hombre, mediante los objetos o los productos tecnológicos, utilizando los medios y conocimientos disponibles (la tecnología); en otras palabras debe poner sus conocimientos y los recursos que le ofrece la naturaleza al servicio de la sociedad.

La tecnología se materializa, se concreta, en los objetos o los productos tecnológicos que responden a necesidades o deseos del hombre; a diferencia de la ciencia que busca el conocimiento pero que no genera productos materiales, la tecnología si los genera.

El proceso tecnológico es, en última instancia, un acto de creación; en este aspecto la tecnología se aproxima más al arte que a la ciencia, pero a diferencia de la obra de arte, en la que no existe una preintencionalidad de obtener un resultado determinado de antemano,

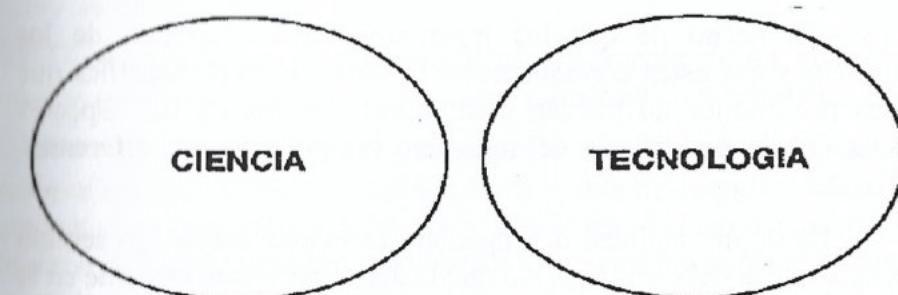
el objeto tecnológico es esencialmente un objeto utilitario, racional, que responde a necesidades bien definidas, y concebido y realizado por el hombre mediante una acción puramente concreta.

El objeto tecnológico es una creación, una síntesis; tecnología y creación están asociadas. La creación tecnológica es la síntesis de recursos y conocimientos, pero si bien es una síntesis "formal", también es una síntesis "temporal", el tiempo está indisociablemente unido al objeto tecnológico.

El tiempo no condiciona la existencia y el valor de las leyes científicas, que pueden permanecer inmutables durante largos períodos, mientras que no sucede lo mismo con la tecnología y sus productos que dependen del tiempo y varían fundamentalmente a lo largo del mismo. Se puede hablar del tiempo técnico. Es decir que a la relación que habíamos planteado entre las necesidades o deseos (requerimientos), por un lado, y los recursos por otro, como condicionantes del hecho tecnológico, hay que agregarle el factor tiempo, la solución correcta de un problema tecnológico, es la solución posible en un momento dado, y no una solución ideal pero perdida en el tiempo; como tampoco un proyecto hermoso pero irrealizable.<sup>10</sup>

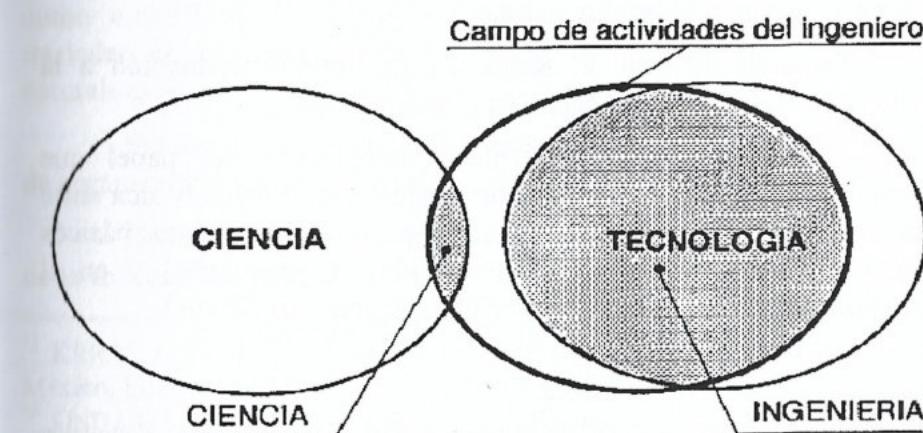
## CAMPO DE ACTIVIDADES DEL INGENIERO

Si quisiéramos representar gráficamente el campo de actividades profesionales vinculadas al quehacer del ingeniero, podríamos partir de dos grandes campos de actividades:



En cada uno de estos campos, que están íntimamente interrelacionados, se desarrollan actividades diferentes, en el primero (el de la ciencia) la búsqueda de conocimientos; en el segundo (el de la tecnología) la solución de problemas concretos.

Dentro de este marco podemos representar el campo de actividades del ingeniero, que abarca fundamentalmente el campo de la tecnología, pues el ingeniero es sobre todo un tecnólogo, no un científico, aunque en algunos casos puede llegar a serlo.



<sup>10</sup> En este análisis se ha tenido en cuenta un trabajo de JEAN MICHEL titulado: *Du sens de la technique dans les formations d'ingénieurs et dans l'enseignement en général*. In: *Education scientifique et formation professionnelle* (Septièmes journées internationales sur l'éducation scientifique, Chamonix, France, 1985), Comité d'organisation JES 7, p. 105.

Cuando actúa en el campo de la ciencia hace ciencia, cuando actúa en el campo de la tecnología hace ingeniería, dos actividades fundamentalmente diferentes.

Sobre este tema, John D. Bernal en su libro, *Historia social de la ciencia*, escribe:

«El hecho de que los ingenieros hayan derivado de los científicos y que estén continuamente ligados a ellos no significa que ambas profesiones no puedan distinguirse. De hecho, los aspectos funcionales del científico y del ingeniero son radicalmente diferentes. [....]

La responsabilidad del ingeniero es mucho mayor, en sentido práctico, que la del científico. No puede detenerse excesivamente en la teoría abstracta: debe producir diversamente, según las tradiciones de la experiencia pasada y probando al mismo tiempo nuevas ideas.

En algunos campos de la ingeniería, la ciencia desempeña en realidad un papel casi subsidiario a la experiencia. Los barcos de hoy, aunque llenos de ingenios científicos en sus mecanismos y controles, son construidos por hombres que basan su experiencia en los viejos barcos, de modo que puede decirse que la construcción naval, desde la canoa primitiva al moderno trasatlántico, ha seguido una tradición técnica casi continua. La fuerza de la tradición técnica reside en que nunca puede hacer las cosas mal: lo que ha funcionado antes funcionará ahora; su debilidad está, por decirlo así, en que no puede arrojar por la borda su propio lastre.»<sup>11</sup>

También Edward V. Krick en su libro, *Introducción a la ingeniería y al diseño en la ingeniería*, trata el tema:

«Es difícil lograr una plena apreciación del papel que desempeña la ingeniería si no se comprende la diferencia básica entre la ciencia y la ingeniería. Estas difieren en los procesos básicos característicos de cada una (investigación versus diseño) y en el producto final (conocimiento versus obras y aparatos físicos).

<sup>11</sup> BERNAL, J.D. *Historia social de la ciencia*. Barcelona, Ediciones Península, 1967, p. 39.

La ciencia es un cuerpo de conocimientos; es específicamente el conocimiento humano acumulado de la naturaleza. Los científicos encaminan sus trabajos primordialmente a mejorar y ampliar tal conocimiento. [....]

El objetivo primario del hombre de ciencia es el conocimiento como un fin en sí mismo.

En contraste, el producto final del trabajo de un ingeniero usualmente es un dispositivo físico, una estructura o un proceso.

Sin ninguna duda, el giróscopo, el satélite metereológico, el radio-telescopio, el electrocardiógrafo, la planta de energía nuclear, la computadora electrónica y el riñón artificial, son productos de la ingeniería. El ingeniero desarrolla estos artefactos mediante el proceso creativo llamado diseño (en contraste con la actividad principal del científico: la investigación). Algunos de los intereses primarios del ingeniero, a medida que realiza ese proceso, son la factibilidad económica, la seguridad para la vida humana, la aceptación del público y la manufacturabilidad de sus obras.»<sup>12</sup>

Sobre el mismo tema, el Ing. Raúl A. Ondarts, en su libro, *La ingeniería y los ingenieros*, dice:

«La labor específica de ingeniería no consiste en la investigación de laboratorio que lleva al invento o al descubrimiento, aunque eventualmente pueda ser ingeniero el investigador (aun si lo fuera, en este caso no estaría actuando como tal sino como físico o como científico). La labor específica del ingeniero comienza al trasladar el experimento de la escala del laboratorio a la de la naturaleza. [....]

Esa labor es de una complejidad obvia; ella incluye aspectos de organización administrativa, económicos y técnicos.»<sup>13</sup>

Debemos reconocer que los dos campos, el de la ciencia y el de la tecnología, muchas veces se tocan, sobre todo en los trabajos de

<sup>11</sup> KRICK, E.V. *Introducción a la ingeniería y al diseño en la ingeniería*. México, Editorial Limusa, 1978, p. 46-47.

<sup>13</sup> ONDARTS, R.A. *La ingeniería y los ingenieros*. Buenos Aires, Emece Editores, 1964, p. 22.

investigación y desarrollo, y algunas veces pueden llegar aun a solaparse, particularmente en algunos procesos muy sofisticados, pero la zona gris de confluencia de ambos (en general pequeña) no invalida en lo más mínimo el razonamiento que hemos hecho en cuanto a la diferencia entre los dos campos, pues generalmente se puede determinar si lo que se está haciendo es investigación o desarrollo (diseño).

Podemos recordar lo que dice, refiriéndose al tema de la ciencia y la tecnología, Harold A. Foecke, Ex Director de Educación Preuniversitaria de Ciencia y Tecnología de la Unesco:

«[....] una es esencialmente un deseo de "conocer" la otra un deseo de "hacer", espero que Uds. convendrán en que son de naturaleza diferente. Pero pueden estar relacionadas (y es aquí donde surge parte de la confusión) porque a veces para "hacer" algo mejor es necesario "saber algo más", pero esto significa simplemente que el producto de una actividad se transforma en un "aporte" para la otra permaneciendo las actividades mismas diferentes.»<sup>14</sup>

A continuación se transcribe un párrafo del libro de Herbert A. Simon, Las ciencias de lo artificial, en donde se hace un enfoque interesante del tema, y además se plantea un serio interrogante en cuanto a la actual formación de los ingenieros.

«Histórica y tradicionalmente, ha venido correspondiendo a las disciplinas científicas enseñar cuánto hace a las cosas naturales: cómo son y cómo funcionan. En tanto que corresponde a las escuelas de ingeniería enseñar cuánto hace referencia a las cosas artificiales: cómo hacer artefactos que reuniesen unas determinadas propiedades, cómo diseñar.

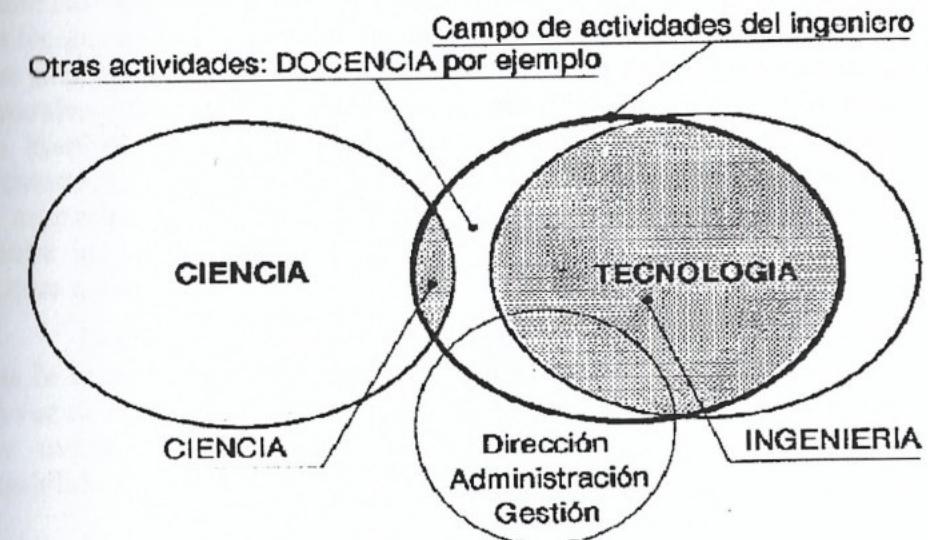
Los ingenieros no son los únicos diseñadores profesionales. Diseña todo aquél que concibe unos actos destinados a transformar situaciones existentes en otras. La actividad intelectual que produce artefactos materiales no es fundamentalmente diferente de la que receta medicamentos para un paciente enfermo, ni de la que imagina un plan de ventas para una compañía o una política de mejoras

<sup>14</sup> FOECKE, H.A. La formación de los profesores de ciencia integrada. In: *Nuevas tendencias en la enseñanza integrada de las ciencias*. Vol. III, UNESCO, 1977, p. 3.

sociales para un estado. El «diseño», interpretado de este modo, constituye la esencia de toda preparación profesional, es la marca distintiva que separa las profesiones de las ciencias. Las escuelas de ingeniería, al igual que las de arquitectura, comercio, cultura, leyes y medicina se centran sobre todo en el proceso del diseño o proyecto.

Visto el papel clave que desempeña el diseño en la actividad profesional, resulta irónico que en este siglo las ciencias naturales hayan barrido a las ciencias de lo artificial de los programas de las escuelas profesionales. Las escuelas de ingeniero se han convertido en escuelas de física y matemáticas; las escuelas de medicina, en escuelas de ciencias biológicas; las escuelas de enseñanzas comerciales, en escuelas de matemáticas finitas. El empleo de adjetivos como "aplicadas" oculta, pero no modifica la realidad.»<sup>15</sup>

Volviendo al gráfico del campo de actividades del ingeniero, para que sea más completo habría que tener en cuenta que el ingeniero puede cumplir también otras actividades, como por ejemplo: dirección, gestión, administración, docencia, etc., que pueden o no implicar actividades específicamente tecnológicas, en ese caso el gráfico resultante sería el siguiente:



<sup>15</sup> SIMON, H.A. *Las ciencias de lo artificial*. Barcelona, A.T.E., 1978, p. 87.

A modo de conclusión reproducimos un párrafo del libro del Ing. Marcelo A. Sobrevila, *La profesión de ingeniero*.

«Para finalizar este tema y a modo de síntesis, digamos que un ingeniero es un profesional que ha adquirido una metodología de trabajo que le permite tomar un problema, analizarlo, conocer sus objetivos y metas, poder trazar un programa de trabajo, tomar los elementos auxiliares necesarios, pronosticar los resultados, saber qué medios humanos y materiales necesita, saber qué costo ha de tener la solución, poner en marcha todos los elementos de la solución, supervisar el camino de la solución, poner todo en normas y tolerancias, saber hacer los ensayos de rutina y de recepción, poner en marcha industrial el producto o la obra o la instalación y labrar toda la documentación necesaria para la entrega formal y el pago. Quien repase este listado descubrirá fácilmente la diferencia entre un ingeniero y un aplicador de ciencias. La metodología es diferente.»<sup>16</sup>

## CAPITULO III Técnica, tecnología y civilización

*La historia de las civilizaciones es la historia de sus técnicas.*

Miguel Angel Quintanilla

La técnica es tan antigua como el ser humano, Ortega y Gasset decía (en un curso desarrollado en el año 1933 en la Universidad de Verano de Santander); «el hombre empieza cuando empieza la técnica; sin la técnica el hombre no existiría ni habría existido nunca; la técnica es hoy una de las máximas dimensiones de nuestra vida, uno de los mayores ingredientes que integran nuestro destino. Hoy el hombre no vive ya en la naturaleza sino que está alojado en la sobrenaturaleza que ha creado en un nuevo día del Génesis: la técnica; La técnica es lo contrario de la adaptación del sujeto al medio, puesto que es la adaptación del medio al sujeto; La técnica es la reforma de la naturaleza; Un hombre sin técnica, sin reacción contra el medio no es un hombre; Para el hombre vida significa no simple estar, sino bienestar, [....] El bienestar y no el estar es la necesidad fundamental, la necesidad de las necesidades; hombre, técnica y bienestar son en última instancia sinónimos; El afán de ahorrar esfuerzos es lo que inspira a la técnica.»<sup>1</sup>

Desde sus orígenes el ser humano buscó transformar el medio que le rodeaba en función de sus necesidades, deseos o expectativas en vez de adaptarse resignadamente al mismo. A lo largo de los siglos, por medio de la técnica y de la tecnología, fue ampliando sus posibilidades y su campo de acción.

<sup>16</sup> SOBREVILA, M.A. *La profesión de ingeniero*. Buenos Aires, Ediciones Marymar, 1988, p. 26.

<sup>1</sup> ORTEGA Y GASSET. *Meditación de la técnica*. Madrid, Revista de Occidente, en Alianza Editorial, 1982, páginas 53; 13; 14, 31; 28; 32; 33; 35; 43.

Las herramientas, producto de la técnica, le permitieron aumentar la eficacia de sus manos y de sus brazos; los medios de transporte le dieron mayor libertad de locomoción, las piernas dejaron de ser su único medio de desplazamiento; los anteojos, el telescopio y el microscopio le posibilitaron ampliar su campo de visión; los sistemas de amplificación mejoraron sus posibilidades de audición; y actualmente las computadoras facilitan su trabajo intelectual. Todo esto le posibilitó ir transformando progresivamente el medio que lo rodea; podemos decir que sobre el mundo natural construyó un mundo artificial. En consecuencia el mundo material en el que hoy vivimos es más artificial que natural, siendo lo artificial consecuencia del accionar técnico-tecnológico.

La técnica se remonta a los orígenes mismos del ser humano, la existencia de objetos paleolítico en los tiempos prehistóricos indican la presencia del ser humano y simultáneamente de la técnica. La gran importancia que ésta ha tenido en la prehistoria de la humanidad se pone de manifiesto en el hecho que épocas enteras tales como la Edad de la piedra pulida, la Edad de la piedra tallada, la Edad del bronce y la Edad del hierro se las designa de acuerdo a los materiales y procedimientos técnicos en ellas utilizados.

Es imposible concebir el desarrollo y la evolución del ser humano sin el auxilio de la técnica, es un ser demasiado débil y desprotegido frente a las fieras o a las inclemencias de la naturaleza; imaginémoslo defendiéndose solamente con las manos y los dientes, o en un medio ambiente natural sin los elementos de protección y de confort de que dispone actualmente. Si ha podido progresar es debido a que por medio de la técnica ha logrado munirse de las herramientas que le han permitido defenderse y cambiar su hábitat.

Los productos prehistóricos señalan la presencia del *homo faber*, que se caracteriza por fabricar y usar herramientas u otros objetos producto de la técnica, por ejemplo el hacha de piedra, el punzón de hueso o el arco (la primera máquina que almacena energía para entregarla en el momento del disparo).

Lo que caracteriza al *homo faber* es el uso de herramientas que prolongan su mano y su brazo. Las herramientas le han posibilitado en unos casos defenderse y en otros actuar sobre el mundo que lo rodea y modificarlo.

Desde el punto de vista psicológico son muy importantes pues consolidan la confianza en sí mismo al permitirle ir independizándose de las circunstancias externas.

Con el correr del tiempo el ser humano comienza a cultivar la tierra y a domesticar los animales, descubre la alfarería y más tarde la metalurgia. En su afán de ahorrar esfuerzos introduce el uso de los animales de carga y de la tracción animal, así como de la palanca; luego inventa la rueda (aproximadamente unos 3000 años antes de nuestra era, presumiblemente en Asia Anterior) que revolucionó el transporte y contribuyó al desarrollo de la civilización urbana. En Europa el uso de la rueda se remonta a unos 1500 años antes de nuestra era. Con el empleo de la rueda y la tracción animal el ser humano da el primer paso en la búsqueda de liberarse del trabajo físico pesado.

Para simplificar sus tareas, apeló a dispositivos (máquinas) más complejos, que transmiten o transforman el movimiento, por ejemplo el torno de alfarero o la rueca, que utilizan los movimientos del pie y de las manos. El torno de alfarero, que probablemente haya nacido en la Mesopotamia en la misma época que la rueda, consiste en un disco giratorio horizontal en cuyo centro se coloca un trozo de arcilla y permite que una persona produzca en pocos minutos una vasija que exigiría mucho más tiempo y trabajo hecha sin ese dispositivo. El torno de alfarero hizo de la alfarería una industria mecanizada y especializada, posiblemente la primera en la historia de la humanidad.

Se van forjando así grandes civilizaciones, la Mesopotamia, Egipto, India y China fueron centros de civilizaciones superiores en las que la técnica se fue desarrollando, logrando en algunos campos grandes progresos, la metalurgia es uno de ellos (los objetos de hierro aparecen aproximadamente unos 4000 a 3000 años antes de nuestra era), otros campos en los que hubo grandes desarrollos fueron la arquitectura y el tejido. Sin embargo tenemos que llegar a la civilización griega para poder hablar de un verdadero sistema técnico.

El llamado "milagro griego" que comenzó a gestarse en el siglo VI antes de nuestra era y que se caracterizó por un gran desarrollo en el campo del pensamiento, abarcó también el de la técnica, y se llegó a plantear un verdadero sistema técnico, pese a eso no se puede hablar de un progreso global en ese campo.

El ingenio puesto de manifiesto por los griegos en las construcciones civiles, en el campo de los armamentos, en dispositivos técnicos para el placer o la curiosidad, etc., no estuvo aplicado a la transformación de las condiciones de existencia cotidiana. Puede decirse que no les preocupó demasiado la transformación sistemática del trabajo humano y sus inventos técnicos no tuvieron ese objetivo; posiblemente no estaban dadas las condiciones para una mutación técnica. Se piensa que hubo un rechazo, por parte de los intelectuales, hacia un cierto mundo material, hacia lo que podemos llamar fines utilitarios de la técnica y un desprecio por todo lo que fuera trabajo manual, actividad reservada a los esclavos. Recordemos que tanto Platón como Aristóteles proponían que en sus ciudades ideales ningún trabajador manual pudiera ser ciudadano. La actividad artesanal o manual no era honrosa y deformaba tanto al cuerpo como al alma.

Es importante destacar que en esa época se asiste al surgimiento de la noción de ciencia, pero fundamentalmente de ciencia pura, pues los griegos valorizaban sobre todo el pensamiento puro y la contemplación, y como consecuencia no aplicaron plenamente sus grandes descubrimientos a la actividad material. No podemos decir que en la civilización griega, ni aun en su edad de oro, haya habido una real vinculación entre la ciencia y la técnica, hay que llegar a la época de la escuela de Alejandría para que aparezcan personajes como Ctesibio (aprox. 270 a.C.), Arquímedes (287-212 a.C.) o Herón de Alejandría (aprox. 150 a.C.), hombres de ciencia y además hábiles constructores de artefactos técnicos.

Arquímedes escribió varios tratados de física (*De los cuerpos flotantes; Sobre el equilibrio de los planos*; etc.), sin embargo ningún escrito nos ha llegado sobre sus inventos técnicos, que parece fueron numerosos, posiblemente porque no los escribió pensando que sus ingenios no eran dignos de un sabio, o porque se perdieron en la noche de la historia.

Refiriéndose a los inventores alejandrinos Giedion dice: «la idea de poner sus grandes talentos de inventiva al servicio de la producción fue ajena a su visión».<sup>2</sup>

La civilización griega llegó a su ocaso y como una continuidad histórica surgió la civilización romana. Los romanos se caracterizaron por sus grandes realizaciones técnicas y su racional capacidad de planificación en prácticamente todos los campos, pero la ciencia pura que habían desarrollado los griegos no atrajo su interés. No tuvieron grandes matemáticos, pero dentro del campo de la técnica fueron capaces de realizar admirables obras públicas de ingeniería: carreteras, puertos, acueductos, baños, teatros, etc., y además efectuaron una gran contribución a la civilización con la creación de un cuerpo jurídico, el llamado Derecho Romano. Los romanos también consideraron al trabajo manual como signo o causa de degradación o de deformación. El trabajo era una actividad propia de los esclavos, los que eran la fuente principal de energía en los trabajos pesados.

Con el cristianismo cambió esta concepción esclavista del trabajo pero se lo siguió presentando como un mal, un mal necesario que recuerda al ser humano la maldición divina *Ganarás el pan con el sudor de tu frente* (Antiguo Testamento). Pero esta concepción fue evolucionando, en muchos casos tomando como referencia párrafos del Nuevo Testamento, como por ejemplo *El que no trabaja no come* (San Pablo), y el trabajo fue adquiriendo poco a poco un sentido de redención. Pero hay que llegar a la época de la Reforma para poder hablar de una verdadera valoración del trabajo como actividad de dimensión social (La vida activa pasa a tener más significación que la vida contemplativa).

Según algunos autores la esclavitud, que fue la base de las relaciones de producción durante muchos siglos, bloqueó el progreso técnico, en la medida que al disponerse de una mano de obra servil no había necesidad de técnicas perfeccionadas para economizar el trabajo; pero según otros, «sería una solución muy simplista decir que el mundo grecorromano fracasó en su desarrollo técnico porque tenía abundancia de esclavos, y que en la Europa medieval y del Renacimiento se produjo un notable desarrollo técnico como consecuencia de la escasez de fuerza de trabajo a causa de las epidemias»<sup>3</sup>, pues los factores en juego fueron ciertamente mucho más numerosos y complejos.

<sup>2</sup> GIEDION, S. *La mecanización toma el mando*. Barcelona, Ed. Gustavo Gili, 1978, p. 48.

<sup>3</sup> CIPOLLA, C.M. *Historia económica de la Europa preindustrial*. Madrid, Alianza Universidad, 1981, p. 189.

En el siglo IV los llamados pueblos bárbaros atraviesan las fronteras del Imperio Romano, lo invaden y se produce la caída de dicho imperio, esto trae aparejado una crisis de la civilización grecorromana en Europa y consecuentemente una decadencia general de las técnicas y una regresión extraordinaria de la vida civilizada; pero significó al mismo tiempo el fin de la esclavitud en esa parte del mundo.

Los pueblos que Roma había civilizado descendieron a un nivel de vida muy rudimentario. El desastre fue tan grande que Europa tuvo que recomenzar prácticamente de cero; fue la obra formidable de la Edad Media, período de la historia que va del siglo V hasta mediados del siglo XV aproximadamente.

Es entonces que nace y se establece en Europa la sociedad feudal, tipo particular de organización social que caracterizó a la época. La desaparición de la esclavitud como mano de obra y fuente de energía provocó un cambio en el esquema productivo. Frente al señor feudal estaba el siervo, que si bien sufría una condición de sumisión, no era un esclavo, gozaba de ciertas libertades que lo motivaban a buscar mejorar su forma de vida y las condiciones de trabajo.

Alrededor de los castillos feudales se organizan los burgos, y con el paso de los años va surgiendo el artesanado. En el artesanado no hay división de trabajo, el artesano, trabajador manual que ejercita un oficio por su cuenta, realiza todo el proceso productivo, desde la obtención de la materia prima hasta la venta del producto final.

Durante la Edad Media hubo una intensa y fructífera actividad técnica, pese a que la opinión generalizada hasta hace poco tiempo no lo reconocía.

Dentro de ese marco un hecho técnico clave fue la introducción de la **máquina** en la estructura de producción. Esto tuvo lugar en Europa alrededor de los siglos X y XI, y la **máquina** fue el **molino**, pero no sólo para moler granos, como lo sugiere su nombre, sino el **molino como fuente de energía mecánica** para accionar diversos mecanismos, como por ejemplo sierras para cortar maderas, fuelles de fraguas, martinetes, bombas de agua, dispositivos con levas o con bielas-manivela en diversas aplicaciones (entre otras, para la fabricación del papel y el abatanado de la lana), etc. Los primeros molinos utilizados como fuente de energía mecánica fueron los de agua, y luego los de viento.

Es decir que en Europa comienza, por primera vez en la historia humana, el reemplazo sistemático de actividades físicas o musculares del ser humano o de los animales por la máquina (el molino), un hecho histórico que marca una ruptura con el mundo tradicional y el comienzo de la gestación del mundo actual.

Esta ruptura con el mundo tradicional la pone de manifiesto Cervantes cuando narra el episodio del hidalgo caballero Don Quijote frente a los Molinos.

Don Quijote, un defensor de la civilización de la caballería, una civilización en retirada frente al avance de la técnica, se encuentra con los molinos, los asume como la presencia de la técnica medieval, una técnica que la consideraba su enemiga pues era quién había puesto punto final a la civilización de la caballería, y en su locura busca destruirlos diciendo «*es gran servicio de Dios quitar tan mala sombra de sobre la faz de la tierra*». El supuesto idílico romanticismo de la caballería andante se enfrentaba con el pragmatismo de un nuevo mundo que nacía gestado por la técnica; el caballero con su lanza en ristre poco o nada podía hacer frente a los desarrollos técnicos (por ejemplo las armas de fuego).

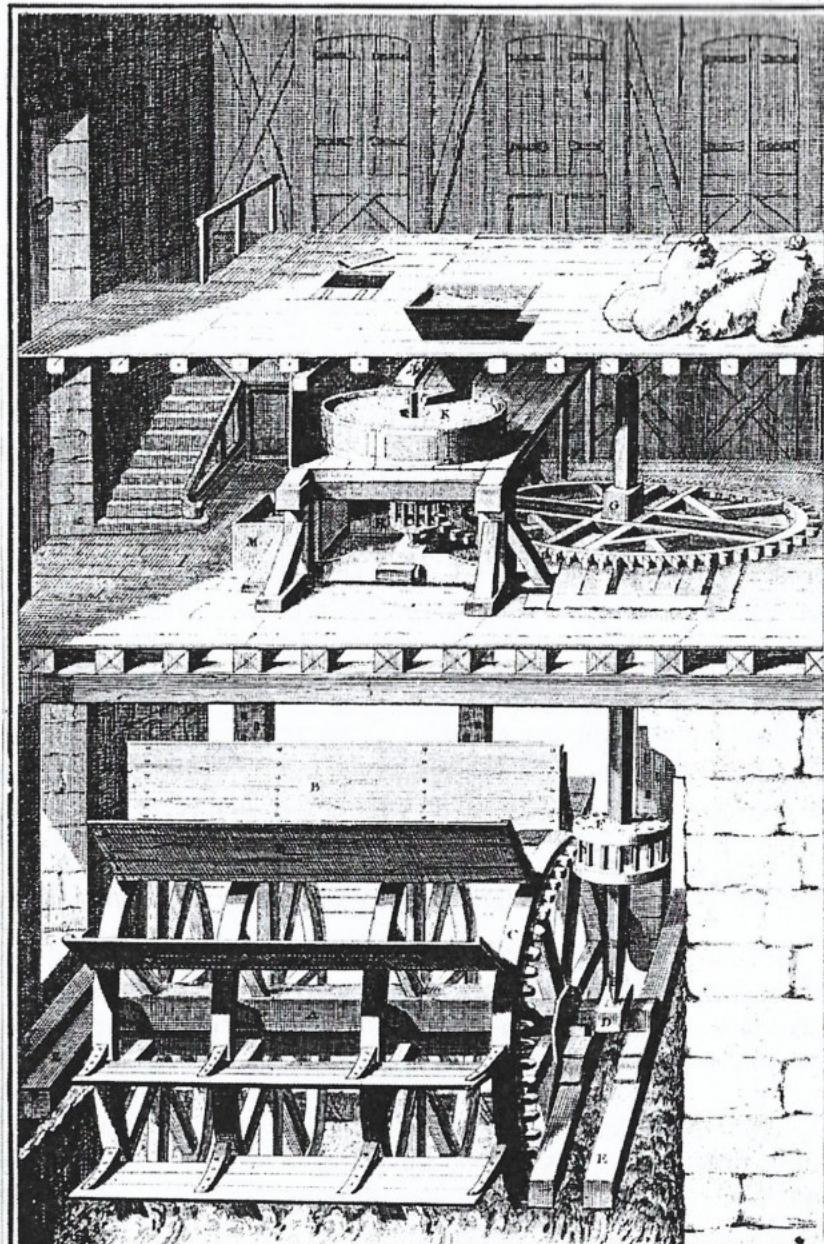
Possiblemente con ese episodio Cervantes quiere dejar constancia que a la España de su época le costaba aceptar este nuevo mundo que rompía con el mundo tradicional, y buscando caricaturizar la situación califica a los molinos (es decir a la técnica) como cobardes y viles criaturas.

Lynn White, en su libro **The Expansion of Technology**, dice:

«El lapso milenario de la Edad Media tiene el interés de que fue el período durante el cual Europa forjó la confianza en sí misma y la capacidad técnica que, después del 1500, la capacitó para invadir el resto del mundo, conquistando, saqueando, comerciando y colonizando.»<sup>4</sup>

Desde el punto de vista del desarrollo técnico la Edad Media marca una etapa interesante pues señala el comienzo del uso sistemático de energías alternativas para reemplazar la humana y la de los animales.

<sup>4</sup> WHITE, L. The expansion of technology 500-1000. In: *History of Europe*. London, 1971, Vol. I, p. 143.



Diderot, *Encyclopédie*, París, 1762

Molino de agua o Rueda hidráulica

Podemos decir que fue el período de gestación de las grandes transformaciones que condujeron al mundo de hoy. Pasaremos a analizar el desarrollo de esas transformaciones, pero haremos un recorte enfocando fundamentalmente los aspectos vinculados al aprovechamiento de los recursos energéticos que ofrece la naturaleza, porque posiblemente ahí esté el lejano origen de la industrialización y de ese fenómeno característico del mundo actual, la mecanización, que abarca no solamente las actividades productivas sino también las de la vida cotidiana; hoy la mecanización ha llegado al hogar.

Dejaremos de lado otros aspectos también importantes, pero desde otra óptica, como por ejemplo el desarrollo de la agricultura, el herrado de los caballos, el uso de los estribos, etc.

Ese gran cambio técnico, el uso de nuevas formas de energía (el aprovechamiento de los recursos energéticos que ofrece la naturaleza), abrió el camino de un cambio substancial en la forma de vida y preanunció lo que podemos llamar **la Revolución técnica del medievo**.

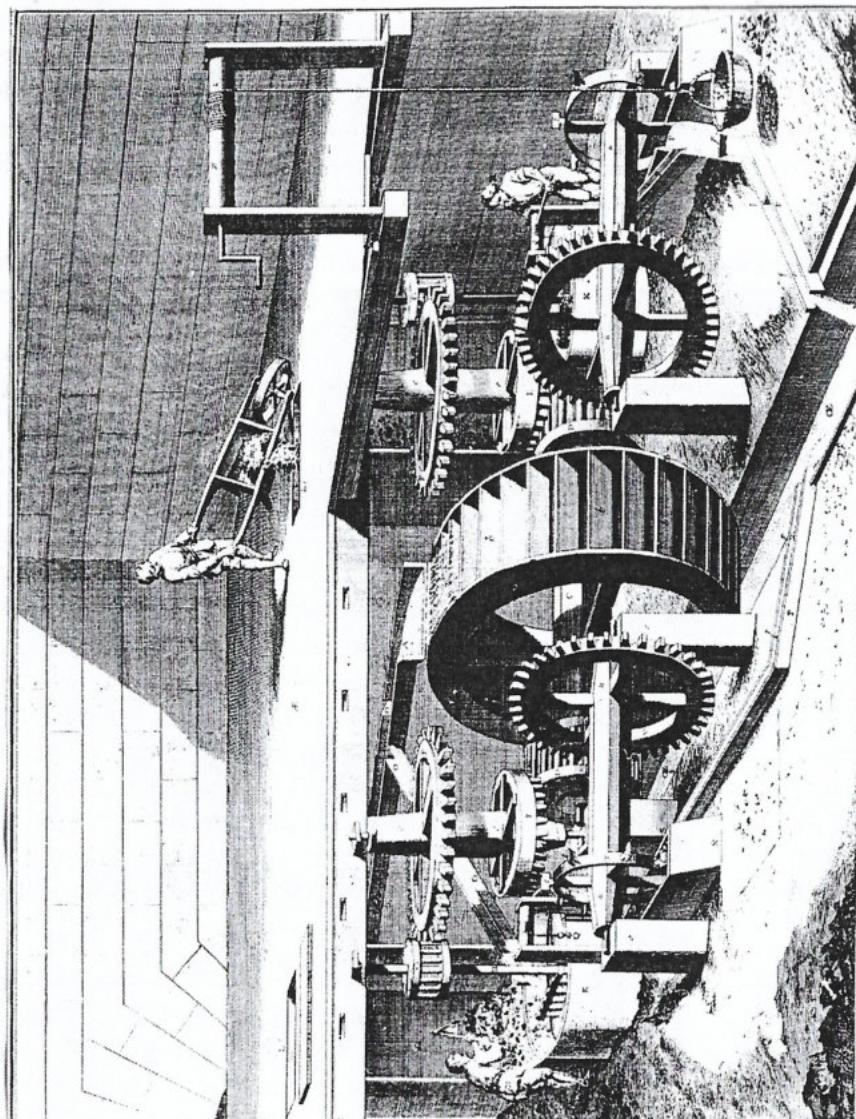
Es interesante destacar que los cambios técnico-tecnológicos, que están condicionados por factores sociales y económicos, pueden y suelen ser detonantes de grandes transformaciones socioculturales.

Hasta esa época, salvo casos particulares (por ejemplo la navegación a vela), las fuentes principales de energía eran: el trabajo humano (en general el de los esclavos) y el de los animales (en muchos casos mal aprovechado). La Edad Media marca un cambio de rumbo en este campo y en Europa comienza el aprovechamiento amplio y sistemático de otras formas de energía (las corrientes de agua y los vientos).

La sociedad medieval marca el comienzo del reemplazo de actividades físicas o musculares del ser humano o de los animales por la máquina, es decir comienza la mecanización de las actividades productivas.

Analizaremos este hecho (la mecanización), pero no las causas que lo motivaron que merecen un estudio profundo; simplemente a

título de comentario mencionaremos algunas: por ejemplo hay quienes plantean que la causa principal fue la falta de mano de obra,



Diderot, *Encyclopédie*, París, 1765

Molino de agua o Rueda hidráulica

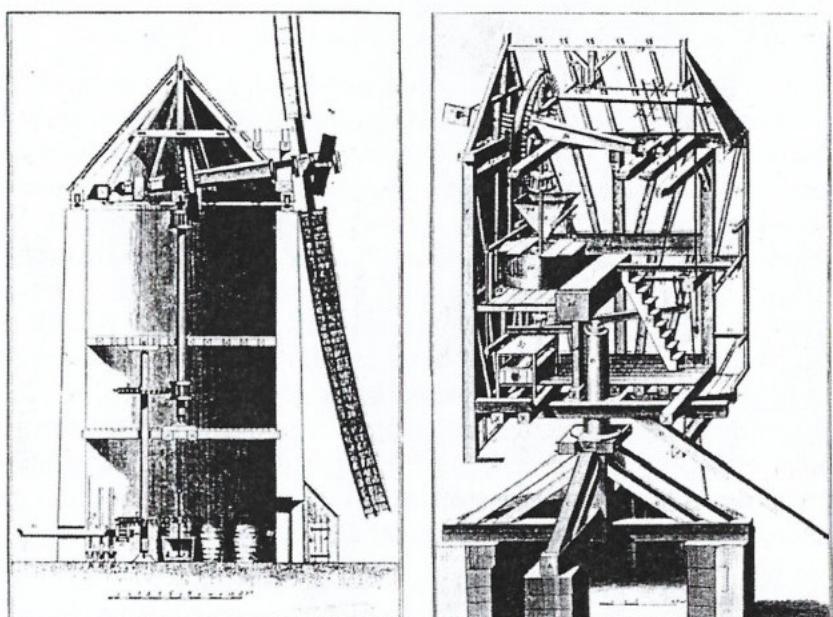
posiblemente por la desaparición de la esclavitud o como consecuencia de las pestes, otros sin embargo consideran insuficiente este argumento y hablan más bien de un cambio de mentalidad frente a un cambio de estructura y a una nueva realidad, habría que tener en cuenta, por ejemplo, una actitud mental (un cambio en cuanto a la aceptación de fuerzas inviolables a las que el ser humano debía someterse y que le impedían pretender dominar las fuerzas de la naturaleza; recordemos que se consideraba ofensa sagrada todo intento de afectar el orden de la naturaleza), o el ideal del conocimiento desinteresado, característico de los griegos, o la falta de conocimientos técnicos suficientes, etc. El tema es complejo y su estudio escapa del marco de este trabajo, nosotros nos remitiremos al hecho en sí, el empleo generalizado de la máquina (en la oportunidad los molinos de agua y de viento) en la actividad productiva, y sus consecuencias.

Si bien la rueda hidráulica (molino de agua) había aparecido en el Cercano Oriente un siglo antes de Cristo (Vitruvio hace una descripción detallada de un molino hidráulico allá por el año 16 antes de nuestra era) y el molino de viento en Persia probablemente en el siglo IX o X, la antigüedad clásica hizo un uso limitado de los mismos. Hay que esperar hasta el medievo para que los molinos (tanto de agua como de viento) entren a formar parte integrante de la estructura productiva.

Los molinos de agua se conocían en Europa ya en la época de los romanos, pero su uso no estaba muy generalizado y prácticamente se reducía a la molienda de granos. En un principio eran de eje vertical y requerían cursos de agua rápidos y grandes desniveles, por lo que se usaron sobre todo en zonas montañosas, se pueden considerar los precursores de las turbinas hidráulicas, los de eje horizontal (ruedas hidráulicas) parecen ser posteriores y su uso se generalizó en el medievo, primero vinculado con la molienda de granos, de allí el nombre con el que generalmente se lo conoce (molino), pero el ingenio humano amplió sus posibilidades y rápidamente entró a formar parte de la estructura productiva como fuente de energía mecánica en otras actividades entre las que podemos mencionar el abatanado de la lana (proceso consistente en golpear la tela en agua para encogerla y compactarla y aumentar así su resistencia).



Imagen de los Países Bajos hacia 1590



Molinos de viento, de torre de poste

En los siglos XIII y XIV se los utilizó también para accionar fuentes y martinetes de forja, para mover sierras, etc. y más adelante, a partir del siglo XV en el accionamiento de bombas para el drenado de minas, de máquinas de trefilar, etc. y como fuente de energía en las industrias textil y papelera. Cabe destacar que en el mundo musulmán el uso de los molinos de agua estaba casi exclusivamente restringido a la irrigación.

En el siglo XII aparece en Europa otra fuente de energía, los molinos de viento, según la tradición la idea fue traída por los cruzados. Inicialmente el molino de viento, en su versión europea, estaba montado sobre un sólido poste de madera que permitía que el molino (en este caso llamado molino de poste) pudiera ser girado para orientarlo cara al viento, esto limitaba el tamaño de los mismos. Para subsanar este problema se apeló a lo que se llamó molino de torre en el que el edificio y la maquinaria están inmóviles y gira solamente la parte de arriba, solidaria con las aspas, para poder orientarlas cara al viento. Esta modificación permitió la construcción de unidades más grandes. Una innovación posterior la "cola de viento", inventada por Edmund Lee en 1745, posibilitó la construcción de molinos de viento que pueden mantener sus aspas automáticamente cara al viento, éste es probablemente uno de los primeros ejemplos de control automático en el campo de la mecánica.

Los seres humanos de la Edad Media y del Renacimiento construyeron molinos de agua y de viento donde pudieron, lo que les permitió disponer de energía para incrementar el proceso productivo; esto no sucedió en otras partes del mundo. Estos molinos fueron la primera fuente de energía basada en las fuerzas de la naturaleza y para su época representaron lo que hoy puede ser el carbón, el petróleo o el uranio, pero la diferencia substancial es que la energía del viento o del agua debía ser utilizada *in situ* lo que imponía límites a la localización de las actividades productivas en función de la geografía y del clima. La difusión de los molinos en Europa marcó el comienzo de la ruptura con el mundo tradicional y un lejano preanuncio de la Revolución industrial.

A estas dos fuentes de energía, la hidráulica y la eólica, tenemos que agregarle una tercera, la del caballo, que ha

desempeñado un papel importantísimo hasta principios de este siglo.

El real aprovechamiento del caballo como animal de tiro comienza en Europa aproximadamente en la segunda mitad del siglo X como consecuencia de un cambio radical en el enjaezamiento de los mismos, hasta entonces se usaba el arnés de yugo, concebido para los bueyes y que se acomodaba muy bien a éstos, pero no a los caballos pese a una modificación consistente en una banda fijada al yugo y que rodeaba el vientre y el cuello de la bestia. Cuando el caballo se esforzaba por tirar para adelante esta banda tendía a asfixiarlo y a impedirle la libre circulación de la sangre.

El arnés moderno, cuyo uso en Europa podemos remontar al siglo XII, consiste en una collera rígida y almohadillada que colocada en el cuello del animal se apoya en sus huesos permitiéndole la libre respiración y circulación de la sangre. Esta collera se une a la carga por medio de tiros laterales o por medio de varas y le permite al caballo ejercer toda su fuerza de tracción. A título informativo comentamos que la potencia que puede desarrollar un caballo es equivalente a unos 700 vatios, pero con los antiguos arneses no superaba los 200 a 300; en cuanto a la que puede desarrollar un ser humano es equivalente a unos 100 vatios y durante breves períodos posiblemente el doble.

Estas tres fuentes de energía, la hidráulica, la eólica y la animal (el caballo) fueron la base del desarrollo técnico y económico del medievo.

Como hemos dicho, el medievo marca el comienzo de la mecanización en el mundo pues si bien la antigüedad conoció las máquinas no las utilizó sistemáticamente para simplificar el trabajo humano e hizo un uso restringido de las mismas.

Durante este período la mecanización se centró más en la producción de fuerza motriz, es decir en reemplazar el esfuerzo muscular del ser humano, que en reemplazar el trabajo manual especializado. Hoy la mecanización se ha generalizado y no sólo está presente en las actividades productivas, sino que condiciona prácticamente toda nuestra vida cotidiana.

El proceso de mecanización de las actividades productivas promovió una importante evolución de la técnica, por ejemplo: el

desarrollo de las ruedas y molinos hidráulicos y eólicos trajo aparejado el desarrollo de muchísimos mecanismos conexos (ruedas dentadas, bielas, etc.). Es interesante destacar que este proceso de mecanización fue un fenómeno típicamente europeo que no se dio en otras partes del globo. Como ejemplo podemos mencionar el caso del papel que aparece en China en el año 100 y recién llega a Europa a través de los árabes en el siglo XII o XIII, durante más de mil años los chinos lo fabricaron manualmente, mientras que desde su introducción en Europa se lo fabricó con medios mecánicos.

Recordemos que en esa época tanto en China como en los países árabes existía un nivel técnico comparable y en muchos casos superior al de Europa, pero la evolución de la técnica y de la mecanización en los países de este continente hace que todo comience a cambiar y en poco tiempo Europa pase a la cabeza del mundo.

«Refiriéndose a la técnica de los chinos Gimpel comenta que: sus grandes inventos no desempeñaron jamás un papel determinante en la evolución histórica del país».<sup>5</sup>

La actividad técnica durante la Edad Media fue intensa, muchos de los inventos que tuvieron lugar durante ese período sentaron las bases del mundo moderno, por ejemplo, el reloj mecánico, la máquina más compleja de la época y elemento clave del proceso de industrialización, hizo su aparición en el siglo XIII.

La invención del reloj mecánico marca una importante ruptura con el mundo natural, a partir de entonces ya no será más la salida del sol o el canto del gallo el que señalará el comienzo del día, sino el reloj, que además condicionará el ritmo de todas las actividades cotidianas.

Con el tiempo el ser humano pasó a ser esclavo del reloj.

Podemos mencionar también el uso de la brújula (invento chino que los europeos conocieron por intermedio de los árabes) y de la pólvora (invento también probablemente chino, pero que normalmente éstos no lo utilizaron con fines bélicos).

<sup>5</sup> GIMPEL, J. *La revolución industrial en la edad media*. Madrid, Taurus ediciones, 1981, p. 18.

Todos estos hechos preludieron grandes cambios en la estructura económica y sociocultural de la época.

El reloj, máquina precursora del mundo actual, planteó una nueva concepción mecánica del tiempo y fue sincronizando las acciones humanas imponiéndoles un ritmo (el ritmo de la máquina) que posibilitó más tarde el surgimiento del mundo industrial moderno; la brújula abrió el camino a la expansión de la navegación marítima; el uso de la pólvora y de las armas de fuego marcó el comienzo del fin de la estructura feudal (los castillos feudales, baluartes hasta entonces muchas veces casi inexpugnables dejaron de serlo frente a las bocas de fuego).

Son también de origen medieval la rueca, el timón de codaste, las tuercas y las llaves para tuerca, el movimiento pedal-manivela, así como la aplicación del árbol de levas en el trabajo mecanizado (accionamiento de martinetes de forja, etc.)

## LA REVOLUCIÓN TÉCNICA DE LA EDAD MEDIA

Como corolario de los cambios técnicos mencionados podemos hablar de la **Revolución técnica de la Edad Media** basada en la introducción de la máquina en múltiples actividades del quehacer cotidiano y consecuentemente el reemplazo de esfuerzos físicos o musculares por la energía que proporcionaban las máquinas.

La máquina tenía una fuerte presencia en la vida cotidiana por ejemplo los molinos eran sin lugar a dudas lugares públicos donde cada uno venía a moler su grano, y allí la máquina mostraba sus entrañas: los ejes, los engranajes, las piezas funcionales.

La presencia de la máquina en el quehacer cotidiano y el desarrollo técnico de la Edad Media generaron una **cultura técnica** que influyó en la evolución de la sociedad europea y contribuyó de manera decisiva al nacimiento del mundo actual; fue un factor importante en el surgimiento del Renacimiento y una pieza clave de la Revolución Industrial, partida de nacimiento de la sociedad industrial.

Los logros técnicos del medievo hacen que el europeo comience a tomar conciencia de su capacidad para utilizar y hasta dominar las fuerzas de la naturaleza, lo que le acrecienta la confianza en sí mismo y mentalmente empieza a superar una sensación de sujeción, de subordinación, casi podríamos decir de obediencia y de respeto frente al mundo natural en el que está inmerso, y a sentirse dueño de sí.

Esto amplía el alcance de sus posibilidades y comienza a perder la noción de límite, tanto en sus aspiraciones como en la utilización de los recursos de la naturaleza (fundamentalmente en lo referente a los no renovables) y a entrever la posibilidad de ser el constructor de un nuevo mundo, un mundo artificial hecho a su medida.

En pocos siglos el ser humano logró materializar en parte sus utopías y construir ese mundo artificial en el que vivimos, un mundo tecnológico cuya gestación comenzó en la Edad Media con la introducción sistemática de la máquina en la estructura social; un mundo con grandes ventajas, pero también con sus problemas, contaminación, degradación del medio ambiente, uso indiscriminado de los recursos no renovables, etc.

Como consecuencia de los logros técnicos y de cambios socioculturales nace un **SER HUMANO** nuevo (con mayúscula) que comienza a considerarse dueño de sí y del mundo y que va a ser el centro referencial de todo.

Este SER HUMANO nuevo está presente en todas las manifestaciones de ese fenómeno monumental de la humanidad que se llamó Renacimiento, período de grandes cambios en el campo de las artes, de las ciencias, de las técnicas, del comercio y de la vida social en general y que abarca los siglos XV y XVI.

Podemos detectarlo en el campo de la pintura, en donde se comienzan a representar personajes de la vida real, seres humanos de carne y hueso y no solamente escenas y personajes religiosos, o en el de la literatura donde Petrarca, por ejemplo, coloca en el centro del mundo no a Dios sino al ser humano (a su Laura), o en Dante que, asumiendo un papel de autoridad divina se arroga el derecho de juzgar a sus contemporáneos.

La arquitectura muestra otro ejemplo, no se construye más con el espíritu de las catedrales góticas, apoteosis de Dios, himno a Dios, sino que el paradigma es San Pedro (en Roma) que es un himno al ser humano, evidentemente dentro de un marco místico, pero apoteosis del ser humano, su luminosidad es un himno a la vida y no al más allá.

La concepción teocéntrica de la vida comienza a convertirse en antropocéntrica. Podemos decir que se asiste a la recuperación del antropomorfismo greco-latino.

En el campo de la cultura, un invento técnico, la imprenta de caracteres móviles (1440), provocó la expansión del conocimiento y como consecuencia grandes transformaciones en la estructura social. Como corolario el ser humano se libera de ataduras dogmáticas y científicamente comienza a cuestionar planteos teológicos.

Durante este período (siglos XIV, XV y XVI) se asiste al ocaso de la sociedad feudal y al nacimiento de los Estados Nacionales; al surgimiento de una clase intermedia entre la nobleza y los siervos, la burguesía, que va a desempeñar un papel clave en el posterior desarrollo socioeconómico de la sociedad; a la expansión del comercio; al descubrimiento de América; a la expansión ultramarina de Europa.

La rápida expansión ultramarina de Europa fue posible merced al galeón artillado, creado y perfeccionado por la Europa atlántica a lo largo de los siglos XV, XVI y XVII, este barco, poderoso en su época, permitió que los portugueses, los españoles, los holandeses y los ingleses impusieran el predominio Europeo en el mundo. Con el galeón Europa se adueñó de la alta mar, se expandió en África, conquistó América, destruyó el comercio marítimo musulmán en el Océano Índico monopolizando el comercio con el Lejano Oriente, y sentó las bases de su dominio económico en el mundo.

La supremacía adquirida por Europa en el terreno técnico fue la carta maestra que le permitió llevar a cabo su expansión económica, política y finalmente cultural.

El descubrimiento del nuevo mundo, la invención de la imprenta, el perfeccionamiento de las armas de fuego y el desarrollo de las construcciones navales y de la navegación originaron grandes cambios culturales que posibilitaron lo que podríamos llamar una revolución científica, asociada con ésta, encontramos nombres como Copérnico, Galileo, Kepler, Newton, Bacon, Descartes y muchos más.

Con Galileo Galilei (1564 - 1642) se asiste al nacimiento de la ciencia basada en el método experimental, aquí la influencia de la técnica fue fundamental, las herramientas que proporcionó (el reloj, el

telescopio, la balanza, los elementos de medición, etc.) fueron factores determinantes que permitieron la ampliación del campo de la observación y de la experimentación, y por ende el surgimiento de la ciencia moderna, que nació vinculada a la técnica, y más precisamente podríamos decir, con el auxilio de la técnica.

Donde primero se manifestó la revolución científica fue en el campo de la física y en particular de la mecánica, aquí los progresos fueron tan espectaculares que filósofos de la época llegaron a plantear una concepción mecanicista del universo, considerándolo como una gran maquinaria de relojería con Dios como "Gran Relojero". Esta concepción mecanicista marcó el desarrollo de la civilización europea.

Al finalizar este período, es decir en el siglo XVII y más precisamente en el siglo XVIII se produce un cambio en el esquema productivo, el surgimiento de la manufactura; en la manufactura el objeto es producido por un grupo de personas, cada una de las cuales efectúa una operación determinada (si bien en forma artesanal), la producción se basa en la división organizada del trabajo, aquí se segmentan las actividades productivas en forma tal que un determinado número de personas, trabajando en un mismo lugar, realizan articuladamente las tareas que antes realizaba una sola persona (el artesano), lo que conduce a un incremento de la productividad del trabajo.

Como consecuencia de este cambio surge una nueva relación económica y una nueva categoría social: el asalariado.

Sin embargo los desarrollos técnicos que posibilitaron **el reemplazo de esfuerzos físicos o musculares (del ser humano o de los animales) por la máquina** (los molinos y sus aplicaciones) no alteraron en mucho la estructura productiva que (como planteo general) siguió siendo de tipo artesanal. Por otra parte, razones de orden geográfico y climático limitaban el uso de los molinos tanto los de agua (ruedas hidráulicas) como los de viento.

Es decir que si bien hubo un cambio cuantitativo en la producción, no se puede hablar de cambio cualitativo.

Los cambios cualitativos comienzan a gestarse cuando se introducen las máquinas en el proceso productivo no sólo en reemplazo el esfuerzo físico sino también de la actividad manual del

ser humano, y con ellas comienza una nueva etapa, la producción industrial, que se caracteriza por la desaparición de las habilidades artesanales y la aparición de nuevas actividades vinculadas a la mecanización.

Estos cambios están vinculados a lo que más adelante se llamará la **Revolución industrial**, cuya consecuencia más inmediata fue el enorme aumento de la capacidad productiva. A partir de entonces el ser humano no se dedica más a producir simplemente lo necesario para la supervivencia; las necesidades y los deseos se multiplican, pero al mismo tiempo se multiplican los medios para satisfacerlos.

En el proceso de producción todo cambió en relativamente pocos años (en comparación con la historia de la humanidad), de la artesanía se pasó a la manufactura y finalmente a la producción industrial, donde la máquina fue substituyendo progresivamente gran parte del trabajo manual del ser humano.

## LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL (1760 – 1830)

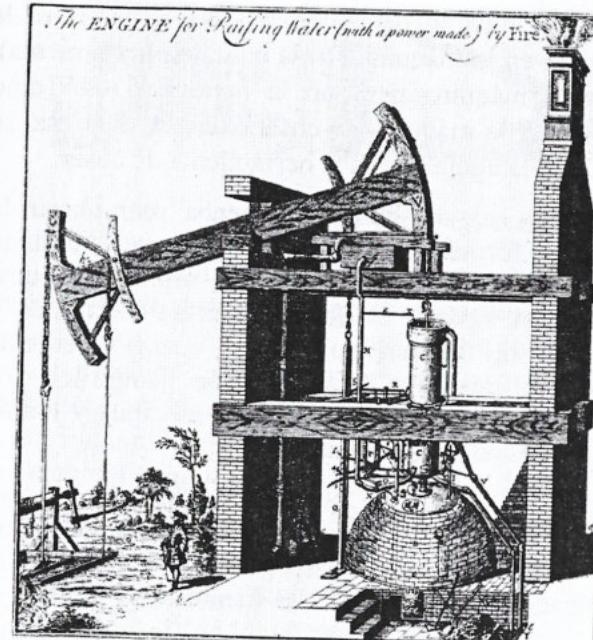
Evidentemente el progreso técnico ha tenido un desarrollo ininterrumpido a lo largo de la historia de la humanidad, pero la velocidad de este progreso se acrecentó rápidamente a partir del siglo XVIII, como consecuencia de transformaciones revolucionarias que tuvieron lugar en Gran Bretaña, y que fueron el resultado de una serie de factores interrelacionados que terminaron por trastocar el sistema social vigente dando nacimiento a la civilización industrial.

Entre estos factores cabe mencionar la expansión comercial británica y la ampliación del mercado de sus productos (las telas), lo que planteó la necesidad de una mayor producción, y aquí surgió un problema, la escasez de hilo (hasta entonces hecho manualmente en ruedas), y entonces, respondiendo a requerimientos del mercado, tiene lugar la invención de la hiladora mecánica, **el primer reemplazo sistemático de una actividad manual del ser humano por la máquina**. Al poco tiempo la producción de hilo supera los requerimientos de una producción de telas todavía artesanal (pese a la introducción de lanzadera volante de John Kay), y surge el telar mecánico; un

**segundo reemplazo, en la estructura de producción, de una actividad manual del ser humano por la máquina.**

Esas máquinas requerían fuerza mecánica para accionarlas, y en un principio lo único con que se contaba era la que suministraban los molinos de agua (con las limitaciones tanto climáticas como geográficas que se planteaban), hasta que James Watt puso a disposición de esta nueva forma de producción su máquina de vapor.

Las máquinas de vapor ya existían (como ejemplo podemos mencionar la de Newcomen) pero en sus orígenes habían sido concebidas para extraer el agua de las minas de carbón y tan sólo suministraban movimientos de translación (ida y vuelta), lo que les permitían accionar bombas hidráulicas. Pero Watt concibió trasformar (mediante un sistema tipo biela-manivela) ese movimiento de translación en movimiento de rotación, lo que posibilitó su empleo como fuente de energía mecánica en el campo de la producción.



Máquina de vapor de Newcomen para extraer agua de las minas

La introducción de la máquina de vapor de Watt (1769) posibilitó el desarrollo de lo que llamamos la **Revolución industrial**,

entendiendo como tal, no sólo cambios en las condiciones de producción (comienza la producción industrial) en diversas ramas de la industria, sino, y sobre todo, las transformaciones que en la estructura social provocaron estos cambios del esquema productivo

Si bien la máquina de vapor es el factor clave y el símbolo de la Revolución industrial, pues permitió la libre disponibilidad de energía para reemplazar tanto el esfuerzo físico o muscular como el manual del ser humano (sin su presencia la Revolución industrial no hubiera sido posible), hay que dejar constancia que **el disparador** de la Revolución industrial no fue la máquina de vapor, sino **el reemplazo de actividades manuales del ser humano por la máquina** (en sus comienzos, la hiladora y el telar mecánico), más concretamente por la máquina herramienta. Recordemos que en su libro *El capital* (Capítulo: Maquinismo y gran industria) Marx dice "la máquina-herramienta inauguró la Revolución industrial".

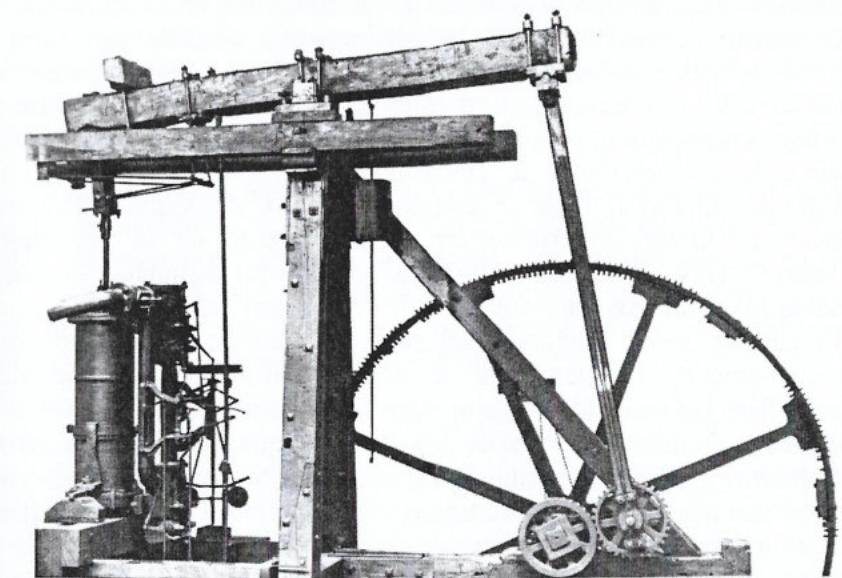
En la elaboración industrial la herramienta no está más en la mano del ser humano, está en la máquina (en la máquina-herramienta), el ser humano maneja la máquina pero no la herramienta. Como ejemplo podemos mencionar la máquina de coser, cuando se la usa, se maneja la máquina, pero no la aguja que es la herramienta de coser.

Desde hacía siglos, el ser humano buscaba reemplazar la energía muscular por otras formas de energía que lo fueran liberando de realizar esfuerzos físicos, primero fueron los animales (buey, caballo, etc.), más tarde el agua y el viento (energía hidráulica y eólica), pero éstas tenían sus límites, no sólo en cuanto a energía disponible sino también en cuanto a la localización geográfica (los molinos de agua requieren contar con una corriente de agua y los de viento con condiciones climáticas particulares).

Con la invención de la máquina de vapor de Watt (la primera fuente artificial de energía mecánica de rotación) la humanidad entra en una nueva etapa, el ser humano se independiza de los límites impuestos por la localización geográfica de las fuentes de energía y la máquina va liberando poco a poco al ser humano de todo lo que signifique esfuerzo muscular.

Si bien en este aspecto se ha recorrido un largo camino (muchas veces jalónado con grandes injusticias, por ejemplo: la

inhumana explotación, sobre todo de las mujeres y los niños, en las primeras etapas del desarrollo industrial), queda aún mucho por andar, pero estamos bien lejos del trabajo de los esclavos o de las máquinas movidas por la energía muscular del ser humano.



Máquina de vapor de Watt (1788)

La posibilidad de mecanizar las actividades vinculadas a la producción, de disponer de grandes cantidades de energía mediante el uso de la máquina de vapor, y de contar con otros adelantos técnicos, entre los cuales debemos mencionar en primer lugar el convertidor Bessemer para la producción de acero, que posibilitó su producción en forma industrial, permitieron el surgimiento de fábricas e industrias que cambiaron radicalmente el esquema de producción vigente hasta entonces. Fue el nacimiento de la industria moderna.

La Revolución industrial, fue el resultado de la conjunción de múltiples factores, económicos, técnicos, sociales, comerciales, culturales, etc., pero sin lugar a dudas el económico fue determinante, Bairoch dice, «durante los primeros decenios de esa Revolución industrial, la técnica fue, más que nada, un factor determinado por lo

económico que un factor determinante de lo económico»<sup>6</sup>. Podemos decir que fue una revolución técnico-económica y su mismo nombre evoca los cambios substanciales en el sistema de producción como consecuencia de una serie de invenciones que modificaron las condiciones de trabajo al introducir las máquinas en el esquema de producción y concentrar los trabajadores en las fábricas, lo que cambió todo el sistema de relaciones sociales. Pero serían impensables estas invenciones técnicas si en la época, y en el lugar en el que se produjeron, no hubiera existido el nivel de **cultura técnica** que hizo posible la concepción y la construcción de todo ese conjunto de máquinas (hiladora, telar mecánico, máquina de vapor, etc.) que fueron un factor importante en el surgimiento de la revolución industrial. Hay que tener en cuenta que los protagonistas de estos desarrollos técnicos no fueron ni sabios ni universitarios, sino simplemente seres humanos del pueblo, pero seres humanos que innegablemente poseían una cultura técnica que les permitió desarrollar la serie de invenciones que gestaron la Revolución Industrial; es común hablar de los factores que coadyuvaron en su surgimiento (políticos, económicos, sociales, etc.), pero normalmente no se menciona la cultura técnica que fue capital. La cultura técnica (la cultura tecnológica, si hablamos del mundo de hoy) ha marcado el camino de la evolución del mundo contemporáneo y ha plantado jalones muy importantes en su desarrollo.

Las invenciones que desencadenaron la Revolución industrial y otras que rápidamente les sucedieron fueron el resultado del ingenio y del trabajo de técnicos y artesanos que pusieron todo su esfuerzo en desarrollar nuevas máquinas para reemplazar el trabajo manual del ser humano (comenzando por la máquina de hilar y el telar mecánico), o en perfeccionar las existentes a fin de obtener energía mecánica para mover las máquinas (la máquina de vapor de Watt). La conjunción de los desarrollos en ambos campos posibilitó el nacimiento de la gran industria, que se consolidó gracias a circunstancias económicas excepcionales, vinculadas al rápido crecimiento del mercado para productos manufacturados (principalmente textiles), como consecuencia de los viajes y las conquistas coloniales del siglo XVII.

<sup>6</sup> BAIROCH, P. *Revolución industrial y subdesarrollo*. México, Siglo XXI editores, 1967, p. 12.

En el plano económico merece destacarse el surgimiento de una economía de mercado. De una economía cerrada de consumo se pasó a una economía abierta de producción.

La Revolución industrial si bien no fue una revolución en el sentido tradicional del término, es decir un acontecimiento violento destinado a cambiar el orden existente (un cambio revolucionario del que son autores conscientes los protagonistas del mismo), tuvo consecuencias más trascendentes que las de muchas revoluciones y realmente cambió la sociedad dando lugar al mundo contemporáneo.

La expresión Revolución industrial fue acuñada muchos años más tarde cuando la magnitud de las transformaciones producidas había prácticamente cambiado la vida del ser humano en los países que habían vivido esta revolución. «La Revolución industrial tuvo, para Inglaterra, el significado que para Francia tuvo la revolución política y para Alemania la revolución filosófica.»<sup>7</sup>

Con la introducción de las máquinas en el proceso productivo, cambió no solamente éste, sino todo el sistema de relaciones sociales, el ser humano dejó de desarrollar su actividad laboral en el seno de la familia para pasar a trabajar en la fábrica, que es el lugar en donde están las máquinas y donde el poder es mucho más "invisible".

Comenzó así un proceso de disgregación de la gran familia o clan, que en Occidente, desde hacía miles de años, había sido el centro biológico, espiritual y material de los integrantes de la comunidad, lo que provocó un cambio del orden social existente y el nacimiento de una nueva estructura social, la llamada **Sociedad industrial**.

La Revolución industrial es la mayor transformación de la sociedad desde el descubrimiento de la agricultura y marcó el paso de la sociedad agraria a la moderna sociedad industrial. La sedentarización y la revolución industrial son los dos únicos cambios cualitativos en la vida social, que el ser humano ha conocido. Si bien ahora estamos viviendo posiblemente otra etapa de grandes cambios cualitativos.

Este proceso de industrialización no sólo separó al ser humano como trabajador individual de su familia, sino que alteró toda la estructura familiar y más aún cambió al ser humano, modificando

<sup>7</sup> FOHLEN, C. *Qu'est-ce que la révolution industrielle?*. Paris, R. Laffont, 1971, p. 21.

muchas veces su ritmo de vida cotidiano y sus condiciones de trabajo. En el campo de la producción se pasó del artesano, al obrero sujeto a la disciplina de la fábrica. Al hablar de Revolución industrial se sobreentiende el creciente uso de máquinas, el empleo de hombres y mujeres en fábricas, y el cambio de pasar de una población compuesta principalmente de agricultores a otra, fundamentalmente ocupada en elaborar objetos o productos en fábricas y distribuirlos una vez elaborados.

Esta Revolución industrial, que se inició en Inglaterra en la segunda mitad del siglo XVIII, se propagó en el siglo XIX en el continente europeo (primero en Francia, Bélgica y Alemania), pero donde tomó un ímpetu verdaderamente arrollador fue en los Estados Unidos de América, probablemente, en parte, porque allí no estaba presente el freno a la introducción de nuevas formas de producción representado por las corporaciones.

Es importante señalar que la invención de las nuevas máquinas dio pie al surgimiento y a la expansión de la doctrina económica liberal, que plantea el libre juego de las fuerzas en presencia, como principio fundamental de la producción y el intercambio de bienes (con las nuevas máquinas y la doctrina liberal nace el capitalismo industrial). El advenimiento de la industria provoca el surgimiento de dos nuevas clases sociales: la burguesía industrial y el proletariado.

Con la Revolución industrial comienza la época de las técnicas modernas. Las nuevas máquinas automáticas (en sus orígenes vinculadas fundamentalmente a la industria textil) significan algo más que el desarrollo ulterior de las herramientas milenarias: el martillo, las tenazas, el arado, etc., pues si bien multiplican la fuerza del ser humano y reemplazan y aumentan su habilidad manual, le exigen, por otra parte, su atención y servicio. Inventada la máquina automática el ser humano pasa a ser servidor de la máquina; no sucedía lo mismo con la herramienta manual que era una prolongación de sus manos y estaba a su servicio cuando él la necesitaba, mientras que con la máquina, él está al servicio de la misma.

La conquista de la civilización occidental por la máquina no se produjo sin resistencia, desde sus comienzos provocó reacciones hostiles (podemos recordar, en los albores de la industrialización, la destrucción de los telares por los tejedores que se quedaban sin

trabajo, los "luditas"<sup>8</sup>), pero lógicamente la máquina terminó imponiéndose, liberando al ser humano de los trabajos más pesados y sucios. Todas las facilidades y comodidades de la vida moderna son el resultado de la introducción de la máquina en la sociedad moderna.

## LA SEGUNDA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

Si la introducción del vapor como fuente de energía mecánica marca el comienzo de la sociedad industrial, el progreso tecnológico no se detuvo y la humanidad asistió a la introducción de nuevas fuentes de energía. A finales del siglo XIX irrumpió la electricidad, primero destinada sobre todo a la iluminación, más tarde para uso industrial; luego el petróleo y los motores de combustión interna, y ya en la segunda mitad del siglo XX la energía atómica; habrá que ver lo que nos depara el futuro. Tengamos presente que la energía solar aún no está industrialmente aprovechada, y que el sol es la principal fuente de energía de la cual depende toda forma de vida en la tierra; no olvidemos que el carbón y el petróleo son energía solar acumulada, y que la energía de los rayos solares al evaporar el agua, fundamentalmente la de los océanos, forma las nubes que a su vez provocan las lluvias que alimentan los ríos, los que se aprovechan muchas veces para generar corriente eléctrica.

La irrupción de la electricidad, y del petróleo y los motores de combustión interna, preanuncian el comienzo de la **Segunda Revolución industrial o Revolución tecnológica**. La primera, que podríamos llamar de la máquina de vapor, marcó el paso de la manufactura a la industria y el nacimiento del capitalismo industrial, además preparó el camino de las grandes transformaciones que tuvieron lugar durante la segunda revolución industrial, cuyo comienzo no es fácil definir pero que podríamos fijar a finales del siglo XIX.

Entre las consecuencias más notorias de esta **Segunda Revolución industrial** podemos señalar una revolución en los transportes (terrestres, marítimos y aéreos), en las comunicaciones, en el empleo del tiempo libre, en la producción, etc. Podemos decir que

<sup>8</sup> LUDITAS: grupo de destructores de telares en el norte de Inglaterra (1812-18) seguidores de Ned Ludd.

la segunda revolución industrial, basada en la electricidad y el petróleo representó el triunfo de la energía eléctrica.

La idea del crecimiento continuo y sin límites fue el *leitmotiv* que guió a los que impulsaron las transformaciones que ocurrieron durante esta segunda revolución industrial (sobre todo en las primeras décadas de este siglo); esta idea, que ya en su época tuvo detractores (cuyas objeciones se diluyeron en medio de un clima de exaltación y optimismo), vuelve a ser objeto de un análisis crítico, entre otras razones porque los recursos naturales no renovables con los que cuenta la humanidad no son ilimitados y además, fundamentalmente, por una serie de problemas sociales y ambientales que son consecuencia de esta concepción del crecimiento.

Desde la óptica de la producción es interesante hacer un comentario referente a dos doctrinarios de la Segunda Revolución industrial, dos hombres clave del capitalismo industrial: Frederic Winslow Taylor (1856 - 1915) y Henry Ford (1863 - 1947).

Taylor fue el padre de la organización científica del trabajo; comienza sus experiencias en 1880 buscando determinar las velocidades más favorables para trabajar el acero y la forma de mejorar las herramientas, y al mismo tiempo trata de determinar la máxima cantidad de trabajo sostenido que se le puede exigir a un buen obrero, de forma tal que mantenga su ritmo durante varios años sin que, en principio, sufra molestias físicas. Para esto, se lanza a la conquista del control del gesto en la actividad industrial; el método que utiliza es el mismo tanto para determinar la herramienta que más conviene usar, como los gestos más convenientes del ser humano que maneja la máquina. El trabajo se descompone en operaciones elementales que son medidas y seleccionadas, buscando eliminar las que a primera vista resultan inútiles para el mejor rendimiento de la máquina, pero omitiendo tener en cuenta los aspectos humanos (psicológicos y fisiológicos) del complejo obrero-máquina.

La primera etapa de su experiencia era descorticiar y apropiarse del aspecto intelectual del trabajo del obrero, la segunda –la organización científica del trabajo– era obtener del obrero (sin posibilidades de aplicar sus conocimientos técnicos para fijar sus propias condiciones de trabajo) el máximo de eficacia dictándole las normas de trabajo. No se le pide al obrero que piense o razoné, sino

que opere al ritmo y de la manera como decide la oficina de métodos y planificación.

La organización científica del trabajo es lo que se conoce con el nombre de **taylorismo**.

Sin embargo faltaba un paso, incorporar esta organización científica del trabajo en un sistema de máquinas que progresara automáticamente y dictase su ritmo al obrero. Fue Henry Ford quien lo hizo al introducir la línea de montaje. Ahora bien, un cambio en las técnicas de producción implicaba un cambio paralelo en los modos de vida. Para producir mucho hacía falta un mercado que consumiera mucho, y como lo decía Henry Ford, no se podía contar solamente con los ricos, ellos no eran lo suficientemente numerosos, la producción en masa que planteaba Ford sólo podía imaginarse en una gran sociedad de consumo, para eso había que hacer de los obreros consumidores, integrarlos psicológica y financieramente al funcionamiento del capitalismo, como trabajadores y como clientes, he allí la solución. Para esto Henry Ford decide pagar más a sus asalariados y anuncia en todo E.E.U.U. ofertas de empleo prometiendo más del doble que en el resto del país. Pero lógicamente a condición de plegarse a la disciplina de la fábrica moderna, al rutinario trabajo en cadena, al ritmo impreso por el taylorismo. Ford basa su sistema en la idea de la prosperidad general como garantía de una producción masiva y altos salarios. Este sistema, el **fordismo**, es fundamentalmente una experiencia práctica, un fenómeno social.

En el fordismo, la productividad deja de ser el resultado de la sumatoria de esfuerzos individuales y pasa a depender de la planificación y correcta utilización de la capacidad de producción. Los obreros realizan solamente tareas fragmentarias y monótonas, aquellas que según Henry Ford cualquiera puede aprender en menos de dos horas, los hombres repiten los mismos gestos, muchas veces sin comprender su sentido, la concepción fordista del trabajo en cadena significa la marginación de la destreza, de la iniciativa individual, de la cultura tecnológica; pero podemos decir que la libertad de movimiento y la iniciativa perdidas son en parte compensadas por la disminución de la fuerza de trabajo necesaria para cumplir la función.

«Fundar la prosperidad sobre la organización "científica" del trabajo industrial y sobre un empleo "racional" de la máquina, [.....]

debía de constituir la ambición del siglo XX.»<sup>9</sup> Si bien este esquema productivo tuvo su vigencia, hoy es necesario la revisión de algunos conceptos.

Al respecto es interesante mencionar las palabras que en 1979 pronunciara Konosuke Matsushita, Consejero Ejecutivo de Matsushita Electric Industrial Co. Ltd.

«Nosotros vamos a ganar y el Occidente va a perder: ustedes ya pueden hacer poco para evitarlo, porque la derrota la llevan en ustedes mismos.

Sus organizaciones son taylorianas; pero lo peor es que también lo son sus cabezas. Ustedes están totalmente convencidos de que manejan bien sus empresas al diferenciar por un lado los jefes que piensan y por el otro los ejecutantes; por un lado los que piensan, por el otro los que atornillan.

Para ustedes, el management es el arte de hacer pasar adecuadamente las ideas de los patrones a las manos de los obreros.

Nosotros somos postaylorianos: sabemos que los negocios se han vuelto tan complicados, tan difíciles, y la supervivencia de una firma tan problemática en un entorno cada vez más peligroso, inesperado y competitivo, que la empresa debe movilizar cada día toda la inteligencia de todo el mundo para tener posibilidades de salvarse.

Para nosotros, el management es precisamente el arte de movilizar y de coordinar toda esa inteligencia de todos al servicio del proyecto de la empresa. Porque hemos sabido apreciar mejor que ustedes la magnitud de los desafíos tecnológicos y económicos, sabemos que la inteligencia de unos pocos tecnócratas –por brillantes que sean– es de ahora en más totalmente insuficiente para enfrentarlos.

Sólo la inteligencia de todo su personal puede permitirle a una empresa enfrentar las turbulencias y las exigencias de su nuevo entorno.

Esta es la razón por la cual nuestras grandes firmas brindan a su personal tres o cuatro veces más capacitación que las de ustedes. Por eso mantienen en su interior un diálogo y una comunicación tan densos; por eso solicitan constantemente las sugerencias de todos; y por eso sobre todo reclaman, fuera de ellas, al sistema educativo

<sup>9</sup> FRIEDMANN, G. *La crisis del progreso*. Barcelona, Ed LAIA, 1979, P. 81.

nacional, la preparación de un número cada día creciente de bachilleres, de ingenieros generalistas esclarecidos y cultos, tierra de cultivo indispensable para una industria que debe alimentarse de inteligencia permanente.»<sup>10</sup>

Comentando estas palabras, en el libro *La revolución de la inteligencia: informe sobre el estado de la técnica*, de André-Yves Portnoff y Thierry Gaudin (en donde se hace un análisis de la situación actual de la técnica desde un punto de vista europeo, y más precisamente francés) leemos:

«Sufrimos una crisis, desocupación, pérdida de posiciones de mercado, somos a menudo menos competitivos, no porque nos perjudique la geografía, la geología, la política, sino porque estamos empapados de ideas falsas de concepciones falsas, explica nuestro censor japonés[.....], el vencido lleva a menudo en sí mismo las causas de su derrota. Esta es aceptada antes de ser sufrida.[.....], las industrias que hoy se encuentran en dificultades o al borde del derrumbe, se han negado durante años a admitir que el mundo estaba cambiando y les obligaba a cambiar también. Algunas trataron de detener el tiempo. Y como esto no es posible, procuraron modificar las reglas del juego pidiendo al Estado que les asegurara condiciones artificiales de supervivencia mediante todo un sistema de apoyo a las empresas que corrían peligro de innovación. En estas condiciones, uno se va hundiendo en un comportamiento de mártir y la derrota económica se transforma en una liberación.[.....]

Dos expertos de Mc Kinsey, Thomas Peters y Robert Waterman, han ganado tres millones de lectores con su libro *En busca de la excelencia*. Allí acumulan informaciones que las personas "serias" hubieran calificado de moralismo irrealista hace unos pocos años.

"Trátelos como adultos. Trátelos como socios. Trátelos con dignidad. Trátelos con respeto. Considere que son ellos –y no el dinero invertido o la mecanización– la causa principal de los aumentos

<sup>10</sup> PORTNOFF, A-Y; GAUDIN, T. *La revolución de la inteligencia*. Buenos Aires, INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial), 1988. En páginas 19-20, con el nombre de "Una confidencia del presidente Konosuke Matsushita", reproduce las palabras pronunciadas por el Consejero Ejecutivo de Matsushita Electric Industrial Co.

de productividad". Así los propios norteamericanos vuelven la espalda a los preceptos del taylorismo y del fordismo que llevaron a reducir el individuo a mera "mano de obra".<sup>11</sup>

Como vemos el tema es muy polémico, estos comentarios abren la puerta para una discusión en profundidad. Como conclusión, planteamos que la incorporación de la tecnología a nuestra cultura es un imperativo ineludible, ningún país puede pensar en un nivel de desarrollo acorde al momento en que vivimos sin un adecuado nivel de cultura tecnológica generalizado.

La revolución industrial, al cambiar el ritmo de vida de la sociedad, puso al ser humano en una relación enteramente nueva con la naturaleza y con los valores humanos en general, a partir de entonces toda nuestra vida se ha visto particularmente condicionada por el desarrollo tecnológico. Es imposible concebir la evolución de la sociedad en los dos últimos siglos sin el desarrollo tecnológico, es decir, sin la tecnología.

El progreso tecnológico es irreversible, entra a formar parte de la cultura humana, y hoy no se concibe una vida sin electricidad, sin medios modernos de comunicación y de transporte, sin viviendas más o menos confortables, sin medicamentos, etc.

Recapitulando podemos decir que la técnica y la tecnología han condicionado el desarrollo de la civilización occidental, que terminó imponiendo sus pautas de vida en el mundo. Hay que tener en cuenta las dimensiones sociales y humanas de este fenómeno polifacético y multidisciplinario para adaptarlo a las necesidades de la humanidad.

Refiriéndose a este tema Lewis Mumford dice:

«Para entender el papel dominante desempeñado por la técnica en la civilización moderna, se debe explorar con detalle el período preliminar de la preparación ideológica y social. No debe explicarse simplemente la existencia de los nuevos instrumentos mecánicos: debe explicarse la cultura que estaba dispuesta para utilizarlos y aprovecharse de ellos de manera tan extensa. Pues obsérvese que la mecanización y la regimentación no constituyen nuevos fenómenos en la historia; lo nuevo es el hecho de que estas funciones hayan sido proyectadas e incorporadas en formas organizadas que dominan cada aspecto de

nuestra existencia. Otras civilizaciones alcanzaron un alto grado de aprovechamiento técnico sin ser, por lo visto, profundamente influidas por los métodos y objetivos de la técnica. Todos los instrumentos críticos de la tecnología moderna —el reloj, la prensa de imprimir, el molino de agua, la brújula, el telar, el torno, la pólvora, sin hablar de las matemáticas, de la química y de la mecánica— existían en otras culturas. Los chinos, los árabes, los griegos mucho antes que los europeos del norte, habían dado los primeros pasos hacia la máquina. Y aunque las grandes obras de ingeniería de los cretenses, los egipcios y los romanos fueron realizadas principalmente sobre una base empírica, aquellos pueblos disponían claramente de una gran pericia técnica. Tenían máquinas pero no desarrollaron "la máquina". Correspondió a los pueblos de la Europa occidental llevar las ciencias físicas y las artes exactas hasta un punto que ninguna cultura había alcanzado, y adaptar toda la forma de vida al paso y a las capacidades de la máquina. ¿Cómo pudo la máquina, de hecho, apoderarse de la sociedad europea hasta que esa sociedad, por una acomodación interna, se rindiera a la máquina?»<sup>12</sup>

En nuestro análisis hemos vinculado los grandes cambios socioculturales que se han producido a partir del medievo con los progresos de la técnica y de la tecnología, pero centrándonos fundamentalmente en el uso de los recursos energéticos, sin embargo no podemos dejar de mencionar otro factor muy importante que también hace al tema, nos referimos a los materiales utilizados. Los progresos en el campo del desarrollo técnico-tecnológico están íntimamente asociados tanto a los medios y procedimientos empleados como a los materiales utilizados.

En un informe enviado al Ministerio Japonés de Industria y Comercio Exterior, se lee, «Nuevas tecnologías y nuevos materiales son las dos ruedas de un mismo vehículo». <sup>13</sup>

Sobre el tema, Lewis Mumford, en su libro *Técnica y civilización* (1934) escribe:

«Contemplando los últimos mil años, se puede dividir el desarrollo de la máquina y su civilización en tres fases sucesivas pero que se superponen y se interpenetran: eotécnica, paleotécnica y neotécnica.

<sup>12</sup> MUMFORD, L. *Técnica y civilización*, Madrid, Alianza Universidad, 1982, p. 22.

<sup>13</sup> De un informe enviado en mayo de 1984 al Ministerio Japonés de Industria y Comercio.(Comentado en: PORTNOFF, A-Y.; GAUDIN, T. *Op. cit.* p. 111)

<sup>11</sup> PORTNOFF, A-Y; GAUDIN, T. *Op. cit.*, p. 17, 18, 21.

Expresándonos en términos de energía y materiales característicos, la fase eotécnica es un complejo agua y madera, la fase paleotécnica es un complejo carbón y hierro, y la neotécnica es un complejo electricidad y aleación.»<sup>24</sup>

La importancia de los materiales queda señalada, como lo hemos mencionado al comenzar, por el hecho que épocas enteras tales como la Edad de la piedra tallada, de la piedra pulida, del bronce, del hierro se las designa de acuerdo a los materiales y los procedimientos técnicos utilizados.

Si el acero caracterizó al siglo XIX y podríamos decir fue el símbolo de la revolución industrial, actualmente estamos viviendo el fin de la hegemonía del acero, y los plásticos están convirtiéndose en el símbolo de los años que vivimos. Lo que no podemos predecir es lo que nos deparará el futuro, probablemente nuevos plásticos, nuevas aleaciones, materiales cerámicos, materiales orgánicos o a lo mejor nuevos materiales; de lo que sí estamos seguros es que habrá una hiperoferta de materiales.

Por último no podemos dejar de citar otro material clave, el cemento portland, que ha marcado todo una concepción en el campo de la construcción, sería imposible concebir el siglo XX, con sus grandes construcciones civiles, sin la presencia del hormigón armado (cemento + áridos + hierro).

### LA REVOLUCION CIENTIFICO-TECNOLOGICA

En la época actual han surgido nuevas tecnologías, sobre todo dentro de los campos de la microelectrónica, la informática, la biotecnología y los nuevos materiales, que plantean cambios revolucionarios, que ya hemos comenzado a vivir, y que anuncian nuevas estructuras en el campo social y productivo.

Si la revolución industrial logró que la máquina reemplazara en gran medida el trabajo manual del ser humano, esta nueva revolución a la que ya estamos asistiendo, y que podemos llamar **Revolución científico-tecnológica**, está logrando que la máquina reemplace no sólo el trabajo manual, sino también en parte el trabajo intelectual del ser humano, sobre todo lo rutinario y repetitivo, dejando potencialmente más tiempo para el trabajo intelectual creativo; tomemos por ejemplo la computadora, con la que se pueden realizar en pocos segundos operaciones que con los métodos tradicionales llevarían días de

trabajo, elaborar diseños complejos, transmitirlos de una punta a otra del globo, programar la fabricación de productos, informatizar la producción, realizar teletrabajos, etc. El control numérico de máquinas herramientas y los robots tienen hoy gran presencia en la producción industrial.

Con la computadora el ser humano puede independizarse del ritmo de la máquina, es suficiente programarla, su trabajo se intelectualiza. Hoy, prácticamente todos los sistemas operan intercambiando información. La información se ha convertido en un componente clave del mundo actual.

Ahora bien ¿cuál es la naturaleza de la información?, sobre el tema Norbert Wiener, el fundador de la cibernetica, formulaba en 1948 su categórico juicio, «La información es información, y no materia o energía». Años más tarde Gotthard Günther confirmaba esta apreciación al decir «La información es información, no espíritu o subjetividad».<sup>14</sup>

La información esta asumiendo una función fundamental, y dentro de este contexto hay quienes tienden a ver en este proceso de informatización en marcha una especie de desmaterialización del mundo.

Al respecto, Tomás Maldonado escribe, «el impacto de las tecnologías que van naciendo (informática, telecomunicaciones, bioingeniería, robótica y tecnología de los materiales avanzados) llevaría a una progresivo rebajamiento de la materialidad del mundo, a una desmaterialización de nuestra realidad en su conjunto. En otras palabras se producirá una contracción del universo de los objetos materiales, objetos que serían sustituidos por procesos y servicios cada vez más inmateriales.

El tema merece un análisis cuidadoso por cuanto así vuelven a aparecer subestimadamente ciertas temáticas que ocuparon la atención del pensamiento filosófico durante siglos, como, por ejemplo, el problema de la existencia (o no) de lo real del mundo material, o bien el problema no muy diferente de la relación que hay entre mente y materia»<sup>15</sup>.

«Para abordar con éxito esta compleja temática o por lo menos plantear correctamente el problema, me parece indispensable someter al análisis crítico una teoría que en la actualidad está alcan-zando gran

<sup>14</sup> Referencias tomadas del libro de Tomás Maldonado *Lo real y lo virtual*. Barcelona, Gedisa editorial, 1999, p. 16.

<sup>15</sup> MALDONADO, T. *Op. cit.* p. 13

éxito en diferentes esferas del saber (y del no saber). Me refiero a la teoría que prevé una gradual pero ineludible "desmaterialización" de nuestra realidad. Estoy convencido de que si queremos comprender, aunque sea aproximadamente, la dirección de la marcha del mundo en que vivimos es imprescindible tratar de valorar la consistencia (o no) de esta inquietante hipótesis, para decir poco. »<sup>16</sup>

Es fundamental tomar conciencia del cambio substancial que estamos viviendo, estamos pasando de un esquema en el que lo preponderante era la energía a otro en el que la supremacía pasa por la información; de los "Caballos Vapor" a los "Megabytes".

«Entre los principales aspectos que abarca la Revolución científico-tecnológica se encuentran:

- el complejo teleinformático, determinado por la convergencia entre la microelectrónica, la informática y las telecomunicaciones;
- la biotecnología;
- los nuevos materiales;
- las fuentes energéticas alternativas;
- el procesamiento de materiales y productos en el espacio;
- la robótica y la inteligencia artificial.

La constante y acelerada transformación científico-tecnológica y su carácter invasivo a casi la totalidad de los aspectos de la vida diaria de las personas y las instituciones están vinculados a la aparición de fenómenos socioculturales nuevos, que requieren respuestas diferentes de la sociedad en general y del sistema educativo en particular.»<sup>17</sup>

## DE LA SOCIEDAD INDUSTRIAL AL MUNDO DE HOY

Recapitulando algunos de los acontecimientos que han tenido lugar en los dos últimos siglos podemos decir que los cambios en la producción de bienes y servicios –que estuvieron orientados a la racionalización de la producción, a la científicización de los conocimientos y a la tecnologización de los desarrollos– terminaron cambiado radicalmente el medio en el que se desarrolla el quehacer humano, y en consecuencia cambió el ritmo de vida de la sociedad humana, no sólo cuantitativa sino y sobre todo cualitativamente.

La **Revolución industrial**, factor de los cambios, abrió el camino a la **Sociedad industrial**, estructura social que ha tenido vigencia a lo largo de unos doscientos años, y que en parte todavía estamos viviendo, pero reconociendo que han surgido nuevas tecnologías, sobre todo dentro de los campos de la microelectrónica, la informática, la biotecnología y los nuevos materiales, que plantean cambios revolucionarios, que ya hemos comenzado a vivir, y que anuncian nuevas estructuras en el campo social y productivo.

En el origen de estos cambios podemos señalar la **digitalización de la información y su manejo en tiempo real**. La digitalización es la traducción al código binario (0 y 1) de la información con la que se trabaja (que pueden ser textos, imágenes fijas o animadas y sonidos, combinados o no) para ser procesada, almacenada y/o transmitida y luego decodificada para su presentación y/o utilización. **La digitalización de la información se ha convertido en un hecho clave del mundo actual.**

La introducción de la información –digitalizada por medio de la computadora (o el microordenador)– en la estructura social y productiva ha planteado lo que se llama una **Revolución informática**, revolución que está en el contexto de la Revolución científico tecnológica.

Se entiende por informática al conjunto de conocimientos científicos y técnicos que posibilitan la programación y el tratamiento automático de la información por medio de computadoras.

La computadora es un medio que realiza o permite realizar tres procesos fundamentales: el procesamiento de información, la comunicación y la interacción.

<sup>16</sup> MALDONADO, T. *Ibid*, T. 12.

<sup>17</sup> MINISTERIO DE CULTURA Y EDUCACION DE LA NACION. *Contenidos Básicos Comunes para la Educación General Básica*, Buenos Aires, 1995, p. 232.

- **El procesamiento de información:** comprende funciones tales como: recordar, ordenar, calcular, establecer relaciones lógicas entre las cosas, leer y escribir. La computadora es una herramienta capaz de plantear estas tareas de una manera eficiente.
- **La comunicación:** posibilita el contacto entre personas a través de mensajes (Correo electrónico, Teleconferencias, etc.), así como también la búsqueda de información (Internet, las Bases de Datos, etc.).
- **La interacción:** posibilita ejercer influencia mutua y recíproca con objetos, sistemas o personas. La interacción humana supone el intercambio de información mediante mensajes.

La Revolución informática ha abierto el camino de una nueva sociedad, que en parte estamos viviendo<sup>18</sup>, y que toma diversos nombres: "Sociedad de la información", "Sociedad posindustrial", "Sociedad informacional", "Sociedad del conocimiento", etc.

El nombre de "Sociedad de la información" lo introdujo el sociólogo estadounidense Daniel Bell en 1973, tomando la palabra información asociada a la comunicación de conocimientos. En la Sociedad de la información los medios de generación de riqueza se están trasladando de los sectores industriales a los sectores vinculados a la informática y al conocimiento, y la mano de obra de los sectores de la producción a los sectores de servicios. La mayor parte de los empleos, en vez de estar asociados a la fabricación de productos tangibles, están relacionados a la generación, procesamiento, almacenamiento y transmisión de todo tipo de información. La llamada **Tecnología de la Información y la Comunicación** (TIC), que abarcan estos procesos, engloban también a la prensa, la radio, la televisión, el cine y la red mundial, y desempeñan hoy un papel clave en el medio social.

---

<sup>18</sup> Decimos en parte, pues la introducción a esta nueva sociedad no corre por el mismo carril en los países centrales y en los periféricos. La desigualdad en el acceso a la Sociedad de la información se denomina "brecha digital".

Entendemos por Tecnología de la Información y la Comunicación (TIC) las herramientas computacionales e informáticas, centradas en la digitalización de la información y basadas en la microelectrónica, la informática, la robótica y las redes de comunicaciones, que procesan, almacenan, sintetizan, recuperan, presentan y distribuyen informaciones.

Otro tema interesante vinculado al desarrollo científico-tecnológico es el teletrabajo, entendiendo como tal la actividad laboral concretada en una videoterminal, conectada a una red, que permite un diálogo interactivo con una computadora central (u otras computadoras) del sistema generador de bienes o servicios. El teletrabajo puede llegar a ser para el sector terciario lo que la automatización fue para la industria.

«Desde el punto de vista de la historia del capitalismo moderno, hay en la idea del teletrabajo algo paradójico. En efecto, la sociedad capitalista que había, por primera vez, agrupado a los seres humanos en un férreo sistema de producción, obligándolos a abandonar el trabajo en la casa por el trabajo en la fábrica, a pasar del *domestic system* al *factory system*, parece ahora orientado a reproponer, sobre nuevas bases, el mismo modelo de apropiación de la fuerza de trabajo que la primera revolución industrial había contribuido a descartar. »<sup>19</sup>

El teletrabajo puede asumir múltiples formas, el teletrabajo a domicilio es una de sus posibles variantes.

Y en cuanto a la producción de bienes, los cambios son muy significativos, no sólo por la introducción del control numérico en máquinas herramientas (hoy moneda corriente) y la presencia de los robots en los esquemas avanzados de producción industrial, sino también por que en algunos campos de la producción industrial clásica se apela a la producción informatizada. En la producción informatizada el proceso de producción es comandado mediante un sistema computarizado (con pantalla visual) que permite, además de controlar el proceso, intervenir con el objetivo de variar determinadas

---

<sup>19</sup> MALDONADO, T. *Crítica de la razón informática*. Barcelona, Ed. Paidos, 1998, p. 119.

características del producto a fin de adaptarlo a las preferencias o necesidades del usuario. Además permite, mediante un proceso de simulación, anticipar los resultados. El sistema posibilita una producción que podemos caracterizar como "a medida" o "personalizada". Este tipo de producción transparenta y objetiva los pasos y otorga posibilidades de reformulación del proceso.

Buscando la vinculación del medio social con el poder económico para tratar de entender el mundo actual, es interesante retrotraerse en el tiempo. Con anterioridad a la Sociedad industrial el poder económico y social estaba muy vinculado a la propiedad de la tierra, el hecho de poseer, aunque más no sea una parcela aseguraba dignidad y respeto, aquellos que no la poseían eran considerados inferiores. La posesión de la tierra significaba poder y tenía mucha importancia porque era una sociedad cuya economía se basaba en la subsistencia. El tema no ha perdido plena vigencia pero hoy hay otros factores en juego mucho más importantes.

Con la Revolución industrial y el advenimiento de la Sociedad industrial la fuente clave del poder fue la industria. Esto lo podemos ejemplificar recordando que cuando se habla de los países más desarrollados se toma como referencia los ocho principales países industriales, el Grupo de los ocho (G-8), EE.UU., Reino Unido, Alemania, Japón, Francia, Canadá, Italia, Rusia.

Hoy se está viviendo otra etapa de cambio en la que el conocimiento (fundamentalmente el conocimiento tecnológico y la informática) desempeñan un papel clave como fuente de poder. Como referencia podemos tomar el ejemplo de Bill Gates, y su industria sin chimeneas.

Como consecuencia estamos vislumbrando no tan sólo una "Sociedad de la información", sino una "Sociedad del conocimiento" (término usado por primera vez en 1969 por Peter Drucker y actualizado y profundizado en 1990).

Hemos mencionado los términos información y conocimiento, al respecto dejamos sentado que información no es conocimiento, para pasar a serlo debe ser procesada por el interesado, lo que requiere voluntad, reflexión, razonamiento, esfuerzos, etc.

El conocimiento (fundamentalmente el conocimiento tecnológico) ha adquirido un papel central en el desarrollo social y su importancia se acrecienta cada vez más.

El concepto de "Sociedad del conocimiento" incluye dimensiones sociales, culturales económicas políticas e institucionales, y posiblemente su concepción sea más integral que la de la "Sociedad de la información".

La "Sociedad del conocimiento" es un posible horizonte a alcanzar, una etapa posterior a la actual era de la información.

Buscando diferenciar los conceptos de información y conocimiento podemos señalar el siguiente comentario:

«Conocimiento no es información; reparemos en los matices:

la información	el conocimiento
es algo externo	es interiorizado
es informe	es estructurado
se puede automatizar	sólo es humano
es inerte	conduce a la acción

Información + evaluación = conocimiento; Mario Bunge »<sup>20</sup>

Resumiendo algunos temas básicos tratados en este capítulo, podemos esbozar vinculaciones de cada una de las cuatro revoluciones mencionadas, con el quehacer humano:

- La Revolución técnica de la Edad Media plantea:  
**el reemplazo de actividades físicas o musculares por la máquina**  
(el molino, de agua o de viento).

<sup>20</sup> Millán; José Antonio. *La lectura y la sociedad del conocimiento*. 2004, Internet.

- La **Revolución industrial** surge cuando en la estructura productiva: **se reemplazan no sólo actividades físicas, sino también actividades manuales del ser humano, por la máquina** (la máquina-herramienta accionada por la máquina de vapor).
- La **Segunda Revolución industrial** que surge como consecuencia de: **la irrupción de la electricidad y del petróleo y los motores de combustión interna** provoca cambios en la producción y en la vida cotidiana.
- La **Revolución científico-tecnológica** en algunos casos llamada **Revolución informática** plantea: **el reemplazo de algunas actividades intelectuales del ser humano, por el accionar de dispositivos electrónicos que procesan información digitalizada** (las computadoras).

Buscando simbolizar estas cuatro revoluciones podemos decir que:

El símbolo de la **Revolución técnica de la Edad Media** es el Molino;

El símbolo de la **Revolución industrial** es la **Máquina de vapor**;

El símbolo de la **Segunda Revolución industrial** es el **Ford T**;

El símbolo de la **Revolución científico-tecnológica** es el "**Chip**"

Acorde con la etapa en la que hemos entrado, vinculada a la información y la comunicación, algunos autores señalan en la evolución de la sociedad humana, períodos vinculados a la aparición y/o uso de nuevos métodos de comunicación y tratamiento de la información.

Según este enfoque, el primer período tiene sus orígenes en la emergencia del lenguaje oral (la palabra hablada), es decir con la codificación del pensamiento mediante sonidos coherentes generados por las cuerdas vocales. La palabra hablada proporcionó a los humanos un medio amplio de trasmitir sus pensamientos e inquietudes.

El segundo período está vinculado con la creación de signos gráficos (la escritura). La palabra escrita permitió dejar sentado lo dicho o lo pensado a fin de: liberarlo de los límites de la memoria, preservarlo para la posteridad y/o transmitirlo a los no presentes. El proceso de desarrollo de la escritura duró miles de años

El tercer período, tiene sus fundamentos en la aparición de la imprenta. Si bien este período es una prolongación del anterior, ha planteado cambios tan radicales en la estructura social que merece tenerlo en cuenta separadamente. La imprenta fue una innovación tecnológica que revolucionó la comunicación e hizo posible la reproducción más eficiente de textos lo que permitió divulgar información a una velocidad jamás alcanzada antes por la humanidad, se puede decir que la imprenta ha marcado el desarrollo del mundo de hoy.

El cuarto período comienza con el uso de la electricidad que posibilita la comunicación instantánea a distancia (telégrafo y teléfono), y se consolida con la electrónica y la digitalización de la información, abriendose al campo de la informática, que abarca escritura, lectura, audición, visión, comunicación, creación y manejo de la información. La digitalización provoca un cambio radical en el tratamiento de la información y colabora en generar la llamada Sociedad de la información.

La Sociedad de la información, basada en **las nuevas teorías y tecnologías de la información y la comunicación**, plantea cambios profundos en la manera de hacer las cosas, de trabajar, de divertirse, de aprender, de relacionarse con el próximo y hasta de pensar.

Entendemos por nuevas teorías y tecnologías de la información y la comunicación aquellas herramientas computacionales e informáticas, centradas en la digitalización de la información, que procesan, almacenan, sintetizan, recuperan, presentan y distribuyen informaciones planteadas de las más diversas formas.

Las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, basadas en la microelectrónica, la informática, la robótica y las redes de comunicaciones, han tenido una expansión tan veloz y amplia que hoy están presentes en todos los ámbitos de las actividades humanas.

## UNA ESPADA DE DAMOCLES

Si bien el camino recorrido hasta nuestros días ha abierto panoramas totalmente nuevos y hoy la tecnología es el componente más importante de nuestra vida, fundamentalmente por el confort que nos aporta en la vida cotidiana, también puede llegar a ser una Espada de Damocles sobre el presente y el devenir de la humanidad si no se toma suficiente conciencia de que la naturaleza es una estructura en donde cada acción compromete el equilibrio del todo. El desarrollo tecnológico debe ser la salvación del ser humano y no su condena, pero para esto no se debe ver al mundo como una abstracción numérica, como un mecanismo, sino como un organismo, como un todo biológico que merece nuestro respeto. La contaminación del medio ambiente, resultado no sólo de la actividad industrial, sino también de nuestro modo de vida, forma parte de esa Espada de Damocles.

Como corolario podemos plantear, que el ser humano del mundo de hoy (del mundo desarrollado) es consecuencia del desarrollo técnico-tecnológico, este ser humano nació en el Renacimiento, después de haber sido gestado en el medievo, alcanzó su pubertad durante la Revolución Industrial, y hoy ya maduro debe recapacitar, abandonar su posición de dominador y dueño del mundo y dejar paso a otro hombre, más solidario no sólo con sus congéneres, sino con todo lo que lo rodea, más respetuoso de la naturaleza, menos pagado de sí mismo, casi podríamos decir un ser humano con minúscula (en el sentido que se asuma como una parte más del sistema ecológico que integra)

## CAPÍTULO IV La tecnología y la cultura.

*El ingeniero debería comprender que sus actividades profesionales afectan a todos los elementos de nuestra cultura, que un puente o un teléfono satisfacen necesidades económicas y sociales y poseen valores estéticos y culturales, así como elementos tecnológicos.<sup>1</sup>*

*M. Kranzberg y W.H. Davenport*

Tecnología y cultura, dos palabras que en el mundo de hoy están íntimamente interconectadas, y más aún, podemos decir que cada una integra la otra, es decir se integran mutuamente. Sin embargo generalmente cuando hablamos de cultura, consciente o inconscientemente, hacemos abstracción del fenómeno tecnológico, identificando la idea de cultura con un cierto refinamiento, teñido de elitismo.

Pero si observamos nuestro entorno constatamos que la tecnología está omnipresente, la casa, la radio, la televisión, el teléfono, los electrodomésticos, y la mayor parte de los objetos cotidianos, son productos tecnológicos que enmarcan la vida diaria y condicionan nuestras actividades, nuestro comportamiento, por lo tanto nuestra cultura que lleva el sello indeleble de la tecnología.

Por otra parte teniendo en cuenta que la cultura abarca el desarrollo de todas las facultades del hombre, y que se manifiesta en la actitud del mismo frente al marco en el que desarrolla su existencia, no podemos reducir el concepto de cultura a ciertas prácticas y productos específicos, sino que debemos hacerlo extensivo al conjunto de las prácticas sociales.

<sup>1</sup> KRANZBERG, M; DAVENPORT, W.H. *Tecnología y cultura*. Barcelona, Editorial Gustavo Gili, 1972, p. 8.

Melville J. Herskovits, en su libro *El hombre y sus obras*, define a la Cultura como "la parte del medio ambiente hecha por el hombre"<sup>2</sup>, y desde este punto de vista podemos decir que la técnica y la tecnología son ingredientes fundamentales de la cultura de nuestros días, pues todo lo que hace el ser humano, lógicamente que no sea lo fisiológico, es técnica o tecnología.

Herskovits comenta también que "la tecnología es el único aspecto de la cultura susceptible de valoración objetiva", y esto se pone de manifiesto cuando queremos evaluar el grado de desarrollo de pueblos del pasado, pues lo único que solemos tener de ellos son los restos materiales del entorno en que se desarrollaban sus actividades (es decir productos técnicos).

Limitar el concepto de cultura a las bellas artes, a las letras, a la música y a las humanidades clásicas, sería considerar a la cultura como un componente de lujo dentro del espectro de las actividades sociales, un campo para el solaz de élites, o reservado a especialistas encargados de producir o difundir obras o actividades destinadas a "elevar" (elevar entre comillas) el nivel cultural de la población.

Por el contrario, podemos decir que la cultura abarca el conjunto de manifestaciones tanto intelectuales y artísticas como científicas y técnica-tecnológicas que caracterizan una sociedad. Desde este punto de vista la ciencia, la técnica y la tecnología también forman parte de la cultura. Es difícil negar esta realidad, pues el entorno de nuestra vida cotidiana es producto de la tecnología, la casa en la que vivimos, el vehículo que nos transporta todos los días, el diario, la radio o la televisión que nos tienen permanentemente informados, el teléfono que nos permite comunicarnos con todo el mundo, el refrigerador que conserva nuestros alimentos, etc., todo este mundo artificial que nos rodea, creado por el ser humano, es producto de la tecnología e integra nuestra cultura.

Aceptar que la tecnología forma parte de la cultura es aceptar la realidad del mundo material que nos rodea.

Después de lo expuesto, y antes de continuar sería interesante tratar de definir el término "cultura".

Para comenzar podemos decir que habría, en principio, dos conceptos de cultura, uno vinculado a lo individual y otro a lo social. El vinculado a individual, que podríamos llamar académico o tradicional, define a la cultura como el desarrollo de las facultades del espíritu, es decir la relaciona a los atributos del llamado hombre cultivado.

El otro, vinculado a lo social, que podríamos llamar antropológico, define a la cultura como el conjunto de modelos de comportamiento y actividades, encuadrados dentro de normas propias de un grupo social.

Para confirmar esto podemos remitirnos al Diccionario de la Real Academia Española, el cual en su decimonovena edición (1970) daba de la palabra cultura una definición bien tradicional: *Resultado de cultivar los conocimientos humanos y de afinarse por medio del ejercicio de las facultades intelectuales del hombre*.

Pero en la vigésima (1984) suprime esta definición y enuncia una antropológica: *Conjunto de modos de vida y costumbres, conocimientos y grado de desarrollo artístico, científico, industrial, en una época, grupo social, etc.*

Mientras que en la vigésima segunda (2001), conservando la antropológica le agrega la siguiente, *Conjunto de conocimientos que permiten a alguien desarrollar su juicio crítico*.

Es decir, en su versión 2001, la Academia, señala claramente los dos conceptos:

El vinculado a lo individual (académico o tradicional):

*Conjunto de conocimientos que permiten a alguien desarrollar su juicio crítico*

El vinculado a lo social (antropológico):

*Conjunto de modos de vida y costumbres, conocimientos y grado de desarrollo artístico, científico, industrial, en una época, grupo social, etc.*

<sup>2</sup> HERSKOVITS, M.J. *El hombre y sus obras*. México, Fondo de Cultura Económica, 1952, p. 29.

En el presente la palabra Cultura tiene una concepción mucho más respetuosa de los Seres Humanos, y no plantea la discriminación entre "hombres cultos" y "hombres incultos", y más bien se habla de diferencias culturales.

Desde nuestra óptica asumimos como propia la concepción antropológica del término cultura, porque corresponde a la realidad del mundo en que vivimos y a la del hombre como ser social.

Podemos decir que la cultura abarca todas las manifestaciones culturales y materiales de un grupo social.

Como hemos visto la cultura está hoy muy vinculada a la tecnología, que progresó a un ritmo vertiginoso influenciando en su marcha el desarrollo mismo de la cultura, algunas veces positivamente, otras no tanto.

Para bien o para mal, nos guste o no, la tecnología está omnipresente en nuestras vidas y marca el ritmo de nuestro quehacer cotidiano. Estamos rodeados de objetos tecnológicos que si bien es cierto facilitan nuestra vida y la hacen más confortable, sin lugar a dudas también la condicionan, haciendo que en muchos casos lleguemos a ser esclavos de nuestras propias obras, y al decir de nuestras propias obras decimos de la tecnología; los objetos o productos tecnológicos enmarcan nuestra vida, el teléfono, el automóvil, la radio, el televisor, la cocina, el refrigerador, la lámpara eléctrica, y aún la cuchara, el plato, etc., son tecnología porque su producción es el resultado de determinados procesos tecnológicos (tecnología es tanto el proceso como el producto); podemos excluir del concepto de objetos tecnológicos los de producción artesanal, pero hoy son poco significativos en cuanto a su importancia numérica.

Hoy un importante factor de transmisión de la cultura es la televisión (que es tecnología); el texto escrito sigue siendo el factor principal de transmisión del conocimiento sistematizado, pero frente a la televisión ha perdido un gran espacio como fuente y comunicador de cultura, hecho que merece un profundo análisis por las consecuencias, en muchos casos negativas, que ya se observan en todos los planos de la vida del hombre; igual suerte corre la transmisión oral frente a la televisión, y hasta la organización familiar

está perdiendo importancia, como fuente y transmisora de cultura. Marshall Mc Luhan plantea la disolución de la Galaxia Gutenberg y el nacimiento de una nueva galaxia (la Galaxia Marconi).<sup>3</sup>

Las consecuencias de estos hechos son preocupantes, pero no hay que caer con simpleza en la crítica condenatoria del instrumento, pues la responsabilidad principal recae en quienes toman las decisiones. Los verdaderos responsables son los que manejan estos medios, sería interesante poder determinar qué metas persiguen y con qué objetivos.

El tecnólogo, como toda persona vinculada a los medios de comunicación, tiene el deber moral de anteponer a su praxis el interrogante **¿a quiénes beneficia?**, y debe evaluar su accionar en función de esta pregunta.

Teniendo en cuenta que el progreso tecnológico es continuo, acelerado e irreversible, y que no podemos detenerlo ni volver atrás, hay que tratar que sus consecuencias en el ámbito de la cultura no se enfrenten con la concepción que tenemos del hombre, para esto debemos tratar que la tecnología tenga una dimensión humana. «Humanizar las máquinas y no robotizar a los hombres». <sup>4</sup> Estamos convencidos que humanismo y tecnología pueden y deben marchar en completa armonía. Utilizar la tecnología y sacarle el máximo provecho sí, pero no por eso convertirse en esclavo de la misma. La tecnología, por un lado, debe permitirnos vivir mejor, debe ser el artífice de nuestro confort, y por otro lado debe ser una herramienta que nos simplifique la vida, todo esto sin esclavizarnos.

Sobre el tema "Tecnología y cultura", Ricardo Solana escribe:

«A lo largo de la historia, la técnica y la cultura han evolucionado siguiendo líneas paralelas, pero a distinto ritmo. En el Renacimiento, por ejemplo, el avance de la cultura fue de una magnitud extraordinaria y aventajó substancialmente al de la técnica. En el siglo en que vivimos se ha presentado el fenómeno inverso, con un crecimiento exponencial de la tecnología, al que la cultura ha tratado penosamente de seguirle el paso.

<sup>3</sup> MC LUHAN, M. *La galaxia Gutenberg*. Barcelona, Ed. Planeta, 1985.

<sup>4</sup> GISCARD D'ESTAING, V. Palabras pronunciadas por el Presidente de la República Francesa en el discurso de clausura del coloquio "Informatique et société", París, 1979.

Esto da lugar a que al hombre le cueste mucho adaptarse a los adelantos técnicos y siga pensando en base a estructuras conceptuales perimidas (en función de cada nueva generación de tecnología). El problema, si bien de diferente intensidad según las distintas áreas del conocimiento, suele generar una verdadera obsolescencia humana en aquellas en que el ritmo de cambio es más acelerado, que sólo la educación y la capacitación –y aún la recapacitación permanente– pueden contribuir a superar.

En un contexto tal, es frecuente que los más jóvenes logren estar mejor preparados que sus mayores para afrontar las sucesivas corrientes de cambio. Se configura entonces un fenómeno que trae a la memoria el relato de Bateson<sup>5</sup> en uno de sus metálogos, cuando un niño le pregunta a su padre: –¿Los padres saben siempre más que los hijos?, y el padre le responde: –Sí; sigue entonces una nueva pregunta del niño: –Papá, quién inventó la máquina de vapor?, y el padre contesta: –James Watt; a lo que el hijo replica: –Por qué no la inventó el papá de James Watt?»<sup>6</sup>

Para el hombre de finales de este siglo la tecnología es la principal herramienta de trabajo; ahora bien, como toda herramienta, para poder sacarle racionalmente el máximo provecho, hay que conocerla y utilizarla correctamente, pero siempre en función del impacto sociocultural sobre el destinatario, esto implica tener una **cultura tecnológica**.

C. P. Snow, en su trabajo, *Las dos culturas*, habla de:

«Dos grupos polarmente antitéticos: en un polo los intelectuales literarios, que sin saber por qué ni cuándo han dado en referirse a sí mismos como "intelectuales" como si no hubiera otros.

Recuerdo que una vez, allá por los años treinta, G.H. Hardy decíame perplejo: «Se ha fijado usted cómo se emplea hoy la palabra "intelectual"? Parece haberse impuesto una nueva definición que desde luego no incluye a Rutherford ni a Eddington ni a Dirac ni a mí».

<sup>5</sup> BATESON, G. *Pasos hacia una ecología de la mente*. Buenos Aires, Carlos Lohlé, 1972, p. 47.

<sup>6</sup> SOLANA, R.F. *Producción*. Buenos Aires, Ed. Interoceánicas S.A., 1998, p. 85.

Los intelectuales literarios en un polo, y en el otro los científicos, y como más representativos, los físicos. Entre ambos polos, un abismo de incomprendión mutua; [...]. Tan diferentes son sus actitudes que ni siquiera en el nivel afectivo aciertan a encontrar mucho terreno en común.»<sup>7</sup>

Como consecuencia plantea dos culturas: la literaria y la científica.

Aceptando la parcialización del concepto de cultura, debemos reconocer que estas dos culturas, la literaria y la científica, se basan en la abstracción (signos lingüísticos o símbolos matemáticos), y que el accionar del sistema educacional se estructura casi exclusivamente sobre estos dos ejes. Consideramos fundamental plantear una tercera cultura, basada en lo concreto, que sea una síntesis entre el pensamiento y la acción, nos referimos concretamente a lo que llamamos **cultura tecnológica**. Por otra parte, consideramos que el sistema educacional debe abocarse seriamente también a este aspecto de la cultura, y esto es impostergable. Veamos que se entiende por

### Cultura tecnológica.

Entendemos por cultura tecnológica un amplio espectro que abarca conocimientos, habilidades y sensibilidad.

- Por un lado los conocimientos (tanto teóricos como prácticos) relacionados con el mundo construido por el hombre y con los objetos que forman parte del mismo,
- por otro las habilidades, el saber hacer, la actitud creativa que posibilite no ser actores pasivos en este mundo tecnológico,
- y finalmente la sensibilidad que lleve a poner los conocimientos y habilidades al servicio de la sociedad.

Todo esto dentro del contexto sociocultural del medio, habida cuenta que la tecnología si bien está condicionadas por componentes cognitivos, lo está también por el entorno físico y simbólico, y el marco económico y organizativo.

<sup>7</sup> SNOW, C.P. *Las dos culturas y un segundo enfoque*. Madrid, Alianza Editorial, 1977, p.14.

En otras palabras, el objetivo de la Cultura Tecnológica es desarrollar conocimientos, habilidades y sensibilidad que permitan una apropiación del medio en el cual se desarrolla la vida humana como garantía para evitar caer en la alienación y la dependencia, y poder colaborar en su control y evolución.

La cultura tecnológica brinda una visión integradora de todas las modalidades de la conducta humana, superando la tradicional dicotomía de lo manual y lo intelectual, de lo muscular y lo cerebral, y postula una concepción del hombre como una unidad que se compromete con todas sus potencialidades, en todos y cada uno de sus actos.

Enmarcar dentro de estos conceptos las grandes decisiones del cuerpo social implica apelar al compromiso de todos los recursos disponibles para el logro del objetivo fundamental de toda sociedad, mejorar y generalizar la calidad de vida.

La cultura tecnológica supone el abandono de preconceptos peyorativos sobre el trabajo manual propios de una concepción esclavista.

La separación entre cultura y tecnología aísla al hombre de ese entorno tecnológico en el que se encuentra inmerso y lo conduce por el camino de la vacuidad; la separación entre cultura y tecnología es una de las fuentes de dificultad del mundo moderno. Es importante plantear que en el actual sistema de producción la división del trabajo y la estrecha especialización no permiten fácilmente el pleno desarrollo de la capacidad creadora y la realización personal, y esto sólo puede compensarse con una cultura tecnológica.

Además hay que tener en cuenta que el problema se va a ir agudizando pues los modos de producción están en constante evolución como consecuencia del desarrollo de la tecnología, que ha pasado a ser la principal fuerza productiva.

Cualquier país que no quiera perder el tren del progreso debe desarrollarse tecnológicamente y para esto debe contar con un nivel de cultura tecnológica relativamente alto.

La cultura tecnológica es casi podríamos decir la antítesis de la sociedad de consumo, de la sociedad de lo descartable, en la que la mayoría de los objetos son cajas negras de las que se sabe solamente para qué sirven pero nada más, la cultura tecnológica implica el conocimiento de los aspectos conceptuales de su funcionamiento. El contar con tecnología sin una cultura tecnológica nos puede cuanto más ayudar a vivir pero no a pensar y el hombre se realiza plenamente en la acción y el pensamiento.

A continuación transcribimos algunos párrafos del discurso pronunciado por el Sr. Pouchpa-Dass Ex Director de Cultura y de Estudios de la UNESCO en ocasión de la *Deuxième conférence nationale pour le développement de la culture technique* (1979), Annonay, Francia, pues consideramos que son toda una definición sobre el tema de la cultura.

«La UNESCO estima que no es más posible atenerse a una definición restringida de la cultura: es decir identificarla solamente con las bellas artes, las letras y las humanidades clásicas.[.....]

Considerando la cultura como una actitud del hombre frente a su condición natural e histórica, y como consecuencia generadora de elementos esenciales de la calidad de vida, la UNESCO vincula naturalmente la noción de cultura a la de desarrollo, y ésta, desde el comienzo de los años 60, no ha cesado de ampliarse y profundizarse.[.....]

Repudiando la abstracción unidimensional del "*homo economicus*", la teoría y la práctica del desarrollo se esfuerzan cada vez más en abarcar al hombre en su integralidad, con sus necesidades, sus posibilidades y sus aspiraciones múltiples y diversas.

Es en esta óptica que la UNESCO estima que el desarrollo cultural forma parte integral del desarrollo total. Como consecuencia el desarrollo cultural abre el acceso al humanismo moderno, que, con las artes, engloba las ciencias exactas, las técnicas y las ciencias humanas.

El hombre cultivado es por lo tanto aquel que se siente insertado activa y críticamente en el mundo. En otros términos, y teniendo en cuenta la naturaleza actual del mundo, el hombre cultivado debe ser un agente de cambio.

Rechazando la pasividad, el papel de objeto al que ciertas fuerzas quisieran obligarlo, el hombre cultivado se siente activo, se siente autónomo, él quiere "asumir su propio destino", según la expresión de Edgar Faure.

Es en este sentido que podemos decir que el conocimiento de los mecanismos sociales y económicos forman parte de la cultura con el mismo título que el teatro, por ejemplo.[....]

No es degradar la obra de arte situarla en su contexto; es darle su pleno valor explicativo. Por el contrario, sería reducir una civilización definirla solamente por sus valores artísticos; es castrarla de algunas de sus fuerzas vivas; es también sacar de sus obras de arte toda una parte afectiva y vivida que contribuye a su valor y significación.[....]

Para que la cultura tenga como beneficio mayor la participación social, que permita a la vez la comprensión de los otros y la valorización personal, la palabra cultura debe ser tomada en el sentido más amplio y englobar al hombre en su trabajo, en la política, en la economía, en la técnica, en la ciencia, tanto como en lo artístico.»<sup>8</sup>

## CAPITULO V .

# La tecnología, la industria y el medio ambiente

*Hay muchos que, cuando se refieren al Medio Ambiente, lo hacen desde un punto de vista exclusivamente naturalista; más aún, conservacionista y ponen, por lo tanto, mucho énfasis en los recursos vivos del ambiente, invirtiendo en ello cierta dosis de sentimentalismo. Olvidan que con esta concepción ambiental dejan fuera las variables sociales, psicológicas, económicas, políticas y culturales que el hombre ha introducido en el concepto de Medio Ambiente.<sup>1</sup>*

L.F. Capurro

Hoy vivimos en un mundo en el que la evolución de la sociedad está muy vinculada con los avances en el campo de la producción industrial; pero simultáneamente aparecen problemas ambientales consecuencias de esa producción, así como por el uso de los productos resultantes de la misma.

«La explotación indiscriminada de los recursos naturales renovables y no renovables, sumadas al desarrollo urbano de las sociedades modernas ha determinado un impacto de las actividades humanas sobre los ecosistemas locales, regionales y globales que alcanzan actualmente una gravedad que reclama un replanteo de las relaciones que la humanidad mantiene con el medio ambiente»<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> CAPURRO, L. F. *Un marco de referencia conceptual para elaborar un modelo holístico del Medio Ambiente*. Conferencia dada en la Primera Reunión Internacional Interdisciplinaria sobre Medio Ambiente, realizada en Córdoba en agosto de 1987 por la Fundación FUNDARE.

<sup>2</sup> MINISTERIO DE CULTURA Y EDUCACION DE LA NACION. *Contenidos Básicos Comunes para la Educación General Básica*. Buenos Aires, 1995, p. 233.

---

<sup>8</sup> Discurso pronunciado por el Director de Cultura y Estudios de la UNESCO en ocasión de la *Deuxième conférence nationale pour le développement de la culture technique* (1979), Annonay, France. In: Rev. *Culture Technique* (Paris, Centre de recherche sur la culture technique), N° 2, avril 1980, p. 25-26.

Todos estos problemas plantean **situaciones de riesgo** tanto para el medio ambiente como para ciertos hábitat (El riesgo ha pasado a ser un componente más de la cotidianidad; vivimos la **civilización del riesgo**).

Cuando decimos situaciones de riesgo para el medio ambiente nos referimos, sobre todo, a la contaminación, ya sea del suelo, de los recursos hídricos como de la atmósfera consecuencia del accionar humano.

Cuando decimos situaciones de riesgo para ciertos hábitat, nos referimos específicamente a la degradación de la calidad de vida en determinadas zonas urbanas debido al acelerado y descontrolado crecimiento habitacional resultado del desarrollo industrial de la zona o de zonas aledañas; la falta de planificación urbanística y la especulación financiera son ingredientes que agravan el problema, cuyas consecuencias son, entre otras, la falta de agua potable en cantidad y calidad suficientes, la carencia de sistemas de recolección y tratamiento de aguas servidas, la escasez de espacios verdes para disminuir la contaminación, etc., a estos problemas se le suman el hacinamiento y la precariedad habitacional, todo lo que compromete seriamente la salud de la población.

## EL RIESGO EN EL MUNDO DE HOY

Hemos planteado que vivimos la civilización del riesgo; y no podemos decir otra cosa si nos atenemos a los riesgos permanentes que representan: la contaminación del medio ambiente; las lluvias ácidas; el deterioro de la capa de ozono; el efecto invernadero; las tecnologías nucleares; etc. Somos conscientes que el riesgo acompañó siempre el devenir del ser humano, pero en el pasado estos riesgos eran exógenos, no dependían de su accionar (por ejemplo, las catástrofes naturales), pero hoy los riesgos mayores son endógenos y como consecuencia de nuestro propio accionar.

Todos estos problemas, muy relacionados con la actividad industrial, tocan de cerca al ingeniero, que directa o indirectamente, consciente o inconscientemente, tiene su cuota (pequeña o grande) de responsabilidad en los mismos, en muchísimos casos no tiene poder

de decisión para influir en la marcha de los acontecimientos, pero siempre tiene el deber moral de plantear y hacer público sus puntos de vista sobre el tema.

La situación es grave y atañe a la supervivencia misma del ser humano en el planeta tierra, por lo que se impone una solución, pero cualquier solución pasa primero por la **toma de conciencia del problema** por todos los integrantes de la comunidad.

Los problemas ambientales son muy complejos y obedecen a múltiples factores, entre los cuales podemos mencionar, además de los citados, otros como los vinculados a la actividad agropecuaria (erosión del suelo; uso de fertilizantes y plaguicidas; falta de una estrategia racional de siembras; sobrepastoreo; etc.), a la forestal, a la explotación en gran escala de la naturaleza sin tener en cuenta las consecuencias de dicha explotación (entre otras la deforestación), etc.

Reconocemos, sin embargo, que modificaciones y eventuales alteraciones, consecuencias del accionar humano, son inevitables y representan parte del costo que debemos pagar en aras de un aumento del confort material, pero esto no exime de evaluar cuidadosamente los problemas que puedan generarse y tomar todas las medidas necesarias para evitar que las modificaciones del medio tengan una magnitud tal que lo hagan inhabitable.

Seamos realistas, los ecosistemas **naturales** nunca se han mantenido en un equilibrio estático, los cambios están en la esencia misma de la vida (del ser humano, de los animales, de los vegetales, así como del planeta Tierra), el problema es la magnitud y el alcance de estos cambios que de ninguna manera tienen que llegar a degradar de modo irreversible la biosfera ni destruir los elementos esenciales a la vida de los seres vivos.

## LA RELACIÓN SER HUMANO-NATURALEZA

La relación ser humano-naturaleza está en constante cambio desde los orígenes del ser humano, quien a lo largo de su existencia fue adquiriendo la capacidad de adaptar el medio a sus necesidades, a sus deseos, podemos decir a sus exigencias, en vez de adaptarse al mismo.

El Problema Ambiental (problema ecológico) es el resultado de la acción del ser humano sobre su medio, cuando buscando resolver problemas aplica indiscriminadamente los adelantos científicos y tecnológicos, sin tener en cuenta las consecuencias de su accionar.

Tengamos presente que la actividad humana, tal cual la desarrollamos hoy, al no responder al ciclo biofísico natural, es el factor más importante en el proceso de alteración del medio ambiente y nos interesa por la magnitud de las modificaciones que puede provocar y por la generación de subproductos o residuos potencialmente peligrosos para el ser humano y para el medio ambiente que está sufriendo un proceso de degradación cada vez más importante.

Cuando hablamos de degradación del medio ambiente podemos dividir el tema en dos: la degradación del medio como consecuencia de la introducción directa de elementos que alteran su composición físico-química; y la degradación resultado de la alteración del ciclo biosociológico como consecuencia de acciones humanas. El primero es directo y sus consecuencias a corto plazo; el segundo más indirecto y sus consecuencias más a largo plazo.

Es importante que el ingeniero, como responsable directo de la actividad industrial, tome conciencia que es fundamental que en su accionar evalúe los dos aspectos, por un lado la contaminación directa como consecuencia del funcionamiento de los ingenios tecnológicos y por otro la degradación, no sólo ambiental sino también social, consecuencia de una alteración provocada por la implantación y/o funcionamiento de obras de ingeniería.

El acelerado desarrollo tecnológico de los últimos tiempos está planteando situaciones de riesgos que pueden llegar a poner en peligro la propia existencia del ser humano. Este acelerado desarrollo tecnológico provocó la ruptura del equilibrio biosocioecológico de siglos entre el ser humano, la sociedad y el mundo circundante.

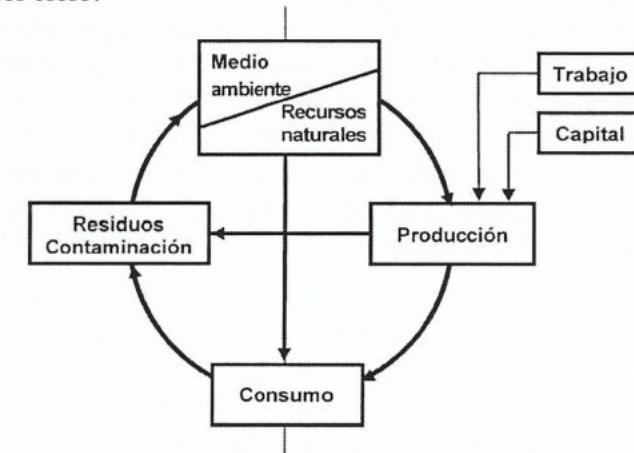
No debemos olvidar que el desarrollo tecnológico tiene que ser un medio para lograr el bienestar general y no un fin en sí mismo, y para que esto se cumpla es fundamental tener en cuenta no solamente los aspectos vinculados a la rentabilidad, sino, y sobre todo, los vinculados al deterioro del medio ambiente y a la vida social en general;

es decir se deben tener presente los problemas ecológicos y sociales que pueden plantear la aplicación indiscriminada de nuevas tecnologías.

**El ciclo Recursos - Producción - Consumo - Residuos-Contaminación**, es un ciclo cerrado y el eslabón de cierre es El Medio Ambiente, cuya preservación es fundamental para la continuidad del ciclo.

Cuando los residuos y contaminaciones superan la capacidad depuradora de la naturaleza perturban y pueden llegar hasta destruir el ecosistema, con el consiguiente riesgo de subsistencia de los seres vivos.

En la figura siguiente buscamos esquematizar el funcionamiento del ciclo.



La flecha vertical descendente representa los recursos que no pasan por el ciclo productivo, fundamentalmente el consumo consecuencia del metabolismo humano. La flecha horizontal de derecha a izquierda representa los residuos directos de la producción que no pasan por el circuito del consumo.

Una línea vertical divide al gráfico en dos partes, la de la derecha representa el ciclo tal como se lo ha concebido desde el punto de vista técnico-económico clásico, sin tener en cuenta los residuos, la contaminación y todos los problemas ambientales conexos.

El planteo que hoy se impone es holístico; hay que tener en cuenta todos los factores presentes en el ciclo, sin olvidar además que los recursos no renovables son agotables.

De los tres factores de la producción (Recursos naturales - Trabajo - Capital) la economía clásica centró sus análisis en los problemas vinculados al trabajo y al capital, considerando los recursos como de oferta ilimitada y particularmente los de propiedad común (aire y agua) como bienes libres, y es precisamente en éstos donde hoy se plantean los problemas más graves del deterioro ambiental.

Esta relación ser humano-naturaleza es parte de un espectro mucho más amplio que abarca la interrelación entre los seres vivos y el medio que los rodea, que es el objeto de estudio de la **ecología**, ciencia que bajo este nombre se la conoce recién a partir de 1866, fecha en la que el biólogo alemán E. Haeckel utiliza por primera vez el nombre en su obra ***Morfología general de los organismos***, pero cuyos antecedentes se remontan al siglo XVIII, cuando filósofos y naturalistas empezaron a interesarse en las modificaciones que el ser humano introducía en su medio; planteo que toma cuerpo en el siglo XIX por obra de los grandes naturalistas de la época, Lamarck, Cuvier y fundamentalmente Darwin con la publicación de su obra ***El origen de las especies***.

La ecología, ciencia que estudia las condiciones de existencia de los seres vivos y sus interrelaciones con el medio, cobra cada día más importancia, habida cuenta que el ser humano al superponer al mundo natural un mundo artificial ha cambiado sus condiciones de existencia. El ser humano, ser biológico y cultural, es un integrante más del medio ambiente natural, normalmente en equilibrio ecológico, pero poseedor de un gran poder tecnológico ha creado un medio ambiente humano que tiende a romper ese equilibrio.

## EL COSTO SOCIAL DEL DESARROLLO TECNOLÓGICO

Toda nueva aplicación tecnológica requiere una evaluación del costo social que la misma implica, sobre todo en el campo de la degradación del medio ambiente o de la alteración del ciclo ecológico natural.

La relación costo/beneficio no puede manejarse más con los esquemas económicos clásicos; en el análisis del costo hay que tener en cuenta efectivamente el costo social (contaminación; degradación del medio ambiente; etc.), que lo paga, o lo sufre, la sociedad toda.

El concepto de racionalidad económica requiere una revisión teniendo en cuenta la contraportabilidad del actual esquema y los efectos "extraeconómicos" del mismo, fundamentalmente los no deseados de la actividad industrial, que abarcan la contaminación y degradación ambiental, consecuencia del uso irracional e intensivo de los recursos naturales, sin tener en cuenta, además, que son un bien social que hay que preservar para garantizar la supervivencia del ser humano.

Es necesario buscar nuevos modos de producción basados en un consumo decreciente de energía y un ahorro de recursos, renovables y no renovables, y no centrarse solamente en remediar o aliviar las consecuencias de la contaminación y la degradación ambiental, pues esto no es ir al fondo del problema.

«No existe una fórmula simple para la creación de tecnologías y procesos de producción ambientalmente sanos. No obstante, los siguientes criterios deben incluirse en cualquier ecuación de este tipo:

- producción limpia;
- uso sostenido de los recursos;
- mantenimiento de la diversidad cultural;
- participación ciudadana en las decisiones relativas a la adopción de tecnologías.»<sup>3</sup>

Estos criterios son clave y plantean la necesidad de una toma de conciencia, por parte de todos los integrantes de la comunidad, de la temática ambiental y su vinculación con la tecnología, para que cualquier decisión que se tome en este campo sea razonablemente consensuada y que todos asuman su cuota de responsabilidad en el mantenimiento de este mundo.

<sup>3</sup> GREENPEACE Más allá de ECO-92. 1992, p. 19.

Las consecuencias del acelerado desarrollo tecnológico nos están llevando a una crisis ecológica que para Bateson tiene sus raíces en tres causas básicas:

- «a) el progreso tecnológico;
- b) el incremento de la población;
- c) ciertos errores en el pensamiento y en las actitudes de la cultura occidental: nuestros "valores" son erróneos.

Creemos que estos tres factores fundamentales son condiciones necesarias para la destrucción de nuestro mundo. En otras palabras: creemos optimistamente que la corrección de cualquiera de ellos nos salvará.

Estos factores fundamentales ciertamente interactúan. El incremento demográfico acicatea el progreso tecnológico y crea esa angustia que nos enfrenta con nuestro ambiente como si fuera un enemigo, en tanto que la tecnología facilita el incremento de la población y conjuntamente refuerza nuestra arrogancia frente al ambiente natural.<sup>4</sup>

La tarea más importante de hoy día, es tal vez, aprender a pensar de una nueva manera.»<sup>5</sup>

Estas palabras de Bateson merecen un análisis profundo y detrás de las mismas subyace un concepto clave para la supervivencia del ser humano, el concepto de Solidaridad.

- Solidaridad entre los ser humanos;
- Solidaridad para con las generaciones futuras;
- Solidaridad para con la naturaleza (animal y vegetal);
- Solidaridad para con este mundo que nos permite vivir.

Lo que implica anteponer lo social a lo individual; debemos "aprender a pensar de una nueva manera".

Pero para que todo esto se convierta en una realidad deben buscarse los mecanismos adecuados que lo posibiliten, y en esto la responsabilidad no es solamente del Estado, a través del sistema educativo, sino de todas las asociaciones y organizaciones, públicas y privadas que deben pensar seriamente en abocarse al análisis del tema. Como ingenieros asumamos la responsabilidad que nos cabe en el tema y seamos solidarios, sobre todo con nuestros descendientes que son los que van a pagar la factura de los errores del mundo de hoy.

El desarrollo tecnológico debe y puede ser la salvación del ser humano y no su condena, pero para esto no se debe ver el mundo como una abstracción numérica, sino como un organismo, como un todo biológico que merece nuestro respeto. La contaminación del medio ambiente es la Espada de Damocles que pende sobre el presente y el devenir de la humanidad. Para que esta Espada de Damocles desaparezca el ser humano debe abandonar su posición de dominador y dueño del mundo y dejar paso a otro ser humano, más solidario no sólo con sus congéneres, sino con todo lo que le rodea, más respetuoso de la naturaleza, menos pagado de sí mismo y que se asuma como una parte más del sistema ecológico que integra.

Sólo y únicamente así podremos enfrentar con éxito los riesgos que presupone la degradación del medio ambiente.

<sup>4</sup> BATESON, G. *Pasos hacia una ecología de la mente*. Buenos Aires, Ed. Planeta-Carlos Lohlé, 1991, p. 523-524.

<sup>5</sup> *Ibid.*, p. 493.

## CAPÍTULO VI

# La tecnología, la estructura productiva y la economía

*Cuando se la reduce a sus elementos esenciales, la lucha contra la dependencia consiste en un esfuerzo de la periferia para superar el monopolio que posee el centro sobre los recursos tecnológicos. Y esto es así porque la tecnología es capaz de reemplazar a todos los otros recursos de poder.<sup>1</sup>*

*Celso Furtado*

La estructura productiva ha experimentado, a lo largo de los dos últimos siglos, transformaciones radicales que han contribuido, en gran medida, a cambiar el ritmo de evolución de la sociedad.

Estas transformaciones fueron consecuencia, por un lado del desarrollo tecnológico, y por el otro de cambios en la estructura económica. El desarrollo tecnológico fue el factor clave de estas transformaciones; y en cuanto a la estructura económica, hubo modificaciones en las relaciones comerciales que incentivaron cambios en la estructura productiva. Veamos la génesis de esas modificaciones.

A lo largo de la historia la actividad humana se desarrolló fundamentalmente en tres áreas, la agricultura, el comercio y la fabricación de bienes, pero esta última desempeñó, durante siglos, un papel secundario, desde el punto de vista económico, frente a la agricultura y al comercio pues la producción era limitada y artesanal; todo comenzó a cambiar cuando se amplió el campo de las transacciones comerciales, aumentó la demanda, y consecuentemente surgió un sistema de mercado que posibilitó la producción en gran escala.

---

<sup>1</sup> FURTADO, C. "Power Resources". In: *EFDA Dossier*, N2 7, Paris, May, 1979.

El sistema de mercado promovió una **sociedad de mercado** que progresivamente suplantó la sociedad medieval, esta última, una sociedad tradicional, fuertemente aferrada al concepto de autoridad, en la que el trabajo, que tenía un status social (era un deber que la sociedad exigía a los integrantes de determinados grupos, por ejemplo los vasallos o los esclavos, a quienes no se les pagaba por las tareas realizadas); en la que el trabajador rural era un siervo al servicio de su señor; en la que los artesanos estaban atados a sus actividades de por vida; en la que las corporaciones imponían rígidas reglas que limitaban la posibilidad de realizar actividades artesanales; en donde la riqueza normalmente no procedía de actividades comerciales, sino más bien del privilegio que algunos recibían del sistema, o de la fuerza militar o política para adueñarse de ella (la riqueza provenía del poder y no como lo es hoy, la riqueza factor de poder); en la que ganar dinero comerciando no era una actividad digna como podía serlo obtenerlo por la guerra o la conquista; en la que para el cristiano prestar dinero a interés era casi pecado mortal; en otras palabras una sociedad rígida, en la que los intereses que prevalecían eran sobre todo militares, políticos o religiosos y en general no orientados directamente al lucro, sino más bien a la fama y al poder; el afán de ganar dinero no era la preocupación central, la idea del dinero como factor de poder no había tomado cuerpo en la sociedad; por otra parte, si bien existía el concepto de propiedad privada, y «se reconocía el derecho de algunos individuos a poseer riquezas, frecuentemente gran riqueza, no se acordaba legalmente el derecho de propiedad a todas las personas».<sup>2</sup>

Con la sociedad de mercado, cambió el sistema de relaciones sociales, el concepto de mercancía tomó otra dimensión, lo económico se integró sólidamente en la vida social, que se caracterizó por una monetización general; las reglas de la oferta y la demanda se generalizaron alcanzando múltiples actividades; "el trabajo" dejó de ser parte de una relación social para convertirse en una "mercancía" más, destinada a ser vendida en el mercado; se liberó al trabajo de las ataduras que le imponía la sociedad; también "la tierra", centro de

poder político y administrativo, pasó a ser algo expresable en términos monetarios, es decir adquirió un precio de venta o de arrendamiento.

La aparición de la sociedad de mercado está muy vinculada, entre otras razones, al fenómeno de la urbanización que tuvo lugar a lo largo de la Edad Media, y al mejoramiento de las comunicaciones y del transporte, si bien el mercado como institución de transacciones comerciales se remonta muy lejos en el tiempo, su alcance era muy limitado. El crecimiento de las ciudades y su afianzamiento como núcleo central de las actividades artesanales y del comercio amplió el campo de las transacciones comerciales y llevó al fortalecimiento de una economía de mercado que dio pie al surgimiento de esta nueva sociedad.

El sistema de mercado abrió las puertas al capitalismo.

Sobre el tema, Robert L. Heilbroner y Lester C. Thurow, en el libro *La economía explicada* dicen:

«Es así que en un sistema de mercado la mayoría de los individuos no sólo son libres de buscar trabajo donde quieran sino que además deben esforzarse por encontrarlo; a modo de contraste, los siervos y los artesanos, atados a la tradición, nacían con un empleo y sólo con gran dificultad podían cambiarlo por otro. En un sistema de mercado cualquiera es libre de comprar o vender tierras: una granja se puede transformar en un gran supermercado. En cambio, la tierra en la mayoría de las sociedades precapitalistas estaba tan en venta como nuestras propiedades del estado

Finalmente, un mercado de capitales significa que hay un flujo regular de riquezas con destino a la producción –un flujo de ahorro e inversión– organizado a través de los bancos y otras compañías financieras, donde los que toman crédito pagan un interés como compensación por haber usado la riqueza de los prestamistas. Nada de eso existía antes del capitalismo, excepto los mercados de capitales muy pequeños y frágiles personificados por el despreciado prestamista.»<sup>3</sup>

En Otro párrafo del libro comentan:

<sup>2</sup> HEILBRONER, R.L.; THUROW, L.C. *La economía explicada*. Buenos Aires, Editorial Aguilar, 1985, p. 18.

<sup>3</sup> HEILBRONER, R.L.; THUROW, L.C. *Op. Cit.*, p. 20.

«El aspecto revolucionario del capitalismo consiste en que un viejo modo de vida feudal tuvo que ser desmantelado antes que el sistema de mercado pudiese aparecer. Esto nos lleva a pensar nuevamente acerca del elemento de libertad económica que juega un papel tan importante en nuestra definición del capitalismo. Como vimos, la libertad económica no surgió simplemente porque los hombres y mujeres cortaron directamente con los lazos de las costumbres y la autoridad. También fue arrojada sobre ellos, a veces como un cambio muy penoso y desagradable.

Con todas sus crueidades e injusticias el feudalismo europeo proveía cierta seguridad económica. Por muy humilde que fuera la vida de un siervo al menos él sabía que en las malas épocas tenía garantizada una pequeña ración del granero de su patrón. Por muy explotado que estuviera un jornalero él sabía que, bajo las reglas del gremio de su maestro, no podía ser despedido de su trabajo. [.....]

El surgimiento del sistema de mercado –o mejor dicho, los largos siglos de tumulto que rompieron el predominio de la tradición y el autoritarismo en Inglaterra, Francia y los Países Bajos– destruyó esa seguridad social. De esa manera, la libertad económica del capitalismo aparecía como una espada de doble filo. [.....]

El sistema de mercado se convirtió así en causa de intranquilidad, inseguridad y sufrimiento individual, pero también fue la fuente de progreso, oportunidad y logros. Esta contienda entre los costos y beneficios de la libertad económica es un tema aún crucial para el capitalismo.»<sup>4</sup>

En una sociedad de mercado, los recursos naturales, el trabajo y el capital, reciben el nombre de **factores de la producción**.

La consolidación de la sociedad de mercado y del capitalismo –en sus comienzos capitalismo comercial– se produce aproximadamente en el siglo XVI (luego con la revolución industrial aparece el capitalismo industrial). El acelerado desarrollo tecnológico del último siglo está íntimamente asociado al ascenso del capitalismo, que por razones económicas estimuló una tecnología de producción.

<sup>4</sup> HEILBRONER, R.L.; THUROW, L.C. *Op. Cit.*, p.23.

Con el capitalismo nace una nueva clase social, la burguesía, que desplaza a la nobleza y va a desempeñar un papel fundamental en la evolución de la sociedad.

Donde primero se planteó la producción en gran escala fue en el ámbito de la fabricación de telas. Recordemos que ya en el siglo XIII había importantes manufacturas textiles en Flandes y en el norte de Italia, y más tarde en Gran Bretaña, en donde llegó a adquirir gran importancia; sin embargo hay que llegar a la **revolución industrial**, con las correspondientes transformaciones en el esquema productivo, para que esta fabricación pase a desempeñar un papel protagónico en el desarrollo económico y por ende en el desarrollo social.

Con la revolución industrial comienza el reemplazo sistemático del trabajo manual por el trabajo de la máquina, es decir la mecanización de las actividades productivas y como consecuencia, la fabricación en gran escala, lo que plantea una nueva lógica de la producción, y es precisamente en el ámbito de la industria textil, que ya existía, y cuya producción no alcanzaba a satisfacer los requerimientos del mercado, donde se inicia este proceso. Este ejemplo nos permite ratificar lo que hemos planteado: la realidad económica y social es la que condiciona e impulsa los cambios técnico-tecnológicos, los que a su vez suelen provocar grandes transformaciones socioculturales; el hecho técnico en sí no es suficiente si no están dadas las condicionantes socioeconómicas. Schumpeter dice «la realización de la invención y la elaboración de la innovación correspondiente son económica y sociológicamente dos cosas por entero diferentes».<sup>5</sup>

La fabricación en gran escala plantea una nueva lógica de la producción, al respecto Miguel Angel Quintanilla dice:

«La nueva "lógica de la producción" radica en la separación del capital y el trabajo, y en el sometimiento consiguiente de todo el proceso productivo al principio de la maximización del beneficio en un mercado competitivo. [.....]

<sup>5</sup> SCHUMPETER, J.A. *Business Cycles*. New York McGraw-Hill, 1939.

En el sistema de producción industrial capitalista, la tecnología como factor de producción es asunto de capital y éste se rige por la ley del máximo beneficio.»<sup>6</sup>

La característica más importante de ese nuevo esquema productivo es la **separación de las tareas de concepción, de las de fabricación**. Si bien las tendencias a esta separación ya se habían manifestado en la especialización planteada en la artesanía, en algunos casos para acrecentar la producción como consecuencia de la expansión del comercio, en otros para satisfacer requerimientos específicos (por ejemplo, la manufactura de Gobelinos), fue la revolución industrial la que rompió definitivamente el esquema vigente durante siglos y planteó la necesidad de proyectar el producto en todos sus detalles antes de producirlo industrialmente. Se establece así una nueva etapa en la división técnica del trabajo consistente en la separación de las actividades de concepción de las de fabricación, actividades hasta ese momento, en general, en manos de una sola persona, el artesano, responsable de todo el proceso productivo, y en el cual muchas veces el arte y la artesanía formaban una sola unidad.

Como consecuencia de esta separación se produce una fragmentación y descalificación de las actividades del trabajador que no puede más sentirse autor totalmente responsable y orgulloso de su obra. La máquina comienza a marcar en forma indeleble al producto que pasa a ser impersonal en su producción. En los comienzos de la producción industrial esto provocó encendidas críticas y se acusó a la máquina de destruir la alegría del trabajo.

«La división del trabajo también alteró de otras maneras la vida social. El trabajo se volvió más fragmentario, monótono, tedioso, alienante y la autosuficiencia de los individuos se restringió notablemente.»<sup>7</sup>

La revolución industrial abrió el camino a un acelerado desarrollo tecnológico cuyas implicancias en el campo de la estructura productiva, a partir de mediados del siglo XIX y sobre todo en el siglo XX, han modificado todo el campo de las actividades humanas y

<sup>6</sup> QUINTANILLA, M.A. *Tecnología: un enfoque filosófico*. Buenos Aires, EUDEBA, 1991, p.16.

<sup>7</sup> HEILBRONER, R.L.; THUROW, L.C. *Op. cit.* p. 29.

planteado un nuevo mundo caracterizado, entre otras cosas por la consolidación de esta sociedad de mercado, por la mecanización no sólo de las actividades productivas sino también de las actividades cotidianas (con todas las consecuencias que la misma implica) y por una reducción del grado de independencia económica de los miembros de la comunidad, el "hombre múltiple" del siglo pasado, que en muchos aspectos llegaba a bastarse a sí mismo, desapareció, la complejidad de la vida moderna exige una especialización que ha incrementado enormemente la interdependencia económica de la comunidad.

El progreso tecnológico pasó a ser en sí una actividad social, pero hay que tener siempre en cuenta que todo avance tecnológico debe ser congruente con la tecnología que lo circunda y compatible con las condiciones socioeconómicas existentes; utilizar tecnologías que no respondan a estas características puede producir serios desajustes económicos. Este es un tema que merece especial atención, sobre todo cuando se piensa en la introducción de nuevas tecnologías.

La tecnología se ha convertido en una fuerza productiva, algunos la califican como **un factor de la producción** asimilándola a los factores clásicos que son: **trabajo, capital y recursos naturales** (tierra, yacimientos minerales, reservas de agua, etc.); se la puede considerar como una mercancía que se produce, se comercializa y se incorpora a los medios de producción con «la característica fundamental de que es **inmaterial**». <sup>8</sup>

Al respecto, Ernesto Martínez dice:

«La tecnología como mercancía presenta propiedades muy particulares, define los medios de producción y queda incorporada a ellos, resulta asimismo algo insólito, ya que no se consume ni se desgasta durante el proceso productivo. Sólo deja de ser útil, o se vuelve obsoleta, cuando es perfeccionada, cuando aparece una tecnología mejor, que puede ser absolutamente nueva, o bien derivar de la anterior por un perfeccionamiento a través del mismo proceso productivo o por ensayos en laboratorios y plantas piloto.»<sup>9</sup>

<sup>8</sup> MARTINEZ, E. *Introducción al estudio del papel de la tecnología en el desarrollo argentino*, Buenos Aires, Ediciones Quipo, 1978, p. 22.

<sup>9</sup> *Ibid.*, p. 23.

## LA PRODUCCION DE TECNOLOGIA

Los modos de producción están en constante evolución; cuando las sacudidas socioculturales, consecuencia de la Revolución Industrial, todavía siguen recorriendo el mundo, estamos asistiendo a otro impacto, el de la Revolución Científico-tecnológica, con ella se marcha hacia una nueva sociedad, una sociedad de creación, en la que la productividad no tendrá más como eje la cantidad de personas que producen y su mecanización, sino el conocimiento tecnológico y la creatividad de la sociedad y de cada uno de sus integrantes. En esta nueva etapa de la historia de la humanidad el desarrollo tecnológico y la producción de tecnología son aspectos muy importantes que deben ser tenidos en cuenta porque afectan no sólo la estructura productiva, sino también nuestra cultura y nuestra forma de vida. Para hacer frente a estos cambios y poder integrarse en este nuevo mundo en gestación, es necesario analizar en detalle los diferentes aspectos, tanto técnicos, como económicos y sociales de la tecnología.

En cuanto a la producción de tecnología, uno de los aspectos importantes es que dejó de ser algo fortuito, librada al azar y resultado de esfuerzos individuales, para pasar a ser un proceso orgánico, sistemático, continuo e industrial. La época de los investigadores aislados es historia del pasado, hoy, salvo muy raras excepciones, el avance tecnológico es el resultado de un esfuerzo interdisciplinario, organizado y sistemático, que está englobado en lo que normalmente se conoce con el nombre de Investigación y Desarrollo (I y D).

Actualmente la producción de tecnología tiene lugar en laboratorios de Investigación y Desarrollo que, según Jorge A. Sábato, son verdaderas fábricas en las que se manufacturan y procesan "**conocimientos**", insumos que se utilizan en la producción de bienes y servicios (los conocimientos pueden llegar a ser más importantes que la materia prima); según Sábato deberían llamarse Fábricas de Tecnología<sup>10</sup> porque su objetivo es producir "tecnología". Algunas están integradas verticalmente a una compañía madre (por ejemplo, los laboratorios de I y D de la IBM), otras son totalmente autónomas o

<sup>10</sup> SÁBATO, J-A. *¿Laboratorios de investigación o fábricas de tecnología?* Buenos Aires, Editorial Ciencia Nueva, 1972, p. 14.

independientes, es decir empresas destinadas exclusivamente a la producción y comercialización de tecnología, en las que la tecnología es el producto final y no un insumo para otros productos (por ejemplo, la Bell Telephone Laboratories).

Entre los antecedentes históricos de estas Fábricas de Tecnología, podemos mencionar el laboratorio que en 1880 organizó Tomás Alva Edison en Menlo Park, New Jersey, donde con un pequeño, pero capacitado equipo, se propuso producir invenciones. En ese laboratorio se hicieron centenares de invenciones (Edison patentó bajo su nombre aproximadamente 1300). Pero lo más importante que inventó fue el método para producir invenciones, al respecto decía:

«Alguna gente opina que mi mayor invención ha sido la lámpara incandescente. Lamento estar en desacuerdo, pienso que mi mayor invención ha sido el laboratorio comercial de investigaciones, un lugar donde yo pude desarrollar todas mis invenciones.»<sup>11</sup>

El 4 de septiembre de 1882 Edison y sus colaboradores inauguraron en Nueva York la primera usina eléctrica comercial del mundo, que fue el primer negocio de generación y comercialización de electricidad.

Es conveniente tomar conciencia de la importancia de estas Fábricas de Tecnología pues su producto resultante, la tecnología, es el elemento clave del desarrollo económico y social del mundo de hoy.

Veamos algunas de las características de este producto.

Jorge A. Sábato y Michael Mackenzie, en el libro, *La producción de tecnología*, dicen:

«Hay tres características de la tecnología que nos interesan:

- Como cualquier otra mercancía, la tecnología tiene un valor de uso y un valor de cambio; es importante no confundir el uno con el otro, como lamentablemente ocurre con frecuencia.

<sup>11</sup> Mencionado por THOMAS S. KUHN en: "A bibliographical note", Minerva, X, January, p. 176-177.

- La tecnología no es una máquina, ni un programa de computadora, ni una fórmula, ni un diseño ni una patente, sino mucho más. Incorporada, como en una planta industrial, desincorporada, como en un conjunto de planos o en una mezcla adecuada de ambos tipos, la tecnología es un **paquete** de conocimientos organizados de distintas clases (científicos, técnicos, empíricos, etc.) provenientes de diversas fuentes (descubrimientos científicos, otras tecnologías, libros, manuales, patentes, etc.) a través de métodos diferentes (investigación, desarrollo, adaptación, copia, espionaje, expertos, etc.).
- Mientras que durante milenios el hombre produjo tecnología de manera espontánea, asistemático y casi "amateur" (en forma artesanal), en las últimas décadas este modelo de producción de la tecnología ha cambiado drásticamente y se ha transformado en una actividad específica, organizada, diferenciada y continua, con su propia identidad, su propia legitimidad y sus propias características económicas. Y así como las mercancías corrientes se producen en establecimientos comúnmente denominados fábricas, lo mismo ocurre ahora con la tecnología, con la diferencia que a las fábricas de tecnología se las designa con nombres tales como laboratorios de Investigación y Desarrollo (IyD), departamentos de IyD, centros de IyD y similares.»<sup>12</sup>

En este texto se habla de paquete tecnológico, es decir que se considera a la tecnología como un paquete organizado de conocimientos provenientes de distintas fuentes: investigación, descubrimientos empíricos, conocimientos teóricos y prácticos, invenciones, adaptaciones, copias, diseño industrial, etc.

«El modelo basado en el concepto de paquete tiene la suficiente flexibilidad para incorporar todos los imputs que intervienen en el cambio tecnológico, y hacerlo sin perder de vista sus características propias, de manera de poder así respetar su

---

<sup>12</sup> SÁBATO, J.A.; MACKENZIE, M. *La producción de tecnología*. México, Editorial Nueva Imagen, 1982, p. 24-26.

multidimensionalidad.» En particular, este modelo reconoce que no hay un único origen del cambio tecnológico; a veces puede ser la investigación científica, pero en muchos casos es el diseño industrial, la simple copia, descubrimientos empíricos, etc. Por definición, el paquete tecnológico no es atomístico sino más bien holístico.»<sup>13</sup>

Emplear el concepto de paquete es más realista que considerar a la tecnología como el resultado de una secuencia, investigación básica, investigación aplicada, desarrollo e innovación, pues el **proceso** no es tan lineal, en la etapa de desarrollo se apela a conocimientos que pueden provenir de las más diversas fuentes, y algunas veces no precisamente de la investigación.

«En el modelo de paquete, el conocimiento que pasa a formar parte de un paquete puede provenir de cualquier fuente y según cualquier método, incluso el espionaje y el robo, entre otros. [.....]

No interesa en absoluto si ese conocimiento es original o no, científico o no, producido por I y D propio o ajeno, adquirido a un proveedor, adaptado de una vieja tecnología o inventado recientemente, obtenido localmente o importado, etc., siempre que la combinación adecuada de todos los elementos necesarios suministre el paquete correcto, entendiéndose por tal el que realice la función asignada con la máxima eficiencia y el mínimo costo. [ ]

Hay una importante "condición de borde" que no debe ser ignorada cuando se diseña un paquete tecnológico: toda estructura productiva tiene su propia racionalidad [.....]. El suministro de tecnología debe ajustarse a esa racionalidad; de lo contrario, la estructura productiva rechazará los paquetes que no cumplan con ese requisito [.....]. Y si se le obliga a aceptarlos, podrá ser seriamente perturbada —como ha ocurrido en muchas sociedades tradicionales cuando se les ha introducido tecnologías muy avanzadas [.....]— o eventualmente modificada en forma radical, como ocurrió en la Inglaterra del siglo XVIII con la introducción de la máquina de vapor.»<sup>14</sup>

---

<sup>13</sup> SÁBATO, J.A.; MACKENZIE, M. *Op. Cit.*, p. 30.

<sup>14</sup> SÁBATO, J.A.; MACKENZIE, M. *Op. Cit.*, p. 31-32.

Como vemos el tema de la producción de tecnología presenta muchas facetas.

Si bien es cierto que muchas veces el proceso comienza con una primera etapa de investigación, seguida de una de desarrollo, para luego aplicar los conocimientos obtenidos a la producción de bienes y servicios, hay casos, hoy excepcionales, en el que una innovación en el campo de la producción precede al conocimiento científico (por ejemplo, algunos métodos en la elaboración de aceros que vieron la luz antes que una investigación científica justificara su empleo), así como otros en que se han salteado las etapas de investigación (en este caso se hace uso de los resultados de investigaciones realizadas en otras partes).

Vinculado al tema, E. H. Lauría dice:

«Existe al respecto un caso histórico paradigmático: el despegue industrial del Japón en las décadas del 60 y el 70. El notable éxito de ese proceso no se basó en la investigación japonesa, sino en la capacidad de asimilar y utilizar conocimientos y técnicas desarrolladas en otros países.

Así por ejemplo, la investigación y las invenciones fundamentales en semiconductores fueron realizadas en los Estados Unidos. Los japoneses ingresaron en el área con retraso y basaron la totalidad de su trabajo en la tecnología estadounidense. Por otra parte, esa metodología fue una pauta recurrente en la historia tecnológica e industrial japonesa, aplicada con gran éxito en la robótica y en los sistemas de fabricación automática.

En síntesis, Japón produjo su vigoroso desarrollo industrial inicial sin realizar investigación propia, mediante masiva transferencia de tecnología originada en fuentes extranjeras. Varias fueron las formas utilizadas para canalizar los conocimientos foráneos hacia las industrias japonesas, tales como la compra de patentes, la desagregación de paquetes tecnológicos y la copia a veces eufemísticamente llamada "ingeniería inversa". No debe descartarse asimismo el espionaje industrial. [.....]

Producido el despegue industrial basado exclusivamente en la transferencia y la innovación tecnológica, Japón se propuso achicar la brecha existente con los Estados Unidos en materia de investigación. Para ello, partiendo de los conocimientos y el "Know-how" adquirido, y con el soporte económico generado por el gran éxito comercial de sus flamantes industrias, realizó un significativo esfuerzo de investigación y, desarrollo tecnológico que lo erigió, ya a fines de la década del 70, en uno de los líderes mundiales en la producción de circuitos integrados.

Quedó así consolidado el asombroso salto del Japón a la era de la alta tecnología.»<sup>15</sup>

Como vemos el despegue industrial de Japón fue el resultado de haber sabido valorar el tema de la tecnología en sus justos términos. Sin subestimar la investigación y el desarrollo, en una primera etapa lo prioritario es contar con tecnología en la forma más barata posible.

## LA DEPENDENCIA TECNOLOGICA

La imposibilidad de producir toda la tecnología que requiere la estructura productiva de bienes y servicios de un país, plantea la necesidad de importar lo que no se puede producir. La complejidad de los desarrollos tecnológicos ha llegado a un grado tal que hoy prácticamente ningún país puede hablar de una autarquía tecnológica. La tecnología que fluye en su estructura productiva es una mezcla de tecnología nacional y de tecnología importada. El problema es regular ese flujo para evitar caer en una dependencia tecnológica, sobre todo teniendo en cuenta «que la tecnología es uno de los elementos más importantes para la independencia y el desarrollo económico de los países»<sup>16</sup>, y además «la tecnología es uno de los principales instrumentos de poder»<sup>17</sup>.

---

<sup>15</sup> LAURÍA, E. H. Modelos e ideas acerca de la modernización industrial. In: Diario *La Nación*. Buenos Aires, 20-6-1989, p. 7.

<sup>16</sup> SÁBATO, J.A.; MACKENZIE, M. *Op. Cit.*, P. 13.

<sup>17</sup> *Ibid.*, p. 171.

Sin lugar a dudas, la solución está en desarrollar una capacidad tecnológica propia a fin de poder manejar con autonomía la mezcla "tecnología nacional-tecnología importada". Para lograr esto es necesario establecer una política tecnológica que posibilite el desarrollo de una capacidad tecnológica autónoma. La palabra autonomía no implica el concepto de autarquía, volvemos a repetirlo ningún país puede desarrollar por su propia cuenta toda la tecnología que necesita.

El costo que los países en desarrollo pagan en concepto de regalías por la tecnología que reciben representa sumas muy significativas en su balanza de pagos, y muchas veces lo más grave suele ser: la falta de adaptación de esas tecnologías a los requerimientos locales, la adquisición de tecnologías obsoletas, la sobrefacturación de insumos clave, etc.; todo esto agrava el problema de la dependencia tecnológica.

En un trabajo presentado al "Seminario Latinoamericano sobre Cooperación entre Instituciones e Industria en la formación de Ingenieros", organizado por la UNESCO en Córdoba, Argentina, en 1973, Miguel Angel Yadarola, Alberto Araoz y Jorge Mardones, refiriéndose al desarrollo tecnológico de la industria en América Latina dicen:

«La política tecnológica puede considerarse como el conjunto de reglas y decisiones que, explícita o implícitamente, guían la producción, importación, difusión, utilización y exportación de tecnología. [...] Si un país desea llevar a cabo un verdadero manejo de la tecnología, debe procurar definir un conjunto coherente de guías y prescripciones de política tecnológica e implementarlas a través de diversos instrumentos legales, operativos e institucionales.

El diseño de una política para el manejo explícito de la tecnología en el conjunto del país debe tener necesariamente en cuenta, la producción de técnicas en el orden interno, su importación, modificación, adaptación arraigo, difusión mejoramiento y exportación. [...] Debe propender a que las actividades productivas no dependan abrumadoramente de la tecnología extranjera. No se trata, por supuesto, de obtener la completa autarquía tecnológica, que por otra parte no existe en ningún país, sino que en la futura

incorporación de tecnología a la industria y otras actividades productivas la decisión tecnológica esté en manos de las propias entidades nacionales.

Debe darse impulso a la creación de tecnologías propias, principalmente en lo que respecta al aprovechamiento de recursos naturales del país, de modo de realizar una gradual "sustitución tecnológica" que aminore la dependencia tecnológica del exterior, disminuyendo los pagos en concepto de regalías y servicios técnicos, y eventualmente permita la exportación de tecnología.

En otras palabras, se trata de aminorar la dependencia tecnológica del país mediante una acción fuerte y profunda destinada a construir una capacidad propia de decisión en materia tecnológica, crear tecnología propia, incorporarla al sistema productivo y exportarla al exterior.[....] Una política en este sentido puede no ser rentable a corto plazo, pero es indudable que será necesaria a largo plazo para afianzar el desarrollo económico y social del país.»<sup>18</sup>

El problema de la dependencia tecnológica es complejo, multifacético y tiene alcances más vastos que lo estrictamente económico, además está muy vinculado a la política tecnológica, la que a su vez está integrada dentro de una política económica global, lo que hemos hecho aquí es plantear sucintamente el tema, pues su análisis en profundidad excede el marco que nos hemos fijado para este trabajo.

A continuación transcribimos un párrafo del artículo *El costo de la dependencia tecnológica* de Surendra J. Patel, publicado en el N° 32 de la revista Ceres de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), pues define bien lo que se debe entender cuando se habla de independencia tecnológica.

<sup>18</sup> YADAROLA, M.A.; ARAOZ, A.; MARDONES, J. *Políticas nacionales para el desarrollo tecnológico que favorezcan la demanda profesional de ingenieros y contribuyan a la formación de éstos en función del proceso de desarrollo industrial*. Trabajo presentado al Seminario latinoamericano sobre cooperación entre instituciones e industria en la formación de ingenieros. Organizado por la UNESCO en Córdoba, Argentina, 6-12 de mayo de 1973, p. 4-5.

«La independencia en este terreno no debe confundirse con el estrecho concepto de autarquía. La entendemos aquí como la facultad de tomar las decisiones que convengan cuando convengan, y de realizarlas en el momento apropiado, lo cual lleva implícita la facultad de decidir las técnicas que hay que importar del extranjero; de los términos y condiciones en que deben aceptarse; de cómo ajustarlas y adaptarlas a las necesidades de un determinado país, asimilarlas y difundirlas, obtener los máximos beneficios en función de la capacidad técnica del país, y de cómo establecer el equilibrio entre las técnicas importadas y las del país. En pocas palabras, se trata de la diferencia crucial que existe entre depender completamente del extranjero o poder tomar y ejecutar decisiones de interés nacional.»<sup>19</sup>

### VALOR DE USO, VALOR DE CAMBIO Y VALOR DE SIGNO

Considerada como mercancía, la tecnología tiene valor de uso y valor de cambio, a los objetos tecnológicos de uso corriente se les puede agregar, en muchos casos, el valor de signo.

**El valor de uso** está referido a la capacidad para satisfacer determinadas necesidades o requerimientos. El concepto de valor de uso está asociado a la utilidad práctica, a la función que cumple, al valor que la tecnología posee para quien la utiliza.

**El valor de cambio** es el valor que cualquier cosa (material o no) tiene como mercancía y en general depende en gran medida de su valor de uso; expresa la cantidad de mercancía que se puede intercambiar por otra, pero en una economía monetaria estas relaciones se expresan en términos de dinero. La tecnología se puede vender a quien la necesite y como consecuencia tiene un valor de cambio.

Los conceptos de valor de uso y de valor de cambio plantean algunas veces ciertas paradojas como ser: mercancías de gran utilidad con bajos valores de cambio y mercancías mucho menos útiles pero

con altos valores de cambio, el agua y los diamantes son ejemplos clásicos.

**El valor de signo** (planteado por Jean Baudrillard)<sup>20</sup>, aplicable a los objetos tecnológicos, es el valor incorporado que tiene un objeto cuando además de su valor de uso tiene un valor de significación (connotador de status, definidor de gustos, de actitud frente a la vida, etc.) de un orden distinto del valor de uso, pero tan funcional como éste.

Como ejemplo podemos plantear el caso de un automóvil de lujo (objeto tecnológico) al que habría que agregarle a su valor de uso lo que representa como eventual símbolo de status.

Todo objeto, por más bien hecho que esté, tiene un determinado valor de cambio vinculado al valor de uso, que es difícil superar, a menos que se le confiera un valor artificial, un valor de significación, el valor de signo, a veces denominado por Baudrillard valor de cambio-signo.

Esto no quiere decir que el valor de signo esté necesariamente asociado a un muy alto valor de cambio, pues en muchos casos hay objetos de uso corriente, de venta en gran escala, que sin ser de muy alto precio pueden tener un valor de signo y marcar actitudes frente a la vida (juventud, desprejuicio, etc.).

Conviene no confundir valor de signo con valor simbólico; el valor de signo es un producto social, función del medio sociocultural e independiente de motivaciones particulares; mientras que el valor simbólico es función de una relación de simbolización motivada; la causa de la motivación en general es de tipo afectiva. Un regalo por ejemplo puede tener para quien lo recibe un valor simbólico muy grande independientemente de otras consideraciones (precio, elegancia, moda, valor de signo, etc.); como otro ejemplo podemos imaginarnos una flor seca en las páginas de un libro, que para quién la guarda puede llegar a tener un gran valor simbólico, independientemente de no ser más que una flor seca.

<sup>19</sup> PATEL, S.J. El costo de la dependencia tecnológica. In: Revista *Ceres*, FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), N° 32, año 1973, p. 16.

<sup>20</sup> BAUDRILLARD, J. *Crítica de la economía política del signo*. México, Siglo XXI editores, 1974, 263 p.

Si bien las palabras signo y símbolo, en algunos casos, se las llega a considerar como sinónimos, desde nuestra óptica representan realidades distintas. El valor de signo lo fija convencionalmente el sistema de relaciones sociales, mientras que el valor simbólico es un elemento afectivo de participación, más que una forma codificada de comunicación; el valor simbólico es un agregado, es un plus de significación.

El valor de signo es, desde el punto de vista económico, un factor importante a tener en cuenta en el planteo previo a una producción industrial.

## CAPITULO VII

# Enfoque sistémico

*El todo es más que la suma de las partes*  
Aristóteles

«La teoría general de sistemas (TGS), teoría de sistemas, enfoque sistémico, es un esfuerzo de estudio interdisciplinario centrado en las propiedades comunes de entidades llamadas sistemas. Éstos se presentan en todos los niveles de la realidad, pero tradicionalmente son objetivos de disciplinas académicas diferentes. Su puesta en marcha se atribuye al biólogo austriaco Ludwig von Bertalanffy, quien acuñó la denominación a mediados del siglo XX.»<sup>1</sup>

El **enfoque sistémico** es una manera de abordar y formular problemas, caracterizada por concebir todo objeto (material o inmaterial) como una totalidad **compleja**, o como un componente de la totalidad. En otras palabras, considera a todo objeto como un sistema (complejo), o como componente de un sistema, entendiendo por sistema una agrupación de partes entre las que se establece alguna forma de relación que las articule en la unidad que es precisamente el sistema. «Admite la necesidad de estudiar los componentes de un sistema, pero no se limita a ello. Reconoce que los sistemas poseen características de las que carecen sus partes, pero aspira a entender esas propiedades sistémicas en función de las partes del sistema y de sus interacciones, así como en función de circunstancias ambientales. Es decir que el enfoque sistémico invita a estudiar la composición, el entorno y la estructura de los sistemas de interés. [...] no se limita al estudio de las cosas sino que también se aplica al intento de cambiarlas.»<sup>2</sup>

Como vemos, el enfoque sistémico se sustenta en la idea y el concepto de sistema.

---

<sup>1</sup> Wikipedia.

<sup>2</sup> BUNGE, M. *Sistemas sociales y filosofía*. Buenos Aires, Editorial Sudamericana, 1995, p. 7 -8.

## EL CONCEPTO DE SISTEMA

El concepto de sistema es muy amplio y abarca tanto sistemas estáticos como sistemas dinámicos.

Un recipiente con agua, en el que no entra ni sale líquido (y como consecuencia el nivel permanece constante) es, en principio, **un sistema estático**, otros sistemas estáticos podrían ser la estructura de un edificio, una piedra, etc.

Un depósito en el que entra y sale agua es **un sistema dinámico**, otros sistemas dinámicos son, por ejemplo, el sistema circulatorio sanguíneo, una célula viva, el motor de un automóvil funcionando, etc.

El enfoque sistémico focaliza su accionar en sistemas dinámicos, y desde esa óptica se puede definir al sistema objeto de estudio como:

Una agrupación de **elementos** en **interacción** dinámica organizados en función de un **objetivo**.

Es decir que en un sistema podemos señalar:

1. **Elementos**;
2. **Interacción**;
3. **Organización**;
4. **Objetivo (Finalidad)**.

Los **elementos** de un sistema forman un todo y pueden ser conceptos, objetos o sujetos; estos elementos pueden ser vivientes, no vivientes o ambos simultáneamente, así como también ideas, sean éstas del campo del conocimiento ordinario, científico, técnico o humanístico, las que no pueden concebirse como sueltas o independientes del contexto o sistema en el que están insertas.

La **interacción** entre los elementos y la **organización** de los mismos es lo que posibilita el funcionamiento del sistema.

Los sistemas tienen una **finalidad** (sirven para algo), en otras palabras **cumplen una función**. La expresión, *cumplen una función*, es válida tanto para los concebidos por el hombre (en este caso el

planteo es claro, pues todo lo hecho por el hombre tiene una finalidad; asumida consciente o inconscientemente), como para los sistemas naturales, que también cumplen una función (mantener su estructura, su funcionamiento, su equilibrio, etc.), si no la cumplen se destruyen, desaparecen. El **objetivo** del sistema, es decir su finalidad, es que cumpla la función prevista.

Todo sistema forma o puede formar parte de un sistema más grande que podemos llamar supersistema, metasistema, etc. (es decir es, o puede ser, un subsistema) o estar compuesto de subsistemas, éstos no son otra cosa que sistemas más pequeños, los que a su vez pueden estar compuestos de otros más pequeños aún, y así podríamos seguir hasta llegar a los componentes más elementales de todo lo que existe en el universo. El concepto de sistema es válido desde una célula hasta el universo considerado como un sistema de sistemas.

Mario Bunge dice: «Se está tornando cada vez más evidente que la mayoría de los objetos con que tratamos, particularmente en lo social, son sistemas multifacéticos y, como tales, están fuera del alcance de los especialistas estrechos. Estamos aprendiendo gradualmente, a veces a altos costos, que el mejor experto es multidisciplinario. Ya no despreciamos al generalista, a menos, claro está, que sea un aficionado en todo lo que trata. También estamos aprendiendo que los modelos de cajas negras, por serviciales que sean, son superficiales. Estamos aprendiendo que si queremos saber cómo funciona un sistema, o si queremos mejorar su diseño, o repararlo, debemos conjeturar o exhibir su composición y su estructura, así como explorar el entorno con el que interactúa. En suma estamos aprendiendo a abordar los problemas de manera sistémica aun cuando no empleemos esta expresión.»<sup>3</sup>

Los sistemas pueden estar asociados o ser sustento de procesos, entendiendo por proceso un conjunto de acciones que tienden hacia un fin determinado.

---

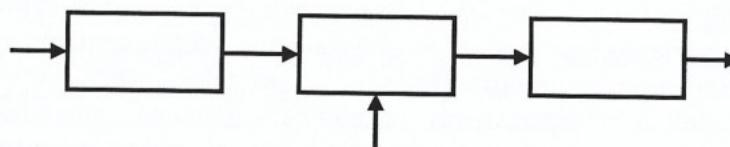
<sup>3</sup> BUNGE, M. *Op. cit.* p. 13.

Estos procesos implican producción, transformación y/o transporte de materia, energía y/o información y tienen por resultado un producto (material o inmaterial).

Producción	de	Materia
Transformación	de	Energía
Transporte	de	Información

Los procesos pueden ser físicos, químicos, económicos, biológicos, etc., y los productos, objetos, bienes en general, energía eléctrica, procedimientos, etc.

A los sistemas se los suele representar simbólicamente por medio de diagramas, genéricamente llamados "**diagramas de bloques**". (ver página 229)



Los bloques representan "**las unidades**" o "**las fases del proceso**" (producción, transformación, transporte y/o almacenamiento), que tienen lugar en el sistema.

En estos diagramas se indican mediante flechas las interrelaciones que hay entre los diversos bloques. Las flechas representan los flujos, que pueden ser de materia, de energía o de información.

Los flujos de materia se representan gráficamente con flechas negras



Los flujos de energía se representan con flechas dobles



Los flujos de información se representan con flechas de líneas entrecortadas



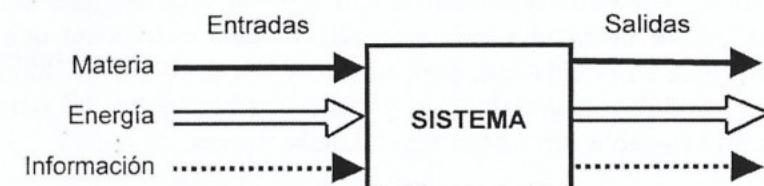
Los flujos de materia y de energía (asociadas) con flechas negras gruesas. El caso de combustibles sólidos o líquidos = materia + energía química.



Las ventajas de representar un sistema mediante un diagrama de bloques son, entre otras: la facilidad de representar el sistema total simplemente colocando los bloques de los elementos componentes acorde al camino de los flujos, y la posibilidad de evaluar la contribución de cada unidad al funcionamiento global del sistema.

En general se puede ver más fácilmente el funcionamiento de un sistema analizando el diagrama de bloques que analizando el sistema en sí.

Un diagrama de bloques tiene la ventaja de mostrar en forma fácil (por medio de flechas que indican las entradas y las salidas de cada unidad) los flujos a través del sistema real, y permite poner en evidencia los aspectos que interesan, con independencia de la forma en que se materialicen. Los flujos (de materia, energía e información) que llegan a cada bloque (**las entradas**) se indican con flechas entrantes, mientras que los flujos que salen (**las salidas**) se indican con flechas salientes del bloque.



En el enfoque sistémico interesa fundamentalmente lo que el sistema recibe y lo que el sistema entrega.

Hay que tener en cuenta que cuando hablamos de flujo de materia y/o de energía nos referimos a algo que se conserva como tal.

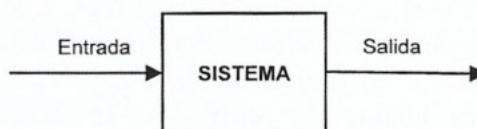
Si la materia y/o la energía entra a un sistema también debe salir (transformada, convertida en producto final, etc.), o acumularse en el mismo; por otra parte, no puede salir materia y/o energía donde no entró, o donde no estaba acumulada.

En cuanto a la información, esta no siempre se conserva como tal, y puede estar implícita en el producto final.

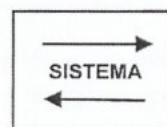
## SISTEMAS ABIERTOS Y SISTEMAS CERRADOS

Desde el punto de vista de su vinculación con el entorno podemos clasificar a los sistemas en abiertos y cerrados.

Los sistemas abiertos son los que están en relación con su entorno (con su medio), con el que mantienen un permanente intercambio, este intercambio puede ser tanto de energía, de materia, de información, etc., como de residuos, de contaminación, de desorden, etc. En sistemas abiertos podemos hablar de entradas y de salidas.



Un sistema cerrado es aquél que está totalmente aislado del mundo exterior, con el que, en consecuencia, no tiene ningún tipo de intercambio. Un sistema cerrado es un sistema que no tiene medio externo. Ahora bien, un sistema cerrado es una abstracción que no tiene vigencia en la vida real, pero que debido a la simplificación que significa manejarse con datos que están limitados dentro del sistema ha permitido establecer leyes generales de la ciencia.



## CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS

Los sistemas se caracterizan por su estructura y por su funcionamiento.

Estructuralmente un sistema puede ser divisible, pero funcionalmente un sistema es indivisible, no lo permite la **organización** y la **interacción** de sus elementos, ya que alguna de sus propiedades esenciales se perdería con la división. Las características o el comportamiento de cada elemento tienen efecto sobre las

propiedades o comportamiento del conjunto tomado como un todo. De la interacción entre elementos **surgen nuevas propiedades que no son la simple suma de las propiedades de cada elemento**. Cada sistema puede a su vez, agruparse con otros para constituir un sistema superior. Y así, los problemas se resuelven no aislandolos sino considerándolos parte de un problema superior, o sea dentro de un sistema de mayor alcance y extensión.

**Estructuralmente un sistema puede ser divisible**  
**Funcionalmente un sistema es indivisible**

**La estructura está vinculada a la organización espacial, el funcionamiento a la organización temporal.**

En lo relativo a la estructura podemos señalar: los elementos, los límites, la red de comunicación y los depósitos.

En cuanto al aspecto funcional podemos señalar: los flujos, los elementos de control (válvulas), los retardos y los lazos de realimentación.

### Elementos

- Los elementos son los componentes de un sistema.
- Los elementos pueden ser representación o conceptualización de características de la realidad.
- Los elementos pueden a su vez ser sistemas (subsistemas).
- Los elementos pueden ser no vivientes o vivientes (en muchos casos combinación de ambos).
- Hay elementos que entran al sistema: las entradas.
- Hay elementos que dejan el sistema: las salidas o resultados.
- Como ejemplo de elementos podemos mencionar: las moléculas de una célula; los alumnos de una escuela; las máquinas de una fábrica; las mercancías; el dinero; etc.

### Límites

Los límites son las fronteras que enmarcan a un sistema y lo separan del mundo exterior (los límites pueden ser físicos, como también jurídicos o mentales). Los límites los fija la entrada y la salida

del sistema. La fijación de los límites es un punto clave en el enfoque sistémico, pues delimita el campo de estudio.

Tomemos como ejemplo el sistema "bicicleta", si lo que nos interesa es su funcionamiento desde el punto de vista mecánico, centraremos nuestro análisis en la bicicleta en sí, pero si nos interesa la bicicleta como medio de transporte tenemos que ampliar el límite y tener en cuenta el suelo sobre el que se desplaza, pues sin la fricción sobre el mismo no puede haber movimiento; como consecuencia no habría desplazamiento del cuadro, ni tampoco movimiento de giro de la rueda delantera. En nuestro caso la ampliación de los límites del sistema nos lleva a la necesidad de ir teniendo en cuenta muchas otras variables: el hombre, la carretera, el tránsito, etc.

### Redes de comunicación

Las redes de comunicación son las que posibilitan las relaciones e interacciones entre elementos y permiten los intercambios de materia, energía e información dentro de un sistema y con otros sistemas. Las redes de comunicación pueden ser físicas (redes eléctricas, carreteras, canales, gasoductos, nervios, arterias, etc.) o mentales (órdenes).

### Depósitos

Los depósitos son lugares de almacenamiento de materiales, energía, información, etc. Como ejemplos podemos mencionar: contenedores de hidrocarburo, grasa del organismo, bibliotecas, memoria de computadoras, filmes, etc.

### Elementos de control (válvulas)

Son los elementos que controlan la circulación y el caudal del flujo. Los elementos de control transforman las informaciones que reciben en acciones. Como ejemplo de elementos de control podemos mencionar: una llave, una válvula hidráulica, una canilla, un interruptor, un semáforo, el director de una empresa, etc.

Su representación simbólica suele tener el aspecto de un grifo colocado en la línea de flujo.



### Retardos

Los retardos son consecuencia de la velocidad de circulación de los flujos, de los tiempos de almacenamiento, etc. En otras palabras están vinculados con el tiempo de transmisión o circulación de materia, energía o información. Desempeñan un papel importante en el comportamiento de los sistemas complejos.

### Lazos (o bucles) de realimentación (*feed back*)

Se dice que en un sistema hay realimentación (o retroalimentación), en inglés "*feed back*", cuando la salida actúa sobre la entrada. Los circuitos que permiten cumplir esta función son los lazos (o bucles) de realimentación, estructuras bastante frecuentes en los sistemas, y que desempeñan un papel determinante en el funcionamiento de los mismos. La realimentación es un mecanismo de control que poseen los sistemas para su correcto funcionamiento. La señal de realimentación es una información de salida, que introducida a la entrada del sistema permite corregir errores en la salida.



En base a su comportamiento, podemos decir que existen dos tipos de realimentación:

**La realimentación positiva;**

**La realimentación negativa.**

En general los sistemas tienden a mantenerse en equilibrio (mecánico, térmico, homeostático, etc.), y para que este equilibrio tenga lugar es necesario contar con mecanismos que permitan modificar su comportamiento cuando los resultados se alejan de los valores esperados, los lazos de realimentación negativa son, en estos casos, los mecanismos idóneos.

Por ejemplo: en un sistema cualquiera, frente a un aumento no deseado de la salida, el lazo de realimentación negativa lleva a la entrada una señal que tiende a disminuir la salida.

#### Nubes

Son la representación simbólica de fuentes o sumideros fuera de las fronteras del sistema. Por ejemplo: el medio ambiente como sumidero donde va la energía térmica que se disipa en un motor de combustión.



### LOS SISTEMAS Y LA COMPLEJIDAD

El mundo físico y el social, se caracterizan por una complejidad organizada que les permiten su normal desarrollo. Los sistemas, objeto de nuestro estudio, que pueden pertenecer tanto al mundo físico como al social, comparten esta característica, la complejidad.

La complejidad implica:

1. Variedad de elementos, dotados de funciones específicas y organizados en niveles jerárquicos;
2. Interacción de los elementos entre sí y con el medio; en general interacciones no lineales.

Para poder entender y explicar el funcionamiento de los sistemas (asociado a su complejidad) –es decir el cómo y el porqué de los hechos y acciones que tienen lugar dentro de los mismos– se pueden plantear **dos enfoques, el ANALÍTICO y el SISTÉMICO**.

### EL ENFOQUE ANALÍTICO

Durante siglos el hombre ha buscado reducir el todo a una serie de elementos separables más pequeños, es decir descomponer ese todo en partes elementales para estudiarlas en condiciones ideales (sin entorno); es decir se ha centrado en el estudio de porciones reducidas de la realidad (con la correspondiente pérdida de la visión del conjunto),

pensando que una vez conocidas las características y el comportamiento de cada elemento, la recomposición del sistema –teniendo en cuenta las relaciones entre las partes– le posibilitaría llegar a conocer el comportamiento del todo, es decir de la actividad global. Esto es lo que llamamos **enfoque analítico** (analizar separadamente las partes) lo que no corresponde con la realidad pues es imposible independizar el comportamiento de un elemento del contexto en el que está inserto. El comportamiento de un sistema no se puede prever o explicar simplemente a través del estudio y análisis de cada una de sus partes, pues el todo no es igual a la suma de las partes, sino que casi siempre es mayor.

Esta forma de enfocar el estudio de los sistemas, que es la que ha prevalecido desde la Grecia clásica hasta nuestros días, parte del principio de estudiar aisladamente y con gran detalle las diferentes partes de un sistema (es decir una porción muy reducida de la realidad, lo que, como hemos dicho, implica perder la visión del conjunto). Una excepción a esta forma de razonar fue el planteo de Aristóteles que decía, "*el todo es más que la suma de las partes*"; proposición que fue ignorada por la visión mecanicista vigente hasta ahora.

Recordemos que Descartes en su *Discurso del método*, plantea que para entender algo, «se lo debe descomponer en tantos elementos simples como sea posible»<sup>4</sup>.

Este enfoque analítico, reduccionista y determinista, y su correspondiente metodología, ha marcado y podemos decir posibilitado el gran desarrollo de las ciencias (física, química, biología, etc.), y sigue teniendo gran interés científico, habiéndose también hecho extensivo a otros campos, como por ejemplo el de la organización científica del trabajo (taylorismo).

Este enfoque, en principio válido cuando las variables en juego no son muchas, o sus relaciones son sencillas, es insuficiente cuando se trata de enfocar problemas complejos.

---

<sup>4</sup> DESCARTES, R. *Discurso del método*. Madrid, Alianza Editorial, 1980, p. 83.

## EL ENFOQUE SISTÉMICO

El tema de la complejidad, cada vez más creciente, de los productos tecnológicos, y como consecuencia lo difícil y laborioso que puede llegar a ser el estudio de su comportamiento, nos lleva a apelar a un enfoque más globalizador: **el enfoque sistémico**.

Buscando comprender y describir la complejidad organizada, ha surgido un enfoque unificador, que si bien no es una idea nueva, lo que es nuevo es la integración de disciplinas realizadas en su torno. Este enfoque transdisciplinario se llama "**enfoque sistémico**". Es una «**nueva metodología que permite reunir y organizar los conocimientos con vista a una mayor eficacia de la acción**».<sup>5</sup>

El enfoque sistémico permite:

- **Organizar los conocimientos;**
- **Hacer la acción más eficaz.**

A diferencia del enfoque analítico, el enfoque sistémico engloba la totalidad de los elementos del sistema estudiado así como sus interacciones y sus interdependencias, y sirve como guía para interrogarse sobre el comportamiento de los sistemas.

Uno de los objetivos del enfoque sistémico es buscar «**similitudes de estructura y de propiedad, así como fenómenos comunes que ocurren en sistemas de diferentes disciplinas**», con esto se busca **aumentar el nivel de generalidades de las leyes** que se aplican a campos estrechos de experimentación. El enfoque sistémico busca generalizaciones que se refieran a la forma en que están organizados los sistemas, a los medios por los cuales los sistemas reciben, almacenan, procesan y recuperan información, y a la forma en que funcionan; es decir, la forma en que se comportan, responden y se adaptan ante diferentes entradas del medio»<sup>6</sup>.

## COMENTARIOS SOBRE LOS DOS ENFOQUES

Resumiendo, podemos decir que el estudio de los sistemas se puede hacer desde:

- **Una óptica diferenciadora o analítica, o desde**
- **Una óptica integradora o sistémica.**

En el primer caso hablamos de un enfoque analítico, en el segundo de un enfoque sistémico.

En el enfoque analítico se parte del principio de considerar aisladamente y con gran detalle las diferentes partes del sistema, perdiendo la visión del conjunto. En el enfoque sistémico se prioriza la visión del conjunto a costa de perder los detalles.

A continuación transcribimos parcialmente un cuadro del libro *El macroscopio*, de Joël de Rosnay, en el que se señalan características de cada uno de estos dos enfoques.<sup>7</sup>

ENFOQUE ANALÍTICO	ENFOQUE SISTÉMICO
<p>Aísla: se concentra sobre los elementos.</p> <p>Considera la naturaleza de las interacciones.</p> <p>Se basa en la precisión de los detalles.</p> <p>Modifica una variable a la vez.</p>	<p>Relaciona: se concentra sobre las interacciones de los elementos.</p> <p>Considera los efectos de las interacciones.</p> <p>Se basa en la percepción global.</p> <p>Modifica simultáneamente grupos de variables.</p>

Continuando con *El macroscopio*.

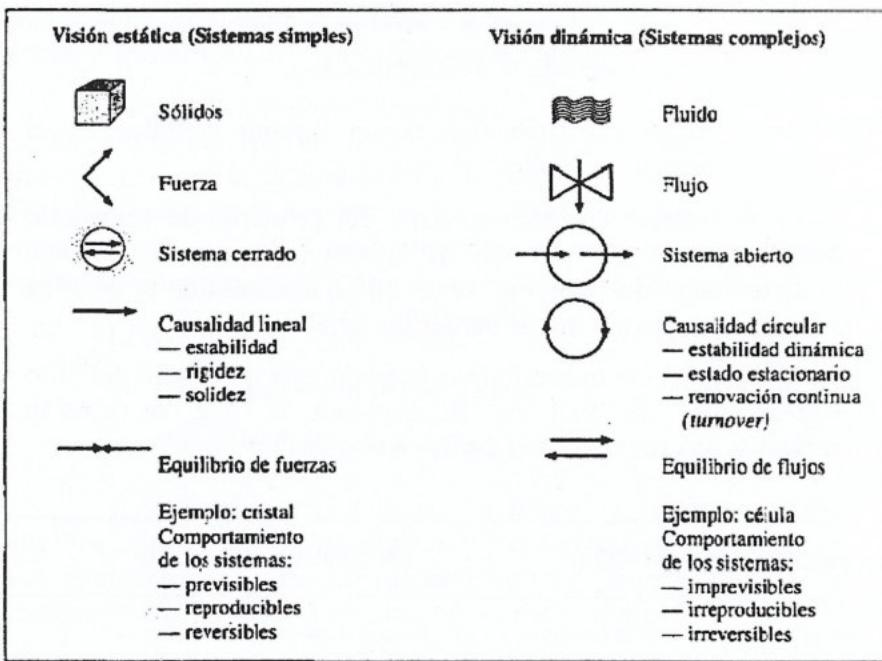
«A la oposición entre analítico y sistémico, se le añade la oposición entre visión estática y visión dinámica. [...]】

<sup>5</sup> ROSNAY, J. de. *El macroscopio*. Madrid, Ediciones AC. 1978, p. 72.

<sup>6</sup> HEREDIA, R. *Dirección integrada de proyecto*. Madrid, Alianza Editorial, 1985, p. 25

<sup>7</sup> ROSNAY, J. de. *Op. cit.*, p. 98.

De nuevo un cuadro, para presentar, esclarecer y enriquecer los conceptos más importantes asociados al "pensamiento clásico" y al "pensamiento sistémico".»<sup>8</sup>



## EL ENFOQUE SISTÉMICO COMO INSTRUMENTO DE ESTUDIO

El enfoque sistémico es un poderoso instrumento de estudio que tiene múltiples posibilidades de utilización. Aplicado al funcionamiento de un sistema, permite obtener importantes conclusiones, sin profundizar en detalles técnicos que complicarían o dificultarían el estudio; en este caso se priorizan los aspectos más globales que posibilitan sacar conclusiones no solamente desde el punto de vista técnico, sino también desde el social, el ecológico, etc.; además se busca encontrar criterios que permitan efectuar comparaciones con otros sistemas.

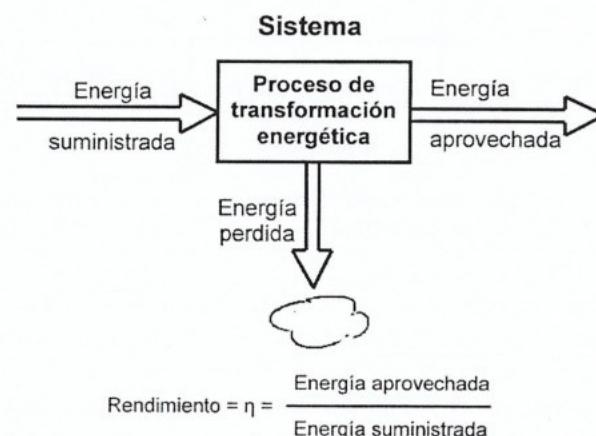
<sup>8</sup> ROSNAY, J. de. *Op. Cit.*, p. 99.

El enfoque sistémico (herramienta conceptual) interesa como procedimiento y como contenido, en tanto pueda contribuir a una mejor comprensión y conocimiento del mundo construido. Su uso permite, entre otras cosas, interpretar y jerarquizar el papel de las interacciones, tanto entre los subsistemas que componen el sistema, como con el metasistema que integra. Evaluar su función como herramienta, preguntándose por ejemplo ¿qué aporta su uso?, evita reducir su estudio a la mera descripción de la herramienta y sus "aplicaciones tipo".

El enfoque sistémico, aplicado al estudio de los flujos en juego en un sistema, permite sacar conclusiones importantes sobre el comportamiento del sistema.

Tomemos como ejemplo los flujos de energía; si comparamos la energía entrante a un sistema, y la efectivamente aprovechada para el fin propuesto, y analizamos las transformaciones energéticas, obtendremos informaciones que nos permitirán caracterizar el sistema y poder compararlo con otros; todo esto manejando unos pocos datos.

El enfoque sistémico permite, conociendo pocos datos, obtener en forma sintética los valores de magnitudes vinculadas a importantes conceptos como pueden ser: el rendimiento de los procesos de utilización de la energía, los límites económicos del sistema (en cuanto a costos), los límites ecológicos (vinculados a la contaminación y al uso de recursos naturales finitos), etc.



Con pocos datos se puede determinar, la eficiencia, los límites del ecosistema natural, la incidencia de la contaminación ambiental, la relación costo beneficio, el uso racional de la energía, etc. Todo esto nos autoriza a decir que, desde el punto de vista del conocimiento, el enfoque sistémico es una herramienta conceptual altamente eficiente.

Si ahora, en el diagrama anterior consideramos como sistema un motor de combustión (interna o externa), tendremos:

#### Flujo de energía en un motor de combustión



Si el flujo de energía lo vinculamos a actividades humanas<sup>9</sup> tendremos:

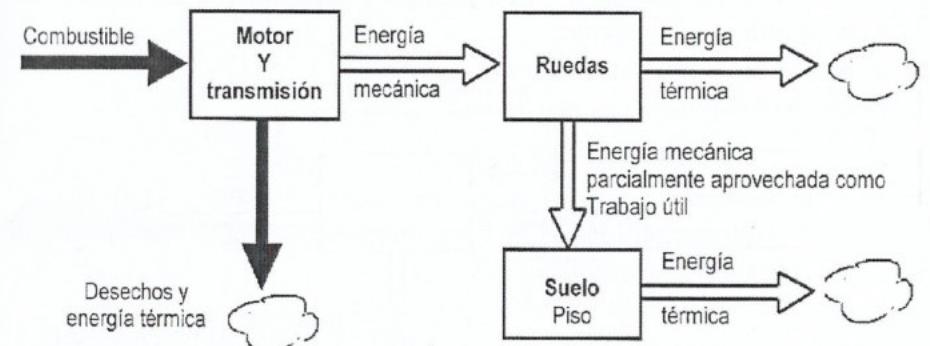
#### Flujo de energía en actividades humanas



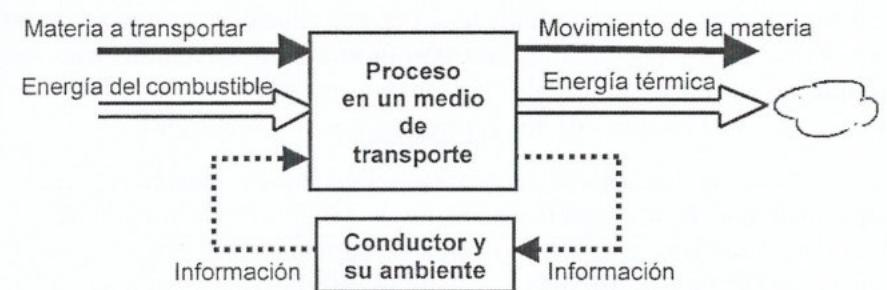
<sup>9</sup> Uno de los objetivos del enfoque sistémico es buscar similitudes de estructura y de propiedad, así como fenómenos comunes que ocurren en sistemas de diferentes disciplinas, (Ver página 166)

Si ampliamos el campo del flujo de energía de un motor de combustión y consideramos al motor como formando parte de un medio de transporte, tendremos:

#### Flujo de energía en un medio de transporte



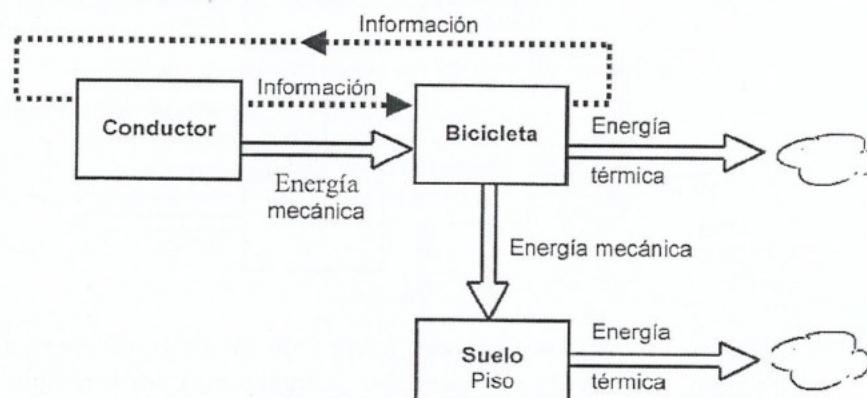
Hasta ahora hemos analizado sobre todo los flujos de energía, si ahora tenemos en cuenta (en un medio de transporte), los tres flujos (de materia, de energía y de información) tendremos:



En este caso las informaciones a las que nos referimos son las vinculadas al conductor, por ejemplo, las que el conductor aporta al vehículo para que éste las procese y actúe en consecuencia (posición del volante, del acelerador, etc.), y las que el vehículo a su vez entrega (indicación de velocidad, ruidos, vibraciones, etc.)

así como las que provienen de los cambios del espacio físico (del paisaje, de los carteles indicadores, etc.) donde se desplaza el vehículo. Estas informaciones, que las suministran el vehículo y el espacio físico, deben o deberían ser procesadas por el conductor y actuar en consecuencia.

Otro ejemplo de flujo de energía e información en un medio de transporte es el siguiente.



El enfoque sistémico es una herramienta para la comprensión global de acciones, procesos y artefactos, y no debe reducirse a la aplicación rutinaria de esquemas de representación, sino que debe explorarse en su potencialidad, analizando las interacciones que se producen en un sistema, de las cuales emergen propiedades no reconocibles en ninguno de sus elementos o partes (sinergia).

Uno de los aspectos relevantes del enfoque sistémico es la capacidad que aporta como ordenador y generador de preguntas en relación al sistema en estudio, con un esquema de abordaje que es generalizable a otros sistemas y a distintas jerarquías de sistemas.

## CAPÍTULO VIII

# La tecnología, características y la resolución de problemas

*Tecnología es una respuesta a necesidades humanas*  
Mes, Smeets, DeVries

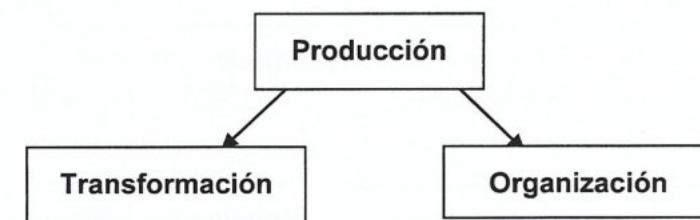
La tecnología se caracteriza por tener:

- Contenidos propios**
- Lenguajes característicos**
- Métodos específicos**

## CONTENIDOS PROPIOS

Los contenidos propios son los vinculados a la producción, pues el objetivo básico de la tecnología es la producción de bienes y servicios que brindan respuesta a problemas sociales.

Entendemos por producción la transformación de insumos (imput) en productos (output). Este proceso (proceso de producción) requiere organización, lo que implica que la producción debe abarcar dos aspectos: transformación y organización.



La transformación puede ser: **de la materia** (mediante acciones físicas, como en la manufactura, o por procesos físicos, químicos o biológicos, como en la tecnología nuclear, la biotecnología, etc.), **geográfica** (como en el transporte o la distribución), **temporal** (como en el almacenamiento), **de la propiedad** (como en el comercio), etc.

Cuando nos referimos a transformaciones de la materia, hablamos de **tecnologías duras** (tecnologías de transformación de la materia).<sup>1</sup>

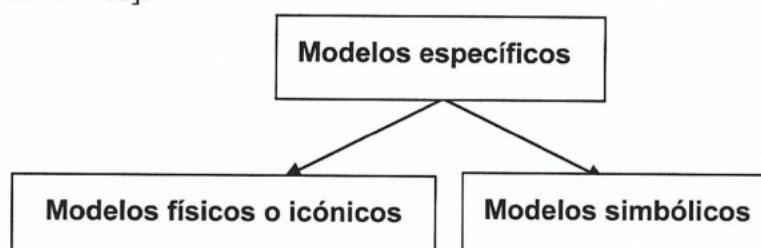
Cuando nos referimos a organización, hablamos de **tecnologías blandas**.

En la industria la transformación incluye tanto la conversión de materia prima en insumo, como la que tienen lugar durante el proceso de producción.



### LENGUAJES CARACTERÍSTICOS

Así como la música tiene su lenguaje especial (pentagrama, claves, blanca, negra, corchea, semicorchea, fusa, etc.); la matemática sus símbolos (+, -, x, ÷) y sus números; la geometría sus modelos gráficos; la química sus símbolos; la tecnología también tiene sus lenguajes característicos que no son otra cosa que **MODELOS ESPECÍFICOS**: icónicos [bidimensionales (croquis, dibujo técnico, etc.) o tridimensionales (maquetas, etc.)] o simbólicos [esquemáticos, gráficos, descriptivos, matemáticos].



En el capítulo XI (página 217) se desarrolla el tema:

### Los modelos en tecnología.

<sup>1</sup> Ver página 33.

## MÉTODOS ESPECÍFICOS

Los métodos específicos de la tecnología son:

### EL PROYECTO TECNOLÓGICO EL ANÁLISIS DE PRODUCTOS

En ambos casos está subyacente **un problema a resolver**.

En el primer caso el problema es una demanda a satisfacer a través de un producto (material o inmaterial) cuya concreción es la meta del proyecto tecnológico; en el segundo caso el problema es inverso, estudiar un producto, saber decodificar su mensaje y determinar las condicionantes que generaron su surgimiento, cómo se plantearon y cómo se resolvió el tema.

Sobre el tema **resolución de problemas**, en una publicación del Ministerio de Cultura y Educación de la Nación<sup>2</sup> leemos: «La tecnología **nace de necesidades, responde a demandas** y mediante el desarrollo de **productos tecnológicos**, se propone la **solución de problemas concretos** de las personas, empresas, instituciones, o del conjunto de la sociedad»; en otras palabras, los **productos tecnológicos** (bienes, procesos y servicios) son las respuestas que brinda la tecnología a las **necesidades, deseos o demandas de la sociedad**.

En este párrafo están presentes dos temas clave del mundo contemporáneo **"Sociedad"** y **"Tecnología"**, un par dialéctico inseparable.

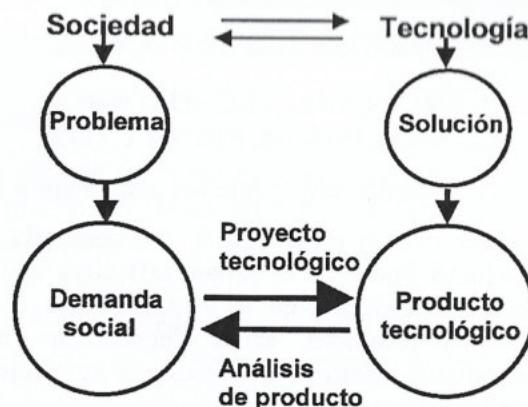
En el mismo párrafo, y relacionado con estas dos palabras, figuran un par de conceptos asociados (problema y solución):

**Problema** (problema social); y  
**Solución** (solución tecnológica).

En el marco de la tecnología:

**los problemas**, corresponde a **las demandas sociales**; y  
**la solución a los productos tecnológicos** (bienes, procesos o servicios).

<sup>2</sup> MINISTERIO DE CULTURA Y EDUCACION DE LA NACION. *Contenidos Básicos Comunes para la Educación General Básica* Buenos Aires, 1995, p. 222.



Estos dos factores "Demanda social" y "Producto tecnológico" son los núcleos referenciales del quehacer tecnológico y la relación entre ambos puede enfocarse desde la demanda, o desde el producto que la satisface.

#### En el primer caso: EL PROYECTO TECNOLÓGICO

Partiendo de la demanda (necesidad o deseo), mediante una sucesión de etapas se llega al producto que la satisface.

#### En el segundo caso: EL ANÁLISIS DE PRODUCTOS

Partiendo del producto tecnológico, mediante el análisis del mismo podemos llegar a determinar la demanda que buscó satisfacer, la estructura sociocultural que enmarcó su nacimiento (el marco referencial), etc.

**El proyecto tecnológico y el análisis de productos**, se presentan como dos caminos inversos, pero interrelacionados, que unen estos núcleos referenciales. Decimos interrelacionados, porque en el proyecto tecnológico está implícito el análisis de soluciones existentes frente a problemas similares, es decir el **análisis de productos**.

En ambos casos está subyacente un problema, y para resolver un problema (encontrar su solución) es conveniente aplicar un método:

#### Un método de resolución de problemas.

## LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Comenzaremos transcribiendo algunos párrafos del libro *Hacia una transformación institucional en la educación técnica y la formación profesional* de Alberto Galeano Ramírez, Cinterfor/OIT - Orealc/UNESCO, Montevideo, 1994.

«Es muy difícil transmitir a las personas la idea de que nosotros vinimos a este mundo a resolver problemas de toda índole: personales, familiares, del trabajo, de la vida y la existencia.

*La vida es un permanente y eterno proceso de resolución de problemas.*

No puedo explicarme por qué este hecho –tan sencillo, tan normal de la vida cotidiana– no se nos enseña desde pequeño. La primera y fundamental labor del hombre es el planteo y la resolución de problemas. Por lo demás, resolución de problemas y creatividad son dos hermanas siamesas, inseparables, consustanciales. Es creativa una persona cuando resuelve los problemas –nuevos o antiguos– de manera original: es decir, en forma especial, desacostumbrada, inusitada.

*La habilidad más importante que podamos adquirir es la de aprovechar los conocimientos y la información cuando los necesitamos, y aplicarlos al problema que tengamos entre mano.»*

Repetimos: "La vida es un eterno y permanente proceso de resolución de problemas", desde algunos muy simples, como por ejemplo cuando se debe ir a un determinado lugar y el problema que tenemos es optar por el medio a utilizar: automóvil personal, taxi, ómnibus, bicicleta, las piernas, etc. La elección dependerá del análisis (en este caso intuitivo) de muchos condicionantes: factor económico, tiempo de que se dispone para llegar al punto deseado, estado físico y anímico, factores climáticos, etc. Otro caso puede ser el que se presenta en un restaurante cuando frente a un menú se debe optar entre las distintas propuestas. Estos problemas normalmente no se asumen como tales pero en realidad lo son. Si bien estos ejemplos son demasiado triviales, hay que pensar que no todos los problemas personales que se presentan en la vida cotidiana son de tan simple solución y en muchos casos se requiere un enfoque racional para tratar de lograr soluciones lógicas.

Pero el tema es mucho más complejo cuando los problemas no son personales como los mencionados, sino sociales, y de estos problemas se ocupa la tecnología.

El objetivo central de la tecnología es la resolución de problemas sociales.

Ahora bien, qué se entiende por **problema**.

Desde nuestro enfoque podemos decir que problema es una demanda que hay que satisfacer, o bien la falta de respuesta a una necesidad o deseo.

Las demandas surgen de **necesidades o deseos** y plantean problemas, y es la tecnología quién (dentro del campo del mundo físico) los resuelve mediante los **productos tecnológicos** (bienes, procesos o servicios).

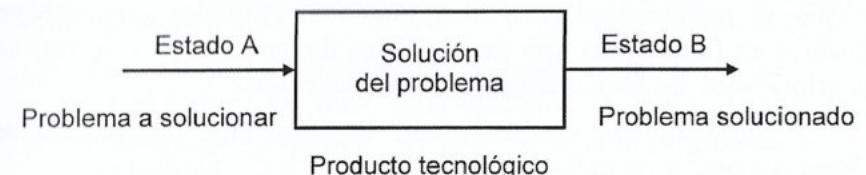
**Resolver un problema** implica encontrar un producto (material o inmaterial) que ofrezca una solución al problema planteado.

Se han mencionado las palabras "necesidades" y "deseos", haremos unos pequeños comentarios sobre estos dos términos.

Entendemos por "**necesidad**" algo a lo cual es difícil y generalmente imposible substraerse, faltar o resistir, en muchos casos es fisiológica (la necesidad de agua, etc.), la necesidad se siente como una carencia y normalmente el accionar se orienta hacia su satisfacción. Para aclarar más el tema podemos decir que algunas necesidades son innatas, como por ejemplo las vinculadas a la supervivencia (la necesidad de comer, de protegerse de las inclemencias del medio natural, etc.), otras son consecuencia de la relación del ser humano con el medio que lo rodea, como las vinculadas al desarrollo social (el transporte, la moda, etc.).

El "**deseo**" es más aleatorio, provisorio, transitorio, caprichoso, podemos decir que tiene sus raíces en lo imaginario del individuo, si no resulta satisfecho éste no lo siente como una carencia, pero en la sociedad actual, la publicidad, las relaciones sociales, etc., hacen que en el imaginario colectivo muchos deseos se trasformen en necesidades.

Todo problema surge de la necesidad o el deseo de transformar una situación o estado de cosas en otro, es decir de pasar de un estado inicial que llamaremos A, a otro estado que llamaremos B.



La solución es el medio para lograr la transformación deseada.

Para resolver un problema (encontrar su solución) es conveniente aplicar un método. Un método es un procedimiento reflexivo, sistemático, explícito y repetible para lograr algo, ya sea material o conceptual; es esencialmente, una actitud, una estrategia, una filosofía, que frente a una situación problemática orienta en la búsqueda de una solución. Podemos decir que es una forma lógica de enfrentar un problema, de buscar su solución, para lo cual es necesario y fundamental, además de la observación y el razonamiento, el análisis de las relaciones entre los factores que entran en juego, y la creatividad.

«El método es, sobre todo, un medio para resolver el conflicto entre el análisis lógico y el pensamiento creativo»<sup>3</sup>. «Si el problema es de tipo práctico, las operaciones necesarias para resolverlo serán en su mayoría acciones concretas sobre cosas concretas, y el método constituirá una técnica en sentido estricto. Si el problema es puramente conceptual, las operaciones pueden ser también estrictamente conceptuales o abstractas.»<sup>4</sup>

El método por sí solo no garantiza el éxito del resultado, pues se requiere además contar con los conocimientos y la capacidad para poder enfrentar con solvencia la solución del problema; lo que sí garantiza es la repetibilidad y la verificabilidad del proceso.

Todo método implica una sucesión de etapas que conducen al fin propuesto, cada etapa plantea a su vez un problema.

<sup>3</sup> ROSELLI, A. *I metodi del design*. Milano, Ed. Clup, 1973, p. 44.

<sup>4</sup> QUINTANILLA, M.A. *Tecnología: un enfoque filosófico*. Buenos Aires, EUDEBA, 1991, p. 35.

Teniendo en cuenta que los problemas pueden tener características muy diversas, y que se los puede enfocar con distintas ópticas, no podemos hablar de un único método de resolución de problemas, lo que sí podemos plantear son métodos generales que pueden ajustarse en función del tipo de problema, de las metas a alcanzar, de las prioridades, de los criterios a tener en cuenta, etc.

Como modelo general para la resolución de problemas podemos plantear un método de seis etapas:

1. Reconocimiento y definición del problema.
2. Análisis del problema y de sus causas.
3. Búsqueda de alternativas de solución.
4. Selección de la solución.
5. Presentación de la solución y plan de acción  
(¿qué hacer?, ¿cómo?, ¿cuándo?).
6. Puesta en práctica de la solución,  
seguimiento y evaluación.

Este método no es excluyente y puede haber muchos otros; además en la práctica, la secuenciación de las etapas no será estrictamente lineal, sino que habrá idas y vueltas, en muchos casos el proceso será recursivo y se planteará la necesidad de reconsiderar etapas ya tratadas; en algunos casos puede surgir la necesidad de volver atrás hasta llegar a redefinir el problema; en otros puede no estar presente alguna de estas etapas, por ejemplo, la puesta en práctica de la solución.

En todos los casos, y cualquiera sea el método planteado, en la resolución de un problema pueden distinguirse tres fases:

- Fase de estudio** (reconocimiento y análisis del problema);
- Fase de creación** (síntesis); y
- Fase de ejecución** (conclusión).

En el modelo planteado, las etapas que abarca cada fase son:

#### **Fase de estudio**

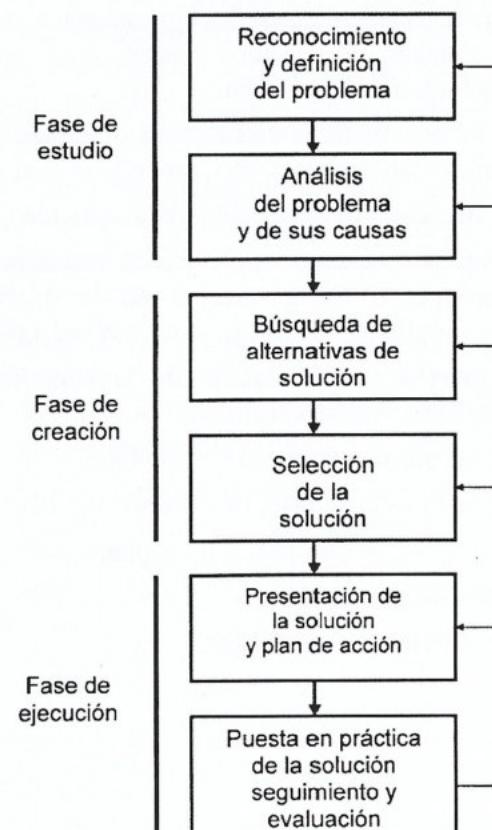
- 1- Reconocimiento y definición del problema.
- 2- Análisis del problema y de sus causas.

#### **Fase de creación**

- 3- Búsqueda de alternativas de solución.
- 4- Selección de la solución.

#### **Fase de ejecución**

- 5- Presentación de la solución y plan de acción  
(¿qué hacer?, ¿cómo?, ¿cuándo?).
- 6- Puesta en práctica de la solución, seguimiento y evaluación.



Otra formulación, más detallada, del método de resolución de problemas, es la siguiente<sup>5</sup>:

1. **Percepción de una situación problemática**
2. **Reconocimiento del problema** (Individualización de la causa que provoca la situación problemática).
3. **Formulación del problema** (Planteo del problema a resolver).
4. **Búsqueda de información** (Datos, conocimientos u otros elementos vinculados al problema).
5. **Selección de los medios** materiales y/o conceptuales (Aparatos, técnicas de cálculo, teorías, etc.) que permitan encarar la solución del problema.
6. **Búsqueda de alternativas de solución** o planteo de hipótesis, teorías, técnicas, alternativas, etc., que posibiliten la solución.
7. **Propuesta de solución** (Selección de la solución).
8. **Verificación** (por la experiencia y/o el razonamiento) de la solución propuesta. Comprobación de la hipótesis. Si el resultado es favorable, continuar, si no, volver a 6-7.
9. **Puesta a prueba**, confrontación de la solución con otras teorías y planteos, y con la realidad.  
Análisis de las consecuencias de la solución.  
Si el resultado es satisfactorio, finalización del ciclo.  
Si no, volver a 6-7; nuevo análisis y replanteo de la solución.
10. **Presentación de la solución.**
11. **Puesta en práctica de la solución.**

## CAPÍTULO IX El proyecto tecnológico

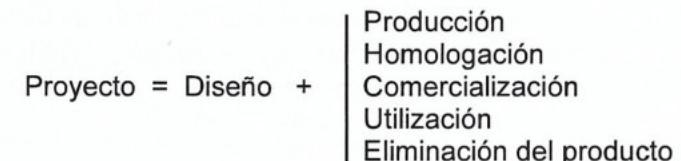
*La tecnología convierte utopías en realidades*  
A.Gay

Entendemos por **Proyecto Tecnológico** el plan destinado a la solución de una situación problemática vinculada al campo de la tecnología. Es decir, el plan destinado a la concepción y fabricación de un producto tecnológico (bien, proceso o servicio) que brinde respuesta al problema causante de la situación problemática.

El proyecto abarca distintas etapas, desde el análisis de la situación problemática o la necesidad a satisfacer, hasta la forma de producción, homologación, comercialización, utilización y eliminación del producto.

El proyecto involucra al **diseño tecnológico**, entendiendo por **diseño** la **concepción** de un bien, un proceso o un servicio, teniendo en cuenta los aspectos vinculados (funcionales, formales, estructurales, tecnológicos, económicos, sociales, culturales, etc.).

El diseño abarca todo lo que acontece, desde el planteamiento del problema hasta llegar a una solución satisfactoria, y la especificación, presentación y comunicación de los resultados, pero no incluye el plan para la producción, comercialización, utilización y eliminación del producto, temas que sí abarca el proyecto.



El proyecto tecnológico surge como búsqueda de una solución, metódica y racional, a un problema del mundo físico (problema tecnológico), el objetivo es satisfacer una necesidad, deseo o demanda

<sup>5</sup> Tomada del libro de Mario Bunge *Epistemología*, Ed. Ariel, 1985, p.36.

(la necesidad de vivienda, de medios de transporte, de objetos para satisfacer determinadas actividades, de organizar servicios o procesos, etc.).

Si bien el proyecto tecnológico es un proceso creativo, las informaciones y los antecedentes normalmente puestos en juego, así como los problemas que se presentan en su desarrollo son demasiado complejos como para tratar el tema en forma puramente intuitiva, por lo que es necesario aplicar un método (un método de resolución de problemas).

Alberto Rosselli dice:

«La intuición no excluye el método, sino que lo reclama. La imaginación es la contrapartida dialéctica del método que representa la aplicación racional de determinadas técnicas en el proceso creativo.

Los métodos son generales y pueden aplicarse a más de un caso. La intuición está ligada a la personalidad, a la experiencia, al carácter del individuo. [.....]

Cuando la mente se habitúa a observar no sólo las cosas, sino y sobre todo, las relaciones entre las cosas, se requiere un camino o un procedimiento para pasar de una cosa a otra en forma relacionada. La relación entre las cosas son nuestro objetivo, el material del método.»<sup>1</sup>

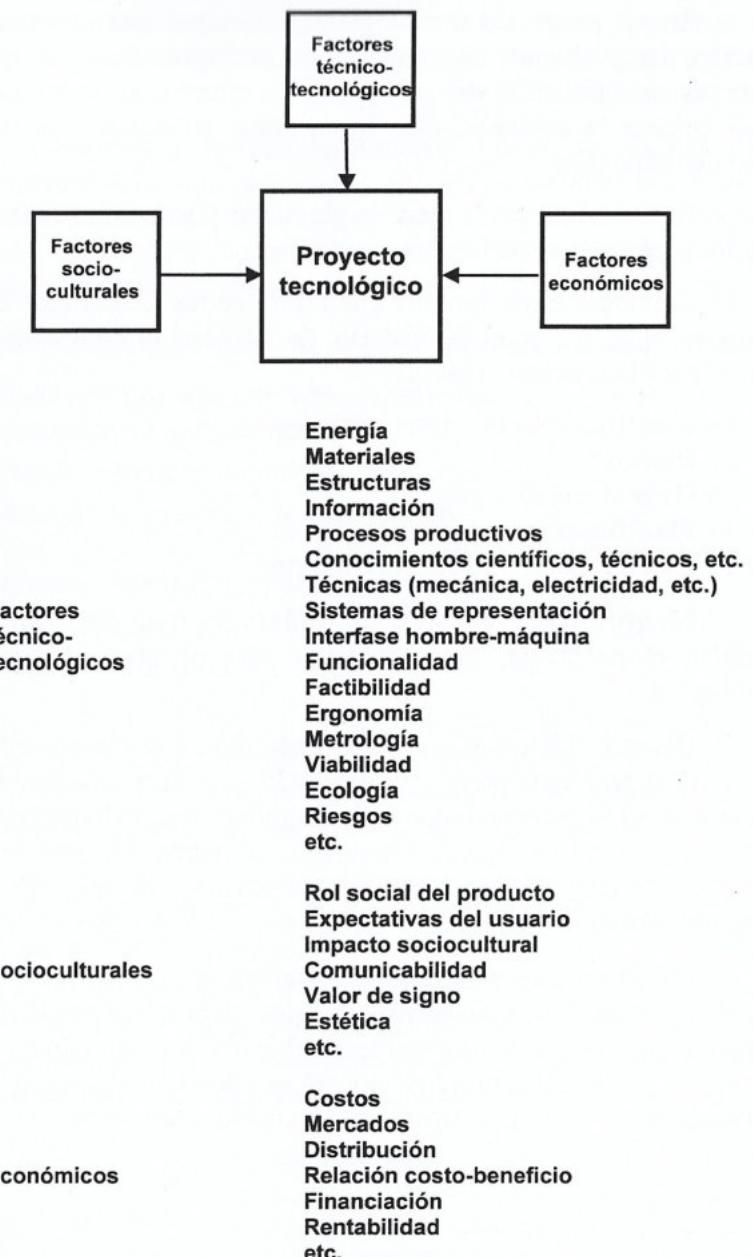
El método es el eje vertebrador del proyecto tecnológico en el que se deben compatibilizar aspectos como forma, función, materiales, estructuras, costos, etc.; operando no sólo en el ámbito de las ciencias físicas, sino también en el de las ciencias sociales.

En las diferentes etapas del proyecto tecnológico hay que tener en cuenta todos los factores que puedan intervenir en su desarrollo o que puedan condicionar el comportamiento del producto; estos factores pueden ser técnico-tecnológicos, socioculturales o económicos. Recordemos además, que cualquier problema que se presente hay que enfrentarlo con la máxima objetividad y la mínima ambigüedad.

El objetivo final del proyecto tecnológico es encontrar la relación justa entre producto y contexto.

<sup>1</sup> ROSELLI, A. *I metodi del design*. Milano, Ed. Clup, 1973, p. 16-17.

## Factores a tener en cuenta en un proyecto tecnológico



## LAS ETAPAS DE UN PROYECTO TECNOLÓGICO

En los proyectos tecnológicos, las etapas que conducen a la solución del problema son función de múltiples factores, que van desde las características del problema, los criterios a tener en cuenta, cómo encarar la solución, etc., hasta cómo subdividir las etapas y cómo denominarlas.

Existen diversas formas de planificar y presentar estas etapas, a título de ejemplo mencionaremos algunas.

Comenzaremos con una que figura en los Contenidos Básicos Comunes fijados por el Ministerio de Cultura y Educación de la Nación para la enseñanza escolar:<sup>2</sup>

- 1 - Identificación de oportunidades
- 2 - Diseño
- 3 - Organización y gestión
- 4 - Planificación y ejecución
- 5 - Evaluación y perfeccionamiento

**Identificación de oportunidades:** Se trata de identificar y formular el problema, cuya solución será el tema del proyecto tecnológico.

**Diseño:** El diseño consiste en plantear creativamente la solución del problema propuesto, teniendo en cuenta no solamente los aspectos técnicos y económicos, sino también los socioculturales, los estéticos y los psicológicos vinculados al tema. En esta etapa se manejan croquis, planos, cálculo de costos, planes de acción, selección de materiales, etc.

**Organización y gestión:** Esta etapa tiene como propósito la organización del grupo humano que se ocupará de la planificación y ejecución del proyecto, de establecer el sistema administrativo, y de organizar y sistematizar los contactos de la organización con proveedores de insumos (bienes o servicios) y con los potenciales clientes o beneficiarios del proyecto.

<sup>2</sup> MINISTERIO DE CULTURA Y EDUCACION DE LA NACION. *Op. cit.*, p. 231.

**Planificación y ejecución:** Durante esta etapa se construye un prototipo del producto diseñado, o se lleva a cabo la operación programada. Si se trata de un aparato se lo hace funcionar en condiciones normales de operación y se levanta un acta con los resultados obtenidos.

**Evaluación y perfeccionamiento:** En la evaluación y el perfeccionamiento se examinan críticamente los resultados obtenidos y se comparan con los objetivos buscados. Se hace una evaluación económica, se analiza su impacto ambiental y se estudian las posibilidades de mejorar el producto.

Otro esquema de las etapas de un proyecto tecnológico puede ser:

- 1 - Detección de una situación problemática y definición del problema
- 2 - Análisis del problema y de sus causas
- 3 - Búsqueda y estudio de antecedentes
- 4 - Generación de alternativas de solución
- 5 - Construcción de modelos para verificación
- 6 - Diseño de la solución
- 7 - Presentación de la solución y plan de acción
- 8 - Construcción de prototipos y evaluación de la solución
- 9 - Fabricación del producto

A continuación se transcriben las etapas de un proyecto tecnológico que ha sido desarrollado para la enseñanza de la tecnología como materia de formación general en las escuelas secundarias de Francia<sup>3</sup>, cabe destacar que en el proyecto se ha incluido la eliminación del producto, tema crítico en las sociedades de alto nivel de consumo en las que se tiende a que el fabricante se haga cargo de producto una vez descartado, para evitar problemas ecológicos por la acumulación y eliminación de materiales de desecho.

<sup>3</sup> TEJEDOR, M. *La enseñanza de la tecnología: vector dinámico de modernización de la sociedad*. Apunte del Ministerio de Educación Nacional, Francia.

## LAS FASES DE UN PROYECTO TECNOLÓGICO

Actividad	Etapas	Técnicas aplicadas
1	Analizar la problemática o la necesidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tomando en cuenta un conjunto de ideas (reflejo de una necesidad, o sea de una situación problemática que necesita una solución tecnológica, <u>definir el producto adecuado y su finalidad.</u> (<i>¿Para qué sirve? ¿Sobre qué actúa? ¿Con qué finalidad?</i>)</li> </ul>
2	Estudiar la factibilidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hacer un listado y analizar el conjunto de las funciones que el producto debe reunir para que sea operacional. (<i>¿Qué misión cumplen cada una de las funciones?</i>)</li> </ul>
3	Concebir	<ul style="list-style-type: none"> <li>Investigar cada una de las funciones anteriormente definidas y las soluciones técnicas más adecuadas. (<i>¿Para qué y cómo?</i>)</li> <li>Realizar un prototipo y comprobar su funcionamiento o modificar, si fuera necesario, parte del sistema.</li> <li>Redactar el pliego funcional de condiciones.</li> </ul>
4	Definir	<ul style="list-style-type: none"> <li>Representar gráficamente la forma general del producto y de las piezas que lo constituyen (dibujo técnico, esquemas, planos de conjunto) con el fin de la realización, y también de descubrir la importancia y el rigor de la comunicación técnica.</li> </ul>
5	Industrializar	<ul style="list-style-type: none"> <li>Organizar el proceso de producción (herramientas, puestos de trabajo, planificación de las etapas) para la fabricación:           <ul style="list-style-type: none"> <li>de una unidad,</li> <li>en serie.</li> </ul> </li> </ul>
6	Homologar	<ul style="list-style-type: none"> <li>A raíz de los precedentes ensayos, esta etapa tiene por meta confirmar las características técnicas del producto a fabricar en serie, antes de su comercialización.</li> </ul>
7	Producir	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fabricar las diferentes piezas respetando las reglas de seguridad, las normas y la calidad.</li> <li><u>Ensamblar las piezas.</u></li> </ul>
8	Comercializar	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estudiar y realizar el embalaje.</li> <li>Analizar las técnicas de venta.</li> </ul>
9	Utilizar el producto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estudiar y redactar las modalidades de utilización y algunos consejos de mantenimiento del producto por parte del consumidor.</li> </ul>
10	Eliminar el producto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analizar, sobre el plano ecológico, la eliminación del producto una vez usado y descartado. (<i>Cuáles son las normas</i>)</li> </ul>

Si analizamos las diversas etapas de un proyecto tecnológico constatamos que derivan secuencialmente de haber enfocado el tema desde tres puntos de vista: el del problema, el de la búsqueda de su solución y el de la puesta en práctica de la solución. En función de esto podemos hablar, como ya lo hemos planteado en la resolución de problemas, de tres fases en el desarrollo de un proyecto: una fase de estudio (fase de reconocimiento y análisis del problema), una fase de creación (fase de síntesis) y una fase de ejecución (fase de conclusión).

### Fase de estudio (fase de reconocimiento y análisis del problema)

Esta fase abarca:

- la detección, identificación y formulación de la necesidad que se desea satisfacer, es decir el problema (la correcta identificación y formulación del problema es tan importante como su solución y exige un enfoque globalizador);
- la determinación de los aspectos fundamentales (de qué ocuparse y de qué no);
- la búsqueda y el estudio de informaciones y datos vinculados al tema;
- la definición de las condiciones que deben cumplirse y los límites que enmarcan el proyecto;
- el análisis de los aspectos técnicos, científicos, culturales, económicos y sociales asociados al caso;
- y fundamentalmente **el estudio y análisis crítico de soluciones preexistentes;** etc. (ver Análisis de productos. Página 189)

### Fase de creación (fase de síntesis)

Esta fase abarca:

- la generación de alternativas de solución;
- el análisis de las implicancias y la evaluación las alternativas;
- la formulación de hipótesis o soluciones posibles;
- la construcción de modelos para verificación y demostración;

- la selección de la solución que mejor se adapte a los objetivos planteados, teniendo en cuenta los aspectos tecnológicos, estéticos y económicos, además del marco social en el cual está inserto el problema;
- el análisis y la verificación de todo lo vinculado a la solución propuesta; y finalmente la confección de los planos y la definición de los materiales a utilizar.

Podemos decir que es la fase del diseño propiamente dicho, es decir de la materialización de la idea en el papel. El diseño es un proceso de creación con un propósito; a diferencia de la pintura y de la escultura que son las realizaciones de las visiones personales y los sueños de un artista, el diseño cubre exigencias prácticas. Por ejemplo: un producto industrial debe cubrir las necesidades de un consumidor; un diseño gráfico transportar un mensaje prefijado; etc.

#### Fase de ejecución (fase de conclusión)

En esta fase se hace una valoración crítica de la solución y se analiza su comportamiento en un contexto global; se controla y optimiza su funcionamiento; se examina críticamente el producto en relación a los objetivos propuestos, es decir la adecuación de la respuesta al problema tecnológico y la eficiencia del resultado; eventualmente se construye un prototipo; se planifica la ejecución del proyecto; se establece el sistema administrativo y organizacional de la producción; etc.

Partiendo de estas tres fases, y teniendo en cuenta los ítems que entran en juego en cada caso, se pueden planificar y estructurar las diferentes etapas en función de los requerimientos planteados.

El análisis de los problemas presentes en cada una de estas fases nos muestra que las aptitudes y actitudes requeridas para encarar con solvencia su solución son en cada caso diferentes.

**En la fase de estudio** se requiere, entre otras cosas:

amplitud de visión, capacidad de análisis, enfoque globalizador, observación objetiva y razonamiento inductivo.

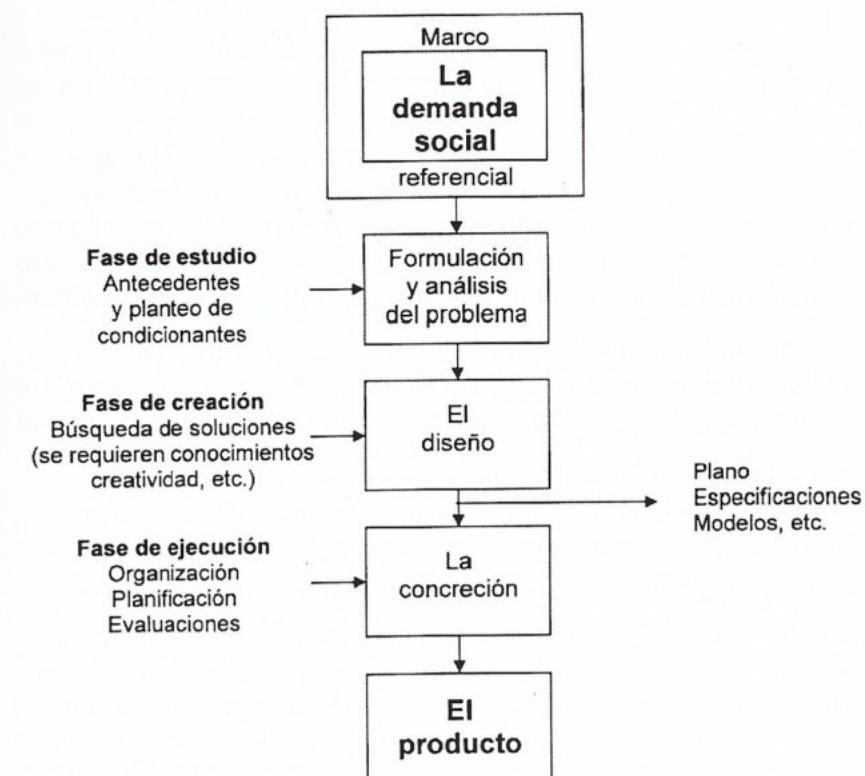
#### En la fase creativa:

muchas creatividad, poder de síntesis, juicio subjetivo y razonamiento deductivo.

#### En la fase ejecutiva:

capacidad organizativa, de planificación y de evaluación.

Todo esto nos muestra la importancia de trabajar interdisciplinariamente para obtener los mejores resultados posibles.



## El análisis de productos

*Cuando la función principal de los objetos tecnológicos es la simbólica y no satisfacer necesidades básicas de las personas, se convierten en medios para establecer estatus social y relaciones de poder.*

*Wikypedia*

El análisis de productos es un procedimiento de aproximación a los productos tecnológicos y una fuente de conocimientos que nos ayuda a conocer y entender mejor el entorno más artificial que natural que enmarca nuestra vida y así poder actuar con más idoneidad frente a los problemas del quehacer cotidiano. Este procedimiento tiene especial relevancia en el logro de competencias vinculadas con el consumo y uso inteligente de productos tecnológicos y la adopción de tecnologías convenientes. Por otra parte puede ayudar al proceso de diseño, analizando cómo se solucionaron determinados problemas.

Dado que los productos de la tecnología pueden ser bienes, procesos o servicios, el análisis de productos revestirá diversas formas según el tipo de producto a analizar.

En el enfoque que haremos del análisis de producto mucho de los pasos serán comunes a todos los productos, mientras que otros estarán vinculados solamente a algunos (por ejemplo a los objetos).

Para que el análisis sea lo más exhaustivo posible hay que establecer un método que posibilite tener en cuenta la mayor cantidad de las variables en juego. Nosotros planteamos como método la propuesta de interrogantes cuyas respuestas permitan desentrañar la esencia y la razón de ser de estas variables.

A continuación mencionamos algunos de los interrogantes que se pueden plantear, teniendo en cuenta las características del producto (que puede ser material o inmaterial), los objetivos buscados, lo que interesa priorizar, etc.

¿Cómo se presenta el producto?  
¿Qué forma tiene?  
¿Cómo es?  
¿Satisface estéticamente?  
¿Qué función cumple? ¿Para qué sirve?  
¿A qué demanda social responde?  
¿Cómo surgió?  
¿Cuáles son sus elementos y cómo se relacionan?  
¿Cómo funciona?  
¿Cómo está hecho? ¿De qué material?

¿Se puede reciclar?  
¿Qué conocimientos científicos y tecnológicos están presentes?  
¿Qué valor tiene? ¿Cuál es su costo?  
¿En qué se diferencia de objetos equivalentes?  
¿Cómo está relacionado con su entorno?  
¿Está vinculado a la estructura sociocultural?  
¿Responde a demandas sociales?  
¿Está integrado al contexto?

Recordemos, que en la práctica, la secuenciación de las etapas (los interrogantes) no será estrictamente lineal, sino que habrá idas y vueltas.

En el campo de la tecnología, el análisis de un producto, cuando se refiere a productos materiales, específicamente objetos, podemos llamarlo **lectura del objeto**.

## LA LECTURA DEL OBJETO<sup>1</sup>

La adopción del término "lectura" se fundamenta en el hecho de considerar a cada objeto como un sistema de signos que soportan un significado que se puede interpretar y leer. Podemos considerar la lectura de un objeto como un acto de interpretación de signos.

Los objetos además de responder a una función son portadores de una significación; la significación implica información.

En este análisis se parte de la percepción de una materialidad (el objeto) para llegar a una conceptualización.

<sup>1</sup> Llamamos "objeto" a todo producto fabricado por los seres humanos, para una finalidad determinada, siempre que sea manipulable u operable (factible de efectuar operaciones con el mismo, por ejemplo una grúa), o que integre un hábitat sin configurar un espacio estable (por ejemplo un mueble). No llamamos objeto a una edificación, a un dique, a una carretera, etc.

A continuación centraremos nuestro análisis en productos materiales, pero dejando sentado que el método se puede aplicar también a productos inmateriales.

En este caso, el camino que seguimos en el análisis es el mismo que el que transitaría un usuario o persona corriente: de lo perceptual e intuitivo a lo conceptual (marco referencial, necesidad que satisface, impacto, desarrollo histórico, etc.).

Como hemos dicho, las diversas etapas del método de análisis surgen como respuesta a interrogantes, en la ocasión planteamos los siguientes:

¿Qué forma tiene?,  
¿Qué función cumple?,  
¿Cuáles son sus elementos y cómo se relacionan?,  
¿Cómo funciona?,  
¿Cómo está hecho y de qué material?,  
¿Qué conocimientos científicos y tecnológicos están presentes?,  
¿Qué valor tiene?,  
¿En qué se diferencia de objetos equivalentes?,  
¿Cómo está relacionado con su entorno?,  
¿Cómo está vinculado a la estructura sociocultural,  
a las demandas sociales y a lo histórico?

Desde la óptica del análisis, cualquier objeto puede considerarse como una materialidad estructurada que mediante progresivos niveles de aprehensión sensible y conceptualizaciones se desarticula en sus partes significativas, para analizar tanto los principios que lo estructuran como los que optimizan su uso. La lectura permitirá determinar, el aspecto morfológico, el funcional, el estructural, el constructivo, el de funcionamiento, el científico-tecnológico y el económico propios del objeto, así como otros valores que posibilitarán relacionarlo con su entorno y vincularlo con la estructura sociocultural.

Interrogantes	Etapas de la lectura	Pregunta	Induce a observar, reflexionar y:
¿Qué forma tiene?	Análisis morfológico	¿Cómo es?	Describir
¿Qué función cumple?	Análisis funcional	¿Qué forma tiene?	
¿Cuáles son sus elementos y cómo se relacionan?	Análisis estructural	¿Para qué sirve?	Analizar
¿Cómo funciona?	Análisis de funcionamiento	¿Qué función cumple?	
¿Cómo está hecho y de qué materiales?	Análisis técnico-constructivo	¿Qué es?	
¿Qué conocimientos científicos y tecnológicos están presentes?	Análisis científico-tecnológico	¿Cuáles son sus elementos y cómo se relacionan?	Mencionar
¿Qué valor tiene?	Análisis económico	¿Cómo funciona?	Vincular
¿En qué se diferencia de objetos equivalentes?	Análisis comparativo	¿Cómo está hecho y de qué materiales	Explicar
¿Cómo está relacionado con su entorno?	Análisis relacional	¿Qué conocimientos científicos y tecnológicos están presentes?	Relatar
¿Cómo está vinculado a la estructura sociocultural, a las demandas sociales y a lo histórico?	Análisis cultural	¿Qué valor tiene?	Informarse
		¿En qué se diferencia de objetos equivalentes	Documentarse
		¿Cómo está relacionado con su entorno?	Evaluar
		¿Cómo está vinculado a lo sociocultural y/o a lo histórico?	Comparar
			Relacionar
			Determinar

El preguntarse algo sobre un objeto lleva a observarlo, reflexionar, y según sea la pregunta, realizar algunas de las siguientes acciones: describir, analizar, mencionar, vincular, explicar, relatar, informarse, documentarse, evaluar, comparar, relacionar, ordenar, clasificar, argumentar, determinar, etc.

Evidentemente estas acciones no son independientes unas de otras, en mayor o menor grado están interrelacionadas. Por ejemplo cuando describimos un producto, normalmente también vinculamos, explicamos, relacionamos, comparamos, etc. Pero, sin embargo, cada pregunta obliga a priorizar alguna. Por ejemplo: ¿cómo es?, a describirlo; ¿cómo funciona?, a explicar; etc. En función de esto proponemos la siguiente tabla que puede ayudar en el proceso de análisis.

Las respuestas a las preguntas permiten analizar y estudiar no solamente el producto en sí, sus características, aspectos constructivos, uso, duración, etc., sino también el contexto sociocultural que enmarca su campo de uso, el o los problemas que soluciona, su evolución, cómo sería la vida sin el mismo, o cómo se resolvía el problema que el producto soluciona antes de su invención, etc.

La lectura de objetos puede ser también el disparador para entrar en el campo del proyecto. Por ejemplo: este objeto soluciona tal problema, de qué otra forma podríamos solucionar el problema, o si no contáramos con el objeto veamos cómo diseñar y construir uno que lo reemplace.

## ETAPAS DE LA LECTURA DEL OBJETO

### ¿Qué forma tiene?

#### Análisis morfológico – La forma

Todo objeto, como hecho material, tiene una forma que se aprehende perceptualmente y normalmente permite su identificación. El fenómeno de aprehensión de la forma es complejo y función de múltiples condicionantes tanto físicos como psicológicos.

Frente a un objeto el observador estructura la imagen de la forma de manera instantánea en base a los impulsos que recibe y que impactan sus órganos sensoriales. Estos impulsos los filtra y articula de acuerdo a los esquemas que elaboró a partir de su contacto con el medio, y de las pautas culturales que haya internalizado.

La forma es una totalidad y su percepción suele ser bastante intuitiva. De los diversos pasos de la lectura de un objeto, la percepción de la forma es normalmente el único que el gran público practica, y generalmente la verbaliza en términos ambiguos (con un léxico muy limitado).

La percepción de la forma es la primera etapa en todo proceso de análisis de objetos, luego se pasa al análisis de la forma. Se observa al objeto desde distintos ángulos y se analizan los aspectos morfológicos, se buscan las analogías con otras formas, sean éstas naturales, artesanales o industriales y se establecen escalas. Se analiza tanto lo visual como lo táctil, lo sinestésico, evaluando las contradicciones que eventualmente puedan surgir.

Mediante un proceso de abstracción, producto de la reflexión sobre lo que se está observando, podemos llegar a otro nivel de lectura y plantear lo que llamamos la estructura formal. La estructura formal (relaciones-descripciones vinculada a la forma del objeto) no es un dato que se obtiene de la simple captación sensorial, sino que es una construcción intelectual del observador, resultado de un análisis y de una búsqueda de las relaciones entre las partes de ese todo que es el objeto.

En esta etapa se descompone el objeto en unidades significativas, buscando establecer las formas básicas elementales (desde el punto de vista geométrico) y cómo se combinan; las soluciones de transición;

las relaciones proporcionales de cada parte; las leyes geométricas generativas; la existencia o no de un módulo y, de existir, cómo se posiciona en el espacio; las soluciones de apoyo; la existencia de un bastidor portante y un revestimiento (carrocería, piel, etc.), o de una estructura autoportante (monocasco); el tamaño y el peso; las relaciones morfológicas entre el objeto, o sus partes, y la ergonomía; etc. Es importante registrar el nivel de acorde entre la estructura morfológica total y la de cada una de las partes. Es interesante recordar que las características morfológicas, son, en gran parte, consecuencia de aspectos funcionales, estructurales y tecnológicos.

Conviene dejar constancia de los resultados de este análisis en un informe escrito y gráfico. El registro de los resultados obtenidos deberá involucrar a todos los sistemas de representación, icónicos y simbólicos. En un informe escrito se dejarán sentados todos los datos pertinentes al objeto. En cuanto al material gráfico, podrá consistir en dibujos a escala, proyecciones ortogonales, plantas, cortes y vistas, croquis, perspectivas, etc. eventualmente también maquetas.

### ¿Qué función cumple?

#### Análisis funcional

El análisis funcional está centrado en la función que cumple el objeto (no debe confundirse análisis funcional con análisis de funcionamiento). Se llama función la manera en que el objeto cumple el propósito para el cual fue concebido y construido. El concepto de función es polisémico, pudiéndose hablar de función práctica, función estética, y función de significación (esta última asociada al valor de signo: connotador de status, definidor de gustos, de actitud frente a la vida, etc.).

La función y la forma son dos cualidades de un producto íntimamente vinculadas, podemos decir que en general la forma denota la función.

Corresponde a esta etapa analizar el repertorio de funciones elementales que el objeto debe cumplir para satisfacer los requerimientos que motivaron su creación; cabe recordar que la tecnología soluciona problemas de tipo práctico.

Se incluye en este análisis lo operativo, el reconocimiento de su modo de uso, de su ergonomía y de su relación con el usuario, con el entorno, etc. Se deberá analizar la secuencia de todas las manipulaciones a efectuar con el objeto conforme a la misión para la que fue proyectado. La cronología operativa puede presentar variaciones y es interesante cotejar diversas alternativas buscando la óptima.

Es interesante analizar en esta etapa el criterio de confort, se deberá confrontar el relevado en las diferentes secuencias de operaciones con el evaluado perceptualmente.

El nivel de confort visual puede ser disímil al que se manifiesta en el plano operativo y esto influye en el grado de aceptación o de rechazo de un objeto. El criterio de confort está íntimamente relacionado con la escala de valores culturales vigentes, pero recordemos que el diseñador selecciona e impone al objeto su criterio de confort.

#### *¿Cuáles son sus elementos y cómo se relacionan?*

##### **Análisis estructural**

Aquí se plantea un reconocimiento de la estructura del objeto (modo en que están dispuestas las partes) y de ser necesario, un despiece del mismo, la confección de un listado de componentes, el análisis de éstos, la determinación de la misión de cada uno y las relaciones entre ellos. Si el objeto es complejo eventualmente conviene ampliar el material gráfico con nuevas plantas, cortes y vistas.

#### *¿Cómo funciona?*

##### **Análisis de funcionamiento**

Con este análisis se busca determinar los principios de funcionamiento, la explicación de cómo funciona, el tipo de energía y el consumo que requiere su operación, el costo operativo, el rendimiento del producto, etc.

Teniendo en cuenta la relación que existe entre estructura y funcionamiento se puede plantear globalmente el "Análisis estructural y de funcionamiento" partiendo de establecer la relación entre la estructura y el funcionamiento del producto, es decir la identificación de cómo cada uno de los elementos contribuye al funcionamiento del producto y, a su vez, la explicación de la función y los principios de funcionamiento de cada elemento y cómo contribuye cada uno de ellos al del conjunto. Se puede efectuar una graficación con símbolos y diagramas adecuados.

#### *¿Cómo está hecho y de qué material?*

##### **Análisis técnico-constructivo**

Este análisis se centra en la identificación de las ramas de la tecnología que entran en juego en el diseño y la construcción de un determinado producto. Esto es, los conocimientos que participaron en el diseño del producto y los materiales, las herramientas y las técnicas empleadas para su producción, abarca además los procedimientos de fabricación. El análisis de lo relevado permitirá determinar los requerimientos que condicionaron la elección de los materiales.

Se buscará establecer una correspondencia entre las posibilidades que ofrece el material y su aprovechamiento, buscando determinar qué valores se han tenido en cuenta y en qué grado, y cuáles han sido minimizados, tanto desde el punto de vista estructural como del perceptual.

Se determinará si la forma es pertinente a la tecnología utilizada o corresponde a propuestas típicas en otros materiales (por ejemplo: formas vinculadas a la alfarería subyacentes en propuestas basadas en el uso del metal o del plástico).

#### *¿Qué conocimientos científicos y tecnológicos están presentes?*

##### **Análisis científico-tecnológico**

En esta etapa se mencionarán los conocimientos científicos y tecnológicos presentes en el objeto, posiblemente algunos estén planteados en forma implícita en las etapas anteriores, pero lo que se

pretende aquí es señalarlos en forma explícita, lo que abre la oportunidad de profundizar su estudio.

En otras palabras, se busca explicitar los conocimientos que participaron en la concepción y el diseño del producto, y en la elección de los materiales y de los procesos de fabricación. El análisis de lo relevado permitirá determinar los requerimientos que condicionaron la elección de los materiales.

### *¿Qué valor tiene?*

#### **Análisis económico**

Consiste en establecer las relaciones entre el costo o el precio de un producto y la conveniencia de su adopción. Involucra variables tales como la duración, su costo de operación, las posibilidades y la forma de amortización, las relaciones costo-beneficio para la aplicación en cuestión, etc.

Los análisis desarrollados hasta aquí involucran lo intrínseco del objeto y configuran lo que llamaremos la etapa objetual. El próximo paso es vincular el objeto al entorno global, lo que implica también analizar todos los objetos vinculables al que es motivo de lectura.

### *¿En qué se diferencia de objetos equivalentes?*

#### **Análisis comparativo**

Análisis comparativo del objeto con otros que cumplen la misma función.

Se busca establecer las diferencias y similitudes del producto con relación a otros que cumplen la misma función; de acuerdo a los criterios que surgen de los análisis anteriores y ayudado por la construcción de esquemas clasificatorios o tipológicos.

Se comparará el objeto con otros equivalentes (**análisis paradigmático**; análisis de una serie de objetos similares), pero que

presentan diferencias en lo morfológico o en lo tecnológico, incluyendo los de distintos períodos históricos. El relevamiento de las diferentes respuestas morfológicas o tecnológicas para satisfacer una necesidad derivará en un planteo tipológico. El o los elencos tipológicos resultantes serán sometidos a una evaluación comparativa buscando registrar coincidencias, oposiciones, conflictos, niveles de integración, aspectos formales, operativos, funcionales, estructurales, tecnológicos, etc.

### *¿Cómo está relacionado con su entorno?*

#### **Análisis relacional**

Análisis de las relaciones del objetos con su entorno.

Se busca analizar la vinculación del producto con otros, asociados al mismo, o de la misma familia, destinados a satisfacer una función, o un conjunto de necesidades. Por ejemplo: la cuchara permite satisfacer una necesidad (comer); la olla, la sartén, el cuchillo, el tenedor, el plato, etc. permiten satisfacer un conjunto de necesidades (cocinar, comer, etc.), o una función (alimentarse).

En el análisis de objetos de una misma familia (**análisis sintagmático**) deben relevarse las variables que los hacen reconocibles como integrantes de un elenco.

El objeto y estos elencos deben a su vez someterse a un análisis relacional con el entorno y con otras manifestaciones de la producción humana de la época (arte, arquitectura, mobiliario, vestimenta, orfebrería, objetos en general, etc.).

El arte, como gran contexto referencial para todos los campos del diseño y la creación, nos brinda también el elenco de pautas que en cada época constituyen la "vanguardia", el "paradigma"; podemos decir que es una síntesis de interpretaciones de una época, teniendo a menudo un carácter premonitorio.

En lo referente al diseño industrial, y a nuestro objeto en particular, resulta relevante detectar en el mismo la presencia, manifiesta o subyacente, de las pautas morfológicas, perceptuales, etc. institucionalizadas en el arte.

## *¿Cómo está vinculado a la estructura sociocultural, a las demandas sociales y a lo histórico?*

### Análisis cultural

Los análisis anteriores nos permiten aproximarnos a la razón de ser del objeto, a sus orígenes, a su evolución histórica, a las posibles causas de su surgimiento, es decir la demanda o problema que buscó solucionar.

Si el objeto es contemporáneo, el lector deberá determinar lo esencial y lo secundario, lo fundamental y lo circunstancial, lo imprescindible (tanto para comunicar claramente su significado, su uso, como para optimizar su función) y lo accesorio (a modo de adjetivación); algunas veces lo segundo tiene igual o más peso que lo primero.

Si el objeto pertenece a épocas pasadas, se deberá también establecer los niveles de obsolescencia, vale decir determinar las variables que conservan su vigencia, o las pautas culturales que han cambiado o desaparecido. Además se deberán tener en cuenta los lenguajes significativos de la época, vinculados a las diversas manifestaciones de la producción humana (arte, arquitectura, ingeniería, ciencia, etc.), así como también los valores institucionalizados jerárquicamente de la época, que presidieron las preferencias de la sociedad y se encuentran materializados en los objetos.

Los seres humanos se organizan conforme a diversas variables: económicas (producción, distribución, consumo); socio-políticas (esquemas organizativos, repartición de poderes, aspectos del hábitat, etc.); culturales (manifestaciones relevantes de la cosmovisión de la sociedad). Estas variables se institucionalizan en el lenguaje de los objetos, los que, a través de sus valores perceptuales, nos hablan de cómo el diseñador las interpretó, y son una síntesis de su visión de la época. Los objetos no responden solamente a los imperativos que consciente y racionalmente debían satisfacer, sino que tienen también una carga expresiva que podemos llamar el "espíritu de la época", a través de la lectura del objeto se puede sacar a luz ese espíritu.

A esta altura del análisis contamos con los datos básicos que permiten reconstruir el programa de diseño (listado, ordenamiento, caracterización y cuantificación de los requerimientos planteados), el marco teórico de referencia, el momento histórico, etc.

## Ejemplos

### LA OLLA A PRESIÓN

En este trabajo se ha tomado como objeto de lectura una olla a presión comercial.



#### *¿Qué forma tiene?*

#### Análisis morfológico

Objeto volumétrico (contenedor), de forma cilíndrica, de textura lisa y provisto de tapa. Tiene un mango que permite asirlo, y del lado opuesto al mango una pieza de plástico atémico que facilita su manipulación. Asociado al mango, y paralelo al mismo, hay un elemento (varilla metálica) que vincula la tapa con el mango.

#### *¿Qué función cumple?*

#### Análisis funcional

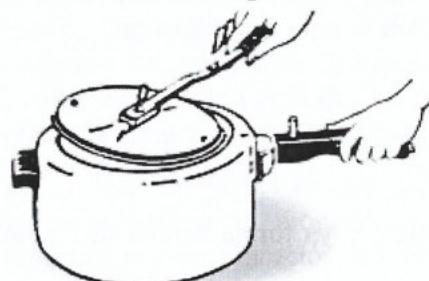
Recipiente de cierre hermético, cuya forma denota su función que es cocinar alimentos.

## *¿Cuáles son sus elementos y cómo se relacionan?*

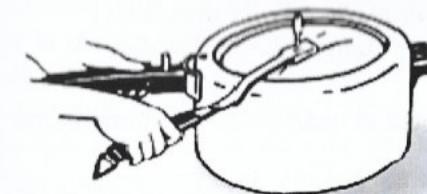
### Análisis estructural

El cuerpo principal es un contenedor de aleación de aluminio con un mango de plástico atérmico. El contenedor tiene una tapa que, a diferencia de las tapas convencionales, no se coloca sobre la olla, sino que se introduce en su interior y cierra el recipiente al apoyarse a presión (interiormente) sobre una aleta en la que termina el cuerpo principal en su parte superior. La abertura (en la parte superior de la olla) y la superficie de la tapa tienen forma ovalada, esta forma es la que permite introducir la tapa en el interior de la olla (el diámetro mínimo de la tapa en correspondencia con el diámetro máximo de la abertura de la olla) y mediante un giro de aproximadamente 45° hacer que coincidan los diámetros máximo y mínimo, y luego cerrarla herméticamente desde el interior apelando a una varilla metálica, con cierto grado de flexibilidad, uno de cuyos extremos está fijado al centro de la tapa y el otro extremo (que en parte tiene una cubierta de plástico atérmico) cuenta con un gancho triangular que se engancha en el extremo libre del mango, esta varilla actúa como una palanca de primer grado que aproximadamente en la mitad de su longitud se apoya en un fulcro solidario al cuerpo principal de la olla. La tapa tiene en su borde una guarnición de goma que garantiza la estanqueidad del cierre. En el centro de la tapa hay una válvula de escape del vapor de agua y debajo de la varilla metálica un dispositivo de seguridad, y del lado opuesto al mango una pieza de plástico atérmico que facilita su manipulación.

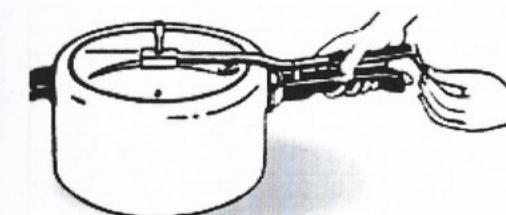
A continuación se transcriben las instrucciones que brinda el fabricante de esta olla para cerrarla:



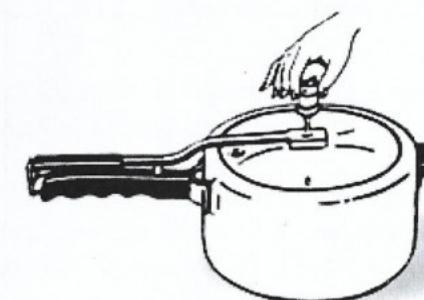
Incline la tapa en la olla haciendo coincidir una de las flechas de la misma con la que está marcada sobre el cuerpo de la olla.



Introduzca la tapa y gírela hasta juntar los mangos.



Apriete un mango sobre el otro y baje el gancho triangular.



Coloque la válvula de escape

## *¿Cómo está hecho y de qué material?*

### Análisis técnico-constructivo

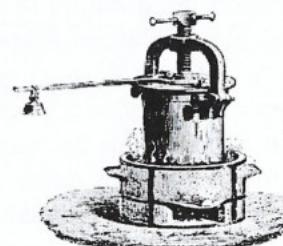
Esta olla a presión es de aleación de aluminio obtenida por fusión (las hay también de acero inoxidable). El aluminio es un metal no ferroso muy abundante (8,13% de la corteza terrestre), alcanza su punto de fusión a los 660 C y su peso específico es de 2.71 gramos por centímetro cúbico. Es buen conductor térmico, no es magnético ni tóxico al organismo humano, se puede fundir, inyectar, maquinar, laminar, forjar, extrudir y soldar, y además es 100 % recicitable.

*¿Cómo funciona?*

*¿Qué conocimientos científicos y tecnológicos están presentes?  
Análisis de funcionamiento y Análisis científico-tecnológico*

En este caso particular se asocia el análisis de funcionamiento con el análisis científico-tecnológico.

Si bien al hervir el agua, el vapor que se genera llega a tener un volumen de hasta 1700 veces superior al del agua que lo generó, cuando se calienta en una olla de cierre hermético el volumen no puede aumentar, en consecuencia aumenta la presión en su interior y también la temperatura; en las ollas a presión comerciales llega al orden de 110 a 120 °C, dependiendo del valor de la presión, que lo fija una válvula de seguridad incorporada a la Olla o Marmita, válvula también inventada por Papin y que originalmente consistía en una varilla articulada en uno de sus extremos, que actuando sobre una pequeña válvula obtura la salida del vapor, sobre esta varilla hay un peso que se lo desplaza en función de la presión máxima que se fije, cuando ésta supera el valor prefijado la válvula se abre permitiendo la salida del vapor lo que impide una sobre elevación de presión con el correspondiente riesgo de explosión de la marmita, al disminuir la presión la válvula nuevamente se cierra.



Marmita de Papin

TABLA DE ALTURAS		
TEMPERATURA DE EBULLICIÓN	PRESIÓN EN MILÍMETROS DE MERCURIO	ALTURA EN METROS
83	400,60	5075
84	416,80	4790
85	433,60	4510
85,5	442,30	4356
86	450,90	4208
87	468,70	3955
88	487,10	3600
88,5	496,60	3430
89	506,10	3290
89,5	515,90	3090
90	525,76	2960
90,5	535,83	2790
91	546,05	2680
91,5	556,44	2580
92	566,99	2400
93	588,60	2050
94	610,90	1770
94,5	622,31	1580
95	633,90	1475
96	657,62	1160
97	682,07	870
98	707,27	610
99	733,24	300
100	760,00	0

La válvula de seguridad, tal como la inventó Papin, en muchos casos se sigue usando, pero en general no en las ollas a presión actuales en la que es reemplazada por una válvula de escape que tiene un peso calculado para levantarse y dejar escapar el vapor cuando la presión en el interior de la olla supera el valor adecuado. Para evitar los riesgos que podría surgir si la válvula de escape se tapase o no funcionara correctamente en esta olla hay un dispositivo de seguridad que se abre cuando la presión adquiere un valor superior al admitido. Este dispositivo de seguridad no se cierra cuando disminuye la presión y es necesario cambiarlo.

*¿Qué valor tiene?*

*Análisis económico*

Evidentemente el costo de una olla a presión es superior al de una olla corriente, pero la disminución del tiempo de cocción, con el correspondiente ahorro de energía térmica, así como la mejor cocción en zonas de baja presión atmosférica justifica su uso.

*¿En qué se diferencia de objetos equivalentes?*

*Análisis comparativo*

En lo formal la olla a presión puede no tener diferencias significativas con respecto a una olla común, excepto en el cierre. Lo que merece destacarse es su peso, superior al de una olla corriente debido a que está sometida a la presión que se genera en su interior y en consecuencia sus paredes deben ser más sólidas.

A continuación se reproduce otra olla a presión cuyas características constructivas son diferentes a la analizada. Es de acero inoxidable y la tapa se aplica arriba de la olla



## *¿Cómo está relacionado con su entorno?*

### **Análisis relacional**

Con respecto a su relación con el entorno, es un objeto más que forma parte del arsenal de artefactos de la cocina, y como se ha planteado su forma denota su función. No está concebido para llevarlo a la mesa del comedor y en consecuencia su estética no necesariamente debe corresponder a los estándares de las otras vajillas de la mesa.

## *¿Cómo está vinculado a la estructura sociocultural, a las demandas sociales y a lo histórico?*

### **Análisis cultural**

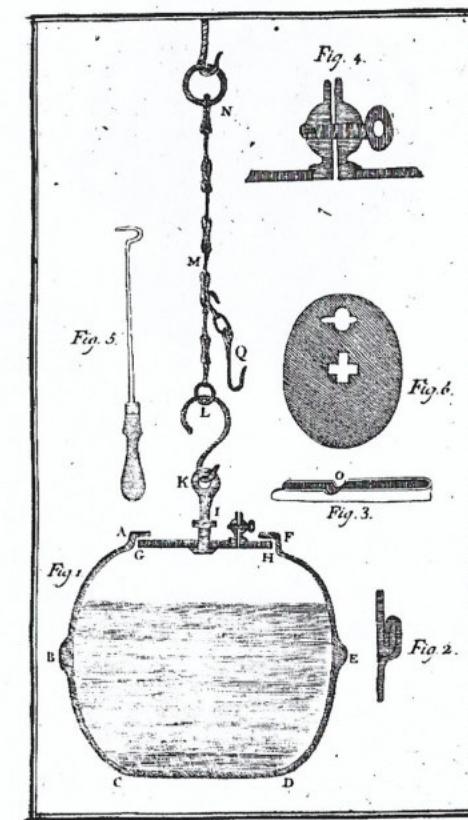
Los orígenes de la olla a presión se remontan a Denis Papin (1647-1714), físico e inventor francés que estudió y se doctoró en medicina en París, pero atraído por las ciencias físicas abandonó la medicina y se interesó por las investigaciones de Christian Huygens (1629-1695), del que fue discípulo y con el que investigó sobre el vacío y el comportamiento del vapor de agua. Huyendo de las persecuciones religiosas, por declararse calvinista (hugonote), abandona Francia y se dirige a Alemania y más tarde a Inglaterra donde profundizó sus estudios con Robert Boyle (1627-1691).

En 1681 Boyle lo hace entrar en la Sociedad Real de Londres, donde presenta bajo el título “*New Digestor*”, su “*Digestor*” o “Marmita de Papin”, hoy corrientemente llamada “Olla a presión”. En la presentación expresa que “brinda una cocción más rápida que el agua hirviendo en condiciones normales, y además substancias susceptibles de disolverse, como la gelatina de los huesos, se ablandan y deshacen con mucha facilidad”.

Si bien este dispositivo en su momento no despertó gran interés entre los miembros de la Sociedad Real, que lo recibieron como un estudio científico más, fue la solución para quienes requieren, una temperatura de ebullición superior a los 100 °C (por ejemplo para

extraer de los huesos la llamada cola de carpintero)<sup>1</sup> o para cocinar en zonas muy altas donde la presión atmosférica es baja y como consecuencia la temperatura de ebullición en condiciones normales también.

Como artefacto culinario ya se lo usó en el siglo XVIII como puede constatarse en el dibujo siguiente sacado de una publicación científico-técnica italiana de 1779.<sup>2</sup>



<sup>1</sup> Cola que se calienta a Baño María y que antes de la aparición de los adhesivos vinílicos se usaba corrientemente en las actividades de carpintería.

<sup>2</sup> Wilcke. Memoria sulla Macchina Papiniana. *Opuscoli scelti sulle scienze e sulle arti*. Tomo II, Milano, 1779, p. 242.

Con el nombre de olla a presión tuvo gran difusión a lo largo del siglo XX debido a que brinda mayor rapidez de cocción, pero su producción industrial había comenzado en el siglo anterior como lo muestra la siguiente olla a presión de hierro de finales del siglo XIX.



## RODAMIENTO



### *¿Qué forma tiene?*

#### Análisis morfológico

Objeto volumétrico, de forma cilíndrica, anular (de sección rectangular), de textura lisa y brillante.

### *¿Qué función cumple?*

#### Análisis funcional

Dispositivo que interpuesto entre un eje y un cojinete reduce la resistencia y el calentamiento engendrado por fricción mediante la substitución de la superficie cilíndrica en contacto, por los puntos de tangencia de una serie de bolas.

### *¿Cuáles son sus elementos y cómo se relacionan?*

#### Análisis estructural

El rodamiento en análisis consta de cuatro partes diferentes:

- Un anillo exterior, con una ranura de perfil esférico en su parte interior;
- Un anillo interior, con una ranura de perfil esférico en su parte exterior;
- Elementos rodantes, bolas ubicadas entre los dos anillos, alojadas en las ranuras y contenidas por una jaula;
- Una jaula, ubicada entre los dos anillos, cuya función es mantener separados y equidistantes los elementos rodantes.

## *¿Cómo funciona?*

### **Análisis de funcionamiento**

Este dispositivo, para operar requiere estar montado en alguna máquina o dispositivo mecánico. Normalmente un anillo se fija al elemento que rota, y el otro al elemento fijo respecto al primero.

Al rotar uno de los anillos con respecto al otro, las bolas que lo separan hacen que el rozamiento entre ambos se reduzca a una rodadura y no al frotamiento de superficies en contacto.

## *¿Cómo está hecho y de qué materiales?*

### **Análisis técnico-constructivo**

La jaula es de chapa de acero y los anillos y las bolas de acero. En algunos casos la jaula suele ser de bronce o de plástico.

Las herramientas que han intervenido en su construcción son: torno, rectificadoras, cizallas, estampadoras, hornos para tratamiento térmico, instrumentos de medición, prensas, procesos electrolíticos.

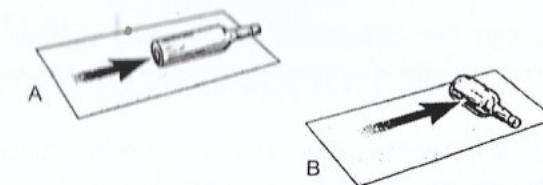
En consecuencia, las técnicas empleadas son: torneado, rectificación, corte, estampado, tratamientos térmicos, prensado, marcado electrolítico, lavado.

## *¿Qué conocimientos científicos y tecnológicos están presentes?*

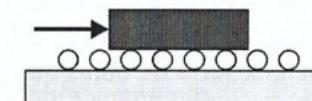
### **Análisis científico-tecnológico**

Cuando un cuerpo se desliza sobre otro tiene lugar lo que se llama fricción, fenómeno que se opone al deslizamiento provocando una pérdida de energía cinética que se manifiesta bajo la forma de calentamiento de las superficies en contacto. Para limitar esta pérdida de energía se busca transformar el deslizamiento en rodadura, fenómeno este último que tiene lugar cuando un cuerpo rueda sobre la superficie de otro.

La diferencia del esfuerzo requerido para desplazar un cuerpo en un caso y en el otro puede verificarse fácilmente tomando una botella y colocándola horizontalmente sobre una mesa, si se la quiere desplazar empujándola por la base como en la figura A, se constata que se requiere mucho más esfuerzo que empujándola por una generatriz como en la figura B, en el primer caso se tiene deslizamiento, en el segundo rodadura.



En los rodamientos hay transformación de deslizamiento en rodadura. Para entender su importancia y su funcionamiento se puede imaginar la diferencia entre el esfuerzo requerido para desplazar directamente un cuerpo sobre una superficie lisa, y el requerido cuando interponemos entre el cuerpo y la superficie una serie de rodillos que al rodar sobre la superficie de apoyo facilitan el movimiento, como era corriente en la antigüedad para desplazar los grandes bloques que se usaban en las construcciones.



## *¿Qué valor tiene?*

### **Análisis económico**

Debido a su durabilidad y fiabilidad, reduce los costos de mantenimiento y las horas de inactividad de la máquina en la que se lo utiliza. Podemos decir que su rendimiento es alto con respecto a su costo.

La duración de un rodamiento depende de su correcto montaje y lubricación.

## *¿Cómo está relacionado con su entorno?*

### **Análisis comparativo y relacional**

En nuestro caso los elementos rodantes son bolas, éstas tienen un solo punto de contacto con la superficie sobre la que se desplazan. Cuando el rodamiento tiene que soportar esfuerzos muy grandes, se reemplazan las bolas por rodillos cuyo contacto es lineal y, por consiguiente mayor que el contacto puntual de las bolas.

Los rodillos pueden ser cilíndricos o cónicos; algunas veces los rodillos cilíndricos son de diámetro tan pequeño que se los llama agujas.

En cuanto a las partes componentes, también existen variantes: algunos rodamientos, por razones de dimensión o de optimización, carecen de alguno de los elementos que hemos señalado en el rodamiento en estudio. Por ejemplo: ausencia de la jaula que separa los cuerpos rodantes en rodamientos de agujas, o ausencia del anillo interior o del exterior en rodamiento con rodillos cilíndricos o con agujas.

Los rodamientos, comparándolos con otros elementos que cumplen la misma función, como por ejemplo los bujes, son muy superiores, entre otras cosas por la menor pérdida de energía por frotamiento, por su mayor durabilidad y por su mayor límite de velocidad admisible. Tengamos presente que mediante el rodamiento se reduce la resistencia y el calentamiento engendrado por el roce, debido a la substitución de la superficie cilíndrica del buje por los puntos de tangencia de una serie de bolas que pueden girar libremente.

*¿Cómo está vinculado a la estructura sociocultural, a las demandas sociales y a lo histórico?*

#### Análisis cultural

El concepto de buje surge con la invención de la rueda, utilizada por primera vez hace más de 3 000 años en la Mesopotamia para reducir el rozamiento entre una carga móvil y el suelo. Con la rueda se transforma el rozamiento contra el suelo, en el rodamiento de la rueda sobre el suelo, pero subsiste el rozamiento de la rueda con el eje, que en principio se elimina con este dispositivo llamado rodamiento, cuyos antecedentes hay que buscarlos en los molinos de la edad media, pero cuya concepción actual no se remonta más que al siglo XIX.

## CAPÍTULO XI

# Los modelos en tecnología

*Para parafrasear una obra universal bastante conocida diré que «en principio fue la palabra, y la palabra era un modelo».*

Geoffrey S. Hollister

El concepto de modelo tiene diversas aplicaciones y significados. Como planteo general un modelo es la representación de un objeto, sistema o idea con un objetivo básico: presentarlo y/o ayudarnos a visualizar su función o su funcionamiento.

En el campo de la tecnología normalmente la palabra modelo se aplica a: **maquetas, dibujos, planos, gráficos, esquemas, diagramas, fórmulas matemáticas, palabras, etc.**, que se usan para representar objetos o sistemas a los fines de su presentación, comprensión o estudio. El modelo de un objeto puede ser una réplica del mismo o una abstracción de sus propiedades dominantes.

La noción de modelo comprende, desde modelos mentales como:

- la imagen mental de un objeto, de un concepto, de una experiencia, etc.;

hasta modelos explícitos como:

- las palabras (que son la conversión a verbal o escrita de nuestra imagen mental del tema en cuestión, y que nos permiten representar objetos sistemas o conceptos, por ejemplo: las teorías de Darwin, de Einstein, etc.; la concepción de la naturaleza de la luz; la descripción verbal del funcionamiento de una máquina; las definiciones; etc.);

- las fotografías y los dibujos en general (incluido el dibujo técnico; los gráficos y diagramas; los planos; los mapas);
- las maquetas y las estatuas;
- las fórmulas (tanto matemáticas como químicas);
- las partituras musicales; etc.

Algunos son **modelos o lenguajes propios de la tecnología**, como el dibujo técnico, las maquetas, los esquemas, los gráficos, etc., otros son apropiaciones que hace de otros campos del conocimiento, como los modelos descriptivos o los modelos matemáticos.

En tecnología el modelo reproduce y/o representa los aspectos relevantes que queremos destacar, de un objeto o de un sistema y permite, en muchos casos, estudiar su comportamiento en diversas condiciones de operación y sacar conclusiones en cuanto a su funcionamiento sin necesidad de construir el objeto o el sistema, y someterlo a condiciones reales de operación.

La mayoría de los modelos simplifican la realidad, pero en cada caso no son únicos sino que pueden cambiar de acuerdo a lo que se quiera señalar, estudiar o analizar, manteniendo su validez representativa dentro de ciertos límites.

Según sean sus características se utilizan: como instrumentos de predicción o de pronóstico, como elemento de comparación entre la predicción y el comportamiento real, como instrumento de descripción y/o de explicación, para la simulación, etc.. En general permiten sacar conclusiones por analogía.

Kart W. Deutsch, en su libro "*Los nervios del gobierno*", plantea que los modelos son "instrumentos del pensamiento" y que desempeñan, de distinta manera (alternativa o acumulativamente), cuatro funciones.

- **Organizadora** En cuanto sirven para ordenar o relacionar datos y mostrar similitudes o conexiones no evidentes.
- **Heurística** En cuanto a su capacidad para hacer más probable el descubrimiento de nuevos hechos o métodos.

- **Predictiva** En cuanto a su capacidad para prever, en el tiempo o en el espacio, determinados acontecimientos, en distintos grados de especificidad y exactitud cualitativa y cuantitativa.
- **De medición** En cuando facilita la medición, pues el modelo se encuentra vinculado con el objeto representado por relaciones definidas y cuantificadas.

Los modelos que utiliza la tecnología son la representación de la forma y/o la estructura y/o el comportamiento de objetos o sistemas (representación generalmente simplificada e incompleta).

Esta representación puede ser:

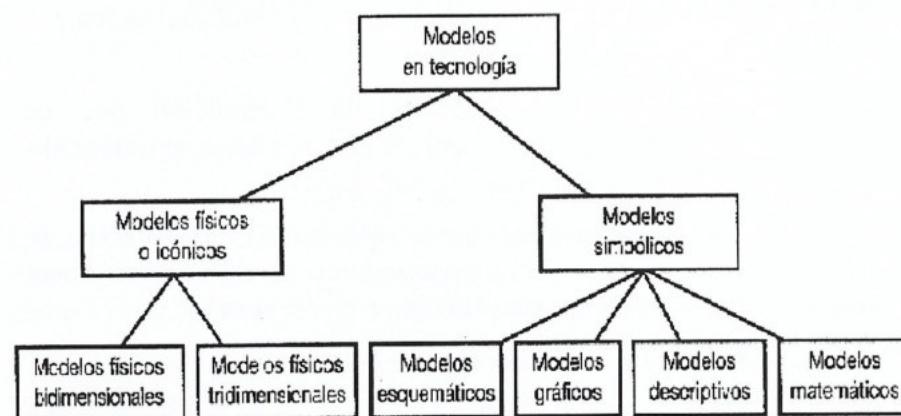
- **física (modelos físicos)**, o
- **simbólica (modelos simbólicos)**,

Los **modelos físicos** se llaman así porque conservan las características físicas más relevantes en cada situación, de los objetos o sistemas originales, pero son más sencillos y normalmente a otra escala (dibujo, dibujo técnico, maquetas, modelos a escala, mapas, fotografías, imágenes gráficas o televisivas, estatuas, etc.). Los **modelos físicos** se suelen llamar también **modelos icónicos**.

Los **modelos simbólicos** son planteos, en términos lógicos, que representan las propiedades esenciales de los objetos o sistemas originales (una fórmula matemática, un gráfico, un libro sobre una teoría física, etc.). Los modelos simbólicos vinculados al campo de la tecnología se pueden clasificar en: **modelos esquemáticos**, **modelos gráficos**, **modelos descriptivos** y **modelos matemáticos**.

Los modelos permiten visualizar la función o el funcionamiento, real o predictivo, de aspectos parciales del mundo tecnológico en el que estamos inmersos y/o de los objetos que lo integran. Podemos decir que el dibujo técnico, las maquetas, etc., son lenguajes propios de la tecnología, a través de los cuales se busca representar en forma bi o tridimensional, objetos, sistemas o comportamientos (reales o concebidos por la mente), mientras que las palabras, las fórmulas matemáticas, etc., modelos que también utiliza la tecnología, son propios de otros campos del conocimiento.

## MODELOS QUE SE UTILIZAN EN TECNOLOGÍA



### MODELOS FÍSICOS O ICÓNICOS

Representan en forma física, sistemas también físicos.

Pueden ser bidimensionales o tridimensionales.

- **Modelos bidimensionales** - Fotografías, dibujos, dibujo técnico, planos, mapas, etc.
- **Modelos tridimensionales** - Maquetas, estatuas, etc.

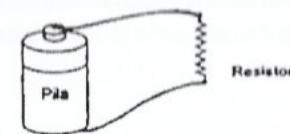
### MODELOS SIMBÓLICOS

Los modelos simbólicos pueden ser: esquemáticos, gráficos, descriptivos o matemáticos.

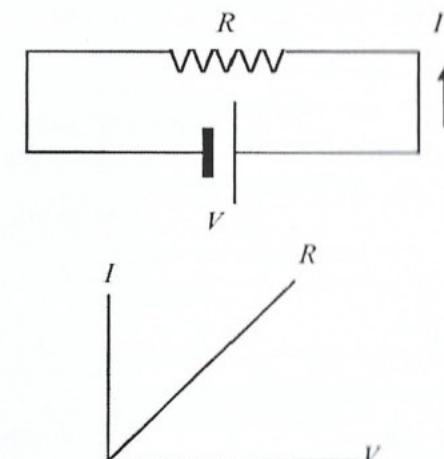
- **Modelos esquemáticos** - Representan mediante una configuración de líneas y símbolos, la disposición estructural o el comportamiento de un sistema o de un objeto real.
- **Modelos gráficos** - Representaciones gráficas que permiten visualizar, mediante gráficos o diagramas, relaciones y magnitudes relativas de un sistema o de un objeto real.
- **Modelos descriptivos (o verbales)** - Expresan relaciones por medio de proposiciones; son descripciones en lenguaje humano.
- **Modelos matemáticos** - Usan como lenguaje las matemáticas. Representan mediante fórmulas matemáticas el comportamiento de un sistema.

A título de ejemplo planteamos a continuación distintos modelos de un sistema compuesto de una pila, un resistor y cables de conexión:

**Modelo físico**



**Modelo esquemático**



**Modelo gráfico**

*La corriente es igual al cociente entre la tensión y la resistencia*

**Modelo descriptivo (o verbal)**

$$I = \frac{V}{R}$$

### MODELOS VIRTUALES

Los modelos también pueden concretarse en la computadora en estos casos hablamos de modelos virtuales. Los modelos virtuales facilitan la posibilidad de imaginar y presentar soluciones y permiten visualizar el comportamiento de sistemas o productos.

### PROTOTIPO

Como una extensión de los modelos podemos mencionar el prototipo, que es el primer ejemplar que se construye de un producto tecnológico antes de su producción en serie a los fines de corroborar que responde a los requerimientos estipulados.

## SIMULACIÓN

Cuando un modelo se usa para simular experimentalmente una situación dada se habla de **simulación**.

La simulación permite estudiar el funcionamiento del objeto o sistema que el modelo representa y predecir su comportamiento. Puede ser icónica, analógica o digital, en el primer caso, se utilizan maquetas (modelos a escala) y la semejanza es física, en los otros dos se utilizan simuladores analógicos o digitales y la semejanza es tan solo funcional o de comportamiento. La simulación analógica y la digital normalmente se llevan a cabo mediante computadoras.

Resumiendo podemos decir que la simulación puede ser:

- Simulación icónica;
- Simulación analógica;
- Simulación digital.

En los casos en el que se hace intervenir directamente los seres humanos en la simulación (por ejemplo cabinas para entrenamiento de pilotos, etc.), se habla de:

- Simulación participativa.

## MODELOS FÍSICOS

Desde hace tiempo, los ingenieros utilizan modelos físicos, por ejemplo las maquetas se han utilizado durante muchos años en los campos del diseño estructural, de la hidráulica, de la hidrodinámica y de la aerodinámica, para experiencias de simulación.

Ahora bien, dentro del campo de los modelos físicos, tiene gran importancia el **Dibujo**, y en particular el **Dibujo técnico**, que sin pretender representar la realidad global, plantea lo que puede ser más interesante en cada caso particular. En general, lo que se busca es una representación lo más fidedigna posible de aspectos parciales de la realidad.

El dibujo nace como una ambición del hombre de representar el mundo que lo rodea, y de mantener en el tiempo imágenes que el ojo y la memoria visual cancelan muy rápidamente. Posibilita también comunicar a otros lo que percibimos o imaginamos, así como estudiar la realidad representada, y plantear y verificar las posibles modificaciones que podamos aportarle.

El dibujo, y las representaciones gráficas en general, como medios de descripción y comunicación de la realidad, si bien están presentes desde hace siglos en la historia de la humanidad, están adquiriendo en el mundo de hoy una importancia cada vez mayor. Es corriente que en muchos casos los sistemas de comunicación prioricen la imagen frente a la palabra escrita, sobre todo cuando el mensaje debe ser captado fácil y rápidamente; además, muchas veces por personas que manejan códigos lingüísticos diferentes.

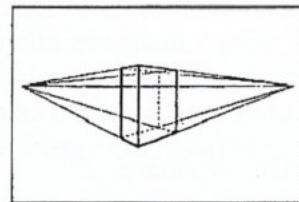
La palabra "dibujo" es bastante amplia y abarca tanto el dibujo artístico, como el geométrico, como el técnico, etc.

El **dibujo técnico**, uno de los factores fundamentales de la evolución tecnológica y de la producción en serie, es un lenguaje que se utiliza fundamentalmente para representar objetos que no podrían ser descritos con la precisión requerida utilizando solamente palabras, pensemos en un automóvil y en la cantidad de piezas de forma compleja que lo componen.

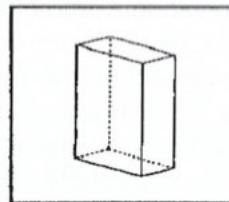
Con el dibujo técnico se busca representar en una superficie bidimensional (una superficie plana) objetos tridimensionales, de modo tal que la representación permita extraer con precisión los elementos necesarios para imaginar o reproducir el objeto en el espacio.

Los métodos más corrientes de representación vinculados al dibujo técnico son:

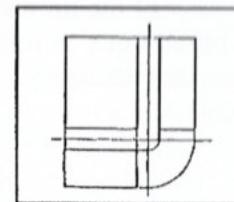
- La proyección perspectiva.
- La proyección axonométrica;
- La proyección ortogonal;



Proyección perspectiva



Proyección axonométrica



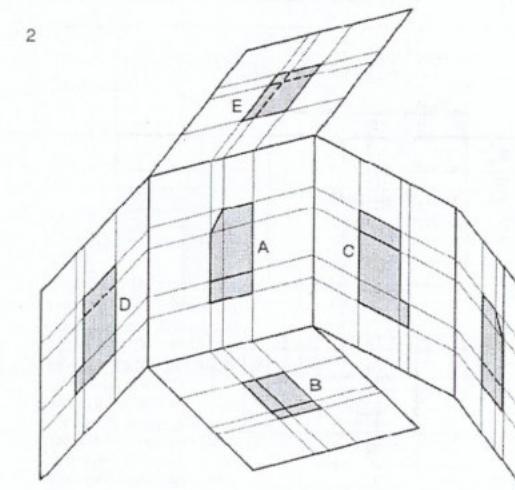
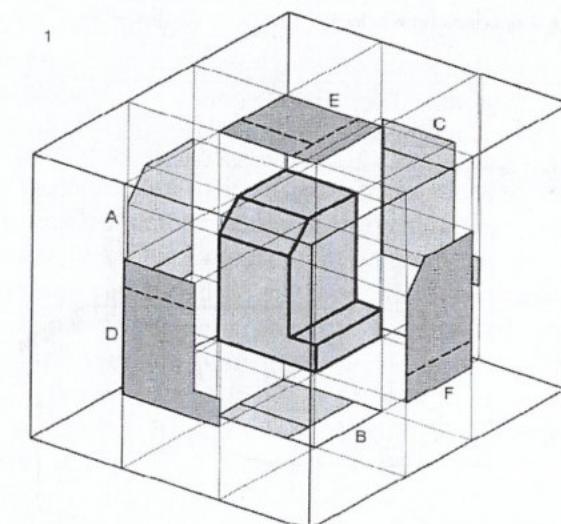
Proyección ortogonal

De los tres métodos, la **proyección perspectiva** es la que más se aproxima a lo que ven los ojos, pero es difícil de realizar, y además no permite llevar al plano dimensiones proporcionales a las reales. Buscando solucionar estos problemas se planteó la **proyección axonométrica**, de mayor simplicidad de diseño y cuyas dimensiones son proporcionales a las reales. La diferencia substancial entre ambas es que, en el caso de la proyección perspectiva, los rayos proyectantes convergen en un punto llamado punto de fuga, mientras que en la proyección axonométrica los rayos proyectantes son paralelos (el punto de fuga está en el infinito).

Estos dos sistemas tienen sus limitaciones en cuanto a la posibilidad de comunicar con precisión las características y dimensiones de lo proyectado, esto último es fundamental a la hora de concretar la realización de un proyecto, por lo que se ha planteado un tercer método, la **proyección ortogonal**, que consiste esencialmente en representar el objeto descomponiéndolo en vistas (en general tres). La proyección ortogonal se ha convertido en el diseño técnico por excelencia y es el lenguaje característico de comunicación entre los que proyectan y los que realizan el proyecto.

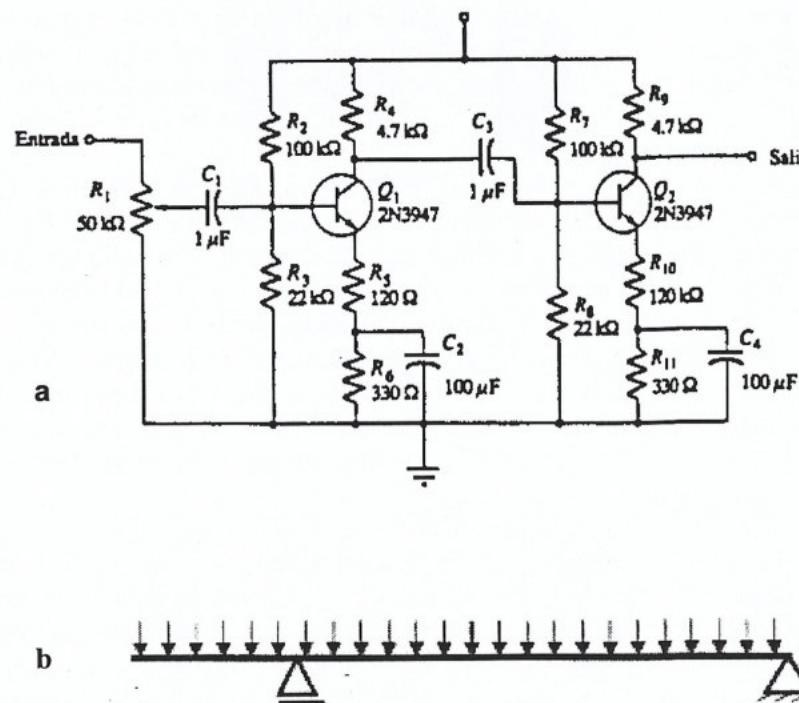
La proyección ortogonal puede sintetizarse como el resultado de proyectar perpendicularmente los objetos sobre planos, perpendiculares entre sí, mediante rayos visuales (líneas de proyección) paralelos (por provenir de un punto en el infinito), estos rayos, al ser perpendiculares a los planos, forman con los mismos ángulos rectos, de allí el nombre de ortogonal (del latín *orthogonus* = ángulo recto). Normalmente la cara principal del objeto es paralela a uno de los planos de proyección.

Mediante la proyección ortogonal se obtienen dibujos "planos", en los que la sensación de relieve está ausente, o es muy reducida. En compensación, las figuras espaciales están representadas sin deformación angular ni de proporciones, y se pueden hacer tantas vistas como sea necesario para representar exhaustivamente al objeto o sistema, normalmente se hacen tres, la A, la B y la C.



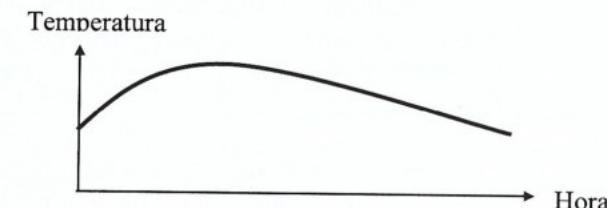
## MODELOS ESQUEMATICOS

Los **esquemas** son dibujos que representan en forma simbólica la disposición, la estructura o el comportamiento de sistemas u objetos, y en el que figuran los detalles más importantes o esenciales de lo que representan. Es un caso particular de dibujo técnico donde lo que interesa representar es la ubicación de los elementos. Se suelen utilizar para indicar principios de funcionamiento y/o funciones de un sistema. Estos dibujos no son necesariamente a escala. Como ejemplos podemos señalar: los esquemas de instalaciones o circuitos eléctricos, electrónicos (a), hidráulicos o neumáticos; las vigas y las fuerzas externas aplicadas (b); etc.



## MODELOS GRÁFICOS

De las diversas **representaciones gráficas**, los llamados **gráficos y/o diagramas**, son instrumentos que relacionan datos en forma gráfica, lo que permite visualizar con facilidad estas relaciones. Si bien también es posible expresar las relaciones mediante fórmulas, éstas constituyen una manera más abstracta de plantearlas. Los términos, gráfico y diagrama, a menudo se utilizan como sinónimos, profundizando un poco el tema, podemos decir que, en forma general, el término "gráfico" se utiliza, sobre todo, para representar relaciones entre variables, y el término "diagrama" para referirse a figuras gráficas que representan la evolución de un fenómeno o una función determinada, y también para ilustrar datos estadísticos. Los gráficos y diagramas son instrumentos técnicos muy dúctiles que permiten clasificar, ordenar, verificar, confrontar, generalizar, describir fenómenos, etc., con una capacidad de síntesis difícil de obtener con otros instrumentos. Son útiles para analizar la realidad, estimular la reflexión y la confrontación, y además muy empleados para expresar datos estadísticos, debido a que visualmente son fácilmente comprensibles. Por la facilidad de lectura y la posibilidad de concentrar mucha información en poco espacio tienen un campo de aplicación muy grande. Tomemos como ejemplo las variaciones de temperatura a lo largo del día; es posible hacer un cuadro con los datos, o también un gráfico o diagrama, que si bien puede ser menos preciso nos da una imagen visual más clara del desarrollo del proceso.

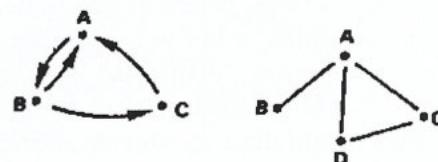


Entre las representaciones gráficas podemos señalar: los grafos (grafo de árbol, etc.), el diagrama de Venn, los diagramas cartesianos, los organigramas, los histogramas, los diagramas en sectores circulares, el diagrama de flujo, el gráfico de Gantt, el método Pert, los diagramas de bloques, etc.

A continuación veremos algunos:

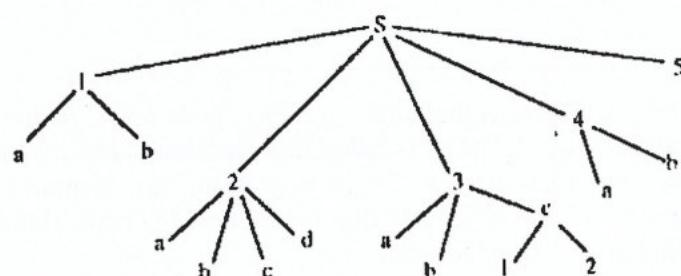
### Grafo.

Conjunto de líneas (curvas o rectas), orientadas o no, que unen puntos (vértices). Son la expresión gráfica de relaciones. Ejemplo: una red vial que vincula diversas ciudades en la que los centros habitados son los vértices y los caminos las líneas que los unen.



### Grafo de árbol.

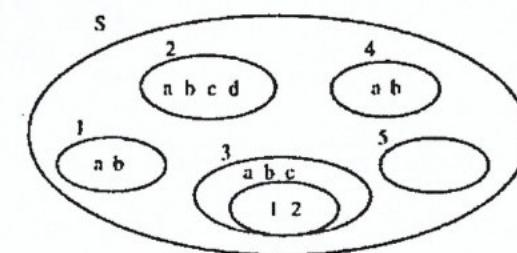
Caso particular de grafo, consistente en una estructura gráfica compuesta de puntos o vértices (que representan elementos o partes) y líneas que los relacionan, con la característica de que de cada punto o vértice surge una ramificación de líneas, cada una de las cuales va a otro punto o vértice, del que a su vez pueden surgir nuevas ramificaciones. Los puntos o vértices representan elementos (o partes) que pertenecen al que lo precede, y agrupan a los que lo siguen, planteando una estructura jerárquica. Es un útil instrumento de análisis que permite clasificar, organizar y sistematizar datos, hechos o fenómenos y presentar visualmente las conclusiones. Su lectura no presenta dificultades.



### Diagrama de Venn

Diagrama en el que las pertenencias están representadas por líneas curvas cerradas (círculos, elipses, etc.). Demuestran por inclusión, por exclusión o por intersección, las relaciones entre clases o conjuntos.

Un conjunto se puede representar tanto con un grafo de árbol, como con un diagrama de Venn. El diagrama de Venn tiene la ventaja de dar una visión más inmediata e intuitiva de la pertenencia de los elementos o de las partes a un conjunto, pero presenta el inconveniente de que mientras más se profundiza la división y la pertenencia, más confusa se hace la lectura.



### Tablas

Las tablas son representaciones gráficas que presentan (en un cuadro sintético) los datos significativos de un fenómeno o de una determinada situación.

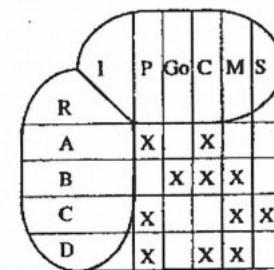
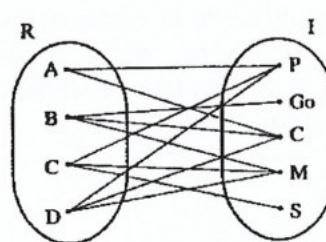
### Tabla simple.

Tabla compuesta de tantas filas y columnas como sean necesarias para representar el mensaje que se desea transmitir. Permite presentar de manera rápida y sintética un gran número de datos, pero no relaciona conjuntos.

Muebles	Escratorios	Sillas	Mesas	Armarios
Oficina 1	1	5	1	1
Oficina 2	2	6		1

## Tabla de doble entrada.

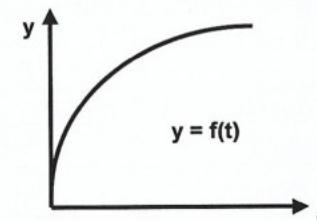
Tabla que contiene los elementos de dos sistemas, conjuntos, etc., uno colocado verticalmente el otro horizontalmente, de modo tal que presenta las relaciones que hay entre los dos sistemas, conjuntos, etc. Es muy útil y posibilita obtener conclusiones interesantes sobre los sistemas o conjuntos tratados.



R	P	Go	C	M	S
A	X		X		
B		X	X	X	
C	X			X	X
D	X		X	X	

## Diagrama cartesiano

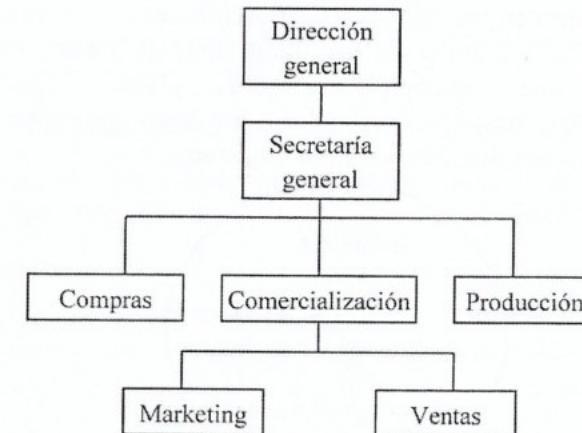
Diagrama que representa gráficamente las variaciones de una magnitud en función de otra. Consta de dos ejes perpendiculares entre sí, el eje de abscisas (horizontal, conocido como eje x) y el eje de ordenadas (vertical, conocido como eje y), sobre estos dos ejes se llevan los valores de las magnitudes en juego, en sus correspondientes escalas de representación.



Cuando se desea mostrar el comportamiento de magnitudes variables en función del tiempo (t), se considera como eje del tiempo al eje x.

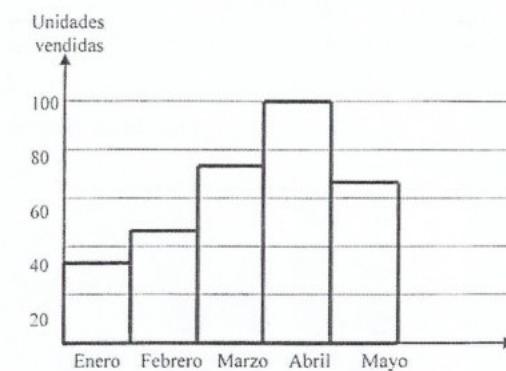
## Organigrama

Representación gráfica de la organización y estructura interna de cualquier tipo de institución, empresa o establecimiento. En el ámbito de la escuela es un instrumento muy útil para la planificación de las actividades propias de la misma.



## Histograma

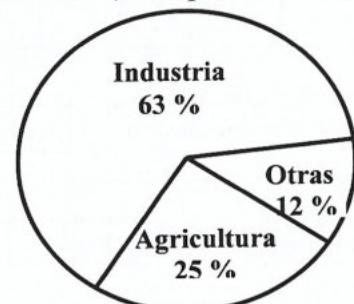
Los histogramas o diagramas de barras son gráficos constituidos por rectángulos de igual anchura pero de altura proporcional a la cantidad que representan. Las barras generalmente son verticales, pero en algunos casos también pueden ser horizontales



## Diagrama circular

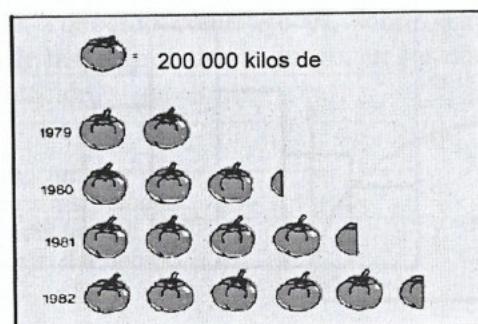
Los diagramas circulares, llamados también gráficos circulares, son usados para representar magnitudes, o valores porcentuales o fraccionarios con respecto a un total. El total (100 %) corresponde al área de un círculo, y los valores porcentuales a porciones de la figura cuyas áreas son proporcionales a cada valor.

Son un caso particular de los "diagramas de áreas", que son representaciones que recurren a figuras planas (cuadrados, rectángulos, círculos, etc.) proporcionales a los datos que representan, no por sus dimensiones lineales, sino por sus áreas.



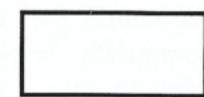
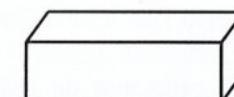
## Ideograma

El término "ideograma" significa imagen o símbolo que representa una idea, y se lo emplea para caracterizar a los gráficos en los cuales se utilizan figuras o parte de ellas para mostrar visualmente el hecho que se quiere comunicar. Por ejemplo una espiga de trigo para indicar valores referidos a la producción de granos, una damajuana para indicar la producción de vinos, el perfil de un automóvil para indicar cantidad de vehículos, etc.

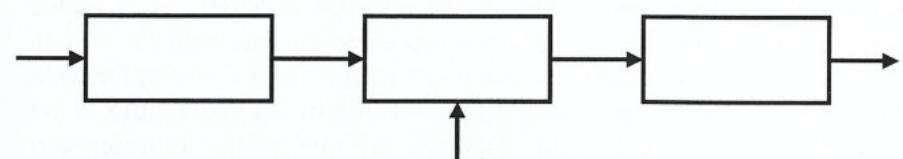


## Diagrama de bloques

Los diagramas de bloques son gráficos que simbolizan sistemas y sus procesos de funcionamiento basándose en bloques o rectángulos que representan "las unidades" del sistema o "las fases del proceso" (producción, transformación, transporte y/o almacenamiento), que tienen lugar en el mismo.



En los diagramas se indican mediante flechas las interrelaciones que hay entre los diversos bloques.



Las flechas representan los flujos de entrada y salida, que pueden ser de materia, de energía o de información. Para una mejor comprensión de los diagramas de bloques se suelen señalar en forma diferente las flechas correspondientes a los diferentes flujos.

Los flujos de materia se representan gráficamente con flechas negras



Los flujos de energía se representan con flechas dobles



Los flujos de información se representan con flechas de líneas entrecortadas



Los flujos de materia y de energía (asociadas) con flechas negras gruesas. Ejemplo: el caso de combustibles sólidos o líquidos, materia + energía química.



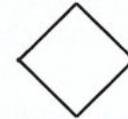
## Diagrama de flujo

Representación, en forma secuencial, de los pasos o acciones elementales que componen un programa. El diagrama de flujo es un gráfico particular que plantea el recorrido que hay que hacer para llegar a la solución de un problema. Consiste en un elenco detallado y completo de las operaciones lógicas que deben realizarse en una determinada secuencia para conseguir un cierto resultado. Consta de un código compuesto de pocos símbolos gráficos (óvalo, rombo, trapecio, rectángulo, cuadrado, flechas, etc.) cada uno de los cuales tiene un significado específico (inicio o fin, decisión o elección, ingreso o salida de datos, proceso de elaboración de datos, dirección del flujo de operaciones, impresión, etc.) y de una sintaxis, consistente en reglas que hay que observar al poner en relación los diversos símbolos. (Algunas reglas: Hay un solo *comienzo* y un solo *fin*; Existe al menos una vía que partiendo de un *comienzo* llega a un *fin*; De cada símbolo gráfico representado por un trapecio, un rectángulo o un cuadrado sale una sola *flecha*; De cada símbolo gráfico representado por un rombo salen dos *flechas*; etc.)

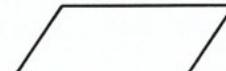
Símbolos:



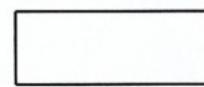
Comienzo o fin



Decisión o elección



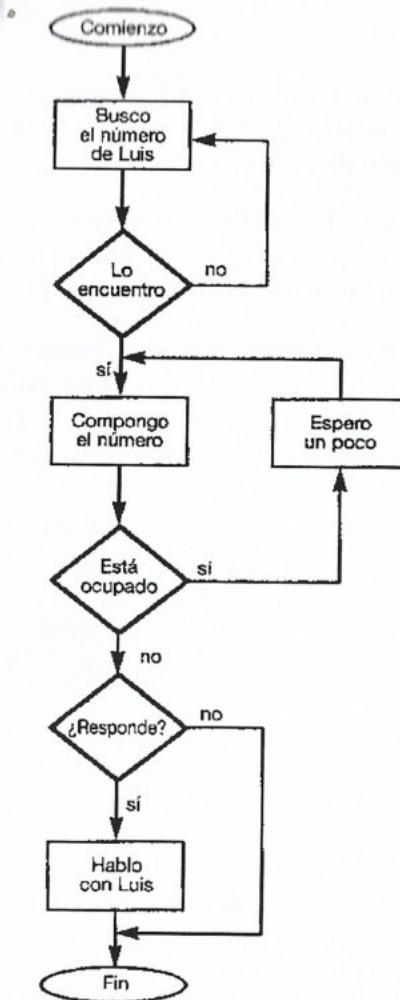
Ingreso o salida de datos



Operaciones y acciones  
Proceso de elaboración de datos



Paso a la acción siguiente



Es oportuno recordar que estos diagramas se pueden aplicar tanto en el plano de la producción, como en el de la informática, como en el de la vida de todos los días.

## Gráfico de Gantt

El gráfico de Gantt, es una herramienta de planificación de la producción que muestra las distintas operaciones, sus relaciones y el tiempo de ejecución de cada una dentro del esquema general.

Fue introducido en 1917 por Henry Gantt, un contemporáneo de Taylor, para representar gráficamente, en función del tiempo, las actividades a cumplir (y las cumplidas) en un proceso productivo.

Se basa en descomponer el plan, proyecto o proceso, en tareas o actividades simples, caracterizarlas, numerarlas o identificarlas, y representarlas en función del tiempo. En el gráfico se colocan en sucesión vertical las actividades y en horizontal los tiempos correspondientes a cada actividad.

La columna "Actividad", podría también representar personas, máquinas, tareas o cualquier otro recurso necesario para la realización de un trabajo determinado.

En las líneas horizontales o filas pueden señalarse también separadamente las actividades programadas y las efectivamente realizadas. Este gráfico permite verificar permanentemente el estado en que se encuentra el proceso y eventualmente poder tomar medidas para compensar las desviaciones entre la realidad y las previsiones.

Actividad \ Tiempo	Días, semanas, etc.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A									
B									
C									
D									
E									
Programada					Realizada				

## Método PERT/CPM

Cuando el proceso comporta un número importante de actividades interrelacionadas, tanto principales como derivadas, se hace necesario recurrir a un método más elaborado de representación que el método gráfico de Gantt. El método más utilizado en estos casos es el PERT. Los diagramas de Gantt podrán entonces derivar de la red PERT.

El método PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) se desarrolló en la década del 50 y fue puesto a punto y experimentado en 1958 por la *U.S.Navy* de los EE.UU. en el marco del proyecto de misiles Polaris.

El CPM (*Critical Path Method*: Método de camino crítico), presentado en 1957, fue desarrollado por Morgan R. Walker de la División de Ingeniería de Dupont y por James E. Kelly de Remington Rand. El camino crítico representa la secuencia máxima de tiempo de la red, y es clave para el control del tiempo.

El método PERT/CPM es una técnica de proyección y control que permite poner en evidencia las fases o actividades de un plan operativo, sus influencias recíprocas y su localización temporal.

Se materializa en una representación gráfica de tipo red, basada en la teoría de los grafos, que evidencia la secuencia y la interrelación de actividades que hay que realizar para obtener un producto predeterminado.

Con este método se organiza una red, orientada en el tiempo, caracterizada por:

- Una articulación de **vectores** con **nodos** en los extremos.
  - Si bien tanto los vectores como los nodos pueden representar las **actividades**, nosotros utilizaremos **vectores**, para indicar la dirección del desarrollo del proceso (es decir las actividades).
  - Los **nodos**, los utilizaremos para representar los acontecimientos o eventos; se simbolizan a menudo con **círculos**, y marcan los inicios y las finalizaciones de las actividades.

- Los vectores indican solamente precedencia lógica, y su longitud no está relacionada ni con la duración ni con la importancia de la tarea.
- Como ningún par de nodos de la red puede estar **directamente conectado** por más de un vector. Se insertan en la red actividades llamadas ficticias (como vemos en el diagrama). Las actividades ficticias son de duración nula y consumen cero recurso.
- Todos los vectores deben estar dirigidos, más o menos, de izquierda a derecha.

La primera etapa de la construcción de un gráfico PERT/CPM es la identificación de todas las actividades asociadas al proceso y sus interrelaciones. Esta etapa es fundamental pues está en la base de la futura planificación y organización del proceso productivo.

Otra etapa es el ordenamiento lógico de las tareas en el tiempo, es decir las correctas relaciones de precedencia entre ellas. Determinadas tareas no pueden emprenderse antes de que otras hayan sido terminadas. Para el cumplimiento de esta etapa es importante construir un cuadro con la descripción de las actividades y sus predecesoras inmediatas.

No se debe intentar dibujar el gráfico sin antes, listar todas las actividades, ordenarlas en alguna forma lógica, e identificar las relaciones de precedencia; una vez esto realizado es posible ilustrar en forma gráfica las relaciones entre las actividades, es decir construir el gráfico PERT/CPM.

Se define como camino o ruta, la secuencia de actividades que se llevan a cabo al pasar de un evento (nodo) inicial al evento (nodo) final de la red.

Para el desarrollo total de un proceso se requiere que se recorran todos los caminos de la red, buscando siempre determinar el tiempo mínimo necesario para finalizar el proyecto, ahora bien la ruta que recorre las actividades que emplean más tiempo es la más larga (en tiempo) y se llama **camino crítico**. Cualquier demora en el camino crítico significa una demora del proceso total. Las actividades que están sobre el camino crítico se llaman actividades críticas. Para reducir el tiempo total del proceso se debe reducir la duración de por lo menos una de las actividades críticas.

Resumiendo, las etapas básicas de un proceso PERT/CPM son:

- Identificación de las actividades o tareas asociadas con el proceso.
- Identificación de las relaciones de precedencia inmediata para todas las actividades.
- Dibujo de la red básica del proceso, mostrando todas las relaciones de precedencia.
- Estimación del tiempo de duración de cada actividad.
- Identificación del camino crítico de la red.

### Ejemplo: Reparación de un motor eléctrico

Lista de tareas, relaciones de precedencia y tiempo

Código de la tarea	Tarea	Precedencia inmediata	Tiempo
A	Desarmar el motor	-	10 minutos
B	Cambiar los carbones	A	10 minutos
C	Rebobinar el rotor	A	60 minutos
D	Rebobinar el estator	A	50 minutos
E	Armar el motor	B,C,D	30 minutos

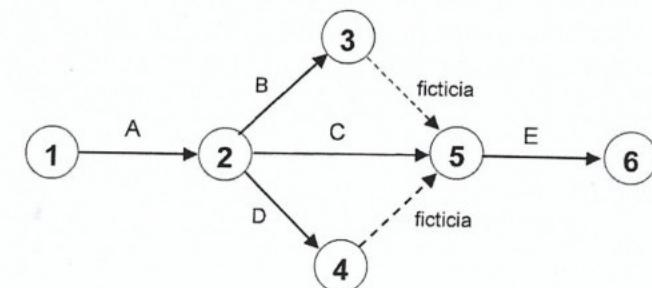


Diagrama PERT de reparación de un motor

En este ejemplo el camino crítico es: A – C – E

## ANEXO

# Investigación y método

La **investigación** es el camino que utiliza tanto la ciencia como la tecnología, para ampliar sus saberes, ya sean como conocimientos desinteresados o como conocimientos puestos al servicio del hacer, "saber cómo hacer".

Para llevar a cabo una investigación se utiliza un método, **el método es la estrategia de la investigación.**

### *EL MÉTODO*

Se llama **método** un procedimiento reflexivo, sistemático, explícito y repetible para lograr algo, ya sea material o conceptual. En otras palabras, «un método es un procedimiento –una sucesión de operaciones– para resolver un problema. Si el problema es de tipo práctico, las operaciones necesarias serán en su mayoría acciones concretas sobre cosas concretas, y el método constituirá una técnica en sentido estricto. Si el problema es puramente conceptual, las operaciones pueden ser también estrictamente conceptuales o abstractas.»<sup>1</sup>

Para adquirir o comprobar conocimientos, la tecnología se basa en el **Método de resolución de problemas** (ver página. 177), mientras que la ciencia utiliza el **Método científico**.

El **Método científico** se caracteriza por su objetividad, las conclusiones son independientes de los valores y creencias de quién utiliza el método. Fundamentalmente es una actitud y una filosofía que orienta en la búsqueda del conocimiento.

---

<sup>1</sup> QUINTANILLA, M.A. *Tecnología: un enfoque filosófico*. Op. cit. p. 35.

El método científico aplicable a las ciencias fácticas nace con Galileo (1564-1642), que utilizó el método experimental, partida de nacimiento de la ciencia moderna. Este método se puede esquematizar planteando tres etapas básicas: **la observación, la formulación de hipótesis y la comprobación de la hipótesis** (ver página 17).

Mario Bunge, en su libro *Epistemología*, comenta:

«El nombre "método científico" es ambiguo. Por una parte es merecido por que tal método existe y es efectivo. Por otro lado la expresión "método científico" es engañosa pues puede inducir a creer que consiste en un conjunto de recetas exhaustivas e infalibles que cualquiera puede manejar para inventar ideas y ponerlas a prueba. En verdad no hay tales recetas populares para investigar. Lo que sí hay es una estrategia de la investigación científica. Hay también un sinnúmero de tácticas o métodos especiales característicos de las distintas ciencias y tecnologías particulares. Ninguna de estas tácticas es exhaustiva e infalible. No basta leerlas en un manual: hay que vivirlas para comprenderlas. Ni dan resultado todas las veces. El que resulten depende no sólo de la táctica o método sino también de la elección del problema, de los medios (conceptuales y empíricos) disponibles y, en menor medida, del talento del investigador.»<sup>2</sup>

El **Método de resolución de problemas** (ver páginas 177 y 180) basa su accionar en tres fases: **Fase de estudio** (fase de reconocimiento y análisis del problema), **Fase de creación** (fase de síntesis) y **Fase de ejecución** (fase de conclusión).

Planteado el **método** como la estrategia de la investigación, veamos las diversas orientaciones que puede tener una investigación.

## LA INVESTIGACIÓN

Se pueden señalar tres tipos de investigaciones:

**La investigación básica (o fundamental);**

**La investigación aplicada;**

**La investigación de desarrollo o simplemente desarrollo.**

La **investigación básica (investigación científica)** tiene como objetivo «acrecer nuestro conocimiento para una mejor comprensión del universo. No tiene una aplicación práctica específica, si bien [...] sus resultados son indispensables para obtener aplicaciones prácticas y la satisfacción de las necesidades de la humanidad»<sup>3</sup>.

Es puramente teórica y "libre", en el sentido de que no es posible prever sus fines de antemano. Busca de sinceramente extender y profundizar los conocimientos en prácticamente todos los campos.

En principio, la investigación básica no está condicionada por factores ajenos a la investigación misma; no tiene objetivos rigidamente prefijados de antemano; no está acotada en el tiempo; no busca satisfacer condicionantes materiales inmediatas.

Miguel Angel Quintanilla, en su libro *Tecnología un enfoque filosófico*, plantea que la investigación básica puede ser "estratégica", entendiendo como tal «la investigación básica orientada a un determinado ámbito de la realidad en el que se espera obtener conocimientos científicos nuevos que potencialmente sean interesantes para posibles aplicaciones tecnológicas (por ejemplo, las investigaciones en biología molecular seguramente nos ayudarán a encontrar soluciones para la curación del cáncer).»<sup>4</sup>

La **investigación aplicada** tiene como objetivo «acrecer los conocimientos para alcanzar objetivos determinados de antemano, y colaborar en la solución de una de las necesidades de la humanidad». <sup>3</sup>

La investigación aplicada está orientada a objetivos específicos. «Estos pueden ser de dos tipos: objetivos de interés estrictamente científicos y objetivos de interés tecnológico. En el primer caso hablamos de **investigación científica aplicada**. En el segundo se suele hablar de **investigación tecnológica**. La diferencia estriba en los criterios de valoración de los resultados que en uno y otro caso se utilizan.

<sup>3</sup> «Vº Plan, LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE», *La Documentation française* 1966, tomo I. París, p. 29.

<sup>4</sup> QUINTANILLA, M.A. *Tecnología: un enfoque filosófico*. Op. cit. p. 114.

<sup>2</sup> BUNGE, M. *Epistemología*. Op. cit. p. 44.

En el primer caso lo que interesa es obtener conocimiento verdadero acerca de la realidad estudiada (por ejemplo, la descripción completa del genoma humano). En el segundo, el conocimiento útil con vistas a la resolución de problemas prácticos, es decir, al diseño de sistemas tecnológicos (por ejemplo, el diseño de un procedimiento para curar el cáncer).»<sup>5</sup>

La investigación tecnológica busca, entre otras cosas, descubrir nuevos materiales o procesos de producción.

**La investigación de desarrollo**, muchas veces llamada simplemente **desarrollo**, está muy próxima a la etapa de la producción y «comprende el conjunto de operaciones necesarias para llevar una invención a la etapa de la explotación práctica».<sup>6</sup> Está ligada al desarrollo de las fuerzas productivas, y normalmente tiende a concretarse en un producto o un proceso.

Tiene también como objetivo la elaboración de nuevos productos, y estudia la manera en que los procedimientos desarrollados en los laboratorios puedan ser adaptados a escala industrial.

La investigación tecnológica y la investigación de desarrollo tienen como incentivo la satisfacción de requerimientos económicos.

El objetivo es: «la utilización del conocimiento para producir poder, riqueza y bienestar.»<sup>6</sup>

En la práctica no se puede delimitar netamente las fronteras entre los diferentes tipos de investigación, si bien teóricamente se distinguen claramente según su objetivo: desinteresado (la investigación básica) u orientada hacia fines prácticos (la investigación aplicada y la investigación de desarrollo).

Sobre el tema Miguel Ángel Quintanilla dice:

«Los límites entre investigación científica aplicada e investigación tecnológica son difusos. La razón es que el conocimiento científico de las propiedades de sistemas concretos puede ser por sí mismo útil para posibles desarrollos tecnológicos.

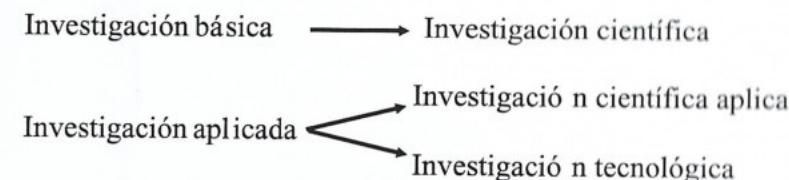
<sup>5</sup> QUINTANILLA, M.A. *Tecnología: un enfoque filosófico*. Op. cit. p. 114-115.

<sup>6</sup> Véase PLAN DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE. Op. cit. p. 29.

Y a la inversa: los resultados obtenidos investigando sobre propiedades de sistemas artificiales pueden tener un valor científico intrínseco.

Las relaciones entre los diversos tipos de investigación en los programas de I y D pueden verse desde dos perspectivas. **De abajo arriba**: el conjunto de la investigación científica y tecnológica aparece como una gran pirámide, asentada en un amplio sustrato de conocimientos científicos desinteresados, sobre los que se define un área de posible interés estratégico a partir de la cual la investigación se va especializando hasta concretarse en un diseño tecnológico que responde a necesidades sociales específicas. **De arriba abajo**: el sistema se puede ver justamente a la inversa: el punto de partida son las necesidades del sistema social que definen objetivos de potencia y interés tecnológico, a partir de los cuales se inician los procesos de investigación aplicada y éstos a veces dan lugar a descubrimientos científicos de carácter básico que tienen un interés más general. Es usual que científicos e investigadores tiendan a ver el sistema de abajo arriba, mientras que economistas, políticos y planificadores prefieren la perspectiva de arriba abajo. La realidad, sin embargo, no admite ninguna de las dos simplificaciones. El desarrollo científico y tecnológico requiere el avance de la investigación en los dos frentes.<sup>7</sup>

#### Resumiendo



Investigación de desarrollo → Desarrollo

<sup>7</sup> QUINTANILLA, M.A. *Tecnología: un enfoque filosófico*. Op. cit. p. 115.

#### **Otros títulos del autor**

- Glosario de Cultura Tecnológica. Aquiles Gay. Córdoba, 2006, Ed.tec. 109 páginas
- Temas para educación tecnológica. Aquiles Gay. (Con la colaboración de Miguel Ángel Ferreras y Gabriela Durán) Buenos Aires, 2000, Ed. La Obra, 207 páginas. (Segunda edición)
- Historia y prospectiva de la tecnología. Gabriela Durán; Aquiles Gay. Córdoba, 2007, Ed.tec. 133 páginas
- El diseño industrial en la historia. Aquiles Gay; Lidia Samar, Córdoba, 2011, Ed. tec, 233 páginas. (Segunda edición - Reimpresión)
- La Lectura del Objeto. Aquiles Gay; Roberto Bulla, Córdoba, 2011, Ed.tec, 66 páginas. (Septima edición),
- La Universidad: su historia y su relación con la sociedad - El caso Universidad de Córdoba. Aquiles Gay. Córdoba, 2001, Ed.tec, 43 páginas (Quinta edición).
- La tecnología como disciplina formativa. Aquiles Gay. Córdoba, 2010, Ed.tec, 263 páginas.
- Tecnología: Finalidad educativa y acercamiento didáctico. Luis Doval. Aquiles Gay. Buenos Aires, Prociencia Conicet, 1995, 256 páginas.
- La educación tecnológica: Aportes para su implementación. Aquiles Gay; Miguel Ángel Ferreras. Buenos Aires, Prociencia Conicet, 1997, 220 páginas.
- La estufa de laboratorio. Aquiles Gay. Buenos Aires, Ed. INET, Instituto Nacional de Educación Tecnológica, Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la Nación, 2005, 67 páginas.
- La máquina de vapor. Aquiles Gay; Sebastián Dovis. Buenos Aires, Ed. INET, Instituto Nacional de Educación Tecnológica, Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la Nación, 2006.

Este ensayo sobre la tecnología, el ingeniero y la cultura ha sido escrito, en principio, como tema de reflexión para quienes han decidido orientar su formación hacia la ingeniería.

Las grandes transformaciones que se han producido en los dos últimos siglos, consecuencia de los desarrollos tecnológicos, han cambiado tan radicalmente el medio, tanto material como espiritual, en el que el ser humano desarrolla su existencia, que podemos decir que el mundo de hoy ha sido modelado por la tecnología; y en ese campo la responsabilidad de los ingenieros es muy grande pues son quienes están más directamente vinculados al tema.

ISBN 978-987-591-304-2



A standard one-dimensional barcode representing the ISBN number 978-987-591-304-2. The barcode is black on a white background and is positioned below the ISBN number.