

**El Especial Contenido de la Tecnología Contemporánea.  
Condiciones para su Pedagogía**

**AMPARO LOTERO BOTERO  
EDGAR ANDRADE LONDOÑO**  
Julio / 2000

Nota de los autores:

Desde que este trabajo fuera concluido, en el campo de la tecnología digital contemporánea se ha producido avances tales como programación por objetos, pantallas táctiles, procesadores más pequeños y potentes, la ubicuidad de las conexiones a una red global de información (internet), la integración de circuitos programables en una serie de dispositivos más allá del computador (los llamados dispositivos “inteligentes”- Smart-) entre otros. Sin embargo, sus principios fundamentales siguen siendo tal cual se estudian aquí.

Ofrecemos este documento con la esperanza de que contribuya a que los no especialistas puedan comprender un fenómeno que se ha convertido en omnipresente en la sociedad actual, y a que las nuevas generaciones logren llegar a ser *usuarios cultos* de esta tecnología y no los simples y ávidos consumidores de unos *productos artefacto* que parecen tener vida propia y que comienzan a avasallar todos los ámbitos de nuestra vida social y personal.

Medellín, Julio/2016

## TABLA DE CONTENIDO

### Aclaración preliminar de términos

### Introducción

#### 1.- Delimitación Epistemológica de la Técnica.

- 1.1.- Problemas en la Delimitación Epistemológica.
- 1.2.- Campo Social y Objeto del Conocimiento Tecnológico.
- 1.3.- Naturaleza y Contenido del Conocimiento Tecnológico.
  - 1.3.1.- Maquinización: Los Principios Operativos
  - 1.3.2.- Maquinización: Operatividad General
  - 1.3.3.- La Tecnología como Expresión de una Lógica Particular

#### 2.- El especial contenido de la técnica contemporánea y su continuidad con el desarrollo técnico anterior

- 2.1.- Contenido especial de la técnica contemporánea
  - 2.1.1.- Propósito y operatividad. La mente humana realiza cálculos numéricos y otras tareas. ¿Cómo maquinizarlas?
- 2.2.- Conjunción de conocimientos para una Estrategia Exitosa: La Tecnología Contemporánea.
- 2.3.- La Estrategia de la Técnica Contemporánea
- 2.4.- Ser Humano y Sistema Técnico
  - 2.4.1.- El diseñador primigenio:
  - 2.4.2.- La codificación en la máquina lógica.
- 2.5.- Control: Máquinas de Comunicación
  - 2.5.1.- La Codificación y la Teoría de la información
  - 2.5.2.- Control como procesamiento y comunicación. Convergencia de Estrategias
- 2.6.- Recapitulación de Aspectos Principales del Desarrollo de la Estrategia de Maquinización.
  - 2.6.1.- Lo Contemporáneo del Conocimiento Tecnológico
- 2.7.- Los Productos *Artefacto* del Ciclo Productivo

### **3.- Los riesgos de mitificación y fetichización de la tecnología contemporánea**

### **4.- Significado Sociocultural de la Tecnología Contemporánea**

4.1.- ¿Dos Formas de Aprendizaje Social Desigual?

4.2.- ¿Expansión de Intelecto y Conciencia?

### **5.- Condiciones para una Pedagogía de la Tecnología Contemporánea**

5.1.- Definición de Educación en Tecnología

5.2.- Un Enfoque Cognitivo

5.3.- Currículo Comprensivo para la Frontera del Conocimiento y de la Lógica

5.4.- Condiciones para una Pedagogía de la Tecnología Contemporánea.

### **Aclaración preliminar de términos que se emplearán en el análisis.**

<b>Artefacto:</b>	Bien de consumo personal producido por la industria liviana. Puede ser una máquina de consumo o resultado de la aplicación de un efecto físico de algún material.
<b>Bien de Consumo:</b>	Producto que no regresa al Ciclo de la Producción como medio. Típicamente es para uso personal.
<b>Bien Material:</b>	Generalizará los diferentes productos del ciclo de la producción.
<b>Dispositivo:</b>	Conjunto de operadores físicos que efectúa una transformación material. Incluye a mecanismos.
<b>Lógica Mecánica:</b>	Lógica implícita en la construcción de máquinas. Incluye pensamiento estratégico. No todo pensamiento estratégico es lógica mecánica.
<b>Máquina:</b>	Comprende artefacto y medio mecánico en el ciclo de producción.
<b>Máquina de consumo:</b>	Artefacto que tiene una funcionalidad de trabajo. P. ej. los electrodomésticos.
<b>Máquina herramienta:</b>	Máquina empleada como medio de producción.
<b>Maquinización:</b>	Proceso de remplazo de las acciones funcionales del ser humano por una máquina.
<b>Mecanismo:</b>	Conjunto de operadores mecánicos, que efectúa una transformación de movimiento o de potencia.
<b>Objeto:</b>	Bien material que no es artefacto.
<b>Operador:</b>	Materialidad del Principio Operativo.
<b>Operatividad general:</b>	Arreglo de dispositivos que conduce a la manera como una máquina determinada cumple con una acción funcional específica.
<b>Principio Operativo:</b>	Regularidad que se presenta como resultado de la implicación entre acciones de objetos, cuyas formas han sido ideadas en función de alguna acción funcional.
<b>Técnica:</b>	Este término se empleará hasta que el análisis considere la época contemporánea.
<b>Tecnología:</b>	Para hacer referencia al especial sentido de la técnica contemporánea.

## Introducción

El trabajo que aquí se presenta comprende cinco partes. La primera, responde a un examen epistemológico acerca de la tecnología y su lógica estratégica; la segunda, expone bajo un punto de vista el contenido especial de la técnica contemporánea. La tercera y cuarta, se refieren de manera somera a las implicaciones socioculturales de la tecnología. Finalmente, la quinta plantea los requerimientos de una pedagogía acorde con lo examinado anteriormente. Estos cinco puntos recogen gran parte de los aspectos centrales de un programa de investigación cuyo desarrollo ya completa cinco años, adelantado conjuntamente por Edgar Andrade y Amparo Lotero, dentro del marco de objetivos académicos de la Maestría en Pedagogía de la Tecnología de la UPN.

Una exposición sobre los resultados iniciales del trabajo teórico de tal programa de investigación, en lo relativo a la delimitación epistemológica de la tecnología y una propuesta curricular para el área de Tecnología e Informática, fue publicada en 1998.<sup>1</sup> Esta exposición tenía como propósito plantear puntos básicos que sirvieran para adelantar un debate académico amplio que condujera a formular derroteros para un currículo coherente de la nueva área curricular<sup>2</sup>, así como bases para diferentes programas de investigación.

Aunque tal propósito no llegó a concretarse, quizá por la fragilidad de la comunidad académica en el campo de la educación en tecnología, el avance teórico del programa de investigación propuesto por Andrade y Lotero, sentó los cimientos para propuestas concretas de Ambientes de Aprendizaje (AA) y sus respectivas didácticas, que ya cuentan con un recorrido de implementación en la práctica de aula, en varios colegios de Bogotá..

Estos AA, propuestos para los primeros grados de la educación básica primaria y de la básica secundaria, vienen siendo implementados en diversos grados, grupos e instituciones educativas, en una experiencia en la que han participado cerca de 500 estudiantes del sector público, la mitad de los cuales completan ya el segundo año de participación en el programa.

La ponderación del valor educativo de estas propuestas de AA se efectúa por medio de proyectos de investigación, algunos de los cuales han sido financiados por el Instituto para la Investigación Educativa y el Desarrollo Pedagógico IDEP, de la Secretaría de Educación de Bogotá. Los

---

<sup>1</sup> ANDRADE, Edgar y LOTERO BOTERO, Amparo. 1998.

<sup>2</sup> El área de Tecnología e Informática fue establecida como obligatoria en la Ley General de Educación (115 de 1994)

restantes proyectos son financiados por Alandra DifuCiencia, entidad que ha posibilitado llevar a la práctica de aula los resultados avanzados en el programa de investigación teórica.

A la validación de los AA se ha vinculado un grupo de docentes altamente cualificados y destacados en el Programa de Formación Permanente de Docentes (PFPPD), a cargo de Alandra DifuCiencia, en convenio con la Universidad del Valle. En la práctica de aula, en calidad de docentes, participan Andrade y Lotero en los primeros grados de la educación básica, con una atención cercana a un grupo de grado 2o del Instituto Pedagógico Nacional.

En esta tarea de implementación y validación en el aula han participado otros integrantes de la Maestría, como son Carlos Garzón Gaitán y Margarita Beltrán García. Carlos, en una valiosa colaboración para evaluar el desempeño de los alumnos con relación al material didáctico de los AA. Margarita, como docente, ha implementado uno de éstos AA en grado 8º, en un medio rural sin mayores recursos materiales, y su análisis de resultados es ilustrativo en cuanto al valor educativo de tal AA. En todos estos casos, se trata de valiosos aportes para la educación en tecnología, irradiados desde la Maestría. Y mientras se desarrolla este trabajo de validación en la práctica de aula, de forma paralela ha debido continuar el trabajo en otros dos frentes: en el conceptual y en el de propuestas de AA y sus respectivas didácticas.

Aquí es donde cabe señalar puntualmente el sentido del trabajo que se recoge en el presente documento. ¿Qué aporta éste en el conjunto del programa de investigación esbozado antes? Desde 1998, año en el que se publicara un avance teórico y de propuesta curricular hasta la fecha, este trabajo ha continuado en dos sentidos:

El primero, profundizar lo que se había avanzado en la delimitación epistemológica de la tecnología. El resultado de este trabajo se presenta en el Capítulo 1, sin que éste quiera decir que lo expuesto en él sea concluyente y definitivo, más tratándose de una materia de tanta complejidad. Sin embargo, como lo pusiera de presente el resultado preliminar, este trabajo teórico ha brindado un marco coherente para avanzar en la comprensión del conocimiento tecnológico y la lógica de su construcción, requisito básico para un planteamiento curricular, pedagógico y didáctico, de un área de estudios nueva, sin una tradición en este sentido, algo que será examinado un poco más adelante.

El segundo propósito del trabajo teórico se concreta en el asunto expuesto en el Capítulo 2, un examen conducente a comprender lo esencial de la tecnología contemporánea, por parte de los no

especialistas y, por esta misma razón, como fundamento de propuestas educativas para la educación básica y media. Tal exposición de tipo explicativo que constituye el eje de este documento, significa una manera enteramente nueva de abordar las tecnologías digital, de comunicación y de control para la automatización. Esta perspectiva de exposición ha puesto de relieve aspectos problemáticos de orden cognitivo que deberán ser tenidos en cuenta para una pedagogía en tal sentido.

Este punto de vista diferente para abordar algo que se presenta intrincado en una variedad compleja, como lo es la tecnología contemporánea, se refiere a que la explicación se efectúa desde la perspectiva de la lógica mecánica estratégica que conduce a la maquinización sobre fundamentos lógicos y teóricos explícitos. En otras palabras, es intentar una metacognición de la historia del desarrollo de la **estrategia** en que se fundamenta la tecnología contemporánea y su proyección hacia el futuro.

Esta vía de exposición se presenta como negación de aquellas formas bajo las cuales es percibida y explicada corrientemente la tecnología, formas que no trascienden la fenomenología de los efectos o del conocimiento de la disposición material de máquinas y artefactos. Estas formas de percibir y de explicar, podrían estar coadyuvando a sustentar mitificaciones y fetichizaciones relativas a la tecnología contemporánea, como se expondrá en el Capítulo 3.

Las implicaciones socioculturales de la tecnología en cuanto su utilización como instrumento de dominio y control y en cuanto a las posibilidades de valoración de su conocimiento, se examinan en el Capítulo 4.

Los capítulos 2 y 5 constituyen el núcleo de este trabajo, puesto que la perspectiva sistémica estratégica se propone aquí como la manera más adecuada de exponer la intrincada variedad de aspectos lógico-simbólicos involucrados en la estrategia de maquinización de la tecnología contemporánea. Pero es ésta una manera de exponer que busca además la forma más apropiada de **explicar** a los jóvenes de últimos grados de educación básica y de la media los fundamentos de la tecnología contemporánea.

Sin embargo, como pone de presente una exposición que recorre los pasos y los conocimientos en la base de la estrategia de procesamiento digital, de control y automatización; **a la comprensión de esta tecnología contemporánea podrán acceder los jóvenes sólo a condición de que puedan pensar sistemas lógico-simbólicos de alto nivel de abstracción.**

Tal es la tesis central del trabajo que aquí se presenta, en el que se integra este requerimiento para la comprensión de los fundamentos de la tecnología de frontera, con un examen subsiguiente acerca de las condiciones de una pedagogía en tal sentido, motivo del Capítulo 5.

Los resultados del estudio de la tecnología contemporánea bajo una perspectiva sistémica estratégica, han permitido vislumbrar el sentido de un programa de trabajo para el desarrollo de didácticas a este nivel, el cual ha comenzado ya con propuestas para los grados de la básica primaria y secundaria, apuntando a la comprensión posterior de la estrategia digital de la tecnología contemporánea.

En el trabajo conjunto Andrade y Lotero, con una perspectiva conceptual y metodológica compartida, como cabe esperar, ha sido necesario abordar algunos aspectos desde el énfasis de la especialidad correspondiente. De esta forma, los capítulos 1,3 y 4, con arraigo en la sociología, son de autoría de Lotero. Sin embargo, es necesario anotar que hubiera sido imposible trabajar estas conceptualizaciones sin una orientación acerca de los aspectos técnicos allí involucrados, algo factible de realizar sólo por quien con una profesión de ingeniero es sensible a las ciencias sociales y que además ha dedicado cerca de veinticinco años a la docencia universitaria. Esta especial asesoría de Andrade ha sido aún más valiosa para el asunto del Capítulo 2, eje de este trabajo, y con mayores implicaciones de orden técnico.

Lo relativo a las condiciones para la pedagogía de la tecnología contemporánea, así como las propuestas concretas de AA y sus didácticas, son producto de un trabajo conjunto Andrade - Lotero, siendo en estas últimas los aspectos matemáticos, técnicos y de representación gráfica, correspondientes a Andrade. La fundamentación del concepto de Ambiente de Aprendizaje<sup>3</sup>, constituye una de las propuestas seminales de Andrade para el trabajo inicial de la Maestría, que ha servido luego como orientación a diferentes trabajos de investigación de egresados de este programa de postgrado.

No obstante lo avanzado, aún queda mucho trabajo por realizar, sobre todo al considerar que las propuestas educativas que sean fructíferas en términos de aprendizaje de los alumnos, requerirán ser producto de trabajos de investigación de equipos académicos, y no el resultado de políticas de coyuntura impulsadas desde instancias burocráticas. Adicionalmente, las propuestas pedagógicas y didácticas surgidas del medio académico no pueden seguir validándose en la autoridad de

---

<sup>3</sup> Ver: ANDRADE, Edgar. 1996.

especialistas, sino que será preciso hacerlo en los resultados de su concreción para la práctica de aula, esto es, en logros de aprendizaje de los estudiantes.

\* \* \* \* \*

En este apartado, se sustentará brevemente el porqué de la profundización sobre el conocimiento tecnológico realizada en el Capítulo 1, más allá de lo publicado en 1998. Las propuestas curricular y de AA para la educación en tecnología, en las que se plasma el objetivo central del programa de investigación aludido, han sido y continúan siendo desarrolladas desde un **enfoque cognitivo**, en oposición al **enfoque de metodología del diseño** que ha primado hasta la fecha en esta nueva preocupación educativa, en el mundo entero.

Lo cognitivo hace alusión a la necesidad de entender, como ya se afirmó, los aspectos fundamentales del conocimiento tecnológico contemporáneo y las formas como se produce este conocimiento. Tal comprensión es ingrediente *sine qua non* para la formulación de propuestas educativas tendientes a propiciar la comprensión del fenómeno tecnológico por no - especialistas.

Por el contrario, el enfoque predominante de metodología de diseño hace énfasis en la práctica basada en un modelo metodológico de diseño. Implícitas en este enfoque yacen ideas como la de tecnología como ciencia aplicada, confusión entre procesos sociales de generación de conocimiento y procesos individuales de aprendizaje, y un espontaneísmo en los temas que deben trabajar los estudiantes. Existen ya evaluaciones que apunta a evidenciar el fracaso de este enfoque.<sup>4</sup> El núcleo del problema radica en una inadecuada comprensión epistemológica de la tecnología contemporánea, que no ha trascendido la fenomenología o el estudio de la disposición de máquinas y artefactos, como ya se afirmó. Una muestra representativa de trabajos desarrollados en este sentido por una emergente comunidad académica internacional se expone a continuación.

Poco se discute ya acerca de la existencia de algo que se denomine **conocimiento tecnológico**. David Layton señala que las enormes cifras de dinero empleadas en el desarrollo de un prototipo funcional a partir de una serie de supuestos teóricos ponen de presente, mejor que cualquier otro argumento, que conocimiento científico y conocimiento tecnológico, no obstante su estrecha

---

<sup>4</sup> Críticas a los problemas estructurales del enfoque de metodología de diseño en la educación en tecnología pueden encontrarse en McCORMICK, Robert, y otros. 1997. También en: ANDRADE, Edgar y LOTERO BOTERO, Amparo. 2000.

relación, no son lo mismo. Layton propone que la categoría esbozada por Polanyi de *Principio Operativo* sea la categoría básica del conocimiento tecnológico, así como la *ley* es la categoría fundamental del conocimiento científico.<sup>5</sup>

No obstante, tal vez por su naturaleza, el trabajo citado deja cuestiones importantes sin resolver: ¿puede hablarse de un *corpus* conceptual del conocimiento tecnológico? de ser así, ¿cuál es su contenido y naturaleza? La gran importancia de estas cuestiones para la educación en tecnología, es de amplio reconocimiento. Así por ejemplo, se ha afirmado que “en la literatura hay diferentes interpretaciones de lo que es conocimiento tecnológico. Esto ocasiona dificultades para definir los conceptos tecnológicos que deben ser presentados a los estudiantes. {...} Es necesario desarrollar una visión más coherente acerca del conocimiento tecnológico”.<sup>6</sup>

No obstante esta necesidad, el terreno del conocimiento propio de la tecnología ha sido explorado hasta el momento, sólo desde sus manifestaciones prácticas. Es muy probable que debido a tal enfoque, la mayoría de los esfuerzos en este sentido hayan terminado en las más variadas clasificaciones. A continuación se relacionan algunos ejemplos de conclusiones, clasificatorias las más, acerca de qué es tecnología y cuál es su conocimiento, procedentes de especialistas en el campo de la educación.

- *Tecnología como artefacto; como conocimiento; como proceso; y, como acto volitivo*, debida a Mitcham.<sup>7</sup> O: *Tecnología artefactual; tecnología organizacional; tecnología simbólica; y, bio-tecnología*.<sup>8</sup>
- Conocimiento *sobre* tecnología, conocimiento tecnológico *teórico*, conocimiento *por medio de* las tecnologías.<sup>9</sup>
- Identificación del conocimiento tecnológico como un continuo entre un *conocimiento tácito*, “más allá de la verbalización y ejemplificado en las manos de diestros artesanos”, hasta el *conocimiento analítico/simbólico* de alto nivel de la ingeniería contemporánea.<sup>10</sup> A continuación, se define conocimiento tecnológico como “conocimiento de la práctica acumulada, de manera general dirigida

---

<sup>5</sup> LAYTON, David. 1993, pp 49 y ss.

<sup>6</sup> JONES, Alister. 1997, p 94.

<sup>7</sup> MITCHAM, Carl. 1989.

<sup>8</sup> ALVAREZ REVILLA, A.; MARTÍNEZ MÁRQUEZ, A; MÉNDEZ STINGL, R. 1993.

<sup>9</sup> IHDE, Don. 1997. Las itálicas son del texto original,

<sup>10</sup> FREY, R.E. citado por CUSTER, .Rodney L. 1995, pp 230

hacia la actividad que rodea el desarrollo y mantenimiento de artefactos tecnológicos”.<sup>11</sup> El mismo autor, sin embargo, advierte unos párrafos más adelante que “con ésto no se pretende negar la utilidad o aplicabilidad de conocimiento no - tecnológico en la actividad tecnológica”,<sup>12</sup> con lo que se regresa al punto de partida.

- Discusión más elaborada, con base en desarrollos de la psicología cognitiva y a partir de la distinción general de conocimiento entre procedimental y conceptual (o declarativo); terminando en una visión de conocimiento tecnológico similar a la expresada por Custer. Aquí, lo conceptual de la tecnología se refiere a “posibles requerimientos de conocimiento de las tareas tecnológicas”, pero no se incursiona más allá en el problema de los contenidos de este conocimiento particular.<sup>13</sup>
- Otras rutas de exploración han partido de diferenciar técnica y tecnología. Así, se entiende por **técnica** el campo de trabajo de la ingeniería y sus productos, mientras que **tecnología** sería la “ciencia de la técnica”. En desarrollo de la idea anterior se llega también a una clasificación de cuatro tipos de conocimiento técnico: *saber-hacer técnico; reglas funcionales; reglas estructurales; y, leyes tecnológicas.*<sup>14</sup>

Como se argumentará en el Capítulo 1, el carácter dinámico de la tecnología y del conocimiento que surge de este ámbito de la actividad humana, no puede ser adecuadamente comprendido con reglas o escalas clasificatorias. Es necesario tratar de precisar la naturaleza del conocimiento tecnológico en el **proceso social** complejo y ubicuo que ha llegado hasta la tecnología contemporánea. Un punto de partida en esta perspectiva ha sido planteado en su libro y en sus seminarios de la Maestría, por el profesor Urías Pérez: “[...] es factible afirmar que la tecnología es el logos sobre la concepción, el diseño y la fabricación de los instrumentos tecnológicos de trabajo necesarios para el desarrollo social”.<sup>15</sup>

---

<sup>11</sup> CUSTER, Rodney L. Op. Cit. pp 230 -231.

<sup>12</sup> *Ibidem.* p 231.

<sup>13</sup> McCORMICK, Robert. 1997

<sup>14</sup> ROPOHL, Günther. 1997.

<sup>15</sup> PÉREZ CALDERÓN. 1989, p 41.

## 1.- Delimitación Epistemológica de la Técnica.

### 1.1.- Problemas en la Delimitación Epistemológica

Hasta muy recientemente ha subsistido la idea de que la técnica es un conjunto de prácticas de construcción de artefactos, tan diversas y variadas como para ser sistematizadas en un todo coherentemente lógico que dé cuenta de sus realizaciones y proyecciones.

Es posible que hayan influido más las decisiones globales de política educativa para incorporar la tecnología en los currículos de educación básica<sup>16</sup>, en el sentido de presionar una reflexión acerca de un posible corpus teórico para este quehacer omnipresente, que la influencia creciente de la tecnología como aspecto inherente de la cultura contemporánea.

Así, en medio de los afanes, la búsqueda epistemológica se ha iniciado en un territorio en el que los antecedentes de exploración no han podido superar los aspectos fenomenológicos del complejo entramado de la técnica con la sociedad.

No obstante lo valioso que puedan contener esos trabajos previos, se enfrentan a una primera dificultad que se plantea al ubicar el campo de la tecnología en el concreto de unas específicas relaciones de producción, de tal forma que la tecnología resulta definida por las condiciones sociales de su construcción y las diversas negociaciones que tales construcciones implican, en un ordenamiento social específico.

La argumentación que se presenta a lo largo de este trabajo, intenta demostrar que la definición de una actividad cultural como lo es la técnica, y de un saber construido a lo largo de una historia de tal actividad, no son **necesariamente** inherentes a formaciones sociales específicas. En otras palabras, las condiciones estructurales de las relaciones sociales de las diferentes formaciones o modos de producción, no son **necesarias** para la generación y construcción del conocimiento tecnológico.

---

<sup>16</sup> En el prefacio de un volumen de la Unesco dedicado a la Educación en Tecnología se dice: “El tema del presente volumen es educación en tecnología, un área que está evolucionando rápidamente y, por tanto, está recibiendo creciente atención de gobiernos y educadores. Las expectativas acerca de su potencial contribución a la educación general son muy variadas, en un tiempo en el cual *el rápido cambio tecnológico y una amplia adopción de innovaciones está afectando los estilos de trabajo y de vida en todo el mundo*. así, no es sorprendente que diversas interpretaciones en cómo tratar esta materia en las escuelas hayan surgido en diferentes países”. Layton, D. 1994.

Como podrá concluirse más adelante, al final de la argumentación de los dos primeros capítulos, nada en la naturaleza y contenido del conocimiento tecnológico llevan a establecer un lazo de necesidad causal con un determinado modo de producción

La acción técnica y su saber implícito plantean categorizaciones abstractas que no se ligan necesariamente a las de modo de producción, sino a posibles situaciones vinculadas a la adaptación y desarrollo complejo de cultura material de una especie inteligente. El desarrollo complejo de cultura material resulta ligado en cambio, con carácter de necesidad, a la acción racional con respecto a fines del círculo funcional del trabajo.<sup>17</sup>

Por tal razón, en el transcurso de la argumentación referida a la delimitación epistemológica se hará abstracción de las condiciones socioeconómicas históricas,<sup>18</sup> algo que sí será tenido en cuenta en el examen de la fetichización, el influjo de la técnica como conocimiento social, y las condiciones de la pedagogía.

Un segundo problema que han enfrentado los intentos de definición del conocimiento tecnológico, tiene que ver con la multiplicidad de aspectos que intervienen en el campo del quehacer técnico. En éste aparecen confundidos y a veces separados, los procesos de diseño y producción. También se confunden, máquina y objeto de consumo, pues la máquina interviene en la producción del objeto diseñado, pero también la máquina se diseña y es producto.

Este problema, que no puede resolverse con una metodología clasificatoria, ni con categorías de especialización de los procesos de producción de bienes materiales, requerirá ser abordado con una perspectiva dialéctica que parta del campo de actividad de producción material. De entrada, esta actividad es dinámica y en realidad involucra variados aspectos que asumen un lugar definido y transformador. Siendo de esta forma, lo indicado es abordar la diversidad de la actividad de producción como un ciclo dialéctico, tanto para el campo en sí como para el objeto de conocimiento.<sup>19</sup>

---

<sup>17</sup> A este respecto Habermas ha anotado: "{...} la técnica, si en general pudiera ser reducida a un proyecto histórico, tendría evidentemente que tratarse de un **proyecto** de la especie humana **en su conjunto** y no de un proyecto históricamente superable. {...} existe una conexión inmanente entre la técnica que conocemos y la estructura de la acción racional con respecto a fines." HABERMAS, Jürgen. 1992.

<sup>18</sup> Por razones metodológicas, las referencias a las circunstancias de nuestra historia que se relacionan con la tecnología, serán tratadas a pie de página.

<sup>19</sup> La perspectiva debe ser dialéctica y el enfoque sistémico, dada la naturaleza dinámica y holística del tema de estudio. A este respecto, es ilustrativa la siguiente cita: "He aquí la razón de que, aunque los problemas

## 1.2.- Campo Social y Objeto del Conocimiento Tecnológico

**Primera Tesis:** El campo de la técnica es el de la producción de bienes materiales. En el desarrollo de esta producción, el proceso de maquinización es lo **determinante**.

Examinar las condiciones sociales en las que se suceden las realizaciones humanas que llamamos técnica, remite a los orígenes de la cultura en aquella primigenia relación entorno natural - ser humano.

El retorno a los orígenes de la cultura en relación con los medios para fabricar objetos materiales y acondicionar el entorno físico, ha sido mucho menos estudiado que aquellos relativos a la socialización asumida como relaciones de parentesco y estructuras de poder, y las simbolizaciones conformadoras de mitos y religiones. La carencia en relación con las construcciones técnicas es notoria, pese a que las metodologías paleontológicas y arqueológicas se sustentan fundamentalmente en el testimonio mudo de los objetos materiales.

No obstante este vacío de conocimiento, es del campo de la antropología de donde procede la premisa que ahora puede servir de pilar clave para iniciar unos fundamentos epistemológicos de la técnica. Se alude aquí a lo expuesto por el antropólogo alemán Arnold Gehlen:

(...) La evolución de la técnica se ajusta al modelo interpretativo siguiente : el hombre habría proyectado uno a uno a nivel de los medios técnicos los componentes elementales del círculo funcional de la acción racional con respecto a fines (acciones del trabajo) que inicialmente radican en el organismo humano, descargándose de esta forma de las funciones correspondientes. Primero, son reforzadas y sustituidas las funciones del aparato locomotor (manos y piernas) ; después, la producción de energía (por parte del cuerpo humano) ; después, las funciones del aparato de los sentidos ( ojos, oídos y piel) y, finalmente, las funciones del centro de control (del cerebro)... La evolución de la técnica obedece a una lógica que responde a la lógica de la acción racional con respecto a fines, controlada por el éxito, lo que quiere decir que responde a la estructura del trabajo".<sup>20</sup>

---

de los *sistemas* fueran antiguos y se hubiesen conocido durante siglos, no salieran del campo de la *filosofía* para convertirse en *ciencia*. Esto sucedía porque faltaban técnicas matemáticas adecuadas y **porque los problemas requerían de una nueva epistemología**; toda la fuerza de la ciencia "clásica" y de su éxito a lo largo de los siglos se oponía a cualquier cambio en el paradigma fundamental, tanto de la causalidad de un solo sentido, como de la descomposición en unidades elementales. {...} la exploración de las propiedades, modelos y leyes de los *sistemas* no consistía en una búsqueda superficial de analogías, sino que, por el contrario, plantea problemas básicos y difíciles que aún no se han resuelto en su totalidad." BERTALANFFY, Ludwig von. 1987. pp 34 y 36. Énfasis agregado.

<sup>20</sup> Citado en Habermas, J. Op. Cit., pp. 61-62.

De este enunciado se tomará en primer lugar el aspecto **acción racional con respecto a fines**, esto es, acción fin - medio en el círculo funcional del trabajo, para luego tener en cuenta el replazo progresivo de acciones funcionales del ser humano.

La acción fin - medio, que es una acción racional, aparece ya involucrada en realizaciones humanas primigenias. El **propósito** de lograr calor y lumbre por **medio** de producir fuego, o el **propósito** de obtener alimento por **medio** de la acción de cazar haciendo uso de herramientas, son propósitos que se ubican más allá de un comportamiento exclusivamente instintivo.

Los fines o propósitos que inicialmente eran direccionados hacia el entorno y que eran alcanzados de manera fugaz y con permanencia poco estable, comienzan a ser poco a poco apropiaciones más sistemáticas y duraderas, a medida que se mejoran los medios.

La caza se efectúa con mejores herramientas y se elaboran otras para seccionar la carne, así como procedimientos para conservarla durante más tiempo. El fuego se fija y traslada en antorchas engrasadas y es posible que se ideará una forma expedita para producirlo.

Esta tendencia a reemplazar unas acciones trajinadas de trabajo por objetivaciones materiales, no sólo como herramientas mejoradas cada vez más, sino también como objetos en los que se permite una mayor permanencia del trabajo<sup>21</sup>, parece ser un principio fundamental en los orígenes e historia de la técnica.

Mirada de cerca, se trata de una acción racional fin - medio orientada a transformar un material de la naturaleza en una **cosa** con forma que sirve para **algo**. Esta asociación forma - utilidad se mostrará necesaria de aquí en adelante en lo que se refiere a lo funcional - técnico.<sup>22</sup>

En este transformar materiales y producir cosas que sirven para algo, ocurren variadas imbricaciones que hacen de la técnica un campo atiborrado de aspectos y objetos que, a diferencia de la diversidad de la vida natural, no responde a una clasificación satisfactoria como la de la biología, o de otros intentos clasificatorios de las ciencias que debieron ser luego abordados como procesos dinámicos transformadores.

---

<sup>21</sup> Objetos contenedores que permiten almacenar lo recolectado, antorchas con grasa animal, vestidos de pieles que abrigan, etc.

<sup>22</sup> Se enfatiza la categoría *funcional* con *técnico* debido a la utilización indiscriminada de esta categoría en campos no técnicos

El desarrollo histórico de la técnica y la asunción de ésta como **acción** racional con respecto a fines, nos orienta directamente a la segunda de estas vías epistemológicas. Bajo esta perspectiva, se examina a continuación la técnica como un proceso social dinámico, por medio de las invariantes **propósito, medios, procedimiento, producto**. Estos factores invariantes han mostrado cumplir una función organizadora explicativa de todos los aspectos que involucra la técnica, en todos los momentos de su desarrollo histórico. La justificación de estas invariantes se ampliará más adelante.

Para iniciar el análisis, se recurrirá a algunos ejemplos de los desarrollos iniciales de la técnica, en el propósito de crear una cosa que sirva para algo:

Primer ejemplo

<b>Medios:</b>				
<b><u>Propósito:</u></b>	<b><u>Materia Prima</u></b>	<b><u>Herramienta</u></b>	<b><u>Procedimiento:</u></b>	<b><u>Producto:</u></b>
Hacer una cesta	Fibras naturales	Manos	Quizá imitado de alguna acción natural, p.ej., nidos de algunos animales.	Cesta tejida

Cuadro 1: Invariantes en el desarrollo de la técnica. Ejemplo 1

Segundo ejemplo

<b>Medios:</b>				
<b><u>Propósito:</u></b>	<b><u>Materia Prima</u></b>	<b><u>Herramienta</u></b>	<b><u>Procedimiento:</u></b>	<b><u>Producto:</u></b>
Hacer un recipiente	Arcilla	Manos	Quizá observado en un pedazo de barro que se seca al sol y conserva la forma.	Recipiente de barro

Cuadro 2: Invariantes en el desarrollo de la técnica. Ejemplo 2

En este proceso de producción primigenio se encuentra que: antes que la cesta y el recipiente sean producto de una transformación de materiales, tales materiales debieron sufrir un tipo de

transformación que involucró la acción trabajo fin-medio, y la transformación de estos materiales debió efectuarse haciendo uso de herramientas.<sup>23</sup>

Esto quiere decir que habrá que remitirse a los ciclos anteriores que producen materia prima y herramienta. De estos ciclos sólo se cuenta con el testimonio de algunos vestigios materiales. Pero, ¿cómo pudo ser la lógica de estas transformaciones con lo primitivo y natural que se tenía a mano?<sup>24</sup>

<b>Propósito:</b>	Herramienta de piedra para cortar.
<b>Medios:</b>	Una piedra como materia prima, otra piedra como herramienta. Manos.
<b>Procedimiento:</b>	Alisar y afilar borde de una piedra contra la otra.
<b>Producto:</b>	Herramienta cortante de piedra.
<b>Propósito:</b>	Fibra natural para anudar y tejer
<b>Medios:</b>	Arbustos, palmeras, etc., como materia prima. Herramienta cortante de piedra.
<b>Procedimiento:</b>	Seleccionar, cortar, enrollar.
<b>Producto:</b>	Fibra natural lista para anudar y tejer.

Cuadro 3: Interrelación cíclica de las invariantes del proceso de producción. Ejemplo 1

En el primer proceso el **producto** es una herramienta que sirve de **medio** para el proceso de producir la fibra natural. A su vez, la fibra natural será **medio** para el proceso de la cesta.<sup>25</sup>

<sup>23</sup> El siguiente ejemplo, citado por Paul Gardner y tomado de las sagradas escrituras judías ilustra el misterio que el origen de la técnica ha significado: “En el capítulo V, versículo 9, se discuten las últimas cosas creadas por el Todopoderoso en el sexto día de la Creación. {...} se listan diversas cosas, tales como la escritura y las tablas de piedra en la que habrían de ser escritos los Diez Mandamientos. El versículo concluye: ‘y algunos añaden las pinzas de herrero hechas con pinzas de herrero’”. GARDNER, Paul. 1997. p 13.

<sup>24</sup> El antropólogo Louis Leakey escenificó el procedimiento de adaptar fibras naturales como sogas, ayudándose de una piedra afilada. En realidad no se dispone de testimonios acabados acerca de estos procedimientos técnicos primigenios. Lo más fiable es apelar a la lógica de tales procedimientos, pues ¿de cuántas maneras puede hacerse una soga de fibras naturales en un medio en el que únicamente se disponía de piedras como herramienta? No parece haber muchas, quizá una sola que aún hoy se mantiene.

<sup>25</sup> ¿Qué fue primero? Esta circularidad con un punto de partida relativo recuerda muchos debates antropológicos - sociológicos. ¿Primero lenguaje y socialización o trabajo y herramienta? (Habermas a Marx.) HABERMAS, Jürgen. 1992b.

En los dos casos anteriores se han ilustrado **productos** que luego se convierten en **medios** en el primer ciclo ejemplificado de producir una cesta. Ahora se ilustrarán **procedimientos** que se convierten en **medios**.

<b>Propósito:</b>	Fibra o hilo delgado para tejer tela
<b>Medios:</b>	Lana de oveja, posible herramienta afilada de piedra para esquilar. Manos
<b>Procedimiento:</b>	Lavar, secar, torcer, enrollar; todo con las manos.
<b>Producto:</b>	Hilo de lana. Este producto será <b>medio</b> , materia prima para un tejido.
<b>Propósito:</b>	Tejido para vestido
<b>Medios:</b>	Materia prima: Hilo de lana. Herramienta: varas para anudar. Manos
<b>Procedimiento:</b>	Anudar y tejer cruzando hilos. <sup>26</sup>
<b>Producto:</b>	Tela tejida. Este producto será <b>medio</b> , materia prima para un vestido.

Cuadro 4: Interrelación cíclica de las invariantes del proceso de producción. Ejemplo 2

Pero, en los dos procesos anteriores sucede que: el **procedimiento** de las manos para torcer y enrollar la lana puede ser reemplazado por un instrumento pesado que genera un eje en el que se hace girar el hilo.<sup>27</sup> Y el **procedimiento** de tejido con las varas que soportan, así como con las manos que tensan, anudan y cruzan hilos puede ser reemplazado por un marco que tense y un instrumento anguloso que facilite el cruce de los hilos.<sup>28</sup>

En el siguiente proceso para producir hilo y tejido, una parte del **procedimiento** cambiará de acción con las manos a acción con las máquinas sencillas, huso y telar. Se trata de un cambio en el que el **procedimiento** se transforma en **medios**.

A medida que se desarrolla más esta interdependencia productiva, las imbricaciones y transformaciones de unas invariantes en otras se hacen más diferenciadas y complejas. Lo

<sup>26</sup> Los pasos de este procedimiento de cruzar hilos extendidos para tejer, han adoptado el nombre universal de urdimbre y trama.

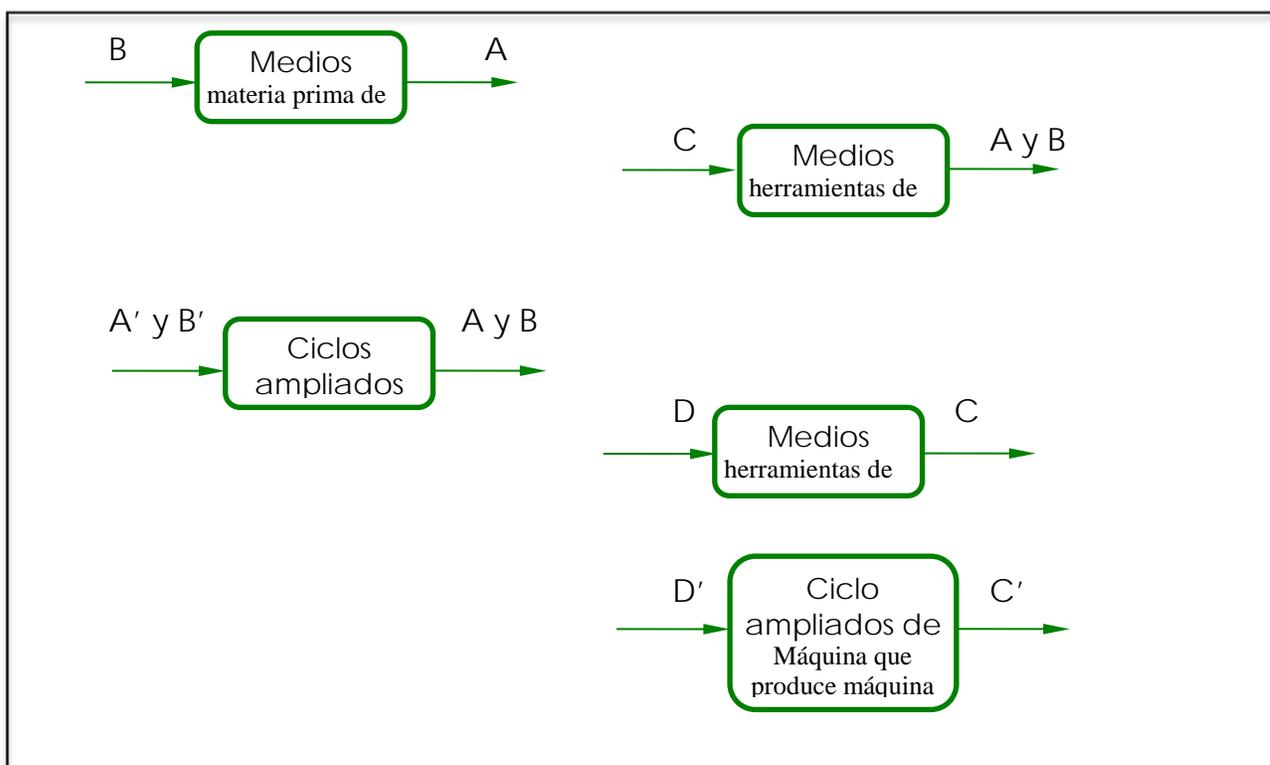
<sup>27</sup> La acción giratoria de este eje instrumento se conoce como *torno*. Por tratarse de un principio operacional mecánico universal con múltiples aplicaciones, se le considera una máquina simple. El nombre de este instrumento para la tarea específica de hilar es el de huso, quizá impuesto por una cultura a otras. El procedimiento de hilar se ha encontrado realizado con la misma lógica en culturas aisladas entre sí. Los nombres que se utilizan para designar estos procedimientos son específicos a la cultura.

<sup>28</sup> Telar y lanzadera, respectivamente.

determinante en este proceso, en el que se configura lo que hoy se conoce como técnica, es el núcleo de transformaciones *procedimiento* → *medios maquinizados*, que resulta en un mejoramiento sistemático del **producto**. Por tal razón, en lugar de proceso de la producción se adoptará aquí el nombre de **ciclo productivo**, ya que lo que sucede aquí es un movimiento cíclico expansivo.

El ciclo productivo al representar el escenario en el que se suceden las realizaciones llamadas técnica, configura entonces un campo de conocimiento. El núcleo de las realizaciones en este campo son las transformaciones *procedimiento* → *medios maquinizados*, que constituyen el objeto de conocimiento, un conocimiento acumulado y consolidado hoy como teoría. Tales cuestiones epistemológicas se irán ampliando y profundizando a lo largo de este trabajo.

En el Cuadro 5 se recogen algunos ejemplos prácticos acerca de las transformaciones en el ciclo productivo, en el que se aprecia el núcleo transformación *procedimiento* → *medios maquinizados*. En este cuadro se destaca el papel central de los medios maquinizados en las interrelaciones que se suceden entre los cuatro factores invariantes del ciclo productivo. Se notará aquí también la posición relativa de los factores **Medios** y **Producto**.



Cuadro 5: Interrelación cíclica de las invariantes del proceso de producción.

Con respecto al Cuadro 5 es preciso efectuar las siguientes aclaraciones.

- Para el propósito producir pan, se unirá aquí en la exposición la maquinización de **medio**: para producir harina de trigo (molino); y, **medio** para producto pan (horno), por razones de economía de la argumentación. Igual con **medio hilo** de lana para tejido (torno). Se unen ciclos A y B.

Es claro que la primera etapa de desarrollo de la técnica debió centrarse en el desarrollo del instrumento, esto es, de las herramientas de trabajo, primero a partir de los materiales naturales y la acción funcional de las manos y luego con ayuda de las herramientas previamente construidas. En una segunda etapa, se desarrollaron las primeras máquinas o *ingenios* para mover el instrumento de trabajo.

- El **medio** siempre será antes **producto**. Por tal razón, los **productos** deben diferenciarse en cuanto a su destinación, para una mayor claridad: consumo final, medio de producción.

De aquí en adelante los ciclos para estos productos en la medida en que se desarrolla la maquinización para producir sus materias primas (arcilla, harina de trigo, hilo de lana) y para producir los productos en sí (recipiente, pan y tejido) llegarán al punto en que la maquinización se ha automatizado, las materias primas se han transformado (arcilla fácil de extraer en grandes cantidades, harina refinada en grandes cantidades, hilos ahora de algodón y fibras sintéticas producidos con máquinas automatizadas) y productos en grandes cantidades en poco tiempo y de mayor calidad.

Obsérvese que todos los cruces posibles de la producción de estos tres productos simples no se ha realizado en la exposición. Queda por fuera, p. ej., producción de materia prima madera, trigo. Producción de otras herramientas sencillas de carpintería. Una gran cantidad de variaciones involucradas en estos procesos, que responden al mismo modelo.

Hasta aquí se ha ilustrado en el Cuadro 5, la forma como se relativizan los factores invariantes al transformarse unos en otros.<sup>29</sup> Puede parecer una contradicción hablar de factores invariantes que se transforman, por lo que se hace necesario puntualizar lo siguiente:

---

<sup>29</sup> Invariantes que se transforman se analizan en sistemas matemáticos. Refiriéndose a éstos, Norbert Wiener generaliza así: “La esencia de una regla eficaz para un juego o de una ley útil en física es que sea enunciable a priori y aplicable a más de un caso. Idealmente debe representar una propiedad

Factor invariante se asume aquí en el sentido de una abstracción **inclusora, permanente y necesaria** al proceso cíclico de producción. La categoría *inclusora* hace referencia a que las cuatro invariantes, *propósito, medios, procedimiento* y *producto*, incluyen **todos** los diferentes aspectos que comprende el quehacer técnico.

La de *permanencia* alude a que durante todo el transcurso de su complejización, el desarrollo de la técnica puede ser abordado de acuerdo con lo que comprende cada uno de los factores invariantes y sus transformaciones. Los aspectos, fines y medios, que definen las invariantes han estado siempre presentes, como constantes **necesarias**, que es a lo que se refiere la última categoría de invariante.<sup>30</sup>

Esta perspectiva sistémica y cíclica ubica en su lugar relativo y dinámico los diferentes aspectos de una realidad que se presenta dispersa en medio de una percepción caracterizada por esta “falta de homogeneidad tan peculiar y algo inquietante, este carácter de conglomerado de cosas en realidad diversas”, para expresarlo en palabras de Teodoro Adorno, cuando intenta la definición de un campo de estudio también problemático como lo es el de la sociología que, al igual que el de la técnica, se presentaría algo así como una “falsa infinitud”<sup>31</sup>.

Ilustrado en el Cuadro 5 el proceso productivo de bienes materiales, asumido como un ciclo dialéctico de transformaciones entre sus principales componentes o factores invariantes, se enfatiza allí el núcleo de su dinámica, esto es, el objeto de conocimiento.

¿Cuáles son las características de este núcleo que imprime la dinámica de transformaciones que conducen a que el ciclo productivo se diversifique y amplíe de manera creciente?

Como ya se mencionó, este núcleo se ha ubicado en el proceso de transformaciones procedimiento → medios maquinizados. El desarrollo de la maquinización posibilita la

---

del sistema en cuestión, que permanezca invariable cuando concurren circunstancias particulares. En el caso más simple, es una propiedad invariable en un conjunto de transformaciones a que está sujeto el sistema. Con esto llegamos a los conceptos de transformación, grupo de transformación e invariante. Una transformación de un sistema es una alteración en la que cada elemento se convierte en otro {...}” WIENER, Norbert. 1988, p. 77.

<sup>30</sup> Estas invariantes pueden considerarse también a la manera como Morin asume nociones nucleadoras, las que serán necesarias en la organización de un campo de diversidad compleja. MORIN, Edgar. 1996.

<sup>31</sup> ADORNO, Theodor W. 1996, p. 30

mejora del **medio materia prima** <sup>32</sup> y del **producto** en sí. A la vez, se orienta en la vía de la automatización del **procedimiento**, al tiempo que proyecta el **propósito**.

El desarrollo de la técnica ha estado **determinado** por este eje dialéctico, desde sus primitivos orígenes hasta la complejidad actual en que las transformaciones son más diversificadas y dinámicas.

Ahora se examinará otra cuestión que ha resultado problemática en la delimitación epistemológica, y es la siguiente:

Toda máquina, antes de ser **medio** ha debido ser **propósito** y **producto**. Y antes de ser **producto** orientado a ser utilizado como **medio** de producción, esta máquina debió ser producida con otros **medios**.

En este punto nos situamos en el diseño de maquinización. Es necesario puntualizar que aquí *diseño* se asume en el sentido estricto de una **estrategia exitosa** <sup>33</sup>, en cuanto reemplazo de las acciones funcionales del ser humano en el círculo del trabajo. <sup>34</sup> *Estrategia exitosa* significa la consolidación de un **principio operativo** que servirá de base para la **organización** de diferentes tipos de máquinas. Este es el objeto del conocimiento tecnológico.

Maquinización es el abstracto que hace referencia al desarrollo de la estrategia exitosa que consolida un principio operativo. Es el verbo que alude a la construcción de conocimiento tecnológico. En tanto, máquina es la objetivización de una estrategia exitosa que resulta de la aplicación de diferentes principios operativos. Es el sustantivo, la cosa en la que se plasma el conocimiento.

En esta argumentación se han introducido términos que serán importantes para el examen del conocimiento tecnológico, como son **principio operativo**, **objetivación** y **organización**. Se comenzará por el primero que permitirá explicar los otros dos.

Examinar qué son *principios operativos* implica adentrarse en la naturaleza del conocimiento tecnológico. Esta parte se iniciará con las siguientes preguntas:

---

<sup>32</sup> Y, por supuesto de todos los otros medios de producción, herramientas, equipos, instalaciones, combustibles, etc., que se convierten en **productos** del ciclo.

<sup>33</sup> Delimitación más necesaria aún en un medio y en un momento en que diseño puede ser casi cualquier cosa.

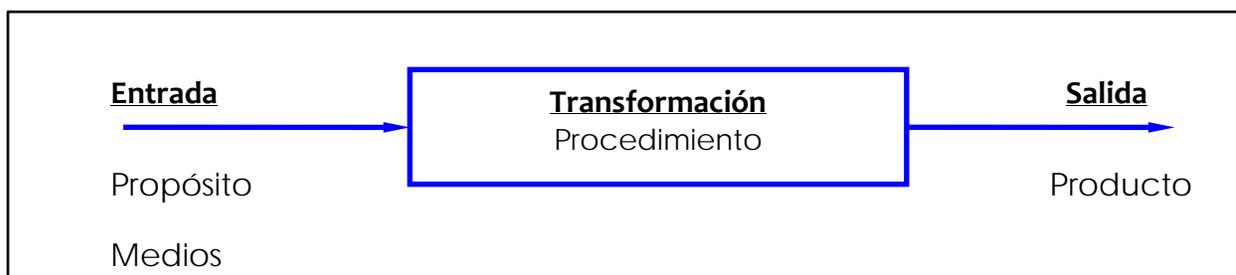
<sup>34</sup> De manera ligera podría objetarse que ahora la técnica no se orienta exclusivamente al trabajo. Más allá del escenario laboral, toda acción funcional humana implica trabajo, así no sea para devengar salario o para un resultado productivo.

¿Cuál es la naturaleza del conocimiento tecnológico? ¿Qué lo caracteriza? ¿Cada uno de los objetos maquinizados, como materialidad artefactual, representa una singularidad, una disposición única e irrepetible? En otras palabras, ¿Estos objetos maquinizados involucran principios de funcionamiento universales, sobre cuya base pueden disponerse diversos objetos maquinizados para diferentes funciones? En el siguiente apartado se tratarán estas cuestiones.

### 1.3.- Naturaleza y Contenido del Conocimiento Tecnológico

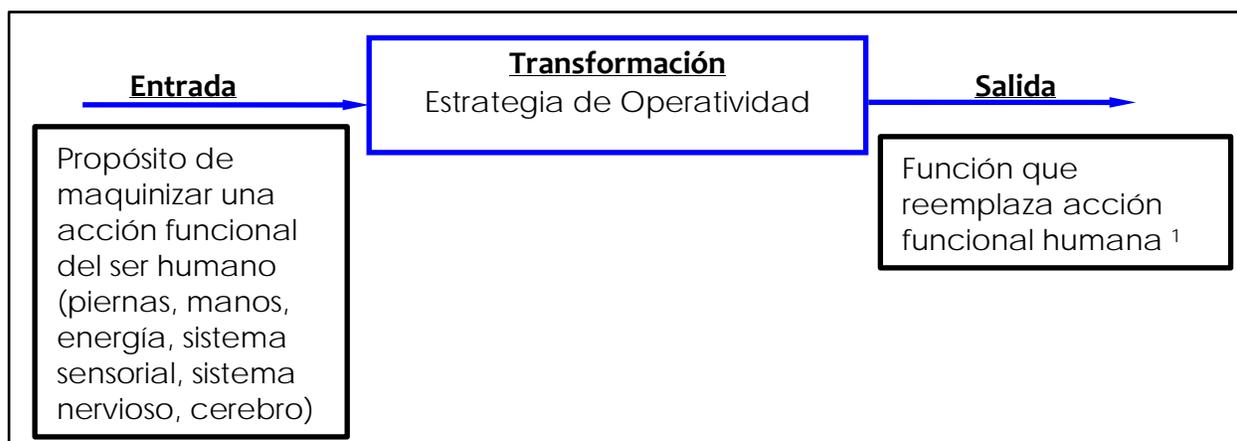
**Segunda tesis:** El proceso de maquinización lleva implícito en su desarrollo una lógica estratégica, orientada a reemplazar acciones funcionales del ser humano para propósitos de trabajo.

Este es un asunto que precisa ser abordado desde una perspectiva sistémica. En primer lugar, se retomará el ciclo productivo y se expresará como sistema, con el fin de adelantar luego algunas comparaciones.



Cuadro 6: Representación Sistémica del Ciclo Productivo

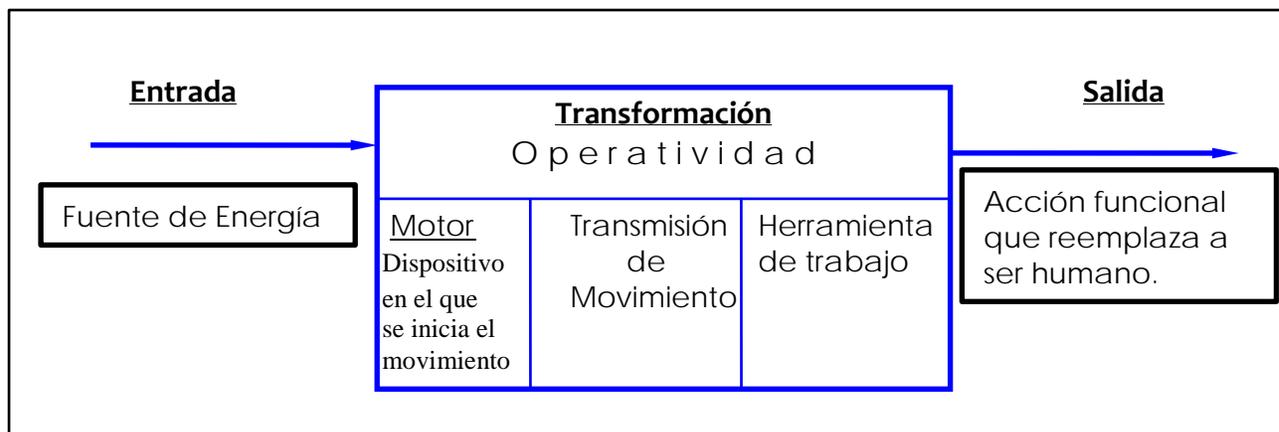
De igual modo puede representarse como sistema el diseño, asumido también como un ciclo de creciente complejidad.



Cuadro 7: Representación Sistémica del Ciclo de Diseño de Maquinización

El diseño es un propósito en el plano ideal<sup>35</sup>, que ha surgido en indisoluble nexa con la intención de llevarse a cabo **en** la materialidad. El conocimiento tecnológico es de naturaleza dual, posee un doble carácter:

- Diseño en propósito de maquinización y,
- Diseño en objetivación de máquina.



Cuadro 8: Representación Sistémica del Ciclo de Diseño Objetivación

Se han separado los ciclos de Diseño de Maquinización y de Diseño Objetivación con el fin de señalar que se trata de dos momentos y dos aspectos del diseño. Estos dos ciclos en determinados momentos pueden no coincidir en posibilidades,<sup>36</sup> esto es, no se concreta la objetivación. En la tecnología contemporánea, como se verá en el Capítulo 2, se presenta una separación práctica que obedece a razones de la división del trabajo<sup>37</sup>, más que a una separación real cuando se trata del desarrollo de la maquinización, en sentido estricto.

Expuesta ya la naturaleza dual del objeto de conocimiento tecnológico, esto es, del proceso de maquinización, de aquí en adelante se representará un sólo sistema que comprende los dos aspectos, el cual se denominará simplemente **Ciclo de Maquinización**.

<sup>35</sup> Los propósitos son representaciones ligadas a imágenes de mundo. Lo específico aquí es el nexa indisoluble y necesario de lo propositivo con la objetivación. “En la mirada de Bachelard, el diseño es una región epistemológica en donde lo teórico se transforma en materialidad. Éste hace las veces de un operador que transforma la abstracción en concreción”. PÉREZ, Urías. 1997, p.28.

<sup>36</sup> Ejemplos notorios de Diseño de Maquinización sin objetivación, los formulados por Leonardo Da Vinci y la máquina calculadora de Charles Babbage. Con respecto al primero, una reproducción de sus dibujos y descripciones para diversas máquinas se encuentra en **LEONARDO DA VINCI EXHIBITION**. 1949. También el diseño de Babbage: En cuanto al segundo ejemplo, en 1991 culminó la empresa del Museo de Ciencia de Londres, para construir a escala natural el Ingenio de Diferencias N°2, basándose en los diseños originales de Babbage. “El éxito de nuestra labor puso de manifiesto que los fracasos de Babbage no se debieron al diseño, sino a una deficiente ejecución práctica”. SWADE, Doron. 1994, p. 117.

<sup>37</sup> Diseño de hardware y diseño de software.

Como en el caso del Ciclo Productivo, en el de maquinización pueden determinarse igualmente, factores invariantes que responden también a las categorizaciones de **inclusión, permanencia y necesidad**, a lo largo de todo el proceso de maquinización.

Estos factores invariantes son<sup>38</sup>:

<b>Fuente de energía:</b>	Fuerza natural, entrada del sistema.
<b>Motor:</b>	Dispositivo que inicia el movimiento en la máquina.
<b>Dispositivos de Transformación:</b>	Ejecutan las transformaciones <b>determinantes</b> de la acción funcional para trabajo. Modifica velocidad, posición y potencia.
<b>Herramienta de trabajo:</b>	Es el dispositivo que concreta la acción funcional en un trabajo específico. Unida a la acción funcional en la salida del sistema.

Ahora se examinarán algunos ejemplos concretos, remitiéndonos a las primeras formas de maquinización.

---

<sup>38</sup> “Toda maquinaria un poco desarrollada se compone de tres partes sustancialmente distintas: el mecanismo de movimiento, fuerza propulsora de todo mecanismo; el mecanismo de transmisión, compuesto por volantes, ejes, ruedas dentadas, espirales, ..., comunicaciones y artefactos de la más diversa especie; la máquina herramienta o máquina de trabajo. Las dos anteriores tienen por función comunicar a la máquina herramienta el movimiento por medio del cual ésta sujeta y modela el objeto tratado”. MARX, Karl. 1977, pp 303-304. Este sistema como se verá luego con el planteamiento de Norbert Wiener, se hace más complejo.

## CICLO DE MAQUINIZACIÓN (Ejemplo 1)

### Entrada

**Propósito:**  
Reemplazar acción funcional de las manos cuando hacen girar un eje para hilar o moldear.

### **Fuente de Energía:**

Humana.

### Transformación

#### **Motor**

Manivela

Pedales



Eje situado horizontal o verticalmente

#### **Herramienta de trabajo:**

Mismo eje.

### Salida

Acción giratoria

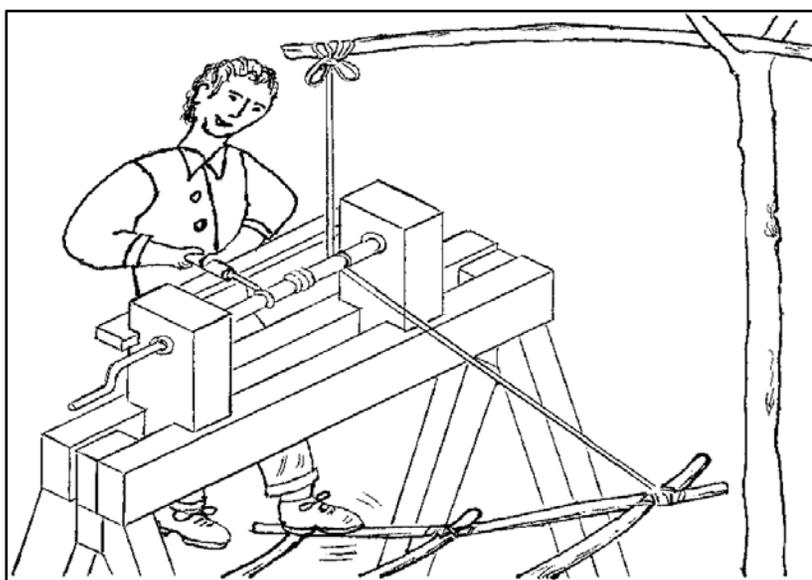


Figura 1: Ilustración Ciclo de Maquinización. Ejemplo 1

## CICLO DE MAQUINIZACIÓN (Ejemplo 2)

### Entrada

#### **Propósito:**

Reemplazar acción funcional de las manos para levantar un objeto pesado. Trasladar objetos, construcción de puentes, edificaciones.

#### **Fuente de Energía:**

Humana.

### Transformación

#### **Motor**

Manivela

Inicialmente mecanismo de eje y polea  
Luego, eje se reemplaza por otra polea.

### Salida

Acción de subir peso

#### **Herramienta de trabajo:**

Cuerda y algo unido a la cuerda

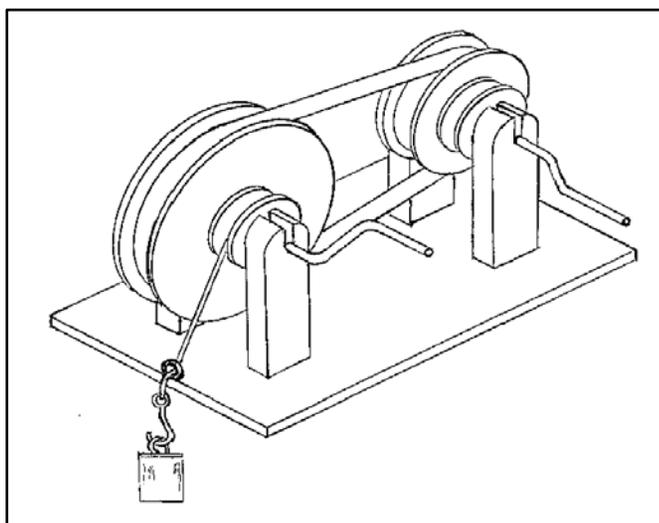


Figura 2: Ilustración Ciclo de Maquinización. Ejemplo 2

### CICLO DE MAQUINIZACIÓN (Ejemplo 3)

#### Entrada

**Propósito:**  
Reemplazar acción funcional de las manos para girar con fuerza una herramienta (Moler, pulir)

#### **Fuente de Energía:**

Humana/Eólica/Hidráulica

#### Transformación

**Motor**  
Manivela.  
Ruedas o  
aspas que  
mueven  
eje

Mecanismo de engranaje de dos ruedas

#### Salida

Acción giratoria fuerte

#### **Herramienta de trabajo:**

Ruedas de piedra, etc.

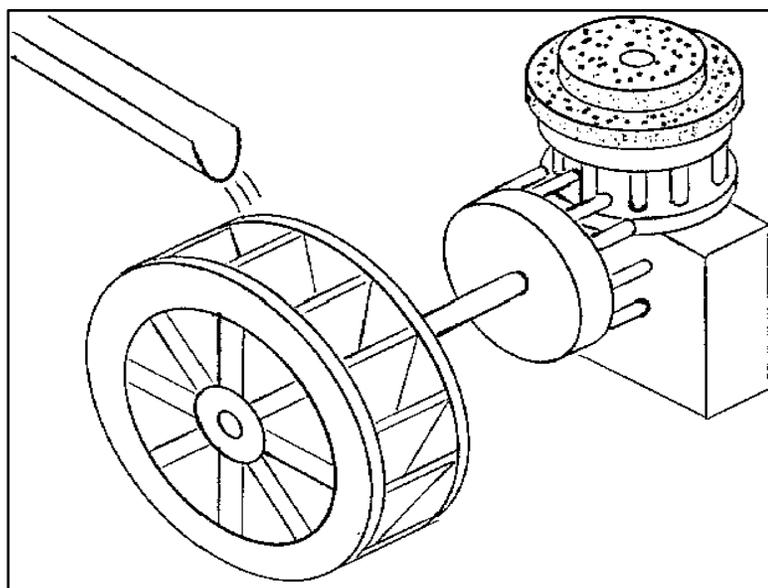


Figura 3: Ilustración Ciclo de Maquinización. Ejemplo 3

## CICLO DE MAQUINIZACIÓN (Ejemplo 4)

### Entrada

**Propósito:**  
Reemplazar  
acción funcional  
de las en acción  
de vaivén.

### Fuente de Energía:

Humana/Hidráulica

### Transformación

#### **Motor**

Rueda que  
mueve eje



Movimiento  
giratorio en  
movimiento  
lineal de  
vaivén.  
Mecanismo de  
leva.

### Salida

Acción de  
vaivén

### Herramienta

#### **de trabajo:**

Martillos,  
mazos,  
perforadora

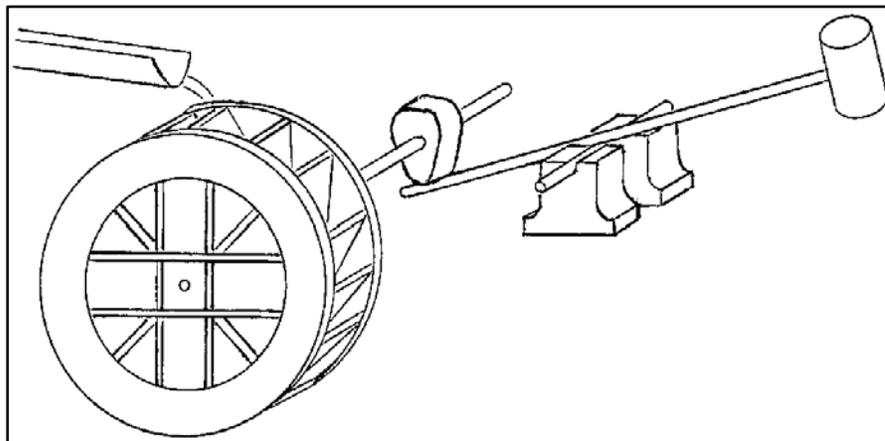


Figura 4: Ilustración Ciclo de Maquinización. Ejemplo 4

En la base de estas estrategias de maquinización se halla la rueda, invención sencilla pero fundamental, que quizá fuera concebida inicialmente para reemplazar la acción funcional de las piernas, para desplazamiento de grandes pesos.

En las cuatro estrategias ejemplificadas, pueden encontrarse variaciones en lo que se refiere a **fuerza de energía, motor y herramienta de trabajo**, de acuerdo con particularidades de épocas y culturas.

Para el caso del Ejemplo 3, la *fuerza de energía* podían ser seres humanos, bueyes, viento, corrientes o caídas de agua. En estas diferentes fuentes, los *motores* correspondían a manivelas, ejes verticales, ruedas de aspas y ruedas de cangilones, respectivamente.<sup>39</sup>

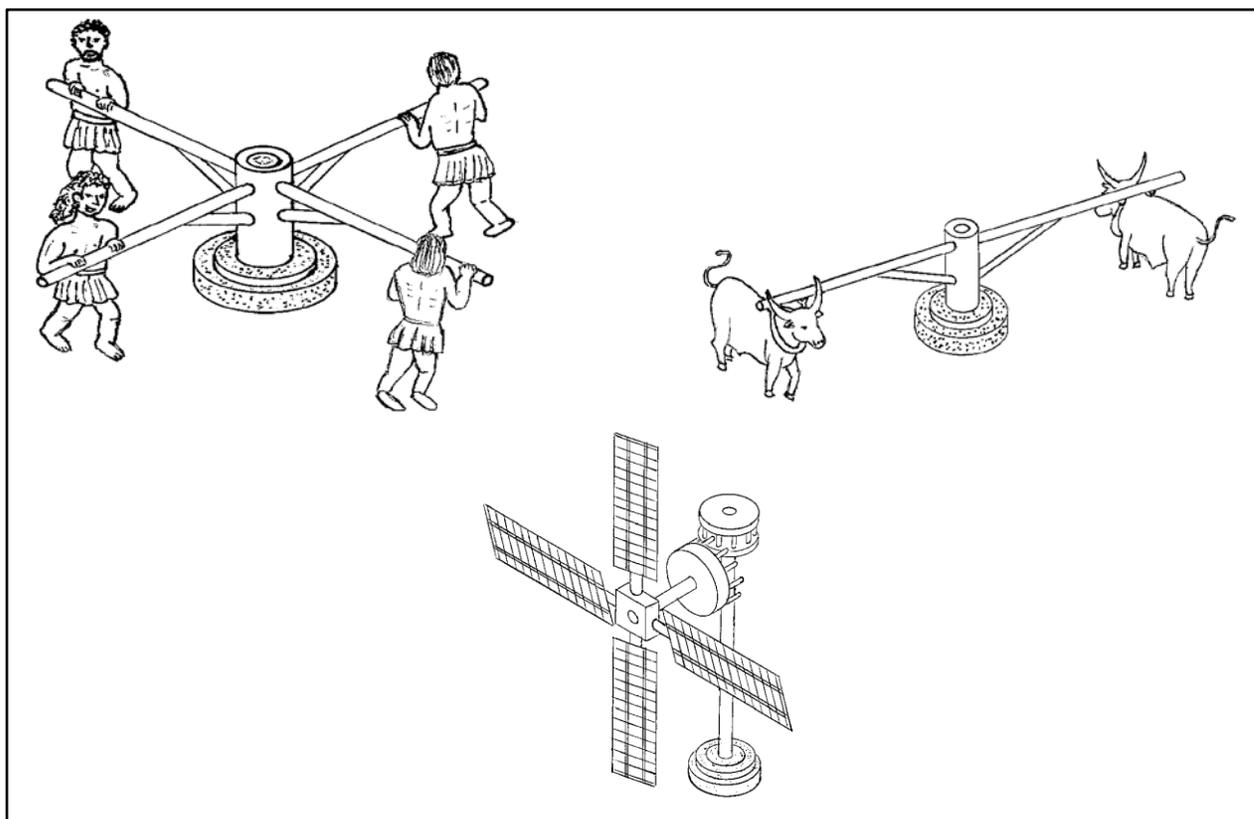


Figura 5: Diversas posibilidades para la fuente de energía del Ejemplo 3.

En lo que se refiere a la **herramienta de trabajo**, ésta también se encuentra en múltiples variaciones en diferentes culturas y épocas. En el extremo de la cuerda de la polea, por ejemplo, puede sujetarse una vara a la manera de grúa, o también un gancho, una cesta, etc.

<sup>39</sup> **Historia de la Técnica.** Op. Cit.

En el caso del torno (Ejemplo 1) aún no se presenta una diferenciación entre **mecanismo de transformación** y **herramienta de trabajo**, tratándose para ambos casos del mismo eje giratorio. En el ciclo 3, la *herramienta de trabajo* pueden ser piedras para moler trigo, uvas, aceitunas, especias, etc.; o, también una herramienta abrasiva giratoria para pulir piedra, por ejemplo. En el caso 4, la *herramienta de trabajo* puede ser un martillo para batanear telas, triturar rocas, o un punzón para perforar pozos. Obsérvese que en cada uno de los ciclos, la acción funcional de las manos, que se reemplaza con maquinización, es una sola: **girar, levantar, girar fuerte, vaivén**; pero, sin embargo, cada una de estas acciones sirve para diferentes fines de trabajo, hilar, moldear, subir diferentes objetos, moler, pulir, martillar o perforar; al variar la *herramienta de trabajo*.

### 1.3.1.- Maquinización: Los Principios Operativos

Algo especial son los **dispositivos de transformación**. Estos son los que en últimas configuran la **especificidad** de la **acción funcional** de salida. Los dispositivos de transformación torno, mecanismo de polea y engranaje de ruedas dentadas, levas y bielas, a diferencia de **fuerza de energía, motor y herramienta de trabajo**, que varían de acuerdo con la época y la cultura, aparecen como una estrategia única en diferentes tiempo y lugar, y apela a los materiales disponibles para dar forma a los dispositivos de transformación.

Las estrategias exitosas para reemplazar la acción funcional de las manos, objetivadas en torno, polea, engranaje, leva, biela, se han revelado universales y, a partir de éstas, se plantean diferentes disposiciones de máquina, para diferentes tareas de trabajo.<sup>40</sup>

El carácter universal de las estrategias exitosas que dan forma artificial a diferentes materialidades y las ponen en relaciones constantes de acción unas a otras, con el fin de reemplazar acciones funcionales humanas, es lo que se conoce como **principio operativo**.

Aquí se ha hecho alusión a cuatro casos sencillos de **operadores**<sup>41</sup>, torno, polea, engranaje de ruedas dentadas y leva. Obsérvese que los principios operativos se han configurado como resultado de efectos regulares de específicas disposiciones de materialidades transformadas artificialmente.

---

<sup>40</sup> Por tal razón, a las dos primeras, torno y polea, se les conoce como “máquinas simples”.

<sup>41</sup> Operador: materialidad de principio operativo.

Aparte los operadores conformados por mecanismos, se han configurado, además, operadores con circuitos eléctricos y electrónicos, cuyas disposiciones específicas resultan en efectos regulares, o principios operativos. En representación sistémica:

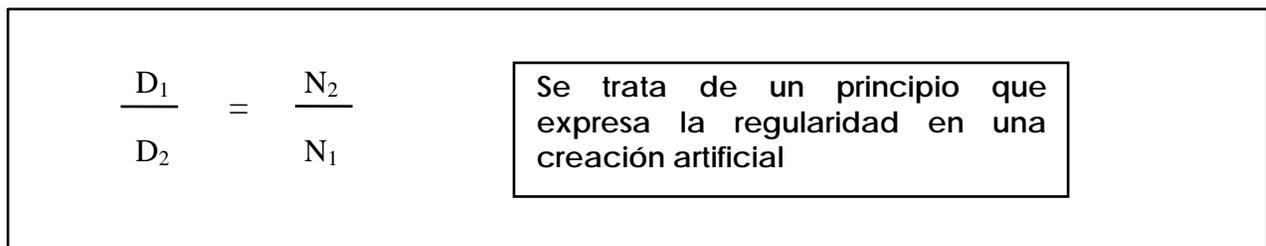


Cuadro 9: Representación sistémica del Principio Operativo

Los principios operativos, como efectos ligados a los objetos del mundo físico, se relacionan con las leyes de la física, pero estos principios operativos no son idénticos a tales leyes naturales, pues se derivan de materialidades artificiales o dispositivos.

De esta forma, la representación matemática de las relaciones establecidas en la interacción de los dispositivos, son específicas. En otras palabras, no son representaciones matemáticas de fenómenos naturales, sino de fenómenos contruídos artificialmente.

Es así como, en un mecanismo operador de dos poleas se establece un principio de transmisión de movimiento, que expresa el efecto regular de relación inversa entre el valor de los diámetros de las poleas (D) y el número de vueltas que gira cada polea(N):



Cuadro 10: Principio operativo del mecanismo operador de dos poleas

Los principios de los operadores mecánicos se relacionan con las leyes de la mecánica clásica newtoniana, incluso se pueden derivar teóricamente de las 3 leyes de movimiento de Newton, pero no son lo mismo. Las leyes de Newton se refieren a fenómenos naturales y representan el movimiento tanto de “cuerpos celestes” como de objetos en la tierra, ya sean éstos naturales o creados por el hombre.

Los principios de operadores eléctricos y electrónicos se relacionan con el fenómeno natural de la electricidad, es decir, con la estructura misma de la materia, pero en últimas responden a una disposición artificial. Y, finalmente, en la tecnología contemporánea los operadores lógicos se fundamentan en las leyes de la lógica, representadas en circuitos materiales.

En todos estos casos, se trata de dispositivos artificiales que, por ser de materialidades, se ligan a la naturaleza de la materialidad de los dispositivos.<sup>42</sup>

El establecimiento de principios operativos a partir de estrategias exitosas responde, antes que a genialidades personalizadas, a una posibilidad brindada por la naturaleza del mundo físico. En otras palabras, la posibilidad de su desarrollo está en el orden de la naturaleza y quizá por esto las iniciativas y desarrollos desiguales de la disposición técnica de diferentes culturas tenga que ver con las relaciones simbólicas establecidas entre hombre y su entorno natural.

El hecho de que los principios operativos se deriven de la naturaleza puede estar en la base de la asimilación que se ha establecido, durante mucho tiempo, entre el saber tecnológico y el de la naturaleza.<sup>43</sup> Ya desde las primeras disposiciones materiales para reemplazar acciones funcionales humanas se presenta esta asimilación, con los dispositivos simples de torno, cuña, rueda y palanca, conocidos como “máquinas simples” y que tradicionalmente se incluyen en los cursos de física elemental.

En el caso de la palanca, por ejemplo, su formalización matemática y la enunciación de sus “leyes”, atribuidas a Arquímedes corresponden a lo que aquí se ha denominado *principio operativo* de un objeto artificial empleado para potenciar la acción funcional de los hombres al aplicar una fuerza, antes que a una ley de la naturaleza. La palanca, no obstante su sencillez, no

---

<sup>42</sup> Podría decirse en sentido inverso, que lo empírico de la ciencia física presenta igualmente ese vínculo estrecho entre la ciencia y la técnica. “Las teorías científicas de tipo empírico abren la realidad bajo la guía del interés por la posible seguridad informativa y ampliación de la acción de éxito controlado. Este es el interés cognitivo por la disponibilidad técnica de procesos objetivados”. HABERMAS, Jürgen. *Conocimiento e Interés*. En: Habermas, J. 1992a.

<sup>43</sup> Desde los esfuerzos organizadores epistémicos de Aristóteles. Ver, p.ej., ARISTÓTELES. 1995.

existe como tal en la naturaleza, sino que surge en la relación del hombre con su entorno, en el círculo del trabajo.

La asimilación de las regularidades de las disposiciones técnicas a leyes naturales, se introdujo en los currículos del sistema educativo <sup>44</sup> y se erigió en una confusión epistemológica que hoy enfrentan los intentos por delimitar un conocimiento tecnológico específico.

El principio operativo puede también establecerse por una regularidad del funcionamiento de los motores. Esto acontece cuando el motor en sí mismo se maquiniza para reemplazar la energía del ser humano. <sup>45</sup> Actualmente, se han establecido principios operativos de los motores de combustión externa e interna, tales como el motor de gasolina y el diesel y de motores eléctricos y de reacción. <sup>46</sup>

Para finalizar este apartado, hace falta examinar el otro componente del sistema, esto es, la herramienta de trabajo. Esta puede complejizarse hasta el punto en que se establezcan regularidades en su funcionamiento, lo que ya ha comenzado a hacerse en temas como la denominada “teoría de corte” referida al estudio de las herramientas cortantes, y algo que probablemente será necesario para desarrollos de robótica. <sup>47</sup>

### **1.3.2.- Maquinización: Operatividad General**

Como es de suponer, para que una máquina funcione, esto es, para que su salida sustituya una acción funcional humana, será necesario que se dispongan u organicen todos los componentes del sistema en una relación funcional.

---

<sup>44</sup> Además del ya mencionado ejemplo de las máquinas simples, pueden mencionarse varios entre los muchos que existen en los textos educativos. Así, los textos típicos de termodinámica incluyen, a continuación del enunciado de la primera ley, una serie de sistemas térmicos particulares como “aplicaciones” de la mencionada ley. En estos casos, se presentan sin solución de continuidad dos niveles explicativos distintos: El científico, que se refiere a la conservación de energía, y el tecnológico, más relacionado con los principios operativos de esos sistemas particulares. Es evidente que estos sistemas, una nevera, por ejemplo, no pueden violar la ley de conservación, pero también lo es que de la ley de conservación no se deriva directamente el principio operativo de la nevera. En este mismo sentido, Paul Gardner observa: “El predominio de la descripción idealista de las relaciones entre ciencia y tecnología, ha influenciado la manera como se ha escrito la historia de la ciencia y la tecnología y, a su vez, ha influenciado la visión presentada a los estudiantes en los currículos de la escuela y la universidad.” GARDNER, Paul. 1995, p.1.

<sup>45</sup> El motor podría representarse también como un sistema de ciclo de maquinización.

<sup>46</sup> En este caso también existe la confusión entre principios operativos con leyes de las ciencias físicas. El ciclo diesel, por ejemplo, es una descripción sistémica de la operatividad del motor que lleva el mismo nombre. No obstante, los textos no hacen diferencia de nivel explicativo entre este tipo de ciclos y, por ejemplo, las ecuaciones de estado de los gases.

<sup>47</sup> La exposición del funcionamiento de una herramienta cortante, es un intento de análisis en una herramienta que sería la salida en un sistema técnico. Ver, PERKINS, David N. 1985.

Así como el **Ciclo Productivo** se expande para mejorar<sup>48</sup> **el producto**, a partir del desarrollo de la maquinización; de la misma manera, el **Ciclo de Maquinización** se expande para mejorar la máquina, a partir de la mejora de sus componentes. Por esta razón, este último ciclo presenta diversas diferenciaciones a medida que aumenta su complejidad.

La **fuerza de energía** en sí misma se ha constituido en un complejo sistema,<sup>49</sup> y entre ésta y el motor han debido establecerse controles cada vez más complejos, que configuran sistemas en sí mismos.<sup>50</sup> El **motor** como máquina pone en movimiento un conjunto de operadores de transformación, cada uno de los cuales involucra su propio principio operativo.

La maquinización compleja involucra muchos principios operativos simples, para así lograr una operatividad de orden general, orientada toda ésta al propósito funcional de la salida del sistema. En sí misma, la operatividad general puede representarse como un sistema que involucra la **relación operativa** de varios subsistemas, cada uno de éstos un principio operativo. El que un principio operativo se considere todo o parte de la operatividad general, depende de la complejidad de la maquinización.<sup>51</sup>

Una operatividad tal, constituida sobre principios de regularidad funcional, permitirá la predictibilidad y el control total. Es precisamente este hecho el que ha posibilitado proyectos a gran escala,<sup>52</sup> y el que en últimas valida empíricamente la existencia de principios operativos.

El sistema técnico es abierto por cuanto precisa para la operatividad de un permanente suministro de energía externa, y se diferencia del sistema de los organismos vivos o de los ecosistemas en que constituye un sistema lógico - mecánico. Lógico en cuanto artefacto del ser humano, y mecánico en cuanto a una operatividad fundada en implicaciones de movimiento secuenciales y predecibles como causa - efecto.

En este punto hay que puntualizar una diferenciación importante. El carácter de la estrategia de operatividad general, como disposición específica que utiliza principios operativos establecidos, es diferente del carácter de la estrategia para el establecimiento de estos últimos.

---

<sup>48</sup> La mejora del producto hace referencia al incremento de unidades producidas en una determinada unidad de tiempo y, en algunos casos, también a su calidad, sin que éste último signifique necesariamente una mejora como bien de uso.

<sup>49</sup> Hidroeléctricas, plantas nucleares, etc. Es un verdadero sistema de sistemas máquina.

<sup>50</sup> Sobre los dispositivos de control se tratará en 2.5.- Control: Máquinas de Comunicación.

<sup>51</sup> En los inicios de la maquinización, p. ej., las máquinas simples comprendían la operatividad general.

<sup>52</sup> Por ejemplo, los viajes más allá de la estratosfera terrestre.

Los principios operativos como posibilidad derivada de los fenómenos físicos naturales, surgen en desarrollo del trabajo social, son una construcción estratégica social. Estos principios constituyen el núcleo del conocimiento tecnológico sistematizado como corpus teórico, y son un patrimonio universal.<sup>53</sup> Por el contrario, la operatividad general es una disposición de creación individual, orientada a una finalidad de trabajo específica. Es el campo de los inventores<sup>54</sup>.

El establecimiento de un principio operativo configura un evento extraordinario. Se construye conocimiento tecnológico cuando se instaure un nuevo principio operativo, como conjunción de diversos acontecimientos sociales favorables.<sup>55</sup>

Las maquinizaciones basadas en operatividad general prácticamente conforman el acervo material diversificado de la tecnología. Un principio operativo es un resultado inherente a las formas y disposiciones materiales que lo configuran y las diferentes composiciones basadas en estos principios son las que impulsan cualitativamente el Ciclo Productivo.

El Ciclo de Diseño alude a la maquinización, a la estrategia para la operatividad. Pero, cuando una máquina previamente diseñada se va a objetivar, se abordará desde el Ciclo Productivo, en el que será **propósito y producto**.<sup>56</sup>

Cuando la objetivación de máquina corresponde al desarrollo de algún nuevo principio operativo, dicha objetivación ha constituido un punto de inflexión, pues la nueva objetivación plantea un nuevo problema de lógica estratégica. Por tal razón, tales construcciones han debido realizarse como un ensamblaje especial, por fuera del Ciclo Productivo.<sup>57</sup>

---

<sup>53</sup> Este patrimonio social también se constituye en la posibilidad de la invención. Ver, GEYMONAT, Ludovico. 1980.

<sup>54</sup> Llama la atención que una descripción de orden general, acerca del principio operativo y la operatividad general, provenga de alguien que examina el asunto de las patentes: “En el diseño y manufactura de cualquier dispositivo (artefacto, sistema o ambiente), un requisito fundamental es lo que Michael Polanyi ha llamado el principio operativo del dispositivo. Por ésto, él quiere decir lo que debe ser involucrado en una patente, es decir, una descripción de ‘cómo sus partes características {...} cumplen su función esencial en combinación con una operación general que logre el propósito”. LAYTON, David. 1993, p. 48.

<sup>55</sup> Las condiciones de establecimiento de principios operativos responde hoy a circunstancias socioeconómicas bien diferentes a las que predominaban en los inicios de la maquinización. El principio operativo lógico, que conforma el algoritmo de programación computacional, es el resultado de diferentes conjunciones sociales y, de hecho, ninguno de los personajes que participaron en este desarrollo estaba en condiciones de patentar para sí este principio operativo. Ver, WIENER, Norbert. 1995. También Wiener; N. 1998

<sup>56</sup> Más adelante se examinará que este *producto - máquina* podrá ser, en el Ciclo Productivo, *medio* o bien de consumo final. Ver 2.7.- Los Productos Artefacto del Ciclo Productivo.

<sup>57</sup> La construcción de la primera máquina de vapor de Watt es ilustrativa a este respecto: “En 1776, Matthew Boulton, de la Sociedad Lunar, construyó una fábrica que era un verdadero salón de

### **1.3.3.- La Tecnología como Expresión de una Lógica Particular**

Ya se ubicó a las realizaciones técnicas en aquel ámbito de la experiencia social en el que los seres humanos se relacionan con la naturaleza, esto es, el ámbito de lo instrumental estratégico. Diferenciado del anterior en la lógica de sus acciones, se halla el ámbito en el que los seres humanos establecen relaciones entre sí, o sea, el de interacción comunicativa.

Aunque en el ámbito de lo instrumental estratégico se sitúan las realizaciones tanto de la ciencia como de la tecnología, puede, no obstante, determinarse una lógica característica de la tecnología, asociada a la naturaleza particular de su quehacer.

El contexto de las realizaciones técnicas es el círculo funcional del trabajo, fundamentado en la acción racional con respecto a fines. La acción racional se refiere a los medios, y los medios tienen que ver con el remplazo de las acciones funcionales humanas para el trabajo. La acción del trabajo se orienta hacia una finalidad.

La objetivación que instaura el quehacer técnico se expresa en diversidad de objetos, pero la principal objetivación se ubica en las posibilidades de incremento de la complejidad del sistema cíclico productivo. Como ya se explicó, este incremento de complejidad se ubica en el desarrollo que transforma progresivamente el **procedimiento** en **medios maquinizados**, al remplazar una a una las acciones funcionales humanas para el trabajo. Por tal razón, este proceso progresivo de maquinización, en el que se incrementa la complejidad del ciclo productivo, es un proceso social en el que además de bienes materiales se produce conocimiento.

En general, la maquinización y demás intervenciones en el ciclo productivo obedecen a una capacidad de disposición técnica, que es acción racional con una finalidad instrumental material.<sup>58</sup>

La disposición técnica se realiza en el marco de las posibilidades de los fenómenos físicos y dentro de este marco se organiza la trama de componentes materiales. Se sucede aquí un tipo de

---

exposición, ya que el tipo de trabajo de metalistería que se realizaba dependía de la destreza de los artesanos. Ahí construyó James Watt el dios-sol de todo poder, la máquina de vapor, pues sólo en tal sitio pudo encontrar el nivel de precisión requerido para desarrollar a su máxima capacidad el potencial de dicha maquinaria.” BRONOWSKI, Jacob. 1983, p. 280.

La primera máquina calculadora digital, el ENIAC, “Además de sus 18.000 tubos de vacío, contenía unas 70.000 resistencias, 10.000 condensadores y 6.000 conmutadores. Medía cien pies de largo, diez de alto y tres de profundidad”. BERNSTEIN, Jeremy. 1986, p. 76.

<sup>58</sup> Se amplía la categoría *instrumental* en *material* porque lo *instrumental* se asume también en lo metodológico no tecnológico.

organización lógica que se realiza dentro de los límites de los fenómenos físicos, pero que no se deriva fácil y directamente de éstos. La lógica que interviene en la disposición técnica, bien puede denominarse **lógica mecánica estratégica**<sup>59</sup>, aún para la tecnología contemporánea, como se verá en el siguiente capítulo.

Aunque siempre en el funcionamiento de una máquina subyacen fenómenos físicos, hoy en su mayoría identificados, definidos y representados matemáticamente por las ciencias físicas, no obstante, en la organización de una máquina es necesario un tipo de intervención humana que no es fácilmente aprehensible y definible.<sup>60</sup>

Dentro de los límites de las leyes físicas, la lógica mecánica no conduce a tramas materiales aleatorias, como un ejercicio de creación libre. En la acción estratégica para generar movimiento físico con una finalidad específica, acción propia del proceso de maquinización, se han establecido regularidades propias del accionar de ciertos dispositivos, lo que ha configurado los principios operativos, ya explicados de manera amplia.

La universalidad de los principios operativos, el hecho de que se expresen como regularidades en todo tiempo y lugar, al margen de contingencias históricas y culturales, no sólo significa un potencial de la naturaleza sino también del intelecto humano, una lógica universal.

Los principios operativos son inherentes a un propósito de trabajo, a una finalidad funcional. Sólo se consolida como saber aquéllas estrategias que pueden ser operativizadas con éxito para una determinada función que reemplace acción funcional humana. Por tal razón, el saber tecnológico se valida empíricamente.

El conocimiento tecnológico se ha generado en un decurso de construcciones objetuales funcionales. Las construcciones de este conocimiento difieren de las del saber científico en que mientras estas últimas son explicaciones en forma de imágenes de mundo de objetos de la

---

<sup>59</sup> No toda lógica estratégica es mecánica, lo mismo que toda lógica mecánica no es estratégica, por lo que la categoría que iría apropiadamente al quehacer técnico sería **lógica mecánica estratégica**.

<sup>60</sup> Se conocen algunos registros de inventos de la antigüedad, por ejemplo, los del ingeniero Al Jassari de la ciudad de Bagdad, que eran un compendio de dibujos con explicaciones sobre cómo construir y cómo funcionarían sus ingenios, que iban desde gigantescos elevadores de agua, hasta relojes con complejos controles mecánicos. Estas explicaciones son un compendio de ingenio práctico, para descripciones físicas con propósito. La invención de la válvula condensadora, ventaja de la máquina de vapor de Watt sobre las que le antecedieron, hasta donde se sabe, no fue predecible por reflexiones acerca de las leyes de la termodinámica, sino que fue ante todo una invención que respondía a un propósito sobre la base de un conocimiento práctico y a una intuición empírica. Los dos anteriores ejemplos para poner de presente la **no necesidad** del conocimiento científico en ciertos momentos del desarrollo técnico. Ver. p. ej., HILL, Donald. 1994, pp. 22-28 y BRONOWSKI, Jacob. 1983, pp. 278-280.

naturaleza, imágenes que han cambiado, a veces de manera radical; <sup>61</sup> las construcciones de la tecnología son construcciones mentales que anteceden la objetivación y que han configurado un mundo artificial. Las estrategias exitosas se acumulan como conocimiento.

La empiria en el conocimiento científico se orienta a validar hipótesis <sup>62</sup> acerca de cómo se suceden las cosas en el mundo natural. La empiria en el conocimiento tecnológico es para crear y someter a prueba las cosas del mundo artificial. Los principios que se establecen en uno y otro caso están ligados a materialidades, pero los de la tecnología son artificios.

La construcción mental de la hipótesis es lógica intuitiva a partir de datos anteriores. La construcción mental que diseña la operatividad material de la maquinización es lógica estratégica mecánica. <sup>63</sup>

Esta lógica estratégica para la disposición técnica se expresa fundamentalmente en dos niveles. El primero se refiere al establecimiento de principios operativos como resultado de una experimentación exitosa en el reemplazo de acciones humanas en el círculo del trabajo, es una potencialidad en la naturaleza, y responde a una lógica universal.

El otro nivel tiene que ver con el diseño de la operatividad general en el que se aprovechan, como ya se explicó antes, los principios operativos para disponer diferentes variedades de máquinas que resuelvan un determinado tipo de problema de orden práctico.

Como se ve, la operatividad general, también disposición técnica, involucra lógica mecánica estratégica, pues tanto la acción exitosa que establece el principio operativo como la acción exitosa que logra la operatividad de una máquina con tales principios, son de la misma naturaleza.

La principal diferencia entre una y otra intervención humana estratégica parece radicar en que mientras una, el establecimiento de un principio operativo, se liga a una potencialidad natural y

---

<sup>61</sup> En este sentido, Thomas Kuhn acuñó el término de *paradigma*, para referirse a la visión de lo que se considera científico en una determinada época histórica. Una revolución científica es un cambio de un paradigma por otro. KUHN, Thomas. 1971.

<sup>62</sup> Aquí se señala este papel fundamental de la hipótesis, en medio de otras ideas acerca del valor de ésta en la construcción del conocimiento científico de la naturaleza. En el sentido aquí anotado apuntan los trabajos: HABERMAS, Jürgen 1992 y KOPNIN, P.V. 1966.

<sup>63</sup> El ámbito que diferencia Habermas lo refiere todo, ciencia y técnica, a lo instrumental estratégico. Aquí se examina la diferencia entre una y otra y se considera necesario, en razón de claridad de la argumentación, referirse a **lógica estratégica mecánica**.

aparece como necesaria en la acción humana del trabajo; la otra, operatividad general, se liga a un potencial individual, por lo que en este último caso no comporta el carácter de necesaria.

La estrategia mecánica para operatividad general aparece más asociada a aquella capacidad conocida como solución de problemas, pues aquí no se establece un nexo entre la solución y una potencialidad natural que terminaría por expresarse en medio de un largo trasegar en la práctica del trabajo. En la solución de problemas, en cambio, la respuesta exitosa no aparece asociada a una situación de alta probabilidad, sino que aparece más relacionada con un dominio de conocimiento y prácticas significativas.

En este contexto, situación de alta probabilidad tiene que ver con un trasegar técnico social en la vía del discurrir natural que termina en el establecimiento de un principio, se incluirían principios operativos mecánicos asociados a los principios de masa, posición, etc.; principios operativos eléctricos asociados a la manifestación natural de esta forma de energía; principios operativos lógicos asociados a la posibilidad de codificar en la naturaleza bipolar de los circuitos.<sup>64</sup>

De manera inversa, aquellas estrategias lógico mecánicas que en lugar de ligarse a un discurrir natural aparecen en contravía de éste, se corresponden con la inventiva individual que conjuga diversos factores para la solución<sup>65</sup>, por lo que se trata de eventos de baja probabilidad, excepcionales.

En este caso de estrategia individual de solución de problemas tecnológicos, podrían ubicarse los diseños de “control” de las fuerzas de la naturaleza empleadas como fuente de energía del sistema técnico, así como los artefactos basados en cambios de estado de ciertos materiales.<sup>66</sup> Aquí también se ubican los diseños de operatividad general, como combinatorias de diferentes

---

<sup>64</sup> Es posible que las cosmovisiones de ciertas culturas hayan orientado la acción trabajo en vías diferentes a la instrumentalización y maquinización. Así por ejemplo, una comunidad primitiva, hallada hace algunos años en Papúa - Nueva Guinea, tiene como principio fundamental de su cosmología el que “hay que repetir fielmente el pasado para que el tiempo siga su curso”. En otros casos, como en algunas culturas amerindias, características geográficas tales como la irregularidad del terreno no coadyuvaron a pensar la rueda y el eje y, por consiguiente, los mecanismos basados en éstos. Hoy, la búsqueda tanto de principios operativos, como de operatividad general, se ha vuelto direccionada y sistemática, con grandes inversiones y equipos de I&D.

<sup>65</sup> Estos factores son conjunciones complejas entre lo individual y lo social. Ver, WIENER, Norbert. 1995 y BASALLA, George. 1991.

<sup>66</sup> Los productos artefacto, que por ser de inventiva individual, son patentables. Éstos se discuten en 2.7.- Los Productos Artefacto del Ciclo Productivo.

principios operativos para lograr el funcionamiento de una máquina, combinatorias que ya no se ligan a un discurrir natural.<sup>67</sup>

En la estrategia de miniaturización de la tecnología digital se presuponen como requisitos necesarios las dos orientaciones de la lógica estratégica mecánica. En primer lugar, el desarrollo de la inteligencia natural que establece leyes sobre el pensar y la forma de operativizar estas leyes y, en segundo lugar, la inventiva individual para transformar la naturaleza del material de los circuitos. Codificar en circuitos procedimientos lógicos presupone un desarrollo de lógica mecánica estratégica de alto nivel.<sup>68</sup>

En general, la tecnología puede considerarse como un conocimiento instaurado y continuado sobre la base de solucionar problemas, en un círculo de trabajo cada vez más ampliado, en creciente complejidad. Esta intervención orientada a solucionar problemas, en épocas primitivas significó para la especie humana una adaptación exitosa en su entorno natural. La intervención de solución de problemas técnicos puede asumirse como una dialéctica que es a la vez fuente y aprovechamiento de conocimientos<sup>69</sup>.

La lógica mecánica estratégica se ha revelado a la conciencia sin que aún pueda describírsele apropiadamente. Esta dilucidación es hoy campo de investigaciones, muchas de las cuales se fundamentan en principios de psicología cognitiva y de lingüística. Es poco probable que esta lógica pueda representarse al margen del cúmulo de significaciones de la experiencia práctica.

La cuestión de si la solución de problemas de orden técnico involucra preferencialmente procesos inferenciales a partir de elaboraciones representacionales complejas, sugiere una hipótesis que será considerada en el capítulo referente a las condiciones pedagógicas y didácticas de la tecnología contemporánea.

---

<sup>67</sup> Entre los diseños de Al Jassari, de inventiva individual, y la estrategia digital miniaturizada, media una gran brecha de conocimiento y desarrollo lógico.

<sup>68</sup> “El día 16 de Noviembre de 1974 se transmitió una señal de radio desde el observatorio de Arecibo hacia el cúmulo globular M13, que dista unos 25.000 años luz, lejos del plano de la galaxia Vía Láctea. La señal contenía 1679 bits de información”. Estos bits conformaban una matriz codificada que informaba acerca de: convención para contar en binario, números atómicos de los elementos químicos, el espinazo del ADN, la constitución genética del ser humano, su sistema planetario en el que se desataca el tercer planeta, y el radiotelescopio que transmitió el mensaje. Esta información así codificada, presume posible su lectura por otros seres inteligentes, pero, además, presume una lógica universal. Ver, SAGAN, Carl. 1980, p. 291.

<sup>69</sup> HABERMAS, J. 1992b, pp. 181- 232.

## **2.- El especial contenido de la técnica contemporánea y su continuidad con el desarrollo técnico anterior**

**Tercera Tesis:** Antes que un sistema técnico material, toda máquina es un sistema lógico indisolublemente dependiente de los operadores materiales disponibles en un momento histórico determinado. Cuando la máquina reemplaza funciones de la mente humana con operadores electrónicos, este sistema lógico-técnico se complejiza y la estrategia lógico mecánica se hace explícita.

### **2.1.- Contenido especial de la técnica contemporánea**

A continuación se exponen cinco aspectos relevantes que caracterizan la tecnología contemporánea. De aquí en adelante, la argumentación de este Capítulo sustentará estos aspectos, aunque no de forma secuencial.

- 1 El **propósito** es lograr que la máquina realice tareas o funciones que naturalmente son efectuadas por la mente humana. Con una perspectiva más amplia, se reemplazarán funciones que son realizadas por el cerebro de algunos seres vivos.
- 2 La lógica mecánica estratégica para la operatividad ya no consiste solamente en organizar dispositivos materiales de acuerdo con las leyes de la mecánica clásica, sino de acuerdo con principios inherentes al comportamiento de la materia en ciertos dispositivos, para codificar procedimientos lógicos en sustratos materiales.
- 3 Escisión lógica del diseño de maquinización. De una parte, el diseño de la operatividad lógica y, de otra, el diseño de la base material mecánica para objetivar tal operatividad.
- 4 Se incrementan las posibilidades de control para la automatización. Esta circunstancia conduce a nuevas diferenciaciones en la entrada - procedimiento - salida del sistema técnico.
- 5 - El sistema técnico involucra en su complejización problemas que son objeto de teorización, tales como la lógica, la matemática, la lingüística, la semiótica, la teoría de la información y, con el desarrollo de inteligencia artificial, las teorías de la cognición, cibernética y aspectos epistemológicos y filosóficos.

### 2.1.1.- Propósito y operatividad. La mente humana realiza cálculos numéricos y otras tareas. ¿Cómo maquinizarlas?

La exposición de este problema crucial en el desarrollo de la maquinización asumirá el hecho de que puede comprenderse la lógica estratégica que fundamenta la disposición de una máquina, sin que para ello sea necesario entender en detalle el funcionamiento de cada uno de los dispositivos que logran su operatividad.

De acuerdo con esto, el planteamiento que sigue examina la lógica estratégica de maquinización, sin atender a cuestiones especializadas de ingeniería.

¿Cómo puede lograrse el propósito de que una máquina realice cálculos numéricos? Ya no se trata de disponer en la máquina algo que reemplace la acción funcional de órganos locomotores, o de reemplazar con la máquina el suministro y transformación de energía humana para el trabajo. De lo que se trata ahora es de disponer en la máquina **procedimientos mentales**.

La maquinización como una disposición operativa que **imita**, esto es, **que realiza un trabajo con igual resultado que el efectuado por el ser humano**, es algo importante que debe tenerse en cuenta para comprender el desarrollo de la maquinización.

Obsérvese que se habla de “reemplazar la acción funcional de ...” y no de “reemplazar los órganos locomotores, etc.”

En el propósito de diseñar una máquina calculadora inevitablemente surgió la pregunta: ¿Pueden las máquinas pensar? La respuesta a esta pregunta continúa aplazada, aunque las implicaciones de orden filosófico hayan sido ampliamente debatidas.<sup>70</sup>

En su momento, una respuesta provisional apareció satisfactoria para lo que se pretendía entonces. Fue la respuesta expresada por Alan Turing en su modelo lógico abstracto de una máquina inteligente y que puede sintetizarse de la siguiente forma: lo importante es si la máquina logra resultados similares a los alcanzados por la inteligencia humana.<sup>71</sup>

Aclarado lo anterior, el propósito de diseñar una máquina de calcular no pretendía una maquinización de los procesos mentales involucrados en la realización de cálculos numéricos,

---

<sup>70</sup> Ver, por ejemplo TURING, Alan M. Máquina Computadora e Inteligencia. En ANDERSON, Alan R. 1986

<sup>71</sup> TURING, Alan M. Op. Cit.

sino una operatividad para lograr resultados de cálculo **iguales** a los obtenidos por los seres humanos.<sup>72</sup>

Como se trata de una operatividad que requiere imitar números y reemplazar procedimientos mentales, la estrategia lógica para tal operatividad se plantea representativa simbólica, ya que éste es el fundamento de las operaciones mentales. ¿Qué es esto de representativo simbólico?

## 1 Imitar números:

¿Qué son los números? Son símbolos que representan cantidades. Los sistemas numéricos establecen además de los símbolos básicos, una posición relativa de éstos en tal sistema convencional.

De forma primaria, ¿qué cantidades representan los símbolos numéricos?<sup>73</sup> Estas cantidades pueden ser conjuntos de objetos discretos o magnitudes de las dimensiones de los objetos.

En este último caso, el símbolo numérico se corresponde con una determinada porción de la dimensión de un objeto, en lo que se configura como una escala convencional, p. ej., 2 cms., 20 varas, etc. Y si en lugar de dimensiones de un objeto físico, el número correspondiera con una escala de medida de magnitudes de un fenómeno físico, sería, p. ej., 7 amperios, 200 voltios, etc.

Para el primer caso de representación, imagínese una montaña de guijarros que puede expresarse directamente con los símbolos, por ejemplo, 672.000. Es posible pensar en un símbolo numérico sin necesidad de **remitirse** a su concreto representado. Esta capacidad se revela más en el caso de representaciones matemáticas abstractas y cálculos numéricos complejos.<sup>74</sup>

---

<sup>72</sup> El propósito comprendía además una mayor velocidad de cálculo para la máquina. Este aspecto se examinará luego.

<sup>73</sup> Los números han llegado a representar situaciones y fenómenos físicos complejos. Aquí se considera la representación en su sentido más básico.

<sup>74</sup> Esta dualidad del signo ha sido expresada así para el caso análogo del signo lingüístico: “{...} Los prerequisites para la inteligencia artificial - el hardware de computadora, los lenguajes de computadoras y los lógicos formalizados - fueron logrados por personas identificables en momentos definidos. Podemos dar los nombres y las fechas de su invención. Pero hay otra condición habilitante que es de otra naturaleza. Es de un interés filosófico mucho más grande, y es también mucho más elusiva; es difícil decir cuándo apareció en escena y quién fue el responsable por haberla traído. Pero sin ella, no podrían haber surgido ni la inteligencia artificial ni ninguno de sus prerequisites. La condición de marras es que podemos abordar un signo lingüístico de dos maneras. Podemos pensar qué es lo que el signo expresa o podemos pensar acerca del signo y de la forma en que está compuesto.” SOKOLOWSKI, Robert. *Inteligencia Natural e Inteligencia Artificial*. En: GRAUBARD, Stephen R. 1993, p. 67.

La representación simbólica de cantidades por medio de un símbolo numérico es una facultad potestativa de los seres humanos. Hasta ahora no se ha diseñado y menos aún objetivado, una máquina que pueda realizar tal representación simbólica. Por otra parte es impensable una máquina que tuviera 672.000 dispositivos para representar este número, por ejemplo, y otros que representarían cantidades mayores.

Aunque, por ahora, no es posible maquinizar la representación simbólica, se presentaba una vía hacia la maquinización en el sentido del segundo caso de representación, esto es, cuando el número se corresponde con una magnitud física. Y en efecto, los propósitos iniciales de máquinas calculadoras basaron la estrategia de su diseño en este tipo de representación que hace corresponder el símbolo numérico con una determinada magnitud física. A este tipo de representación se le conoce como **representación analógica**<sup>75</sup>

Los desarrollos más citados de diseño de máquinas de calcular en la historia de la técnica, son los siguientes:

	<u><b>Representó los números en:</b></u>
• Ábaco	Cuentas cuyo valor se incrementa 5 o 10 veces en cada eje sucesivo
• Máquina de Pascal	Engranajes de ruedas dentadas
• Máquina de Leibniz	Escalas en dos reglas desiguales
• Regla de cálculo	Cada número se marcaba en una escala, en la posición correspondiente a su logaritmo
• Máquina Analítica de Babbage	Tarjetas perforadas y engranajes mecánicos
• Máquina de Bush	Valores de ángulos en ruedas de engranajes
• Máquina electromecánica MARK I	Movimiento de relés
• Máquina de tubos de vacío ENIAC	Una combinación de los dos estados de los tubos electrónicos de vacío

Cuadro 11: Representación de los números en distintos dispositivos

<sup>75</sup> Por ejemplo, la regla de cálculo, compuesta de una regla móvil que se desplaza por las escalas de una regla fija.

## 2.- Imitar Cálculos numéricos

Representar los símbolos numéricos en los dispositivos materiales de la máquina es sólo una parte del problema. También hay que representar en la máquina los procedimientos para las operaciones o cálculos numéricos. En este caso, más que una representación se trata del logro de una operatividad con símbolos, o sus representaciones, que como se vió son magnitudes físicas de los dispositivos de la máquina.

Y ¿qué son operaciones o cálculos numéricos? En esencia son procesos mentales en los que relacionamos las cantidades y proporciones de los objetos de la realidad, objetos que hemos representado con símbolos numéricos.

Cuando se efectúa una operación de cálculo numérico en realidad no se piensa en los objetos representados, sino en los símbolos que los representan. Por ejemplo, cuando se multiplica  $4 \times 3 = 12$ , no se piensa en un conjunto de cuatro objetos tomados tres veces. Aquí la mente asume **directamente** el símbolo **4** y el símbolo **3** y por medio de un procedimiento aprendido realiza el cálculo *símbolo x símbolo*. Ésto es aún más notorio en operaciones más abstractas y complejas.

Al igual que la representación simbólica, la capacidad de cálculo numérico es una propiedad de la inteligencia humana. El problema aquí es el de maquinizar una acción lógica. Y como el propósito es que la máquina no efectúe una multiplicación en particular, sino que realice **cualquier** multiplicación hasta un **cierto número de dígitos**, entonces de lo que se trata es de maquinizar una operación lógica generalizante de la mente humana. Este fue el propósito para las máquinas de Pascal, Leibniz y Babbage<sup>76</sup>, y de las muchas máquinas calculadoras manuales que se fabricaron para operaciones de comercio en la primera mitad del siglo XX.

¿Cómo maquinizar operaciones numéricas? La disponibilidad de operadores materiales en un determinado momento ha impuesto límites definitivos a los diseños lógicos de máquinas calculadoras, desde éstas que fueron concebidas.

Para la época de Pascal, Leibniz o Babbage, los únicos operadores disponibles eran de tipo mecánico. En cuanto a la fuente de energía y el motor, los diseños de Pascal y Leibniz apelaban a la manivela. El segundo diseño de Babbage planteó un motor de vapor.

---

<sup>76</sup> La segunda propuesta de Babbage nunca llegó a construirse y finalmente se materializó en 1991 como pieza del Museo de la Ciencia de Londres.

Con disponibilidad sólo de operadores mecánicos, esto es, mecanismos de poleas, engranajes de ruedas dentadas y sus respectivos ejes, se imponía lograr con éstos la operatividad de cálculos numéricos.

Con tales operadores giratorios lo factible era representar los números con giros de ruedas dentadas<sup>77</sup>, esto es, en valores de ángulos de giro y el resultado de las diferentes sumas posibles sería indicado por un agregado de ángulos. Ilustrando ésto con la suma de los dos números anteriores:

$$4 + 3 = 7$$

Supongamos una rueda de diez dientes con la cual deben trabajarse los diez dígitos (0-9). Esto significa que cada número será representado por un ángulo de  $36^\circ$  ( $360^\circ$  de la circunferencia dividido por 10). Así, un giro de  $144^\circ$  representará el número 4, ya que  $4 \times 36^\circ = 144^\circ$ . Luego, otra rueda de entrada de números, de igual número de dientes, es girada  $108^\circ$ , igual a  $3 \times 36^\circ$ , que representa el 3. Estos dos giros hacen mover una tercera rueda dentada, o rueda de salida, un giro total de  $252^\circ$  que representa el número 7 ( $7 \times 36^\circ = 252^\circ$ ).

En este sistema técnico la **entrada** son los giros de las dos primeras ruedas que representan los dos sumandos<sup>78</sup>; la transformación de movimiento ahora es **procesamiento** o **procedimiento** realizado por el giro de la rueda de salida, conectada de manera especial con las de entrada. Para la **salida** se acude a algún artificio que conduce a que la rueda de salida indique el **número resultado** en otra rueda que tiene impresos los dígitos de 0 a 9 y que gira solidariamente con la rueda de salida.<sup>79</sup>

---

<sup>77</sup> Aquí puede asumirse una doble representación. De una parte, el número representa una cantidad y, de otra, la porción de dispositivo representa al símbolo numérico. En la práctica ha sido considerado así, como se verá en las codificaciones para las entradas y salidas. Tiene poco sentido práctico asumir que la porción de dispositivo físico representa directamente la cantidad. Por tal razón, de ahora en adelante se hablará aquí indistintamente de “número” o “símbolo numérico”.

<sup>78</sup> Nótese que en el caso de estos operadores, son necesarias al menos dos ruedas de entrada de números. Con una sola rueda es imposible “almacenar” un dígito para que pueda luego ser objeto de una operación matemática con otro número.

<sup>79</sup> Un ejemplo típico de una estrategia sobre la base de escalas de ángulos, data de 1925 (MIT), “funcionaba con motores eléctricos y las cantidades que se calculaban venían representadas por el número de grados que habían girado determinados engranajes. La precisión de los cálculos estaba limitada por la precisión con que podían medirse los ángulos”. BERNSTEIN, Jeremy. 1986, p 70.

El desarrollo de operadores eléctricos planteó nuevas posibilidades al desarrollo de la maquinización y al diseño de estrategias de representación de símbolos numéricos y de cálculos en dispositivos materiales.<sup>80</sup>

Otras estrategias apelaron a dispositivos relés electromecánicos que representaban números y cálculos por medio de ciclos de apertura y cerramiento de tales dispositivos.

## **2.2.- Conjunción de conocimientos para una Estrategia Exitosa: La Tecnología Contemporánea.**

La estrategia de utilizar operadores mecánicos primero y, luego, corriente eléctrica para mover dispositivos mecánicos (electromecánicos) en los que se representaban cantidades y cálculos por medio de magnitudes físicas, fue sustituida por una estrategia de representación más eficiente.

El desarrollo de dispositivos electrónicos de funcionamiento bipolar planteaba una forma de representación por medio de “cuentas” o puntos. Aquí cada expresión bipolar representa un dígito y varias expresiones bipolares representan números de varios dígitos.

Este cambio en la manera de representar, de lo analógico a lo digital, puede ilustrarse gráficamente de una manera sencilla, como se presenta en la siguiente figura:

---

<sup>80</sup> La calculadora del ejemplo anterior (MIT) se transformó a electromecánica. “Introducía juntamente con otras mejoras, un método eléctrico para medir los ángulos”. Op. Cit. p 70. La historia del desarrollo de la máquina calculadora y luego de cómputo en general, debe ser reconstruida sobre la base de muchos registros y testimonios. Se trata de una historia rodeada de intrincadas competencias bélicas y personales. En muchos escritos se omiten nombres y aportes, presumiblemente por procedencias nacionales y políticas.

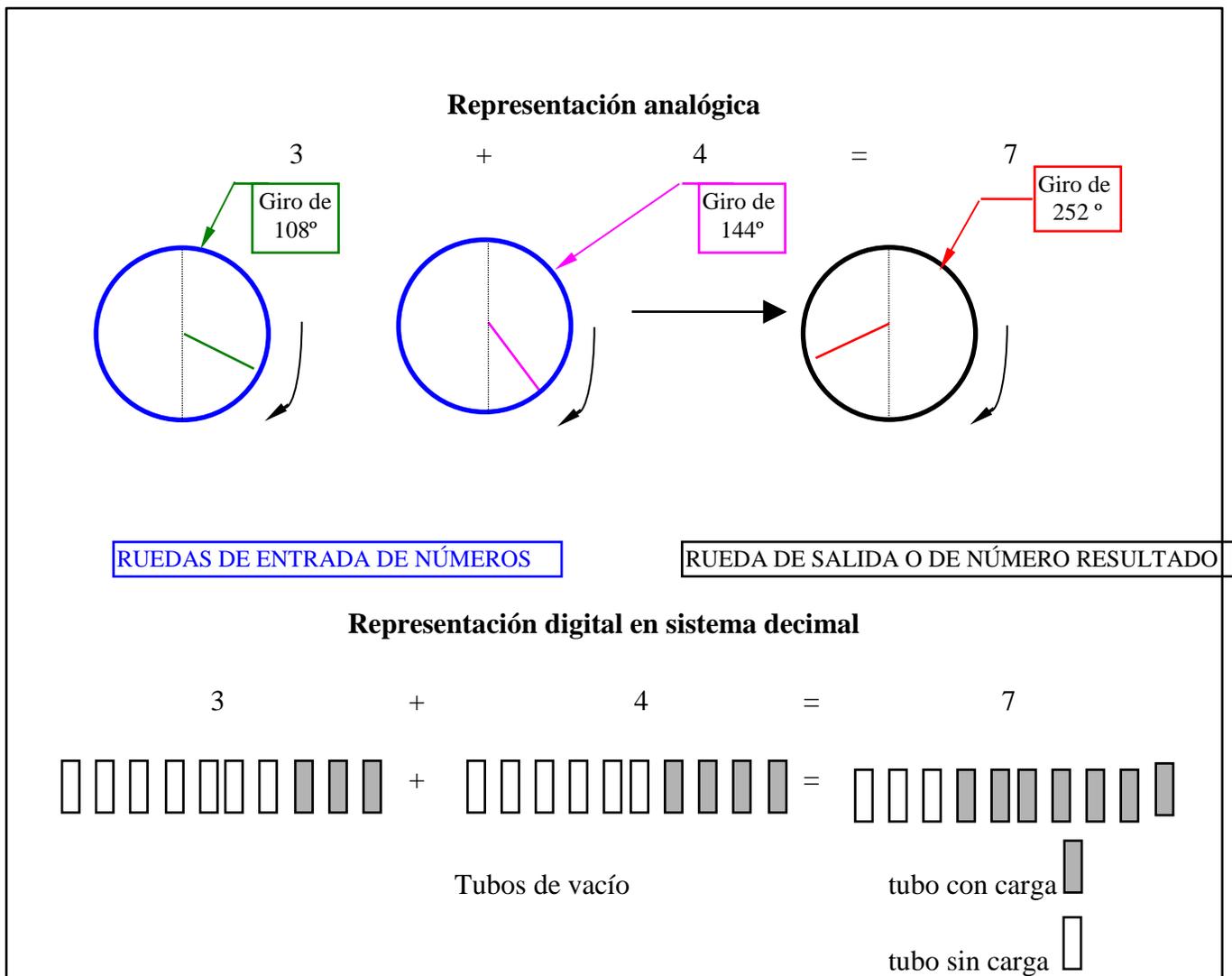


Figura 6: Diferencia entre la representación analógica y digital de la operación de suma

La comparación de estas dos formas de representación pueden sintetizarse como:

“diferencia entre medir y contar”  
ó  
“diferencia entre continuo y discreto”

Bien pronto, sobre esta estructura electrónica bipolar algunas estrategias optaron por reemplazar el sistema decimal por el binario. Este cambio significó una simplificación considerable en la representación de los números, pues como se sabe el sistema de numeración binaria sólo emplea

los símbolos **0** y **1**, lo que plantea una correspondencia con la naturaleza bipolar de los dispositivos electrónicos.<sup>81</sup>

A partir de la disponibilidad de dispositivos electrónicos, de naturaleza bipolar, la estrategia que sigue es aparentemente paradójica: de una parte, simplifica la estrategia de representación de números y procedimientos y, de otra parte, abre las posibilidades de complejización de la operatividad lógica, esto es, una expansión del propósito de este tipo de maquinización hacia la imitación de otras tareas del pensamiento, de otras funciones lógicas.

¿Cómo es esta estrategia?

En primer lugar hay que señalar que en esta estrategia se sucede una conjunción de diferentes aportes del pensamiento universal.<sup>82</sup> Aportes fundamentalmente lógico-matemáticos, científicos y técnicos. Entre los más relevantes de estos aportes del pensamiento universal a la estrategia de la tecnología contemporánea, se tienen:

- Sistemas numéricos y simbólicos en general.
- Sistemas convencionales de medición y de representación (entre éstos analógicos y digitales)
- Sistema numérico binario.
- Conocimiento fenomenológico y medición de la electricidad.
- Teorías sobre la naturaleza de la electricidad.
- Utilización operativa de la electricidad: circuitos en serie y en paralelo, condensadores, transformadores, dispositivos electrónicos.
- Desarrollo de la técnica. Establecimiento de principios operacionales con operadores mecánicos, eléctricos y electrónicos.

---

<sup>81</sup> “La naturaleza de los estados varía con el dispositivo: conducción contra no-conducción, cerrado contra abierto, carga contra descarga, magnetizada contra desmagnetizada, alto voltaje contra bajo voltaje”. BARCO GÓMEZ, Carlos y otros. 1998, p. 111.

<sup>82</sup> En alguna medida, las estrategias anteriores de maquinización suponían desarrollos previos de experiencias empíricas exitosas y en algunos casos de conocimientos científicos.

- Desarrollo de lógica formal y lógica matemática moderna.
- Circuitos conmutables lógicos, con base en álgebra booleana.
- Teoría de sistemas.
- Teoría de la comunicación y la información.

Podrían agregarse a esta lista otros desarrollos de pensamiento, sin embargo, aquí se enumeran aquellos que posibilitaron fundamentar la lógica estratégica de la técnica contemporánea.

### ***2.3.- La Estrategia de la Técnica Contemporánea***

En este punto es importante una recapitulación de lo expuesto hasta aquí acerca del desarrollo de la maquinización, antes de comenzar a examinar la estrategia contemporánea. Se han explicitado los aspectos lógicos fundamentales del desarrollo de la maquinización hasta el momento en el que ésta se basa en una implicación de acciones de mecanismos, principalmente como resultado de sus formas, masas y tamaños.

También se examinó el **propósito**, esto es, el cómo se buscaba con estos mecanismos imitar un procedimiento para realizar una determinada acción de trabajo. Se ilustró con dos ejemplos, el engranaje de piñones con cambio de plano para imitar el brazo y la mano que mueven el instrumento para moler; y, el mecanismo de leva que imita el procedimiento para martillar y perforar. En estos casos el procedimiento transforma un material que puede ser trigo, arroz, lana, pasta de celulosa, etc.

Cuando la estrategia se orienta a lograr la operatividad para realizar cálculos numéricos, el planteamiento del problema cambia radicalmente. El trabajo que ahora debe realizar la máquina ya no es una acción física conocida, acción para moler o martillar, p.ej., sino un procedimiento mental. Además, ya no se trata de transformar una materialidad que debe dar como resultado alguna clase de objeto útil.

Como se colige, aquí el problema se ubica en el nivel del pensamiento y en un procedimiento cuyas transformaciones son simbólicas. Como en el caso de la acción de moler o martillar, que se conocen y pueden describirse e imitarse, algo debía conocerse sobre el procedimiento de pensar

para realizar cálculos numéricos, pues es poco probable operativizar un procedimiento natural que no se sabe cómo funciona.

Hasta donde se ha establecido, los seres humanos pensamos a partir de pensamientos con los cuales elaboramos otros pensamientos, que bien pueden considerarse organizaciones en un orden más complejo. Tal proceso organizador lleva implícitas regularidades, cuyo entendimiento y descripción ha ocupado a la humanidad desde la antigüedad. Resultado del interés de escudriñar el pensamiento humano es la lógica aristotélica, en la cual se formalizan por medio del discurso las que se consideran regularidades del pensamiento dirigido a la comprensión de algo, a partir de otros algos ya conocidos.<sup>83</sup>

De igual manera, las primeras elaboraciones de la geometría logran formalizar lo que se consideran requisitos y regularidades del pensar conscientemente direccionado y organizado hacia un fin de conocimiento, por medio de sistemas axiomáticos y teoremas.<sup>84</sup>

Lo que hasta aquí son ya maneras de operativizar el pensamiento, luego se consolidan y profundizan en los sistemas simbólicos que hoy se conocen como lógica matemática o lógica moderna. Entre los sistemas simbólicos más importantes de la lógica matemática se cuenta la moderna teoría de conjuntos, el álgebra de proposiciones y el álgebra de Boole.

Quienes propusieron los proyectos iniciales de una máquina para calcular se basaron en sistemas matemáticos propiamente dichos.<sup>85</sup> En efecto, apelaron al sistema de logaritmos o a regularidades diferenciales.<sup>86</sup> El llamado computador analógico, por ejemplo, requiere de un modelo de ecuaciones diferenciales para describir el fenómeno específico que se va a estudiar. Una vez establecido este sistema de ecuaciones diferenciales, se simula en un circuito cuyos componentes son dispositivos eléctricos de respuesta análoga al operador matemático

---

<sup>83</sup> La lógica aristotélica se considera realización característica de la cultura de occidente. El punto de partida para la estrategia de la máquina lógica corrobora el valor de esta afirmación, al menos en el desarrollo de la técnica contemporánea.

<sup>84</sup> FRAISSÉ, Roland. 1999, pp. 259-266.

<sup>85</sup> En sentido amplio, la lógica matemática puede asumirse como la metalógica de la matemática. "{...} la lógica matemática desarrollado en los pasados cien años o algo así por Gottlieb Frege, Giuseppe Peano, Bertrand Russell y otros fue una condición necesaria tanto para el hardware como para el software que hoy tenemos. Resultó interesante que estos avances en matemáticas y lógica se hayan desarrollado por razones puramente teoréticas, para demostrar, por ejemplo, que la aritmética es una parte de la lógica pura (el objetivo de Frege) y no para preparar un lenguaje para máquinas pensantes. La aplicación tecnológica toma ventaja de la apertura proporcionada por el logro teorético {...}" SOKOLWSKI, Robert. Op. Cit. p. 66.

<sup>86</sup> Por ejemplo, el diseño de Babbage, la calculadora del MIT, el MARK I, el ENIAC.

involucrado. Una integración, por ejemplo, se representa con el comportamiento de un condensador; una constante, con una resistencia. Concluido el proceso de construcción de este circuito, la respuesta, unas curvas en un osciloscopio o tubo de rayos catódicos, simulará el comportamiento del sistema bajo estudio.

Todos estos proyectos, costosos en tiempo, esfuerzo, dinero, son los antecedentes que orientaron la estrategia hacia una conjunción favorable que ya no se basa en sistemas matemáticos, sino en sistemas lógico matemáticos. A grandes rasgos, la estrategia que establece los fundamentos de la técnica contemporánea, es la siguiente:<sup>87</sup>

A mediados del siglo XX, ya se había generalizado el uso de la electricidad en diversos operadores y productos artefacto.<sup>88</sup> Interesa destacar aquí las posibilidades que ofrece la electricidad para la construcción de operatividades más complejas que las que ofrecían los mecanismos, pues aquí se cuenta con una forma peculiar de movimiento de la materia, más versátil en su generación, su curso e interrupción. Las ventajas de la electricidad se incrementaron al conocerse las propiedades de este fenómeno natural, propiedades que fueron aprovechadas para la disposición técnica de dispositivos electrónicos con propiedades bipolares.<sup>89</sup>

---

<sup>87</sup> Se trata de una síntesis que simplifica los aspectos técnicos. Tal síntesis se efectúa desde la perspectiva metacognitiva de la estrategia lógico-mecánica, a lo largo de la historia de la técnica, como desarrollo de la maquinización.

<sup>88</sup> Construcción del motor eléctrico basado en los mecanismos de la máquina de vapor (1831). Sistema de iluminación juntando dos varillas de carbón conectadas en un circuito eléctrico. Planta generadora de electricidad (mediados siglo XIX). Sistema de iluminación eléctrica basado en lámpara eléctrica incandescente (Edison, 1878). Diodo y tríodo de vacío (Fleming, 1904). Luego, desarrollos electrónicos basados en física de estado sólido (detectores de cristal, rectificadores de tungsteno, germanio, silicio,... década de los Treinta y segunda guerra mundial hasta desarrollo del transistor, utilizable en 1947). Ref.: BASALLA, George. Op. Cit. pp. 58-68.

<sup>89</sup> La valoración de la importancia de los operadores eléctricos se halla en la base de las dos orientaciones que hoy caracterizan el desarrollo de la Inteligencia Artificial, como se verá más adelante. Por el momento se exponen brevemente una y otra, con citas, la primera de Turing y la segunda de Wiener. “El hecho de que la Máquina Analítica de Babbage estuviera concebida de forma totalmente mecánica nos ayudará a despejar cualquier superstición. Muchas veces se atribuye importancia al hecho de que los computadores digitales modernos son eléctricos, igual que el sistema nervioso. Como la máquina de Babbage no era eléctrica, y como todos los computadores digitales son en cierto modo equivalentes a ella, el empleo de la electricidad no es teóricamente relevante. Siempre que se trata de una señalización rápida interviene, claro, la electricidad {...} Para establecer similitudes reales debemos más bien buscar analogías en el pensamiento matemático”. TURING, Alan M. Op. Cit. pp. 21 -22-.

“En ingeniería eléctrica hay una fractura que en Alemania se conoce por la fractura entre la técnica de las corrientes fuertes y la técnica de las corrientes débiles, y que nosotros conocemos por diferencia entre ingeniería energética e ingeniería de comunicación {...} Hoy día ésta trata de corrientes de cualquier magnitud y movimiento de motores con suficiente potencia como para accionar enormes torretas artilleras, lo que la diferencia de la ingeniería energética es que se

Las posibilidades que ofrecían los dispositivos electrónicos, como consecuencia de la naturaleza bipolar de su material, condujo a que pronto esta bipolaridad fuera asociada con sistemas lógicos bivalentes. En efecto, el sistema de numeración binario puede ser más fácilmente imitado en el sustrato bipolar de los dispositivos electrónicos.

Pero, los dispositivos electrónicos se revelaban aún más prometedores para la estrategia de imitar procedimientos lógicos en una máquina. Es posible disponer circuitos con salidas de corriente que puedan representarse como 0 y 1, a partir de ciertas corrientes de entrada, también representables como 0 y 1. Estas entradas y salidas de circuitos representadas pueden hacerse corresponder con un sistema lógico matemático, como es el álgebra de Boole, la cual operativiza sólo en símbolos 0 y 1.<sup>90</sup> En otras palabras, el procedimiento lógico que se quiere imitar en la máquina puede representarse por medio de la operatividad del álgebra booleana. Tal operatividad lógico bivalente se simboliza con 0's y 1's. Estos 0's y 1's pueden representarse en los circuitos con valores de voltaje entre 0 y 1. Las condiciones de salida del circuito se determinan por medio de la operatividad lógica del álgebra bivalente.

Sin lugar a dudas, se trata de una conjunción de desarrollos de pensamiento racional.

Un aspecto importante a destacar es que en esta forma de operativización que pasa de lo simbólico a la materialidad técnica, se expresa empíricamente el isomorfismo que subyace a los diferentes sistemas simbólicos operativizables, algo que se mostrará en el transcurso de esta exposición. Para efectos de este trabajo solamente se hará mención a los sistemas lógico-simbólicos que han servido como fundamento de la estrategia para maquinizar procedimientos lógicos. En resumen éstos son:

- Álgebra de proposiciones: Sistema lógico bivalente.

Verdadero (1), Falso (0). Conectivas lógicas

conjunción, disyunción .<sup>91</sup> Tablas de Verdad.

- Álgebra de Boole: Sistema simbólico bivalente con 0 y 1. suma, resta.

---

centra prioritariamente no en la economía de energía, **sino en la exacta reproducción de una señal**". WIENER, Norbert. 1998, p. 65. Énfasis añadido.

<sup>90</sup> El planteamiento de esta correspondencia se atribuye a Claude Shannon. Ver WIENER, N. Op. Cit. p 36.

<sup>91</sup> Aquí se tienen en cuenta sólo estas funciones, pues las otras de este sistema pueden reducirse a estas dos.

¿Cómo se realiza la representación de un procedimiento lógico en los circuitos, por medio del álgebra de Boole?

El modelo lógico simbólico permite expresar formalmente la racionalidad que subyace al pensamiento estratégico para adelantar el procedimiento lógico a maquinizar. Para ello es necesario, entonces, comenzar por explicitar los pasos de tal procedimiento. En otras palabras, hay que examinar las condiciones del problema y de su solución, que en últimas es una estrategia o manera de pensar para adelantar una determinada tarea de pensamiento, con fines prácticos.<sup>92</sup>

A continuación se expone con un ejemplo sencillo relativo a un procedimiento lógico de control, la forma como puede simularse<sup>93</sup> en un circuito eléctrico o electrónico la racionalidad para un fin práctico.

Se comenzará por exponer las condiciones del fin práctico de este ejemplo:<sup>94</sup>

La bombilla de la escalera se enciende si y sólo si  
se acciona el interruptor ubicado en el piso bajo  
ó, si se acciona el interruptor ubicado en el piso alto  
ó, ambos a la vez

A partir de estas proposiciones se puede deducir que:

<b>NO</b> activo interruptor piso bajo	<b>NO</b> activo interruptor piso alto	<b>NO</b> prende bombilla
<b>NO</b> activo interruptor piso bajo	<b>SI</b> activo interruptor piso alto	<b>SI</b> prende bombilla
<b>SI</b> activo interruptor piso bajo	<b>NO</b> activo interruptor piso alto	<b>SI</b> prende bombilla
<b>SI</b> activo interruptor piso bajo	<b>SI</b> activo interruptor piso alto	<b>SI</b> prende bombilla

Este raciocinio plantea las **condiciones** para una situación práctica determinada. Si en las expresiones anteriores se reemplazan los **SI** por un uno (1) y los **NO** por un cero (0), la representación de estas opciones quedará de la siguiente manera:

---

<sup>92</sup> Se acostumbra hablar de **problema**, sin embargo para claridad de la exposición se dirá aquí **fin práctico**.

<sup>93</sup> Para el caso de la operatividad pueden asumirse como sinónimos **representar** y **simular** en la máquina, procedimientos lógicos.

<sup>94</sup> Aunque hoy la situación que se describe puede ser resuelta técnicamente con un sencillo interruptor por fuera de una máquina, el ejemplo es ilustrativo de lo que se ha llamado **circuito lógico**.

Interruptor piso bajo	Interruptor piso alto	Bombilla
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Cuadro 12: Tabla de verdad para un circuito “O (OR)”

Esta representación configura la “tabla de verdad” para las opciones que se dan de acuerdo con las condiciones de la situación práctica planteada.

En esta situación hay dos condiciones variables:

Encender la bombilla desde el piso de abajo.

Encender la bombilla desde el piso de arriba.

Además estas dos condiciones variables son disyuntivas; se sucede una **ó** la otra.

Nos encontramos aquí frente a un conector lógico disyuntivo del álgebra de proposiciones, y ante una suma booleana, de acuerdo con las leyes de estos sistemas lógicos. Aunque la situación práctica tiene dos variables, las posibles combinaciones entre ellas, **en las condiciones dadas**, son cuatro, como se ha expresado con el raciocinio y la tabla de verdad.

Para operativizar en la máquina esta situación, <sup>95</sup> lo más indicado es un circuito que permita representar sus condiciones:

Debe ser dispuesto de manera que posea dos **entradas** como interruptores. Recuérdese que estos interruptores tienen dos opciones de funcionamiento: prendido-apagado. Y debe tener una **salida** que será un paso de corriente, que sólo se activará para tres formas de combinación de las variables de entrada, para encender la bombilla.

La conectiva lógica disyuntiva puede representarse en un circuito en paralelo. Y como la situación lógica disyuntiva que se ha examinado aquí, es lo que puede estimarse un raciocinio

---

<sup>95</sup> Aunque en este caso se trata de una sencilla situación práctica de control, el ejemplo es válido para procedimientos lógicos que pueden ser expresados por medio de raciocinios deductivos SI - NO y representados en dispositivos bipolares.

simple, al circuito que lo representa se le considera básico y como acaba de anotarse, es en paralelo. A tal dispositivo básico se le conoce con el nombre de **Compuerta lógica O** (OR, en inglés). A este dispositivo material corresponde en términos lógicos lo que se ha denominado **Operador lógico O** (OR), que es equivalente a la conectiva disyuntiva.

Ahora, se examinará otro ejemplo sencillo de situación práctica, que puede abordarse con otro raciocinio simple:

La puerta trasera de un automóvil puede abrirse si y sólo si:

Se acciona el interruptor ubicado en la silla trasera  
y se acciona el interruptor ubicado en el puesto del conductor.

Al igual que en el caso anterior, esta situación presenta unas condiciones variables. Las opciones posibles con estas dos variables, que pueden deducirse de las proposiciones anteriores, se expresan textualmente así:

NO activo interruptor trasero	NO activo interruptor delantero	NO abre puerta
NO activo interruptor trasero	SI activo interruptor delantero	NO abre puerta
SI activo interruptor trasero	NO activo interruptor delantero	NO abre puerta
SI activo interruptor trasero	SI activo interruptor delantero	SI abre puerta

Para que la puerta se abra deben estar activos al mismo tiempo los dos interruptores. En este caso se presenta una conectiva lógica **conjuntiva**, que en el álgebra booleana corresponde al producto. Al reemplazar **SI** con 1 y **NO** con 0, como en el caso anterior, se tendrá la siguiente tabla de verdad para las combinatorias posibles en las condiciones de la situación expuesta:

Interruptor silla trasera	Interruptor puesto conductor	Bombilla
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Cuadro 13: Tabla de verdad para un circuito “Y(AND)”

El circuito que represente condiciones conjuntivas debe construirse en serie. Esta situación, como la anterior, se expresa con un raciocinio simple y el dispositivo que puede representarla también es un circuito básico, conocido con el nombre de **Compuerta lógica Y** (AND, en inglés). El operador lógico correspondiente es el **Operador Y** (AND).<sup>96</sup>

Aunque los sistemas simbólicos que han servido como base para el diseño de circuitos lógicos poseen otros tipos de operadores, sólo se consideran para tales fines las disyuntivas y conjuntivas, esto es, sumas y multiplicaciones que equivalen a operadores y compuertas **O** e **Y**, respectivamente. Los restantes operadores de estos sistemas pueden reducirse a los mencionados.

Un tercer operador que se considera es el NO (NOT, en inglés)<sup>97</sup> que es la negación de los anteriores.

Hasta aquí se han ilustrado dos situaciones prácticas elementales en las que sus condiciones se imitan con circuitos que pueden ser considerados **unidades básicas (OR, AND)**.<sup>98</sup> Pero, ¿cómo se logra maquinizar un procedimiento más complejo?

A grandes rasgos, y sin entrar en detalles de la lógica matemática, la estrategia es como sigue:

- El procedimiento lógico que se va a imitar se descompone en una serie de pasos secuenciales simples.<sup>99</sup>
- Se examinan las condiciones de cada paso.
- Se determina el número de variables de cada paso.
- Se efectúa la tabla de verdad y se determinan las combinaciones con salidas válidas.

Las condiciones del procedimiento lógico a simular son las que determinan el número de variables. En el caso de que se tengan más de dos variables las opciones combinatorias pueden incrementarse considerablemente. Si por ejemplo, las variables son cinco, entonces las posibilidades combinatorias serán  $2^n$  ( $n$ = número de variables), esto es  $2^5 = 32$ . Pero en realidad,

---

<sup>96</sup> Se consideran estos operadores lógico abstractos porque el diseño de circuitos lógicos es precedida por los operadores abstractos que luego serán las **compuertas lógicas** de los circuitos. El diseño abstracto antecede a la objetivación en la maquinización.

<sup>97</sup> De aquí en adelante se designarán las compuertas en inglés, por ser lo más usual y lo más práctico para quien escribe en español.

<sup>98</sup> De cierta manera pueden considerarse insumos lógicos.

<sup>99</sup> Quizá por esta razón se han puesto en boga las metodologías como procedimientos secuenciales paso a paso.

las condiciones de un problema sólo comprenderán algunas de estas opciones posibles de combinación.<sup>100</sup> En otras palabras, sólo algunas de estas combinaciones tendrán una salida válida para la situación planteada, como en el caso de la bombilla que enciende sólo con tres combinaciones, o el del seguro de la puerta que se activa sólo con una combinación.

Si las salidas de la tabla son en su mayoría unos (1), entonces el procedimiento se trabaja como una conjunción, cuyas salidas o **términos** para la ecuación booleana, deben disponerse como producto de sumas. En el caso de que las salidas correspondan en su mayoría a ceros (0), se asume como disyunción y los términos se disponen como suma de productos.<sup>101</sup>

- Establecidos los términos, salidas combinatorias en la tabla de verdad; a partir de éstos se halla la función booleana.<sup>102</sup> Esta función establece el resultado o salida del circuito, que es el resultado de combinar activaciones biestables en el sustrato electrónico, esto es, en el circuito. De esta forma, el circuito representa un paso del procedimiento lógico.

La función booleana permite establecer el resultado, salida o función del circuito a partir de unas condiciones iniciales. La determinación de las condiciones de una tarea práctica de pensamiento es exclusivamente un ejercicio de lógica.

Recuérdese que para hallar la función booleana, a partir de la cual se diseña el circuito, se asumió una conjunción (operador AND) o una disyunción (operador OR), y con uno sólo de estos dos operadores se definió tal función.

El circuito que imita la función será entonces un conjunto del mismo tipo de compuerta lógica. Lo que cambia es la cantidad y el orden en que se sitúan tales compuertas.<sup>103</sup>

Recuérdese también que la función se estableció para un paso del procedimiento, lo que significa que por cada procedimiento serán necesarios varios conjuntos de compuertas lógicas AND y OR.

---

<sup>100</sup> Esta disposición técnica combinatoria de unos pocos elementos básicos, es análoga al modelo de la molécula de ADN.

<sup>101</sup> Ésto, porque luego cada circuito posee el inversor o compuerta NOT.

<sup>102</sup> No es del caso examinar aquí los requisitos para hallar este tipo de función.

<sup>103</sup> La analogía en este caso es el teorema de Mandelbrot, el cual determina siempre una forma compleja a partir de una unidad básica que se repite de manera infinita. Este teorema es la base de la geometría de fractales. MANDELBROT, Benoit. 1999, pp. 101 - 125.

Como es de suponer, entre más compleja la tarea de pensamiento a maquinizar, se requerirá un mayor número de combinatorias y de compuertas.<sup>104</sup>

Con la estrategia de maquinizar procedimientos lógicos para una determinada tarea práctica,<sup>105</sup> la racionalidad instrumental fin - medio, esto es, la lógica mecánica estratégica, se hace consciente, al tiempo que es manipulada y operativizada como objetivación.

El diseño de un circuito lógico es antecedido por la definición exacta de su propósito, manifiesto con rigurosidad en un raciocinio, análisis y síntesis simbólica. Se trata de una experiencia en el nivel de lo representacional abstracto, que no puede definirse a partir del terreno de lo empírico, como se hiciera en las primeras etapas de desarrollo de estrategias de maquinización.

#### **2.4.- Ser Humano y Sistema Técnico**

La máquina como objetivación de un artificio al que subyace necesariamente una estrategia humana, es algo que no debería perderse de vista, no sólo por lo que se refiere a una perspectiva humanista de la tecnología, sino en lo que respecta a la comprensión misma de su operatividad.

Con la estrategia contemporánea, el sistema técnico se complejiza de manera considerable y la cabal comprensión de éste precisa, quizá como nunca antes, considerar el lugar del diseñador. Será necesario enfatizar que las operaciones lógicas de la máquina son objetivación del propósito de su diseñador.

En general, en todos los procesos de maquinización el ser humano interviene de dos maneras importantes: como diseñador y como usuario, siendo necesario examinar la relación de uno y otro con el nuevo sistema técnico, resultante de la estrategia de maquinización contemporánea.

---

<sup>104</sup> La estrategia combinatoria se plantea ya como un problema en el desarrollo de la IA: “La mayoría de quienes trabajan en IA y en campos relacionados confiesan un acentuado sentimiento de frustración en lo que se ha logrado en los últimos años. {...} Hay una causa general para las frustraciones que se ha experimentado: no se han reconocido las implicaciones de la **explosión combinatoria**. Este es un obstáculo general que impide la construcción de un sistema sobre una base de conocimientos muy grande, que resulta del crecimiento explosivo de cualquier expresión combinatoria, correlativa a otras tantas formas de agrupar los elementos de la base de conocimiento de acuerdo con reglas particulares, a medida que el tamaño de la base se incrementa”. DREYFUS, Hubert y DREYFUS, Stuart. 1993, p 32.

<sup>105</sup> Aquí se asume que la tarea práctica no se refiere solamente a tareas de acción con implicación de materiales y herramientas. Se trata de procedimientos con propósito, incluyendo en esta categoría a tareas de pensamiento con finalidad instrumental.

### 2.4.1.- El diseñador primigenio:

Puede decirse que la estrategia de maquinizar la lógica comprende dos momentos. El primero, en el que se definen los “insumos lógicos”, sistemas lógico matemáticos y compuertas lógicas electrónicas, que acaban de describirse; y, el segundo, el de diseñar circuitos para procedimientos tareas lógicas completos. Ahora se expondrá un aspecto importante del segundo momento de la estrategia.

El conjunto de circuitos dispuestos con el propósito de realizar un procedimiento lógico completo, es lo que se considera una programación. Para las máquinas analógicas se proyectaron y realizaron programaciones que resultaban bastante dispendiosas, pues era necesario diseñar y conectar un programa diferente por cada procedimiento lógico específico.<sup>106</sup> Hasta este momento, las máquinas lógicas solamente ejecutaban cálculos numéricos.

Con el desarrollo de la estrategia digital binaria se da un paso definitivo. Ahora puede diseñarse un programa de instrucciones generales que será ubicado en circuitos fijos en la máquina. Este paso se conoce como “máquina ordenadora de programa almacenado”. Lo significativo de este desarrollo de “programa almacenado” es que ahora la máquina para realizar cálculos numéricos, será una máquina para procedimientos lógicos en general.<sup>107</sup>

¿Por qué la estrategia digital binaria permite un programa almacenado con un procedimiento básico general para diferentes tareas lógicas?

---

<sup>106</sup> “{...} {El ENIAC} podía hacer raíces cuadradas, logaritmos y otras funciones más complicadas. Von Neumann pensó que estos interruptores se podían usar de una manera diferente, es decir, para almacenar secuencias de instrucciones, codificadas en forma de números, que dirigirían el funcionamiento de la máquina. El programa conectado permanentemente se podía elaborar de tal manera que pudiera leer las instrucciones de los tableros de función, una tras otra, y hacer lo que indicaban los números. A partir de entonces, sería muy fácil programar la máquina para realizar nuevas tareas, ya que bastaría con marcar las órdenes en los tableros de **función {...}** **El programa se componía de pulcras columnas de números, ya no era como un nido de ratas lleno de cables**”. MORAVEC, Hans. 1990, p. 88.

<sup>107</sup> Una expresión de esta conciencia de la funcionalidad de la lógica en la máquina, se atribuye a von Neumann, así como el inicio, junto con Turing, de la escisión entre lógica y materialidad en la máquina. Uno de sus colaboradores se refiere a este hecho: “ {...} **von Neumann era la primera persona que entendió de forma explícita que una ordenadora llevaba a cabo esencialmente funciones lógicas, y que los aspectos** eléctricos eran secundarios {...} Antes de él la gente {...} se concentraba básicamente en los aspectos de ingeniería eléctrica. Por supuesto que estos aspectos eran de vital importancia, pero fue von Neumann el primero que dio un tratamiento lógico al tema, en gran parte como si fuera una rama convencional de la lógica y de las matemáticas”. Citado en HEIMS, Steve J. 1986, p. 168.

Para responder a esta cuestión, es necesario recapitular la estrategia de los “insumos lógicos”. Se hará de manera esquemática:

- Equivalencia entre funciones de sistemas lógicos simbólicos.
- Conjunción  $\longrightarrow$  multiplicación  $\longrightarrow$  Operador lógico AND  $\longrightarrow$  Compuerta lógica AND
- Disyunción  $\longrightarrow$  Suma  $\longrightarrow$  Operador lógico OR  $\longrightarrow$  Compuerta lógica OR
- Otras propiedades de los sistemas lógico simbólicos reducibles a las anteriores.
- Todas las anteriores a sólo un operador y respectiva compuerta lógica.
- Circuito lógico: Combinaciones del mismo tipo de compuerta (OR, AND), dispuestas de diferentes maneras. Disposición específica para salida buscada o **efecto** de combinación de entradas o **condiciones iniciales**. Hasta aquí un paso del procedimiento.<sup>108</sup>
- Circuito integrado: Combinaciones de circuitos lógicos para un procedimiento lógico en particular. La salida es el resultado del procedimiento lógico, la tarea lógica propuesta. Por ejemplo, circuitos sumadores, etc.

Todas estas equivalencias conducen a otra equivalencia: una lógica básica general, para determinado tipo de procedimiento lógico. Se trata de una lógica que se atiene a los rigores de la formalización:

Axiomas - premisas verdaderas - jerarquización - leyes de la deducción.

Es algo así como una ordenación lógica abstracta, de los aspectos ordenadores de la lógica. Así como la lógica matemática es una metalógica de la matemática, aquí será una nueva lógica de los aspectos ordenadores fundamentales de la lógica.

Tales ordenadores lógicos pueden orientar el diseño de instrucciones de orden general para ciertos procedimientos, instrucciones generales que luego se representan en circuitos. Estas

---

<sup>108</sup> Para la producción actual de éstos circuitos en serie, compuertas NOR = OR + NOT; y, NAND= AND+ NOT.

instrucciones generales son la operatividad de la máquina.<sup>109</sup> Para efectos de comprensión aquí se llamará “procedimiento lógico general”.

La máquina entonces podrá ejecutar procedimientos específicos, cuya lógica formalizada se corresponda con la lógica de las instrucciones de orden general, también formalizada.

Pero, si el procedimiento lógico general se sitúa de manera permanente en la máquina, ¿cómo se hace para que la máquina ejecute procedimientos específicos?

Aquí se hace necesario disponer de dos componentes más en la máquina: uno para ingresar datos y códigos de ejecución de instrucciones y, otro para almacenar los datos.

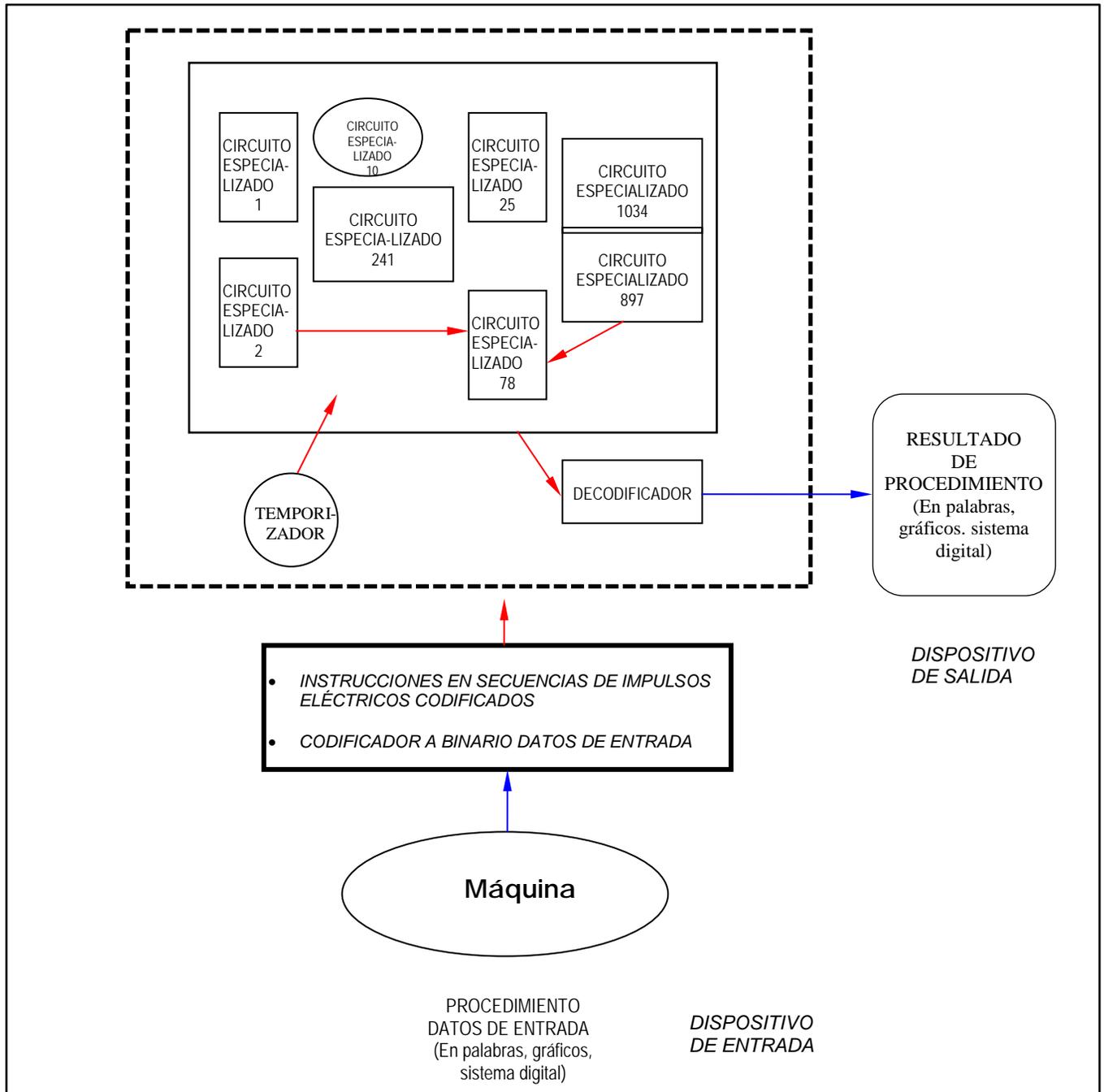
Por ejemplo, se ingresan los números 100 y 500. Estos números se almacenan en el componente correspondiente en la máquina.<sup>110</sup> Se activa la tecla que lleva la señal de multiplicar a la máquina  $100 \times 500$ , pues las instrucciones generales para este procedimiento se hallan en el programa almacenado. A grandes rasgos, sucede así: Se ingresan los números 100 y 500. La activación de multiplicar significa que se activará una determinada parte del programa almacenado que contiene las instrucciones generales de “multiplicar A x B”. En este caso, el programa almacenado ya ha recibido la señal indicando que  $A=100$  y  $B=500$ . De esta manera las instrucciones generales de “multiplique A x B” se convierten en “Multiplique  $100 \times 500$ ”. El siguiente paso es generar el resultado, de acuerdo con las instrucciones generales de multiplicación almacenadas. El resultado aparecerá a la salida de los circuitos que representan la instrucción general de multiplicación.

A continuación se presenta en el cuadro 14 un diagrama en el cual se intenta representar, de manera general, la disposición de la máquina para efectuar un procedimiento determinado. Este diagrama correspondería a lo que se ha denominado Esquema de Configuración, pues en él se especifican los componentes fundamentales del hardware de un computador moderno.

---

<sup>109</sup> En las máquinas computadores u ordenadores el conjunto de circuitos de instrucciones generales se denomina Unidad Central de Procesamiento, CPU.

<sup>110</sup> Se ingresaban por medio de tablero de cables en el ENIAC, tarjetas perforadas en el MARK I, o teclado en el ordenador moderno. Se almacenan en circuitos específicos de números de entrada (ENIAC y MARK) o en la memoria RAM, de trabajo, del ordenador moderno, que es otro circuito lógico.



Cuadro 14: Esquema de configuración de un computador moderno

En el diagrama anterior:

- Se ingresan unos datos de entrada y un procedimiento que se desea efectuar con ellos.
- Estos datos son convertidos en sistema binario.

- El procedimiento y los datos de sistema binario son convertidos en una secuencia de impulsos eléctricos codificados. Estos códigos indican una serie de lugares en la máquina. En este caso, los circuitos especializados 241, 897 y 78 y en esta secuencia particular, corresponden al procedimiento deseado.<sup>111</sup> Un procedimiento diferente significaría unos circuitos especializados diferentes en una secuencia distinta; ésto no significa, sin embargo, que todos los circuitos tengan que ser distintos.
- Un circuito temporizador sirve de motor para que la secuencia de pasos del procedimiento se haga de manera automática.
- Se efectúan los pasos del procedimiento: Los impulsos eléctricos activan una serie de circuitos especializados, en la secuencia prescrita según el tipo de procedimiento. En este caso, en el tiempo 1, el impulso activa el circuito especializado 241, en el tiempo 2 el c.e. 897,.... etc.
- Concluido el procedimiento, el resultado se decodifica inversamente a la entrada, es decir, de impulso eléctrico a sistema binario al sistema en que se ingresaron los datos de entrada (palabras, gráficas o sistema decimal).

#### **2.4.2.- La codificación en la máquina lógica.**

El que un procedimiento lógico se desglose en los pasos que lo componen, como otras unidades discretas; que estos pasos puedan ser representados en circuitos biestables; y, además, que la disposición de tales circuitos biestables puedan simbolizarse como una sucesión de ceros (0's) y unos (1's), comporta dos consecuencias importantes:

Primero, la configuración de un sistema simbólico de máquina. Segundo, que estas simbolizaciones ya no sólo representan cantidades numéricas sino también pasos de un procedimiento lógico.

De aquí en adelante, la programación, o sea la disposición de los circuitos, puede expresarse por medio de lo que se conoce como "lenguaje de máquina", procedimiento que facilita la labor de disposición lógica técnica. Sin embargo, acerca de este "lenguaje de máquina" hay que precisar que no se trata de un lenguaje lógico simbólico y que tampoco representa un universo de sentido.<sup>112</sup>

---

<sup>111</sup> Recuérdese que se trata de un diagrama esquemático, sin una correspondencia real con los circuitos que efectivamente se encuentran en las diferentes tarjetas de la máquina computadora.

<sup>112</sup> La configuración de sentido implica la mediación simbólica y representacional de los seres humanos.

En este caso será más apropiado referirse a un sistema de códigos que indican una disposición particular de señales en un lugar de la máquina, de tal forma que puedan producir un efecto en otro lugar de ésta, en otros circuitos.

La estructura del código se corresponde con una particular disposición de circuitos, que a su vez corresponde a un procedimiento lógico.



Cuadro 15: Correspondencia código binario- circuito especializado-procedimiento lógico

Como toda codificación, la de la máquina lógica es también una convención, que en este caso se define de acuerdo con el propósito de diseño. En el desarrollo de este tipo de máquina, se han propuesto diferentes códigos.<sup>113</sup>

La codificación digital binaria debe definir agrupaciones con un determinado número de bits, que puedan ser asumidas como palabras. Cada agrupación representa un ciclo, esto es, un circuito con una determinada dirección o posición de la memoria. Para representar una instrucción pueden ser necesarias varias palabras. Esto quiere decir que una sola instrucción puede comprender varios ciclos.<sup>114</sup> El conjunto de palabras representa toda la programación de un procedimiento o conjunto de procedimientos.

Además de definir el tamaño de los circuitos, la codificación es ante todo un medio para los procesos de comunicación necesarios a la operatividad de la máquina. Los procesos de comunicación de la máquina ordenadora son básicamente dos:

1. Transmitir un mensaje. Datos de entrada y salida. Ya se mencionaron dispositivos de entrada y salida en la máquina.<sup>115</sup> Los datos de entrada y salida de la máquina (números, palabras, gráficos, etc.) se hallan en las simbolizaciones acostumbradas (sistema decimal, palabras en lenguaje natural, líneas, etc.), pero los circuitos de la máquina sólo reaccionan a señales codificadas de

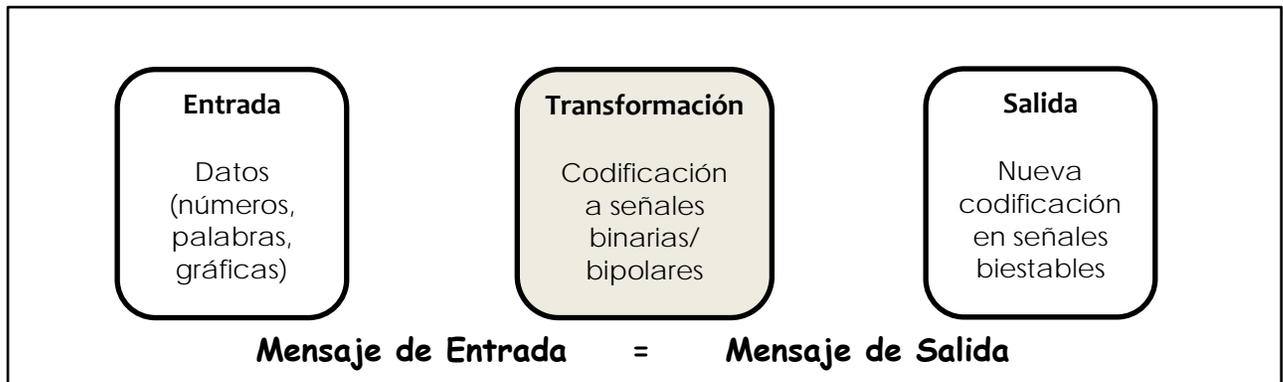
<sup>113</sup> En la actualidad los códigos BCD, Hexadecimal y ASCII son los más usados internacionalmente.

<sup>114</sup> A palabras más grandes se requiere de mayor capacidad de memoria de máquina para la programación.

<sup>115</sup> Tableros de circuitos. Actualmente, teclados, ratones, pantallas.

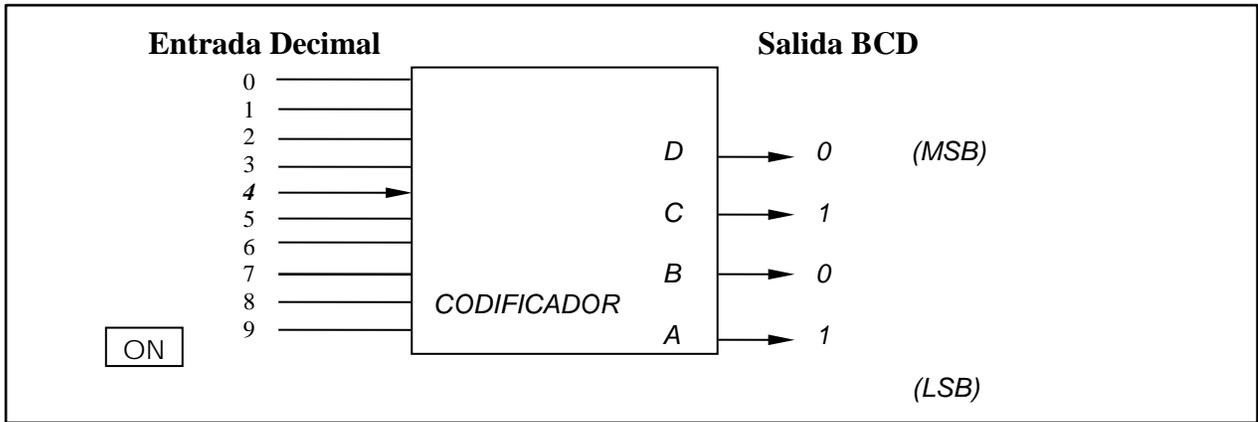
otros circuitos. Esto quiere decir que desencadenar la acción de los circuitos que representan procedimientos, requiere de otros circuitos que codifican señales eléctricas, y no decimal, palabras o líneas.

Para que pueda darse este esquema de funcionamiento, será necesario disponer un circuito en el que los impulsos de las acciones de entrada, indicados con símbolos en el teclado o en la pantalla, se codifican como señales biestables que luego se transforman a otro código de señales que producen un efecto de registro de memoria <sup>116</sup>



Cuadro 16: Representación sistémica de circuitos

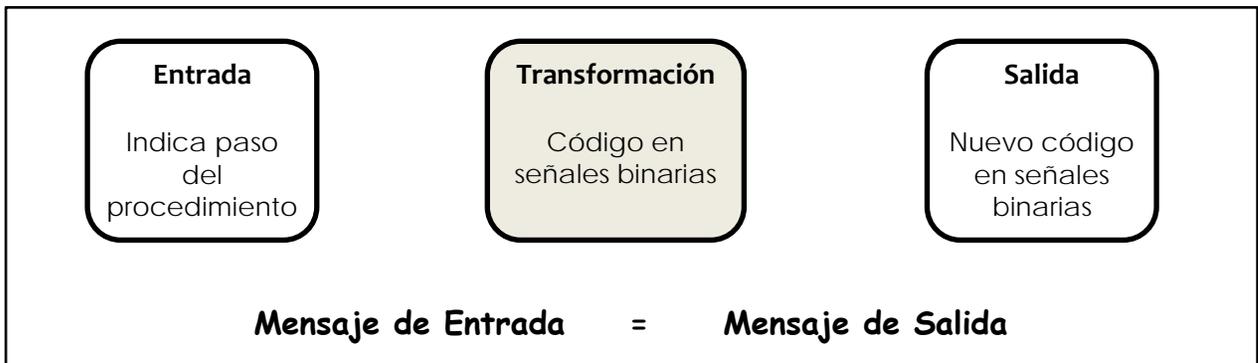
<sup>116</sup> Este dispositivo transformador se conoce como codificador-decodificador y, más específicamente, como “traductor”. El dispositivo de salida como “memoria de corto plazo”.



Cuadro 17: Representación en Símbolos<sup>117</sup>

2. Computar datos. Otra forma de entrada, igualmente codificada desde los dispositivos de entrada por medio de simbolizaciones usuales, transforman a código nuevo de señales eléctricas para producir un efecto en los circuitos dispuestos para el **procedimiento**.<sup>118</sup>

Aquí el código de entrada se corresponde con la activación de determinadas direcciones de los circuitos dispuestos para efectuar el procedimiento que corresponde a tal código.



Cuadro 18: Representación sistémica de circuitos

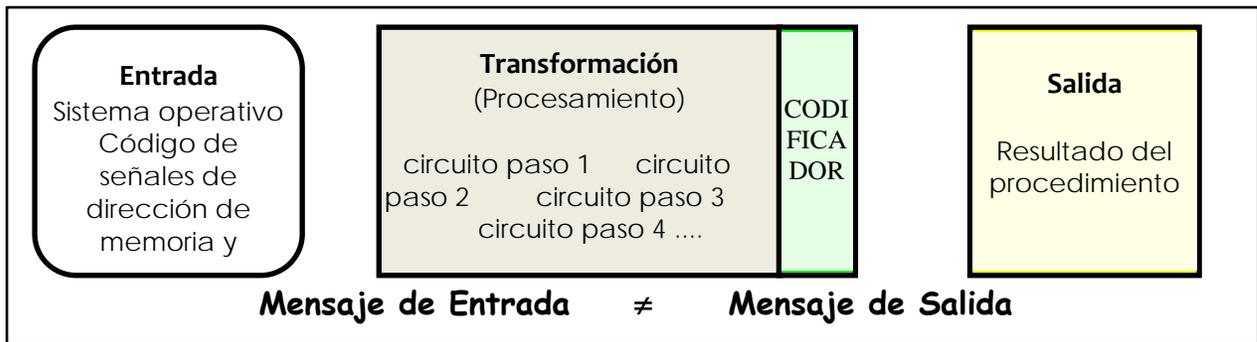
Hasta aquí el proceso de comunicación es igual al de los **datos de entrada**, pero en este caso las nuevas señales codificadas no se registran en circuitos dispuestos como memoria de corto plazo, sino que activan un circuito temporizador.

En esta clase de circuito, las señales se hallan codificadas para una secuencia determinada de **ciertos** pasos del procedimiento, que se comportan como series temporales. Este circuito es el motor de la operatividad del procedimiento,<sup>119</sup> que ya no requiere intervención humana.

<sup>117</sup> Ejemplo tomado de BARCO GÓMEZ, y otros. 1998, p. 156.

<sup>118</sup> Programa almacenado. La codificación de salida se conoce como *órdenes*. En las explicaciones de divulgación sobre este caso se emplean comúnmente metáforas tales como *secretaria* para el programa almacenado y *jefe* para el código de direcciones.

A continuación se representa sistémicamente esta **operatividad** de la máquina que es lo que se conoce como **Procesamiento de información**.



Cuadro 19: Representación sistémica del Procesamiento de Información

El problema de disposición de los componentes materiales de la máquina lógica debió ser abordado desde que se pensó en las primeras calculadoras. Es insalvable la condición de que para cualquier cómputo los datos con los que se va a realizar éste puedan ser “situados” en la máquina de manera estable, hasta tanto se inicie la operación de computación.

Las primeras formas de almacenamiento mecánico se efectuaron con mecanismos de ruedas que giraban hasta cierto punto y permanecían así, hasta que se accionaba el eje correspondiente al procedimiento.

El diseño de Babbage, con propósito de cálculos complejos, disponía de una forma de memoria mecánica que él denominó “almacén”. Los datos se ingresaban por medio de tarjetas perforadas, una estrategia que se empleó también para diversas formas de programación en máquinas posteriores.

Otra condición insalvable, como aspecto clave del propósito y, por tanto, de la operatividad de la máquina, era el procesamiento simbólico. En este aspecto se hace especialmente crítico el poder disponer de los operadores técnicos adecuados. El logro de un procesamiento simbólico no restringido a cálculos numéricos; el almacenamiento de programa de instrucciones básicas, el

<sup>119</sup> “{...} la computadora ideal debe tener todos los datos introducidos al principio y estar lo más desvinculada posible de la intervención humana hasta el final. Esto significa que no sólo hay que introducir los datos numéricos al principio, sino también todas las reglas combinatorias en forma de instrucciones que cubran cualquier situación que pueda producirse durante el proceso de computación. Por tanto, la computadora debe ser una máquina lógica y a la vez aritmética que combine las contingencias con arreglo a un algoritmo sistemático. Aunque hay muchos algoritmos que pueden emplearse en las contingencias combinadas, el más simple es el álgebra de lógica *par excellence*, ó álgebra de Boole”. WIENER, N. Op. Cit. pp. 161-162.

incremento de la capacidad de almacenamiento, así como el incremento de la velocidad de procesamiento, han estado indisolublemente ligados tanto a la estrategia de software como a la de hardware. Este hecho es igualmente válido para los sucesivos mejoramiento en la salida de los datos procesados.

Aunque un avance significativo de la estrategia de maquinización lógica dependerá tanto de una estrategia, como de la otra, lo cierto es que se han dado las condiciones para que se escindan los caminos del quehacer técnico para el software y el hardware, en el terreno de las múltiples aplicaciones. Tal explosión de aplicaciones se afirma sobre una exitosa y relativamente estable estrategia de hardware, que ya puede producir en serie y estandarizar comercialmente circuitos lógicos básicos.<sup>120</sup>

#### **2.4.2.- Del diseñador primigenio a varios niveles de diseñador y usuario**

Los primeros programas debieron tener en mente la materialidad de los circuitos<sup>121</sup>. La estrecha correspondencia entre éstos y los diseños lógico simbólicos era necesaria, pues la estrategia recién comenzaba a consolidarse. Luego del avance con el programa almacenado y una codificación simbólica de máquina, el diseño y aprovechamiento continuaban restringidos a unos pocos especialistas. No obstante, era perfectamente posible llevar la estrategia al punto en que a este tipo de máquina pudiera acceder un amplio número de usuarios.

Lo primero fue lograr una codificación de salida de uso común. Lo segundo, adaptar la programación a diferentes tareas lógicas.<sup>122</sup> Este último propósito condujo a varios niveles y diversificaciones tanto de los circuitos lógicos de la máquina, como de la complejidad de la programación lógica y también, de los posibles usuarios.

---

<sup>120</sup> Diseño por computador, circuitos integrados con técnicas fotográficas.

<sup>121</sup> Sobre von Neumann se ha dicho que: “{...} sus contribuciones a las máquinas calculadoras abarcan desde la articulación lógica de su diseño hasta la elaboración de los detalles de la construcción de elementos específicos de los circuitos”. BERNSTEIN, Jeremy. Op. Cit. p. 79. En la Universidad de Manchester (Inglaterra), se construyó en 1949 una computadora digital con programa almacenado, bajo la dirección de Alan Turing. “Konrad Zuse inventó en su juventud el concepto de cálculo programado, en Alemania de 1934 {...} la tercera máquina de la serie, construida con el respaldo del gobierno alemán, se terminó en 1941 y era ya un ordenador, controlado por una unidad de grabación con coma flotante binaria{...}”. MORAVEC, Hans. Op. Cit. p. 76,

<sup>122</sup> Esto es similar al cambio de la herramienta de trabajo en máquinas que imitan acción funcional de órganos locomotores: diferentes piedras de moler, martillos y perforadoras, etc.

Así, desde el “lenguaje de máquina”, compuesto por series de unos (1’s) y ceros (0’s), que sólo puede ser “leído” y utilizado por especialistas, se han desarrollado los siguientes niveles de lenguajes de programación:

- Nivel de Ensamble (Assembly language): Este tipo de lenguajes asigna un código mnemotécnico a cada comando de lenguaje de máquina; de esta manera, el lenguaje *assembler* “traduce” los códigos mnemotécnicos usados por el programador humano al código binario del lenguaje de máquina. Podía reducirse así el tiempo de programación, pero los códigos mnemotécnicos estaban estrechamente relacionados con el tipo de máquina, por lo que un programador debía efectuar un aprendizaje nuevo cada vez que trataba con máquinas diferentes.
- Lenguajes de “Alto Nivel”. Se desarrollaron en respuesta a la necesidad de que una expresión simbólica pudiera representar muchas instrucciones de lenguaje de máquina y de “independizar” el nivel de programación del tipo de máquina. Estos programas utilizan palabras en lenguaje natural (usualmente inglés), cada una de las cuales representa unos miles de instrucciones en lenguaje de máquina. Pero, requieren por tanto de un programa “traductor”, almacenado en la memoria, que lo convierta en lenguaje de máquina. Ejemplos de estos lenguajes, desarrollados desde mediados de los años cincuenta, son el FORTRAN, BASIC, LISP, PROLOG, etc. Ya en este nivel, el usuario no necesita conocer la disposición de los circuitos de la máquina, ni lenguaje de máquina, aunque si requiere de conocimiento de la sintaxis del lenguaje de programación, así como tener un propósito para el programa que va a desarrollar, usualmente relacionado con un problema científico o tecnológico.
- Programas de Aplicación (también denominados programas utilitarios): Son programas desarrollados con un lenguaje de alto nivel, para diversas aplicaciones referidas a una tarea específica, que puede ser procesar texto (p. ej. *word* y programas similares), realizar una serie de cálculos (p. ej. las hojas electrónicas como *excel*), trabajar con gráficas o una combinación de las anteriores. En este caso, el usuario sólo requiere conocer la operatividad del programa, algo que puede lograrse con las *ayudas* que el mismo programa contiene; no se necesita conocer la sintaxis de un lenguaje de alto nivel y, menos aún, la disposición de los circuitos. Este nivel de programación ha permitido un incremento notable en el número de usuarios de la máquina, así como en la variedad de sus aplicaciones.

## **2.5.- Control: Máquinas de Comunicación**

Como se ha expuesto hasta aquí, puede asumirse que en general la maquinización, incluyendo aquella con operadores mecánicos, comporta una lógica mecánica que bien puede caracterizarse como estrategia.

La idea de control se vincula directamente al propósito de la maquinización para realizar la acción de trabajo. Las primeras máquinas por medio de operadores sencillos, reemplazan las acciones de los órganos de locomoción, por ejemplo, el torno manual agiliza la acción de giro o disminuye el esfuerzo al sacar agua de pozos, etc. Obsérvese que en estos casos, la operatividad de la máquina se orienta a mover la herramienta de trabajo. En casos más especializados, la herramienta de trabajo puede reemplazar movimientos de las manos mismas.

Examinado así, puede decirse que el control es consustancial a la operatividad de la máquina, ya que de lo que se trata es que ésta ejecute procedimientos que reemplazan al ser humano. En este sentido, la máquina es autónoma para tales procedimientos.

Este reemplazar la acción funcional de órganos de locomoción, no obstante, presenta una limitación importante: No se maquiniza la intervención volitiva para modificar la acción en el transcurso del procedimiento de trabajo, una intervención que depende del ser humano. ¿En qué momento debe iniciarse el procedimiento?, ¿en qué momento debe cambiarse el curso para adelantar otro paso del procedimiento?, ¿en qué momento concluye éste? <sup>123</sup>

Los procedimientos de control se objetivan inicialmente en la máquina como control de las fuentes de energía, <sup>124</sup> por medio de dispositivos que se ubican entre la fuente de energía y el motor. <sup>125</sup>

En el transcurso del proceso de maquinización el grado de intervención humana se ha pretendido cada vez menor, lo que supone un incremento de control en la máquina, esto es, maquinizar la acción volitiva para las decisiones que plantean las modificaciones en un procedimiento de trabajo. Aquí, el propósito se orienta a independizar estas decisiones del ser humano.

---

<sup>123</sup> Estas limitaciones que conducían a que la máquina realizara sólo uno de los varios pasos de un procedimiento condujeron a que se mantuviera la división del trabajo establecida para la manufactura, también en la producción industrial en serie.

<sup>124</sup> La idea de que la técnica controla fuerzas de la naturaleza quizá se refiera al control de la fuerza que confiere el impulso primario a la máquina, esto es, su fuente de energía (agua, viento, materiales combustibles, electricidad).

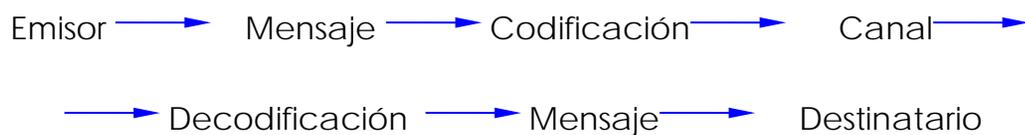
<sup>125</sup> Canalizadores de agua, válvulas de paso, interruptores eléctricos, etc.

Si bien desde la antigüedad se procuró realizar este propósito sobre la base de mecanismos, y la historia de la técnica muestra ingenios que son representativos del propósito de control, las posibilidades para este fin se incrementaron considerablemente con los dispositivos eléctricos y electrónicos. A los dispositivos con propósitos de control se les dió el nombre de servomecanismos.<sup>126</sup>

Los dispositivos eléctricos y electrónicos permiten una disposición con diferentes opciones de salida, que se definen como respuesta a determinadas condiciones de entrada. La transformación entre la entrada y la salida, puede diseñarse como un proceso de comunicación.

Para tratar con el proceso de comunicación, se examinarán brevemente sus componentes básicos.

- **Fuente:** De donde parte el mensaje a transmitir.
- **Emisor:** Emite el mensaje.
- **Transmisor /Codificador:** Dispositivo que convierte el mensaje en un código que puede ser transmitido por el canal.
- **Canal:** Medio físico por donde circula el mensaje.
- **Receptor/Decodificador:** Dispositivo que convierte el mensaje codificado al código que puede comprender el destinatario.
- **Destinatario:** Quien recibe el mensaje.
- **Información:** Contenido del mensaje. Cada mensaje puede contener más o menos información.



<sup>126</sup> “ {.. } los dispositivos de dirección de un barco son una de las primeras y mejor desarrolladas modalidades de servomecanismos”. WIENER, N. Op. Cit. p. 35

Este modelo sistémico del proceso de comunicación representa adecuadamente la operatividad de un dispositivo de control. A continuación se ilustra con un ejemplo.<sup>127</sup>

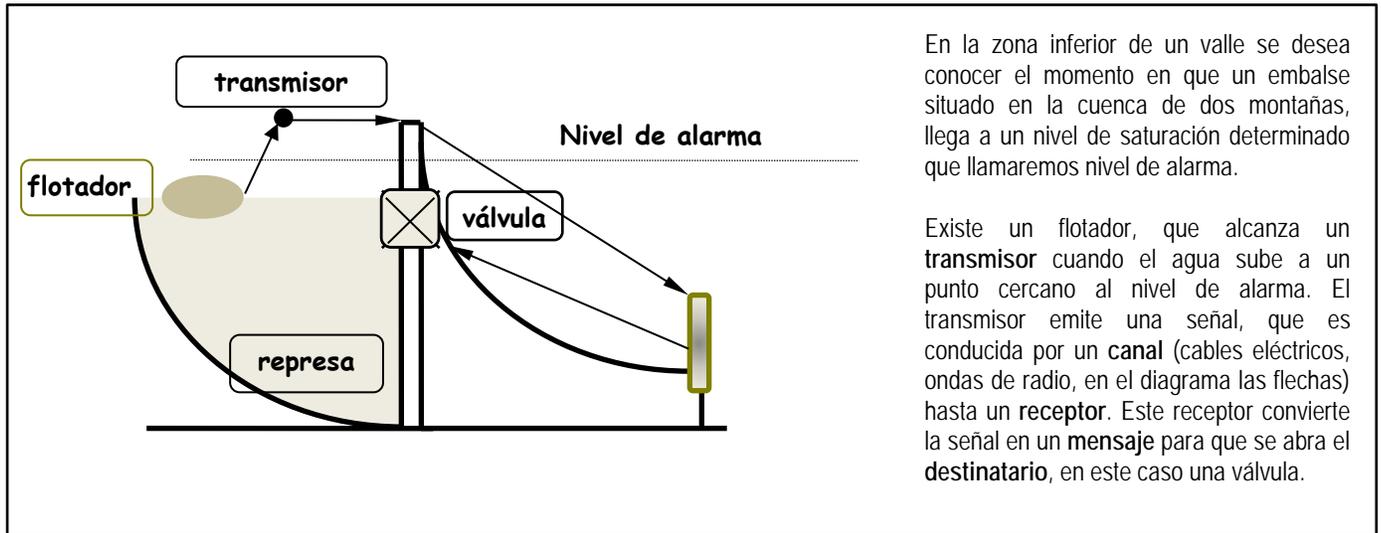


Figura 6: Esquema de un sistema con retroalimentación

El propósito aquí es producir un estímulo frente a cierta condición del sistema que puede o no ser deseable. Sin embargo, el proceso no termina en este punto, pues el estímulo genera una reacción que produce un tipo de modificación en la operatividad del sistema.

Esta forma operatividad cuya salida implica a su vez un propósito de operatividad, es lo que se conoce como **retroalimentación**. En este caso el propósito es doble:

Propósito 1 → producir un estímulo

Propósito 2 → producir una reacción modificadora de la operatividad

La capacidad para reaccionar frente a estímulos externos es propia de los organismos vivos. En este tipo de estímulo que produce una reacción modificadora, se hallan involucrados los órganos sensoriales que reaccionan a cambios de iluminación, temperatura, corrientes eléctricas, etc.<sup>128</sup>

<sup>127</sup> Este ejemplo práctico y claro de comunicación por medio de dispositivos se encuentra en ECO, Umberto. 1994, pp. 43 - 44.

<sup>128</sup> “ {...} los órganos a través de los cuales se reciben las impresiones son equivalentes a los órganos sensoriales humanos y animales. Constan de células fotoeléctricas y otros receptores lumínicos, sistemas de radar que perciben sus propias ondas cortas hertzianas, receptores de potencial de los iones de hidrógeno que, podríamos decir, asumen una función gustativa; termómetros, calibres de presión de diversos tipos, micrófonos, etc.”. WIENER, N. Op. Cit. pp. 68-69.

La posibilidad de comprender la naturaleza de estas reacciones en los organismos vivos y de lograr maquinizarlas como manifestaciones de control de la operatividad, condujo a plantear el ambicioso proyecto de la cibernética.<sup>129</sup>

De esta forma, la analogía entre el proceso estímulo - respuesta de los seres vivos y los aspectos que involucra el proceso de comunicación, ha resultado ser una perspectiva fructífera en la estrategia de maquinizar los aspectos de control de los seres vivos.

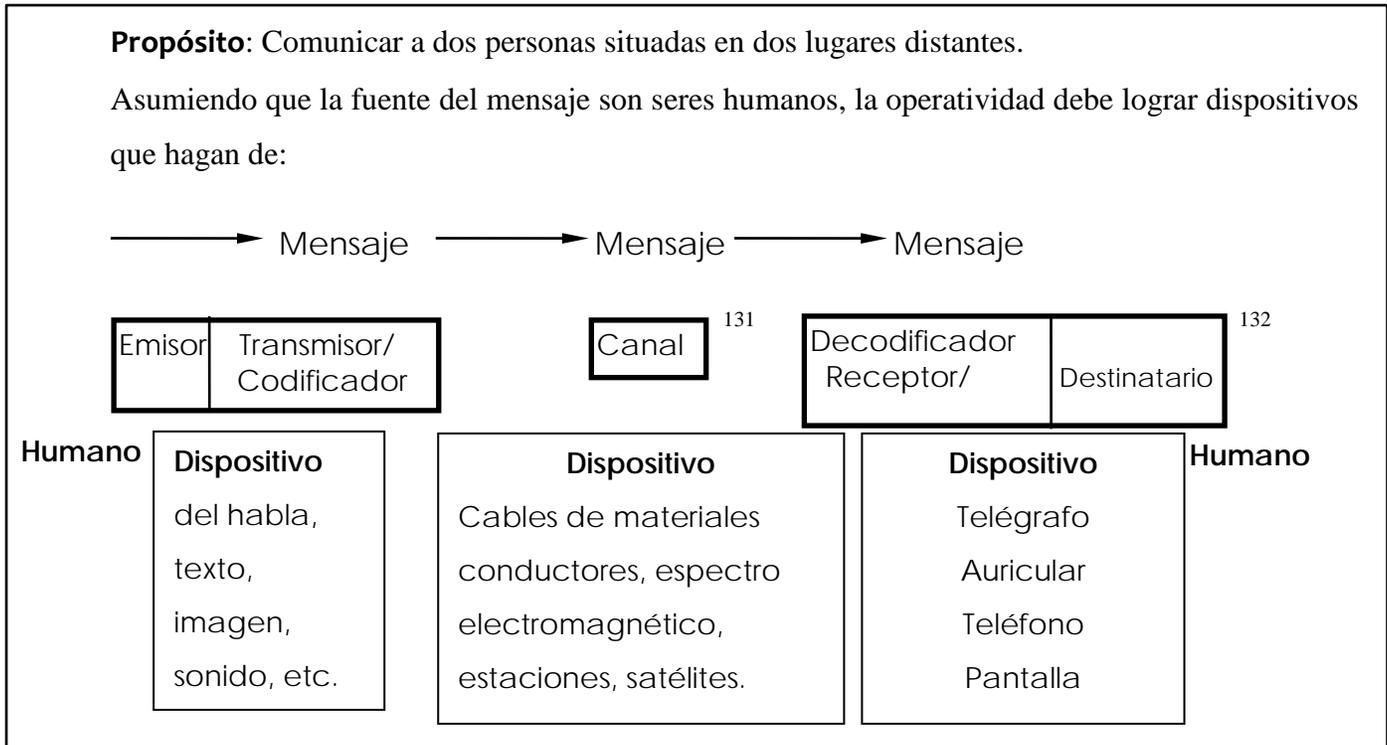
Y como en el caso de la máquina lógica, cuya estrategia estuvo precedida **fundamentalmente** por la comprensión operativa de ciertos aspectos ordenadores de la lógica; en el de la cibernética, los aspectos comunicativos involucrados en las reacciones estímulo - respuesta son los determinantes.<sup>130</sup>

El modelo del proceso comunicativo se involucra en dos modalidades técnicas. La primera, es la que tiene que ver con sistemas de productos artefacto para establecer comunicación entre seres humanos. En esta forma hay una mediación de sentido y el sistema técnico hace las veces de codificador - decodificador y canal, fundamentalmente. La segunda modalidad se refiere a la comunicación de señales codificadas en la máquina, caso que ya se examinó en la máquina computadora y en los dispositivos de control. En estos dos casos, el sentido del mensaje no es lo que cuenta en los sistemas técnicos, sino la fidelidad en la transmisión de éste.

---

<sup>129</sup> “{...} hace cuatro años, el grupo científico que formábamos el Dr. Rosenblueth y yo, era consciente de la unidad esencial del conjunto de problemas que constituían la médula de la comunicación, el control y la mecánica estadística, fuera en la máquina o tejido vivo {...}, decidimos denominar el campo de la teoría del control y la comunicación en máquinas y animales, *cibernética* (vocablo formado a partir del término griego *timone*)”. WIENER, N. Op. Cit. pp. 34 -35.

<sup>130</sup> “A nivel de la ingeniería de comunicación nos parecía a (Mr. Bigelow y a mí) evidente que los problemas de ingeniería de control y de ingeniería de comunicación eran inseparables y se centraban no en torno a la técnica de la ingeniería eléctrica, sino en torno al concepto mucho más fundamental de *mensaje*, ya fuera transmitido por medios eléctricos, mecánicos o nerviosos. El mensaje es una secuencia discreta o continua de episodios mensurables distribuidos en el tiempo, lo que en estadística se denomina series temporales”. WIENER, N. Op. Cit. p. 31.



Cuadro 20: Esquema de Comunicación mediada por Productos Artefacto

### 2.5.1.- La Codificación y la Teoría de la información

Para el caso de dispositivos materiales, cuyos mensajes no portan significado, la cantidad de información que transmite una señal codificada ha sido establecida por una serie de parámetros que se reúnen en lo que se ha llamado Teoría de la Información.

Aquí se examinará de manera somera el principio fundamental de esta teoría. Para ésto se traerá nuevamente a cuento el ejemplo dado antes para ilustrar el funcionamiento de la compuerta OR. Recuérdese que en este ejemplo se consideró un circuito con dos interruptores para encender una bombilla en un pasillo. Las condiciones de este circuito establecían una activación de manera disyuntiva: se prende la bombilla si se activa el uno o el otro.

Ahora se considerará, además, un circuito que en vez de dos interruptores poseerá tres, con unas condiciones de activación igualmente disyuntivas. Las tablas de verdad correspondientes a estos circuitos son:

<sup>131</sup> La transmisión del mensaje sin ruido o distorsiones a lo largo del canal ha sido uno de los mayores problemas de esta tecnología. WIENER, N. Op. Cit. p.33..

<sup>132</sup> En una comunicación vía Internet, p.ej., la máquina computadora no es ni emisor ni receptor, sino que en este proceso de comunicación hace las veces de un canal con registro de memoria.

### Con dos interruptores

A	B	Bombilla
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

1  
2  
3  
4

### Con tres interruptores

A	B	C	Bombilla
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
1	0	0	1
0	1	1	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8

Cuadro 21: Tablas de verdad para circuitos “O” con dos y tres interruptores

Las condiciones del primer circuito resultan en cuatro opciones ( $2^2 = 4$ )<sup>133</sup>, y las condiciones del segundo circuito resultan en ocho ( $2^3 = 8$ ). Los respectivos circuitos en funcionamiento no transmiten las cuatro señales, o las ocho señales al mismo tiempo. Sólo puede ser transmitida una señal cada vez.

Como puede observarse, hay más opciones o alternativas en el segundo circuito que en el primero. Cada alternativa del primero tiene dos entradas y cada una del segundo tres entradas. De este modo, y de acuerdo con la teoría de la información, con el segundo circuito se puede transmitir una mayor cantidad de información, porque “cantidad unitaria de información es la transmitida a modo de decisión simple entre alternativas igualmente probables”.<sup>134</sup>

En esta teoría, se llama “unidad de información” o “bit” (binary digit), a la “unidad de disyunción binaria que sirve para individualizar una alternativa”.<sup>135</sup> Cada alternativa se considera un “elemento entero” y se determina a partir de las diferentes combinaciones posibles de unos (1’s) y ceros (0’s) de las entradas.

<sup>133</sup> Esto es,  $2^n$ , siendo  $n$  el número de entradas del circuito.

<sup>134</sup> Wiener expone en su trabajo diferentes demostraciones de la “naturaleza estadística del mensaje y del ruido”: “Esta idea se le ocurrió casi simultáneamente a varios autores, entre ellos al estadístico R.A. Fisher, al Dr. Shannon de los Laboratorios Bell Telephone y al autor. La motivación de Fisher en el estudio del tema fue la teoría estadística clásica; la de Shannon fue el problema de la codificación, y la del autor el problema del ruido y el mensaje en los filtros eléctricos”. WIENER, N. Op. Cit. p.34.

<sup>135</sup> ECO, Umberto. Op. Cit.. p. 50

Para individualizar un “elemento entero” entre los cuatro del primer circuito se requieren 2 bits de información y 3 bits para individualizar una alternativa o “elemento entero” en el segundo circuito.

En el caso del segundo circuito se dispondrá de una cantidad mayor de información, pues cada señal de salida será el resultado de combinar tres entradas en lugar de dos. Entre más variables de entrada, mayores serán las alternativas de selección.

No obstante, un sistema con un alto número de alternativas de selección en su origen, p. ej., una codificación de 16 bits de entrada ( $2^{16} = 65.536$ ), se considera un sistema en un estado entrópico, esto es, con un alto grado de desorganización.

Introducir organización en el estado entrópico de este sistema significa pasar a un estado de información, para lo cual se seleccionarán únicamente las alternativas que sean relevantes en las condiciones de la tarea lógica a programar. En el caso de los circuitos, aquellas alternativas cuyas salidas encienden las bombillas; tres en el primer circuito, y siete en el segundo.

De esta forma, un sistema con mayor número de alternativas en su origen brindará mayor información únicamente a condición de que todas estas alternativas sean relevantes, esto es, que conformen un sistema **organizado**.<sup>136</sup>

### **2.5.2.- Control como procesamiento y comunicación. Convergencia de Estrategias**

Ya se expresó antes que la estrategia para maquinizar el control de la acción trabajo se fundamenta en el modelo del proceso de comunicación. También se describió que las diferentes funciones que integran la operatividad de una máquina ordenadora corresponden a funciones de circuitos lógicos y que estos diferentes circuitos se diseñan con base en la misma estrategia de programación. Ahora se verá que los circuitos lógicos obedecen al modelo de proceso de comunicación, a la manera de un sistema técnico de control.

---

<sup>136</sup> “Interviene entonces la función ordenadora del código ¿Qué sucede cuándo se introduce un código? Sencillamente, se limitan las posibilidades de combinación de los elementos en juego y el número de los que constituyen el repertorio. En la situación de igualdad de probabilidades de origen, se introduce un sistema de probabilidades: algunas combinaciones son posibles, y otras no lo son. La información de origen disminuye y la posibilidad de transmitir mensajes aumenta. {...} En el mismo sentido, el código {...} escoge un repertorio de símbolos, excluyendo a otros (para el ejemplo de los circuitos, escoge 01, 10 y 001, 010, 100, 111, respectivamente.)” ECO, Umberto. Op. Cit. pp. 53 y 55.

De acuerdo con las funciones de los circuitos lógicos, se ha clasificado a éstos como: circuitos combinatorios y circuitos lineales. Una relación entre la teoría de la información, el álgebra de Boole y la teoría de la comunicación, permite una perspectiva completa acerca de la disposición de los circuitos.<sup>137</sup>

Recuérdese aquí que las diferentes alternativas que plantean las condiciones de una tarea lógica práctica, son la base para la disposición de los circuitos. Estas alternativas presentan diferentes posibilidades combinatorias, cuyas salidas se establecen por medio de las funciones del álgebra booleana.

Retomando el ejemplo del circuito con tres interruptores, esto es, de tres entradas, pueden esquematizarse para éste las siguientes opciones combinatorias:

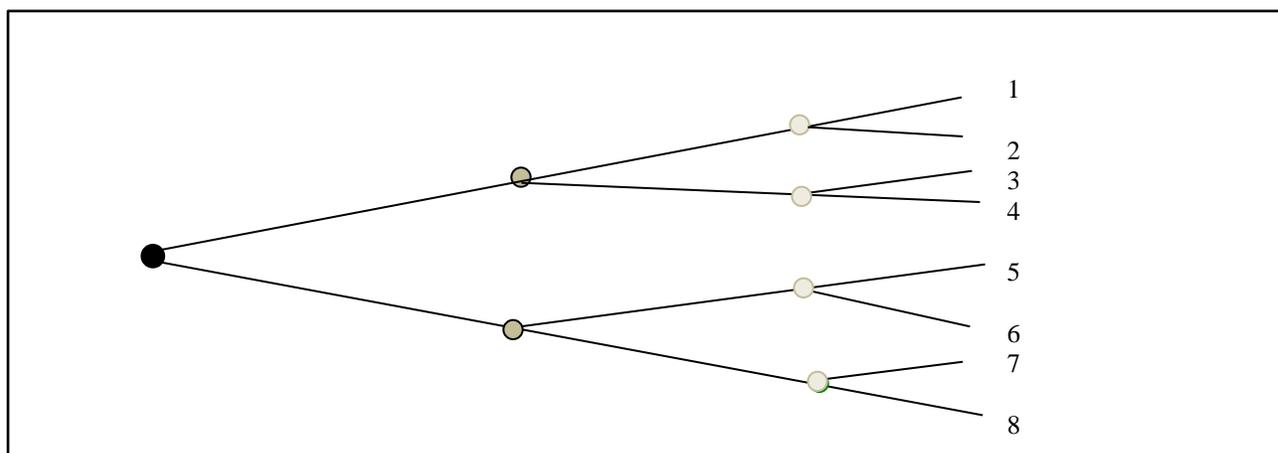
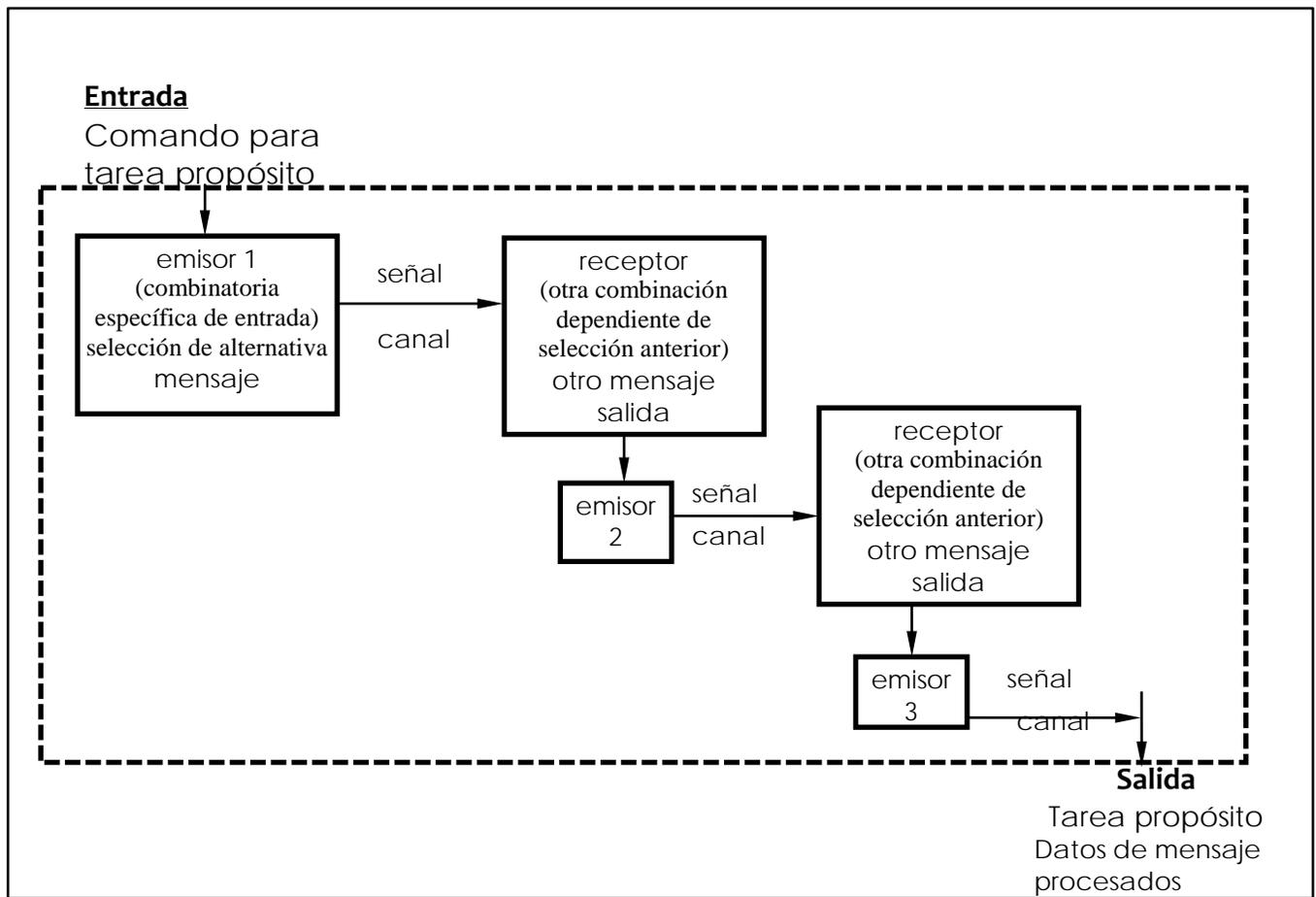


Figura 7: Esquema combinatorio para tres entradas

Ya se vió antes, Esquema de Configuración en la página 71, que un circuito de instrucciones generales, o unidad central de procesamiento, es un conjunto de circuitos especializados que representan determinados pasos de procedimientos diversos, y que un subconjunto de estas instrucciones o pasos conforman el procedimiento completo para una determinada tarea lógica.

El **conjunto procedimiento** conformado por los **subconjuntos de pasos instrucciones** puede examinarse también como un sistema de subsistemas de procesos de comunicación. En este sistema, el control ejercido por el circuito temporizador es la entrada del sistema y la **tarea propósito** (sumar, ordenar texto, etc.) es la salida.

<sup>137</sup> La operatividad de los circuitos, por lo general, se examina de manera aislada y abstracta. Para la pedagogía, es importante su integración, como se verá más adelante.



Cuadro 22: Comunicación para Control en Serie

Estas conexiones de los subsistemas emisor - canal - receptor, con salida diferente a la entrada, es lo que se denomina **procesamiento de información**.

Las direcciones que sigue la corriente en el circuito que representa el procesamiento para la tarea propósito son selecciones de los circuitos de pasos instrucciones necesarios, que han sido determinados por el programador. Y como la unidad de procesamiento contendrá procedimientos para varias tareas propósito, el requerido en un momento determinado, se acciona desde algún comando de entrada en la memoria RAM.

En algunos momentos, el procesamiento en serie presentará bifurcaciones de dos opciones posibles en las que el circuito ha sido programado para escoger la dirección a seguir<sup>138</sup>, y en otras ocasiones el usuario decide desde algún comando de control del teclado u otro dispositivo.

La estrategia ha avanzado hasta el punto en que se han producido una amplia variedad de circuitos especializados para cada uno de los pasos de la operatividad. Así, por ejemplo, además

<sup>138</sup> Estas direcciones opcionales han sido decididas de antemano por el programador. Ésto es lo que se expresa con la metáfora de que “la máquina toma decisiones”.

de los circuitos instrucciones, como ya se dijo, existen los circuitos lógicos lineales, con propósitos de memoria.

El procesamiento en serie ha permitido la automatización del procedimiento completo de la tarea lógica a ejecutar. Esta misma estrategia de procesamiento en serie ha sido aprovechada como estrategia de control.

En la estrategia de control por procesamiento en serie, la salida del sistema ya no será un resultado lógico simbolizado en números, palabras, gráficas, etc. En este caso, la salida será un estímulo para desencadenar una acción en otro sistema técnico, cuya operatividad se encamina a un propósito de trabajo que reemplaza la acción funcional de órganos locomotores o de los sentidos. Aquí el sistema de procesamiento de información hace las veces de centro nervioso de control.<sup>139</sup>

Esta doble estrategia de automatización, comunicación y procesamiento en serie, puede diseñarse para un complejo de acciones sucesivas, algo que permite la programación, a diferencia de los sistemas basados en un proceso simple de comunicación, o servomecanismos.<sup>140</sup>

Cuando el planteamiento trasciende la acción puntual para intentar maquinizar la secuencia de los pasos necesarios para un procedimiento completo, la estrategia se sitúa en otro nivel. Ahora se trata de reemplazar con la máquina las decisiones humanas para iniciar el procedimiento, cambiar la acción de un paso a otro, corregir y decidir la finalización del procedimiento.

La acción puntual de una **herramienta de trabajo** es una entidad física que como tal puede ser ponderada matemáticamente por medio de la mecánica clásica. Pero aquí ya no se trata de una estrategia que piensa en la acción en sí sino en maquinizar la acción volitiva, estos es, las decisiones humanas para pasar de una etapa a otra del procedimiento. Se trata de intencionalidades propositivas , que pueden ser representadas apelando a sistemas lógicos

---

<sup>139</sup> “Hace mucho tiempo que estoy firmemente convencido de que las computadoras modernas ultrarrápidas son en principio un sistema nervioso central ideal para un aparato de control automático, y que su entrada y salida no tiene que ser necesariamente números o diagramas formales, sino que podrían perfectamente ser, o bien lecturas de órganos sensoriales artificiales como células fotoeléctricas o termómetros, o bien prestaciones de motores o solenoides {...} los efectos pueden ser instrumentos de diversas clases {...} Estos corresponden entre otras cosas, a los órganos cinestésicos del sistema humano”. WIENER, N. Op. Cit. pp. 51 y 69..

<sup>140</sup> Flotadores para cisternas, timón de barco, válvula reguladora de vapor

simbólicos, representadas en circuitos electrónicos codificados. En este caso, entran en juego las propiedades intrínsecas de la materia <sup>141</sup> y propiedades de la mecánica estadística.

De esta forma, la estrategia de programación digital, esto es, el principio operativo lógico, permitió el control secuencial, lo que no era posible sólo con la estrategia de control de los servomecanismos. <sup>142</sup>

Cuando la salida del procesamiento de información se comunica con otro sistema técnico cuyo propósito es reemplazar acciones funcionales de órganos locomotores y sensoriales, la estrategia es de robotización. <sup>143</sup> Un enfoque sistémico de la estrategia de robotización precisará de un sistema de sistemas, en el que los procesos de comunicación y procesamiento que se involucran, se constituyen también en un sistema de sistemas.

La estrategia para maquinizar la autonomía de movimiento se ha planteado extremadamente compleja <sup>144</sup>, ya que este comportamiento procedimental, asimilado a “conocimiento común”, comporta características que no han sido susceptibles de representación lógica formal, a la manera de los raciocinios para programación. <sup>145</sup>

---

<sup>141</sup> Incluso transformaciones artificiales de estas propiedades, como en el caso de los transistores y microchips.

<sup>142</sup> “ {...} en la década de 1950 pensábamos la inteligencia en términos de servomecanismos, y en los sesenta y setenta en términos de computadores secuenciales, ahora estamos comenzando a pensarla en términos de computadoras paralelas, en los que decenas de miles de procesadores trabajan juntos”. HILLIS, Daniel W. 1993., p. 202.

<sup>143</sup> “A mediados de los sesentas, los estudiantes de Marvin Minsky, en el MIT, empezaron a conectar a sus ordenadores cámaras de televisión y brazos mecánicos de robot, es decir, concedieron ojos y manos a las mentes artificiales para que sus máquinas pudieran ver, planificar y actuar. En 1965 {...} la máquina era capaz de encontrar y retirar bloques blancos de la superficie de una mesa negra. Para conseguirlo, hubo que elaborar un programa de control tan complejo como cualquiera de los programas de razonamiento puro que se empleaban en esa época, programas que sin extremidades de robot, resolvían problemas de cálculo con la misma facilidad que un estudiante universitario de primer año. {...} gradualmente se fue creando un campo que hoy en día recibe el nombre de **robótica** {...} la robótica comenzó en un punto mucho más bajo, en la escala del rendimiento humano, que la IA, pero su progreso en los últimos veinte años ha sido igual de angustiosamente lento y dificultoso”. MORAVEC, Hans. Op. Cit. p.6.

<sup>144</sup> “ {...} pronto se descubrió que era mucho más complejo el problema de cómo adquirir información del entorno que las propias actividades mentales para las que se querían utilizar esas informaciones. {...} a medida que ha ido creciendo el número de demostraciones, se ha visto que es relativamente sencillo hacer que los ordenadores tengan la capacidad de los adultos para resolver problemas, tests de inteligencia o jugar a las damas, pero que es difícil, por no decir imposible, dotarles de la capacidad de percepción y movilidad de un niño de un año”. MORAVEC, Hans. Op. Cit. pp 11 y 13.

<sup>145</sup> La siguiente cita se refiere al debate entre las dos perspectivas del campo de la IA, racionalistas simbólicos y conexionistas: “El paradigma estándar para llevar adelante la investigación en IA: Elegir un problema significativo, identificar los elementos de información que se necesitan para lograr

Esta dificultad, aunada al problema de mecanizar las percepciones y representaciones que confieren significación<sup>146</sup>, se encuentra en la base de las dificultades que enfrenta el desarrollo de inteligencia artificial.

Parece indudable la necesidad de ir más allá de la estrategia de programación digital,<sup>147</sup> y de su correspondiente principio operativo lógico, limitado frente a procesos cognitivos diferentes a las inferencias deductivas<sup>148</sup>, en las que se basa el diseño actual de circuitos lógicos.

---

una solución del problema, determinar cómo podría representarse esta información en una computadora, encontrar un algoritmo que pueda manipular esta información para solucionar el problema, escribir un código computacional que implemente ese algoritmo y ponerlo a prueba entre instancias muestreadas (y usualmente simples) del problema. Esta estrategia ha conducido a un cierto número de impresionantes demostraciones, por razones que no son accidentales, las más exitosas de ellas han sobrevenido en áreas que satisfacen estas condiciones: la resolución lógica de problemas y la demostración de teoremas. Sin embargo, todos estos programas comparten una cualidad común que John McCarthy y otros han señalado repetidas veces: son “frágiles”. En otras palabras, los programas carecen de conocimiento y razonamiento de sentido común. {...} No es fácil encontrar una solución general a este problema de la fragilidad. {...} parece que existe una diferencia evolutiva, que se origina en la apertura del lenguaje natural y en la necesidad de experiencia en el mundo real para adquirir un repertorio competente de sentido común. {...} el problema está en el paradigma mismo”. REEKE, George y EDELMAN, Gerald. 1993, pp 173-174.

Otro problema que requiere de ser superado por la IA: “Los métodos y la perspectiva de la IA han resultado dramáticamente sesgados por la existencia de la computadora digital común, llamada a veces máquina de von Neumann; y en última instancia la IA tendrá que basarse en ideas y hardware harto distintos de lo que actualmente es central en ella.” WALTZ, David. 1993, p. 8.

<sup>146</sup> “En el paradigma de la IA estándar {...} la clave para encontrar procedimientos poderosos que puedan resolver problemas radica en descubrir representaciones apropiadas de la información relevante. Una vez que se da una representación que hace explícitas las cosas adecuadas y expone las restricciones naturales, es mucho más simple desarrollar procedimientos puramente computacionales para manipular la información aún en su representación codificable, de modo de obtener las soluciones deseadas. {...} Una vez que disponemos de una representación apropiada, numerosos problemas devienen susceptibles de una solución automática. En nuestra perspectiva, sin embargo, el problema que requiere inteligencia es el problema original de encontrar una representación. Situar este problema en el dominio del diseñador del sistema más que en el del sistema diseñado {...} es una reducción de la inteligencia a la manipulación de símbolos”. REEKE, George y EDELMAN, Gerald. Op. Cit. p 171.

<sup>147</sup> “{...} hay razón para esperar que las redes analógicas puedan procesar datos sensoriales de una manera que se beneficiará de su gran simplicidad y de su naturaleza compacta en relación con sistemas digitales comparables”. SCHWARTZ, Jacob. . 1993., pp 164.

<sup>148</sup> “{...} Las heurísticas, o reglas empíricas, permiten que la búsqueda se concentre primero en las ramas en las que es probable que haya una solución, impidiendo así una búsqueda combinatoria explosiva a través de todo el espacio de soluciones. {...} los problemas de búsqueda heurística son fáciles de implementar en computadoras digitales ordinarias {...} se ha utilizado para una amplia variedad de aplicaciones, incluyendo toma de decisiones, juegos, planeamientos de robots y solución de problemas {...} ha disfrutado de particular prominencia porque está en el corazón de los ‘sistemas expertos’, con mucho el mayor éxito de la IA. {...} Ahora se reconoce habitualmente que la naturaleza de las computadoras y de los modelos computacionales de que disponemos inevitablemente limitan los algoritmos de resolución de problemas que podemos considerar”. WALTZ, David. p.223.

Lo que hoy se plantea en el horizonte de proyecciones es la necesidad de aunar el camino de la cibernética, en su comprensión de las sensaciones básicas de los organismos vivos<sup>149</sup>, con las formas superiores del pensamiento. La comprensión a estos niveles y la maquinización de lo comprendido se proyecta de una complejidad enorme.

## **2.6.- Recapitulación de Aspectos Principales del Desarrollo de la Estrategia de Maquinización.**

En el Cuadro 23; se examina la tecnología contemporánea como una continuación de la tecnología anterior, y en el Cuadro 24 los cambios cualitativos que ha supuesto aquella con relación al proceso de maquinización. En este apartado se destacan algunos cambios cualitativos de la tecnología contemporánea, y se examina un aspecto del campo técnico, de gran impacto en la cultura contemporánea, que son los productos artefactos digitales.

<b>Acción Funcional Humana (y de otros organismos vivos)</b>	<b>Principio Operativo</b>	<b>Operatividad General en Maquinización</b>	<b>Objetivación Ciclo Productivo</b>
<i>Piernas Desplazamiento</i>	<i>Ruedas - eje</i>	<i>Carros para desplazar</i>	<i>Artesanal <sup>1</sup></i>
<i>Manos - Brazos Incrementar fuerza</i>	<i>Principio de las palancas</i>	<i>Palancas y cuñas de madera y metal. Empujar objetos pesados</i>	<i>Artesanal</i>
<i>Manos Girar</i>	<i>Movimiento giratorio</i>	<i>Torno para hilar, de alfarería, etc.</i>	<i>Artesanal</i>
<i>Manos Girar para levantar objetos pesado</i>	<i>Relación inversa diámetro - Nº vueltas. Relación inversa velocidad - potencia</i>	<i>Grúas para construcciones. Mecanismos de varias poleas (malacates)</i>	<i>Artesanal. Maquinización Torno. Poleas. Máquina produce máquina.</i>

<sup>149</sup> Los animales deciden cuándo y cómo ejecutan sus acciones con un propósito inmediato. La cibernética propone maquinizar reacciones a este nivel, como medio hacia fines ulteriores predeterminados.

Acción Funcional Humana (y de otros organismos vivos)	Principio Operativo	Operatividad General en Maquinización	Objetivación Ciclo Productivo
<i>Manos</i> <i>Girar con cambio de plano</i>	<i>Relación inversa diámetro - N° vueltas. Paso. Relación inversa velocidad - potencia</i>	<i>Molino para moler diferentes tipos de granos y materiales</i>	<i>Artesanal. Maquinización Torno, ruedas dentadas.</i>
<i>Manos</i> <i>Martillar, golpear</i>	<i>Giro en torno a excéntrica se convierte en movimiento lineal alternativo</i>	<i>Batanes para preparar paños, papel; perforadoras y trituradoras de material</i>	<i>Artesanal. Maquinización Levas Biela - manivela;</i>
<i>Energía</i>	<i>Calentar agua para convertirla en vapor a presión (combustión externa)</i>	<i>Máquina de vapor, válvula condensadora</i>	<i>Punto de inflexión artesanal; luego industrial maquinización con otras máquinas de vapor.</i>
<i>Energía</i>	<i>Un fluido de trabajo es llevado al punto de explosión (combustión interna)</i>	<i>Motores Otto (gasolina) Diesel</i>	<i>Industrial, basado en máquina de vapor</i>
<i>Energía</i>	<i>Corriente eléctrica en presencia de campo magnético genera movimiento mecánico</i>	<i>Motor eléctrico. Transformador (Para distribución)</i>	<i>Industrial, basado en máquina de vapor</i>
<i>Sistema nervioso</i> <sup>2</sup> <i>(organismos vivos)</i>	<i>Control con mecanismos y circuitos; retroalimentación y regulación; Teorías de la información y la comunicación.</i>	<i>Timón barco</i> <sup>3</sup> <i>Válvula flotadora</i> <i>Circuitos interruptores en serie y paralelo</i>	<i>Artesanal</i> <i>Industrial</i>

Acción Funcional Humana (y de otros organismos vivos)	Principio Operativo	Operatividad General en Maquinización	Objetivación Ciclo Productivo
<i>Sistema sensorial (organismos vivos)</i>	<i>Reacción de ciertos materiales a estímulos externos (luz, temperatura, sonido, etc.)</i>	<i>Circuitos de control con sensores</i>	<i>Industrial. Maquinización con control. Desarrollo automatización</i>
<i>Cerebro</i>	<i>Principio lógico binario. Algoritmo álgebra booleana. Principios de codificación</i>	<i>Máquina de calcular operatividad digital</i>	<i>Punto de inflexión; ensamblaje manual.</i>
<i>Cerebro</i>	<i>Principio lógico binario. Algoritmo álgebra booleana. Principios de codificación</i>	<i>Máquina lógica operatividad digital</i>	<i>Industrial. Máquina diseña máquina <sup>4</sup>.</i>
<i>Cerebro Sistema sensorio-motor</i>	<i>Principios lógicos computación para control. Teorías información, comunicación, cognitiva</i>	<i>Automatización robótica <sub>5</sub></i>	<i>Industrial. Máquinas automatizadas</i>
<i>Capacidad auto-reproductora <sup>7</sup></i>	<i>Proyecciones recientes</i>	<i>?</i>	<i>?</i>

Cuadro 23: Continuidad de la tecnología contemporánea con técnica anterior

**NOTAS:**

- 1.- *Es poco probable el desarrollo de la rueda antes de la Edad de Hierro, ya que su elemento constitutivo necesario, para ser funcional, es el eje.*
- 2.- *En este punto, con los operadores eléctricos, Wiener señala el inicio de una nueva etapa en el desarrollo de la técnica.*
- 3.- *Antiguo. Hay representación matemática compleja. Ref.: WIENER, N. Op. Cit. p. 33.*
- 4.- *El diseño de circuitos hoy pueden ser efectuadas por programa de computador.*
- 5.- *La robotización, ligada a la cibernética, no ha sido el centro de atención del desarrollo de la tecnología en los últimos años, como si lo ha sido la informática; esto es, el centro de procesamiento en serie, vislumbrado*

*como una eficiente forma de control para salidas robotizadas. Este énfasis en el interés está en la base de las dos perspectivas actuales del campo de la IA.*

“{...} la cibernética se desarrolló durante menos de dos décadas. Como sucede con frecuencia, la eclipsó un pariente suyo; la informática. {...} Hoy en día (1989) existen en el mundo menos de cien mil robots, de todas las marcas, que no sean juguetes. Comparemos esta cifra con las siguientes: cien millones de coches, quinientos millones de aparatos de televisión o doscientos millones de ordenadores”. *MORAVEC, Hans. Op. Cit. pp 3 y 24.*

6.- *Según Arnold Gehlen, la objetivación de las acciones funcionales humanas será posible hasta funciones del cerebro. No obstante, ha quedado planteada la posibilidad de máquinas que se autoreproduzcan.*“{...} La suerte de teoría de la auto-organización fue doblemente infortunada con respecto a la cibernética. Como se dijo, fue la aplicación a las máquinas artificiales la que hizo la fortuna de la cibernética y atrofió su desarrollo teórico. Pero, si bien es concebible en principio construir una teoría de una máquina artificial auto- organizada y auto- reproductiva, el estado de la tecnología y de la teoría hacia y aún hace inconcebible actualmente la posibilidad de crear tal máquina”. *MORIN, Edgar. **Introducción al Pensamiento Complejo.** Op. Cit. p. 54. De manera similar a como la cibernética se inspira y fundamenta en funciones comunicativas de organismos vivos, ahora los conocimientos en genética y las incipientes manipulaciones de la biotecnología, sustentarían tal posibilidad.*

A continuación, Cuadro 24 anunciado:

<p style="text-align: center;"><b>TÉCNICA ANTERIOR</b></p> <p>Se parte de un molino que muele arroz. Ya tiene sus dispositivos mecánicos básicos para una operatividad general. Hay límites: No para cualquier tarea o principio operativo.</p>	<p style="text-align: center;"><b>TECNOLOGÍA CONTEMPORÁNEA</b></p> <p>Se parte de un computador. Ya tiene sus dispositivos electrónicos básicos para una operatividad general. Hay límites: No para cualquier tarea lógica o lenguaje.</p>
<p style="text-align: center;">CICLO DE DISEÑO ADAPTACIÓN DE OPERATIVIDAD</p>	<p style="text-align: center;">CICLO DE DISEÑO ADAPTACIÓN DE OPERATIVIDAD</p>
<p><b>Propósito:</b> <i>Adaptar molino para que muele algo más duro, p.ej., nueces</i></p> <p><b>Medios:</b> <i>Principios operativos ya establecidos en fórmulas matemáticas. Estas fórmulas son representaciones de una relación de acciones de unos dispositivos materiales específicos. Información sobre materiales y procesos de manufactura</i></p> <p><b>Material dispositivo = Expresión masas y formas</b></p> <p><b>Procedimiento:</b> <i>Referencia de trabajo simbólico a materialidad: Directa. El diseñador efectúa una representación directa de los dispositivos materiales, mediada por gráficos y fórmulas matemáticas. Expresión simbólica en fórmulas matemáticas. Procesamiento simbólico: El diseño está mediado por una lógica.</i></p> <p><b>Producto:</b> <i>Representaciones simbólicas: fórmulas matemáticas y gráficos en papel</i></p>	<p><b>Propósito:</b> <i>Adaptar computador para que procese datos estadísticamente</i></p> <p><b>Medios:</b> <i>Códigos de lenguajes programación. El programador no tiene que pensar en circuitos que son representados por lenguaje. El lenguaje contiene el límite de los dispositivos estructurales de la máquina: La posibilidad de circulación de impulsos eléctricos.</i></p> <p><b>Material dispositivo = Expresión propiedades inherentes a conducción eléctrica</b></p> <p><b>Procedimiento:</b> <i>Referencia de trabajo simbólico a materialidad: Prácticamente ninguna. El diseñador trabaja un sistema simbólico en sí mismo, puede obviar el pensar que éste representa una disposición de circuitos materiales. Exclusivamente, trabajo lógico con código. Expresión simbólica en sistema lógico. Procesamiento simbólico: El diseño está mediado por una lógica. "Lógica diseña lógica"</i></p> <p><b>Producto:</b> <i>Codificación La codificación se graba en medio magnético , haciendo uso del computador</i></p>

CICLO PRODUCTIVO PARA OBJETIVACIÓN DE ADAPTACIÓN	CICLO PRODUCTIVO PARA OBJETIVACIÓN DE ADAPTACIÓN
<p><b>En fábrica:</b></p> <p><b>Propósito:</b> <i>Producir una pieza mecánica de adaptación.</i></p> <p><b>Medios:</b> <i>Metales, máquinas.</i></p> <p><b>Procedimiento:</b> <i>Semiautomatizado. Hombre-máquina. Ensamblar en máquina.</i></p> <p><b>Producto:</b> <i>Pieza mecánica de adaptación para moler materiales duros.</i></p>	<p><b>Directamente por usuario: diseñador u otro:</b></p> <p><b>Propósito:</b> <i>Instalar programa.</i></p> <p><b>Medios:</b> <i>Medio magnético.</i></p> <p><b>Procedimiento:</b> <i>Instalar significa “marcar” magnéticamente direcciones de impulsos en dispositivos básicos del computador.</i></p> <p><b>Producto:</b> <i>Programa instalado en computador adaptado para procesar datos estadísticamente.</i></p>

Cuadro 24: Comparación entre la tecnología contemporánea y la técnica anterior para la adaptación de una herramienta de trabajo

Respecto de la tecnología anterior, los desarrollos contemporáneos no plantean una ruptura fundamental. No obstante, es ostensible la importancia del cambio cualitativo que significa la complejidad de la estrategia del principio operativo lógico, de la operatividad general y de la objetivación en el Ciclo Productivo. El incremento de complejidad en todos los aspectos del diseño se ha traducido en el acceso directo a este tipo de tecnología, de usuarios no especialistas en algún campo técnico.<sup>150</sup>

La manipulación técnica se ha alejado hoy del Ciclo Productivo, y esta relación del usuario con la tecnología es, por lo general, una relación aparato - persona, más que persona - conocimiento tecnológico. Más que un conocimiento técnico especializado, la tecnología contemporánea plantea una consciencia acerca del desarrollo de la lógica y, específicamente, de la lógica mecánica estratégica. Lo que ésto significa se verá a continuación.

<sup>150</sup> La directa relación de personas sin especialización técnica en el mundo del trabajo con la tecnología, puede estar configurando aquella situación social que Basil Bernstein examinara con la siguiente hipótesis: “Entre más abstractos los principios de las fuerzas de producción, más simple será su división social de trabajo, pero más compleja la división del trabajo de control simbólico”. BERNSTEIN, Basil. 1990, p. 37.

### 2.6.1.- Lo Contemporáneo del Conocimiento Tecnológico

El progresivo reemplazo de las acciones funcionales humanas para el trabajo ha significado la acumulación de un acervo de experiencia técnica acumulada y sistematizada como conocimiento, que actualmente se expresa en la estrategia contemporánea. A diferencia del conocimiento científico, el conocimiento tecnológico es evidentemente acumulativo, en el sentido de que todo conocimiento nuevo ha sido siempre fundado sobre los principios operativos anteriores.

Aún las máquinas más sencillas permiten determinar siempre un propósito de trabajo bajo su forma material. Dicha trama, por sencilla que sea, se halla lógicamente orientada o, mejor, construida para cumplir con la finalidad de realizar un determinado tipo de acción trabajo.

Pero esta lógica, que subyace a toda estrategia de maquinización y que había permanecido implícita, parece haberse revelado a la conciencia precisamente en el momento en que se plantea la lógica estratégica de diseño de una máquina para tareas lógicas.<sup>151</sup>

De aquí en adelante, la estrategia que precede a todo diseño de operatividad se fundará en conocimientos ligados a disciplinas de frontera, así como en todo el desarrollo lógico que ha implicado la instauración de tales conocimientos.

Este último aspecto se ha identificado como inicio de lo que podría denominarse con propiedad **tecnología**, de forma que la técnica correspondería al desarrollo precedente. Sea como sea, este debate se obvia aquí, y en conveniencia de la argumentación, se emplea en todo momento el término **conocimiento tecnológico**, por cuanto hoy puede sistematizarse un conocimiento teórico para todo el desarrollo técnico, desde los inicios de la maquinización.<sup>152</sup>

---

<sup>151</sup> Esta explicitación en la conciencia de una abstracción implícita en muchos concretos, en nuestro caso la lógica de maquinización, fue diferenciada por Marx a propósito de la categoría *trabajo*, como producto de un devenir social: “{...} las abstracciones más generales surgen únicamente allí donde existe el desarrollo concreto más rico, donde un elemento aparece como lo común a muchos {...} Entonces, deja de poder ser pensado solamente bajo una forma particular. Por otra parte, esta abstracción del trabajo en general no es solamente el resultado intelectual de una totalidad concreta de trabajos. La indiferencia hacia un trabajo particular corresponde a una forma de sociedad en la cual los individuos pueden pasar fácilmente de un trabajo a otro y en la que el género de trabajo es para ellos fortuito y, por lo tanto, indiferente MARX, Karl. (1857/1997), pp. 54-55.

<sup>152</sup> El basamento teórico que hoy precede al desarrollo de la maquinización, aparece como un criterio importante en la definición de tecnología contemporánea. Los desarrollos que fundamentan la cibernética, quizá- inician la nueva orientación: “En general, el diseño en ingeniería se ha considerado más un arte que una ciencia. {...} hemos convertido el diseño en ingeniería de comunicación en una ciencia estadística, una rama de la mecánica estadística. {...} De este modo hemos sustituido en el diseño {...} procesos

Un aspecto relevante a destacar de lo expuesto en el Cuadro 24, tiene que ver con la flexibilidad que permite la maquinización digital en el diseño de nuevas operatividades.<sup>153</sup> Este diseño de nuevas operatividades que se objetivan directa e instantáneamente en la máquina, sin necesidad de acudir al Ciclo Productivo, ha escindido en la práctica el diseño de operatividad de tareas lógicas de su relación con los operadores materiales.

El énfasis de la actividad en la vía de programación exclusivamente simbólica, se orienta hacia una metacognición de la lógica estratégica para la solución de problemas, vía que se plasma en lo que se ha llamado programas expertos. Pese a los múltiples esfuerzos de investigación en este campo, actualmente se enfrentan problemas de gran envergadura, algunos de los cuales serán mencionados más adelante en referencia a la inteligencia artificial. Hasta hoy, una capacidad flexible para solucionar problemas sigue siendo exclusivamente humana, dependiente de procesos cognoscitivos, aún no enteramente comprendidos.

Los desarrollos de robótica e Inteligencia Artificial plantean la necesidad de ir más allá del actual principio operativo lógico digital,<sup>154</sup> el cual ha cumplido ya medio siglo desde su planteamiento original. Lo que ha habido desde entonces, es una explosión de su aplicación en una multiplicidad de formas.<sup>155</sup>

---

que antes eran de naturaleza empírica y más bien eléctrica, por procesos con justificación totalmente científica". WIENER, Norbert. Op. Cit. p. 33.

"{...} sólo hasta ahora se está sospechando más abiertamente, como antes lo sospecharon algunos, que la IA podría experimentar dificultades fundamentales, diferentes de las dificultades meramente prácticas. Es muy improbable que este sea el caso como con invenciones tales como la máquina de vapor, en los que la práctica precedió a la teoría y la guió por los canales más fructíferos". REEKE, G. y EDELMAN, G. Op. Cit. p. 172.

"Estas máquinas {que incluyen procesos de retroalimentación} son cualitativamente diferentes de todas las máquinas construidas antes. La palanca, el torno, etc., son potenciadores de la capacidad muscular o sensorial de los hombres. Las nuevas máquinas, el torno de control numérico, el robot de soldadura, etc., son eso también, pero, además soportan la capacidad humana de toma de decisiones con el fin de que los resultados obtenidos se acerquen con un menor porcentaje de error al resultado esperado". ANDRADE, Edgar. 1995, p. 140.

<sup>153</sup> Las máquinas de control numérico permiten esta gran flexibilidad gracias a la compatibilidad de los programas de diseño (CAD) con los programas que dirigen las máquinas de control numérico.

<sup>154</sup> "{...} se tornó evidente que los métodos tradicionales de la IA no escalaban y que por lo tanto se necesitaban nuevos paradigmas. A despecho de este cambio de actitud, ha habido pocos replazos prospectivos dentro de la IA para la búsqueda heurística (o para las computadoras seriales de un sólo procesador) hasta hace muy poco. Las razones por las que la IA se ha concentrado casi exclusivamente en torno al sistema físico de símbolos y a la búsqueda heurística se hallan profundamente enraizados en su historia y reflejan en parte la miope concentración alrededor de las computadoras digitales seriales que ha caracterizado a toda la computación científica". WALTZ, David. Op. Cit. p. 223.

<sup>155</sup> "El cambio en la productividad, en el que los logros del conocimiento tecnológico y de la innovación no se orientan en lo fundamental en la vía de la automatización de las máquinas

## 2.7.- Los Productos Artefacto del Ciclo Productivo

Además de los problemas epistemológicos mencionados en el Capítulo 1, surge adicionalmente uno que causa problemas de ubicación en el campo de la técnica. Se trata de los omnipresentes artefactos,<sup>156</sup> entendidos éstos como productos de consumo que involucran algún tipo de funcionalidad.<sup>157</sup> Los productos artefactos pueden catalogarse en dos grupos:

1. Artefactos máquina con funcionalidad referida a trabajo.<sup>158</sup>
2. Artefactos basados en el efecto especial de un material y con funcionalidad **no** referida a trabajo.

Como su nombre lo indica, la funcionalidad del primer tipo de artefactos tiene que ver directamente con una finalidad de acción trabajo. Aquí se sitúan los electrodomésticos, que como máquinas, son susceptibles de robotización.<sup>159</sup>

En el segundo grupo se ubican artefactos cuya finalidad se basa, no en principios de maquinización, sino en el aprovechamiento de propiedades cambiantes, bajo ciertas condiciones,

---

sino hacia la mejora e innovación del producto de consumo final, ha cambiado también muchas concepciones acerca de la producción. En este contexto, productividad ya no significa producir un mayor número de mercancías en un período de tiempo, lo que se lograba fundamentalmente, mejorando las máquinas; sino producir el mayor número de innovaciones en el menor tiempo posible, en el producto de consumo final. {...} La innovación necesaria al gran capital gira en torno al consumismo. Del consumo permanente depende la dinámica de la nueva productividad en mucha mayor medida que en cualquier otra época anterior del capitalismo. La selectividad del consumo se ha refinado y a esta selectividad se encuentra asociada la orientación del diseño. {...} Para este mercado se trata de acortar la vida de un producto como bien de uso actualizado y producir generaciones sucesivas del mismo producto al innovar sobre una estructura básica. Al diseño de la forma se asocia la moda, la marca, el estilo, las ilusiones de diferenciación. Sobre atributos ilusorios se agrega valor a una mercancía común {...}”. LOTERO BOTERO, Amparo. 1997, pp. 22 -26.

<sup>156</sup> No son medios de producción, pero su desarrollo depende del grado de maquinización. Corresponde al crecimiento de la industria liviana en un país con una industria pesada madura.

<sup>157</sup> “{...} La sociedad actual, a la que llamamos sociedad de la información, tiende a convertirse en la sociedad del ruido. Además, comenzamos a darnos cuenta del carácter limitado del ambiente semiótico y del hecho de que vivimos rodeados de una masa creciente de ‘desechos semióticos’, es decir, de los que no podemos liberarnos. Esto se verifica en todo tipo de mensaje, y por lo tanto también en los que son transportados por esos particulares soportes significantes que son los objetos {...} La mayor variedad de formas, colores y texturas, al proliferar de forma incontrolada, puede dar lugar al más gris de los mundos posibles”. MANZINI, Ezio. 1992, pp. 37-38.

<sup>158</sup> Uso doméstico y sector servicios.

<sup>159</sup> Una licuadora, por ejemplo, es una máquina en el sentido estricto de la palabra, pero es una *máquina de consumo*, diferente a, digamos, un taladro que se emplea como medio en la industria, y que como tal es una *máquina-herramienta*.

de algunos materiales, tales como efectos termoelectricos, fotoelectricos, etc. Aquí pueden situarse los aparatos de óptica y de alumbrado.

Sin embargo, los artefactos de mayor impacto de este último grupo son aquellos cuya finalidad es reproducir o transmitir un mensaje. Los artefactos de comunicación ahora aprovechan los principios lógico-digitales y sus principales desarrollos son producto del impulso original a la cibernética.<sup>160</sup>

Recuérdese que, tal como se describió en el numeral 2.4.1.- El Diseñador Primigenio, el funcionamiento de estos artefactos requiere que el mensaje de entrada sea igual al mensaje de salida. Entre los artefactos reproductores de mensaje se encuentran filmadora, cámara fotográfica, grabadora, videograbadora. Son canal de información y comunicación el televisor, teléfono celular, fax.

Caso especial es la máquina computadora que puede funcionar en ambos sentidos: como máquina de trabajo para adelantar una tarea de orden lógico o, como canal de comunicación cuando está unida a una red.

Este examen acerca de los productos artefacto, permite ver que la máquina no puede definirse desde su categoría de acción, pues los artefactos de comunicación la incorporan también. Tampoco podría definirse a la máquina desde la categoría de transformadora de material, ya que algunos de estos artefactos, como los fotográficos transforman el material fotosensible de las películas.

Así las cosas, parece ser que la categoría exclusiva que define a la máquina y, en general a todo el proceso de maquinización, es la de acción trabajo que imita la acción funcional del ser humano y, en consecuencia, es susceptible de ser robotizada.

---

<sup>160</sup> Fibra óptica, satélites, redes de computadores, etc.

### 3.- Los riesgos de mitificación y fetichización de la técnica contemporánea

La forma de conocimiento que se ha caracterizado como instrumental estratégica,<sup>161</sup> bien puede considerarse iniciada por aquellos antepasados nuestros que comenzaron las realizaciones culturales.<sup>162</sup> Como es bien sabido, entre las primeras de estas realizaciones se cuentan las transformaciones y construcciones ligadas directamente al entorno natural, como medio de supervivencia.

Paralela a esta primigenia orientación instrumental estratégica, aquellas explicaciones de los antepasados acerca de los fenómenos naturales que impactaban dramáticamente su relación con el entorno, se sustentaron durante miles de años en las simbolizaciones que caracterizan a las mitologías y las religiones.

Logros considerables de la práctica instrumental estratégica, tales como las primeras formas de maquinización en las sociedades agrarias superiores<sup>163</sup>, se sucedían paralelas a un basamento mítico en el nivel de las estructuras de pensamiento.

Posteriormente, la conformación de imágenes de mundo coherentes y lógicamente integradoras, sentaron las bases del conocimiento científico y de la racionalización de prácticamente todos los aspectos sociales y culturales, así como de la complejización creciente de los entornos artificiales materiales.

En los últimos tiempos, la complejización de la técnica, sus niveles altamente racionales y sus construcciones vinculadas a teorías y disciplinas científicas de frontera, pudieran hacer pensar que definitivamente han quedado atrás las condiciones para la configuración de simbolizaciones míticas.

No obstante el andamiaje científico y tecnológico de nuestra época, diferentes estudios antropológicos y sociológicos han puesto de presente la forma como pueden estructurarse diferentes construcciones míticas en las sociedades contemporáneas.

Uno de los estudios representativos a este respecto es el del antropólogo alemán Ernst Cassirer.<sup>164</sup> Aunque este autor analiza el fenómeno de la mitificación con relación al Estado, realiza

---

<sup>161</sup> HABERMAS, Jürgen. 1992a.

<sup>162</sup> MORIN, Edgar. 1996.

<sup>163</sup> HODGE, Trevor A. 1994, pp. 16 - 21

<sup>164</sup> CASSIRER, Ernst. 1996.

previamente un examen acerca de la manera como en las sociedades modernas pueden promoverse los elementos constitutivos de construcciones simbólicas míticas, principalmente bajo formas de control social.

En las sociedades modernas, los fundamentos de racionalidad pueden muy bien caracterizar el quehacer en las instancias de construcción de conocimiento científico y técnico<sup>165</sup>, mientras en el terreno de las vivencias culturales se edifican todo tipo de mitificaciones.<sup>166</sup>

Aunque las formas simbólicas que conducen a la mitificación han sido abordadas desde diferentes perspectivas, en general puede asumirse que se trata de un conjunto de fijaciones mentales en contravía de un orden explicativo lógico, en las imágenes de mundo.

Al ser las mitificaciones construcciones en el dominio del pensamiento ligado a expresiones culturales dominantes, es probable que constituyan un fenómeno social colectivo, que bien puede coexistir con y ser apuntalado por las construcciones materiales complejas de la tecnología que caracterizan los ambientes urbanos actuales.

Las construcciones materiales de la tecnología han sido elaboradas sobre los pilares de una complejidad racional a la que la mayoría de la población tiene poco o ningún acceso. Y si tales construcciones materiales complejas se constituyen en un fenómeno cotidianamente invasivo, de efectos impactantes, entonces las máquinas y artefactos de la comunicación, del procesamiento digital informático y de control automatizado, se convierten en una presencia fenoménica con los elementos constitutivos de la mitificación.

Aunque se trata de un tema que amerita un estudio a fondo, y que aún no se acomete en dirección a la tecnología, en este trabajo sólo se enumerarán algunos puntos que podrían estar coadyuvando a la mitificación y fetichización de las construcciones materiales de la tecnología contemporánea.

- Presencia cada vez mayor de artefactos digitales en los ambientes cotidianos, en muchos casos como una imposición inducida culturalmente, que no responde a verdaderos requerimientos.<sup>167</sup>

---

<sup>165</sup> La racionalidad inconclusamente realizada, que Habermas opusiera a las pretensiones antirrationalidad de los postmodernistas, puede tratarse ante todo de una marginalización de amplios sectores de la población de la racionalidad que permite apropiarse los logros del conocimiento científico y técnico. Es posible que los postmodernos no se hayan percatado de los ingredientes de segregación intelectual contenidos en posturas de exaltación a supuestas incompatibilidades culturales, al saber narrativo, entre otras. HABERMAS, Jürgen. 1994, pp. 87 -102.

<sup>166</sup> La escuela se ubica en este último, no como equivocadamente se piensa, que pertenece al de construcción de conocimiento.

La máquina computadora es quizá la más impactante por tratarse de la máquina considerada “inteligente” por excelencia. Aunque todos los artefactos, y aún más los digitales, pueden generar el desconcierto de “caja negra”, la operatividad oculta de la computadora conforma un fenómeno cuyas características pueden conducir a apreciaciones animistas: Su alto nivel de automatismo se presenta como gran autonomía en el terreno lógico.

Si bien siempre hemos convivido y nos hemos familiarizado con el uso de máquinas, muchas de ellas automáticas, nunca antes había hecho presencia una tan cercana a las capacidades más apreciadas del ser humano, hasta el punto de que parece tratarse de un sujeto con verbo, por derecho propio. En estas circunstancias, es fácil omitir que la máquina ya *es todo lo que es* desde mucho antes que el usuario accione los comandos que lo “ponen en interacción” con ésta. La inmediatez de su uso deja poco lugar para pensar en los seres humanos detrás de su diseño; de hacerse, se piensa en algo reservado a hombres superiores, quienes acceden a algo extremadamente difícil y extraño para las mayorías.

- El funcionamiento de la máquina se describe con verbos que antes eran exclusivos de los seres humanos: Interactúa, realiza operaciones lógicas, corrige ortografía y gramática, toma decisiones y hasta puede entablarse con la máquina una conversación, parca, pero eso sí, “muy inteligente”.
- Una percepción animista de este tipo tiende a ser reforzada por publicaciones divulgativas que explican el funcionamiento de esta máquina apelando a metáforas que se han vuelto lugar común, tales como: La máquina es inteligente, aprende, recibe órdenes, toma decisiones,... Esta manera de referirse a la operatividad de la máquina, prácticamente ha pasado a hacer parte del lenguaje común. Igualmente se explica el funcionamiento por medio de teatralizaciones de acciones humanas.<sup>168</sup>

---

<sup>167</sup> Está ocurriendo con la introducción de aparatos computadores en las escuelas. Aunque no se tiene claro para qué, se argumenta que hay que llevar la tecnología moderna a las escuelas, para ponerse a tono con la educación moderna. (Algunos leemos entre líneas: “a tono con las imposiciones del mercado”)

<sup>168</sup> “A fin de poder entender la estructura y la forma de funcionamiento de un ordenador, lo compararemos a un director y sus dos secretarías, cada una de las cuales ocupa un despacho”. GERGELY, S. *Microelectrónica*. 1985, p. 9.

“Ayudémonos con la idea figurativa del computador como un Centro de Trabajo en el que existen tres salas: Si pudiéramos oír al personal de las tres salas comunicándose entre sí notaríamos que el idioma que hablan nos resulta totalmente incomprensible: pareciera que en lugar de palabras usasen números. Además, ni siquiera números fáciles de transmitir, recordar y comprender, como a los que estamos acostumbrados, digamos 25, 114, 38117. En lugar de las palabras o a los números a los que estamos acostumbrados oíríamos que de una sala gritan, por ejemplo, 11010111 y de la otra responden 11100011, 00110110, 10101110 (!)”. Silva, José Gregorio. 1991.

- No puede considerarse alguien que afirme comunicarse **con** la máquina, a menos que ese alguien esté afectado por una apreciación animista.

En este caso, quizá la percepción obedezca al hecho de que el procesamiento secuencial automático de la máquina debe ser activado por el usuario en ciertos momentos, de acuerdo con estados de los circuitos, cuyas salidas están codificadas como preguntas en lenguaje natural. Esta intervención humana en la operatividad de la máquina se asume como una interacción comunicativa, algo que también ha pasado a formar parte de la percepción y el lenguaje comunes.

En las pautas de operatividad programadas en la máquina, no hay ninguna mediación de representaciones, sentido, expectativas y demás aspectos que intervienen en la comunicación entre dos seres humanos. En realidad, en este accionar de un teclado o un “ratón” no hay **mayor sentido comunicativo** que cuando, por ejemplo, se acciona la manivela de una máquina de moler. Las diferencias aquí corresponden, en sentido estricto, a la complejidad del diseño y de las potencialidades de cada herramienta.

- Este perder de vista al ser humano tras el accionar de la máquina <sup>169</sup> puede resultar aún más problemático cuando involucra aspectos importantes de la interacción social. Algo en tal sentido ha comenzado a perfilarse en aquellos casos en los que la máquina computadora hace las veces de canal de comunicación.

Como en aquél caso en que se cree interactuar comunicativamente con la máquina por cuanto la fenomenología de la operatividad secuencial oculta al emisor humano diseñador, aquí la confusión también se asienta en la pérdida del emisor humano que ahora es literalmente aniquilado por la fenomenología de la operatividad oculta de la *memoria*.

Las memorias de las máquinas, conectadas en red y con salidas en diferentes puntos para receptores anónimos, aparecen depositarias del conocimiento, un conocimiento que supuestamente, al fin, se habría democratizado.<sup>170</sup> Para algunos, esta información en las redes computarizadas transformó la sociedad actual en la “sociedad del conocimiento”.

---

<sup>169</sup> Algo que puede profundizarse a medida que en los ambientes se introduzca una mayor cantidad de máquinas y aparatos con alto grado de autonomía operativa: cajeros electrónicos, contestadores automáticos, dispensadores de alimentos, etc.

<sup>170</sup> Se olvida la diferencia entre *información* y *conocimiento*.

Aparte de las indeseables consecuencias sociales que pudieran derivarse de una generalización de esta ideología, que no es del caso examinar a fondo en este trabajo dado sus objetivos, se planteará al menos una perspectiva inquietante, ligada a tal tendencia tecnocrática.

En épocas distintas, el control de la información relevante para cada época, <sup>171</sup> se efectuaba de maneras diversas, en muchas ocasiones apelando a la violencia manifiesta. No obstante, controlar la información era difícil, pues siempre los emisores censurados tenían a la mano canales alternos de comunicación, p. ej. impresos y de radio. De generalizarse la tendencia a un canal exclusivo para la información relevante de esta época <sup>172</sup>, se abre con ello la posibilidad de control mayor de la información. Y si este canal depende de las telecomunicaciones, cada vez más cerradas y controladas por los grupos de gran poder, éstos podrán más fácilmente ser emisores y, a la vez, censores.

A diferencia de lo que muchos podrían creer, las memorias de las máquinas no son generadoras de la información que contienen. Seres humanos almacenan a su arbitrio datos en estos depósitos electrónicos, lugares detenidos en el canal, hasta que alguien, otro ser humano, lo active. Pero este arbitrio suele plegarse a los dictados de la inmediatez, el sensacionalismo, la superficialidad y la trivialidad en aras del interés de los *negocios*. Nos encontramos ante una perspectiva sombría que hoy es apuntalada por la novedad de la innovación y de una supuesta democratización del conocimiento, más allá de la escuela tradicional.

En la interacción social en la que se involucra la mediación de la tecnología, no sólo puede perderse de vista el emisor sino también la materialidad que sustenta a la técnica. Detrás de esta extraña metafísica de la cultura contemporánea parecen encontrarse dos fenomenologías que ya no se derivan de la operatividad oculta de la máquina, sino de las condiciones sociales en que hoy ocurre el quehacer tecnológico.

En primer lugar, estaría aquel suceso del saber técnico propio de la tecnología contemporánea y que será ampliado en el próximo capítulo, relativo a la **explicitación** de la estrategia de maquinización, como un diseño lógico.

---

<sup>171</sup> La quema de libros, ineficiente aún en un medio de plumas y de imprentas escasas, hoy resultaría prácticamente inútil con las técnicas de impresión de fácil acceso. El prestigio de editoriales y librerías instituidos como canal del pensamiento válido, poco cuenta ahora. Quizá la censura más fiable se cifra hoy en el desuso del medio impreso.

<sup>172</sup> No sólo de la información periodística ya bastante controlada, sino igualmente de la información científica y tecnológica.

La formalización del diseño de programas para máquinas, sobre la base de un algoritmo simbólico, circunscrita a la simbología del algoritmo y a la formalización, también simbólica, de un procedimiento lógico, que no precisa atender a la materialidad de los circuitos, parece haber generado la ilusión de inmaterialidad de la técnica.

Esta ilusión puede obedecer también al hecho de que las metodologías en boga han adoptado términos de la técnica: “dispositivos”, “herramientas”, “operadores”, “operativo”. Y puesto que el programador atiende ante todo a una exposición de la **metodología** para adelantar un procedimiento o tarea lógica, en la que puede entrar en juego la relación con estos términos, entonces todo se queda en el terreno de la mente, que utiliza herramientas también inmateriales.

La división del trabajo entre programación y disposición electrónica para la materialización en máquina o artefacto, que se sucede en el nivel del quehacer técnico práctico, junto con el alejamiento de la mayoría de la población de este quehacer técnico, puede haber propiciado la escisión en el nivel de la conciencia, que conduce a la apreciación de la tecnología como algo inmaterial. A partir de aquí, se crean las condiciones para que cualquier aspecto relativo a la interacción social sea considerado tecnológico.<sup>173</sup>

La influencia cada vez mayor de los artefactos de la tecnología contemporánea en el transcurrir cotidiano, aunada a la ausencia de comprensión de su operatividad, fomentan que en lugar de esa comprensión se establezcan construcciones simbólicas que brindan, de manera fantástica e ilusoria, explicación de los efectos de los autómatas y de sus posibles proyecciones sociales, a falta de una explicación racional de la operatividad y de sus alcances sociales.

La incapacidad de comprender esta operatividad de la máquina computadora, operatividad completamente suprasensible ya que no puede ser aprehendida por los sentidos en el aparato mismo ni en su funcionamiento<sup>174</sup>., aunada a la magnificación de atributos concedidos

---

<sup>173</sup> En este contexto se inscriben todas las formas de tecnocracia, entre otras la idea de “ingeniería social”. “Popper asumió la expresión {...} . En su afán de realizar la utopía por esta ingeniería social, empezaron a considerar al hombre primero como material humano, después como capital humano”. HINKELAMMERT, Franz. 1991.

<sup>174</sup> La operatividad suprasensible, no comprendida lógicamente, aparece como atributo surgido de la cosa misma. En este sentido, el análisis que realizara Marx acerca de la fetichización de la mercancía en lo suprasensible de las relaciones de producción, es retomado por Jacques Derrida en alusión a la mercancía *mesa* de la era técnica. Aquí se reproduce el texto de este autor asumida la mesa como una máquina computadora, que bien puede ser una síntesis de la fetichización de nuestro tiempo: “ La contradicción capital no se debe sólo a la increíble conjunción de lo sensible y de lo suprasensible en la misma *cosa*: es la de la **autonomía automática**, de la libertad mecánica, de la vida técnica {...} Autonomía y automatismo de esa mesa de madera que se da espontáneamente su movimiento, ciertamente, y de ese modo parece animarse,

ilusoriamente a esta máquina, configuran las condiciones para la fetichización de éste y otros objetos materiales de la tecnología.

El caso es que una comprensión racional de la operatividad va más allá de las explicaciones superficiales acerca de “qué hace” cada una de las partes de la máquina “inteligente”<sup>175</sup>. Se trata de comprender la estrategia lógica humana en la base de su diseño, algo que requiere de una capacidad intelectual lógico-estratégica en altos niveles de abstracción, cuya formación debe ser abordada desde una adecuada pedagogía de la tecnología.

Unas condiciones para tal pedagogía, tendientes a propiciar la formación de esa capacidad intelectual de alto nivel, de manera democrática, se exponen en el Capítulo 5.

---

animalizarse, espiritualizarse, *espiritizarse* pero, al mismo tiempo, sigue siendo un cuerpo artefactual, una especie de autómeta, una figurante, una muñeca mecánica y rígida cuya danza obedece a la rigidez técnica de un programa {...} figura la aparición de un espectro. Acumula indecidiblemente, en su inquietante extrañeza, los preciados contradichos de éste: la cosa inerte, parece de pronto, *inspirada*, está totalmente transida de un *pneuma* o de una *psyché*. DERRIDA, Jacques. 1995, p. 172 -173.

<sup>175</sup> Memoria RAM, ROM, CPU, etc. Práctica corriente en cursos de informática.

#### **4.- Significado Sociocultural de la Tecnología Contemporánea**

Un examen que busque ser objetivo acerca de las implicaciones socioculturales de la tecnología contemporánea, conducirá seguramente a una valoración desde dos perspectivas.

Una de estas perspectivas, tiene que ver con la contradicción entre un ostensible desarrollo de la cultura material técnica, construida sobre los cimientos de la racionalidad, por un lado; y, por el otro, unas relaciones sociales que involucran desigualdad, dominación y sufrimiento permanente de vastos sectores de la población humana.<sup>176</sup>

La segunda perspectiva de valoración se ubica en el dimensionamiento de la capacidad expansiva del intelecto y de la conciencia del ser humano, en cuanto especie inteligente en un universo complejo, y su conciencia histórica en cuanto pasado de realizaciones y de rectificaciones con proyección hacia el futuro.

Sin que pueda profundizarse en estas dos visiones, por los objetivos de este trabajo, se valorarán de manera somera, como prerrequisito de una perspectiva pedagógica que debe plantearse en medio de debates y valoraciones culturales en el medio educativo.<sup>177</sup>

##### **4.1.- ¿Dos Formas de Aprendizaje Social Desigual?**

Las pretensiones de la corriente de pensamiento “postmodernista”, de negar a ultranza la racionalidad y el progreso característicos de la época contemporánea, ha terminado por aportar bien poco a dilucidar las raíces sociales de la mencionada contradicción entre progreso material técnico y la expansión dominante característica del decurso histórico de Occidente.

Dichas posiciones, indiferenciadamente nugatorias, lograron confundir el debate de las ciencias sociales por casi tres décadas.<sup>178</sup>

---

<sup>176</sup> En este punto se ubica la visión pesimista de la tecnología, como contrapartida radical de la postura apologética que conduce a las mitificaciones y fetichizaciones de ésta. A este respecto, ver: RAULET, Gérard. 1994, pp.321 - 348. En esta misma recopilación: SCHERPE, Klaus R. 1994

<sup>177</sup> En el medio de los docentes colombianos ha influido ampliamente el discurso contra la razón instrumental. Por ejemplo: RESTREPO, Luis Carlos. 1996.

<sup>178</sup> Quizá la piedra de toque la planteara inicialmente Marcuse con su crítica al capitalismo referida a la técnica y ésta apuntalada por Foucault en el campo del conocimiento. No obstante, en ambos casos lo principal era la negación y lo contestatario a un orden social injusto. Lo que vino luego es otra cosa, una vertiente que cancela el debate social crítico para emprenderla contra el pensamiento más influyente de las ciencias sociales. Es la vertiente iniciada por Lyotard, cuyos últimos adeptos viven en Colombia.

Luego de respuestas contundentes que han puesto de manifiesto la no viabilidad del postmodernismo para contribuir a dilucidar los problemas más acuciantes de nuestro tiempo, la vigencia y el estado del debate acerca de la contradicción mencionada, se plantea ahora en una vía fructífera desde una perspectiva habermasiana que fuera expresada también hace tres décadas.

Se trata de la respuesta que le mereciera a Habermas el punto de vista expresado por Marcuse en su ensayo *La racionalidad tecnológica y la lógica de la dominación*.<sup>179</sup> Habermas rinde homenaje a Marcuse en su cumpleaños 70, con esta respuesta crítica. Habermas, en su trabajo, plantea dos ámbitos de experiencia social. Uno, el instrumental estratégico, en donde se ubican las realizaciones de la ciencia y la técnica; el otro, el de la interacción comunicativa que constituirá el medio de todas las actuaciones de socialización.<sup>180</sup>

Sin entrar en los detalles de este trascendental debate, se enfatizará en uno de sus puntos más importantes, que es el que precisamente se refiere a la ya mencionada contradicción entre progreso material y relaciones sociales de dominio y control.<sup>181</sup>

Habermas advierte acerca de la influencia cada vez mayor de la ideología tecnocrática y, de forma paralela, enfatiza en el carácter intrínsecamente neutral y positivamente valorable de un saber acumulado en las realizaciones técnicas y científicas; y el carácter históricamente contingente de la orientación de este saber como ideología y medio de dominación.<sup>182</sup>

En trabajos posteriores, son examinadas las dos dimensiones de experiencia social como dos campos de conocimiento que, aunque en estrecha interacción dialéctica en su desarrollo y ambos orientados hacia un incremento de complejidad, no son equiparables en sus realizaciones.

---

<sup>179</sup> En MARCUSE, Herbert. 1965.

<sup>180</sup> HABERMAS, Jürgen. 1992<sup>a</sup>. Este examen continua en *La Reconstrucción del Materialismo Histórico*.

<sup>181</sup> “Una nueva perspectiva es necesaria. Un enfoque que diferencia los dos ámbitos de la experiencia social con sus lógicas diferentes: la de la ciencia y la tecnología, con sus criterios de disposición y control, y la de la interacción social, cuya racionalidad está por lograrse en unas relaciones intersubjetivas, libres de dominio y regidas por el consenso”. LOTERO BOTERO, Amparo. 1997a.

<sup>182</sup> “[...] La evolución de la técnica obedece a una lógica que responde a la estructura de la acción racional con respecto a fines controlada por el éxito lo que quiere decir: que responde a la estructura del trabajo, entonces no se ve como podríamos renunciar a la técnica, es decir, a nuestra técnica, sustituyéndola por una cualitativamente distinta, mientras no cambie la organización de la naturaleza humana y mientras hayamos de mantener nuestra vida por medio del trabajo social y valiéndonos de los medios que sustituyen al trabajo”. HABERMAS, J. Op. Cit. p.62.

Habermas examina aquí también algunos casos en los que el “conocimiento técnicamente valorable” no evoluciona paralelo a las imágenes de mundo.<sup>183</sup>

En las sociedades occidentales con gran desarrollo del conocimiento técnicamente valorable, estaría por realizarse aún aquello que Habermas denomina la **conciencia ético- práctica**.

Este análisis introduce dos aspectos valiosos para el examen de la contradicción. De una parte, la ubicación de dos ámbitos de experiencia social regidos cada uno por lógicas diferentes: la instrumental estratégica, en un caso, y en el otro la comunicativa. Así como el hecho de que en las sociedades modernas la lógica estratégica en sus aspectos de control y dominio haya invadido el campo comunicativo, con el consiguiente desplazamiento de su lógica validada consensualmente. En contraste, el conocimiento del campo estratégico se valida por medio de la experiencia.

De otra parte, este análisis diferencia claramente entre la apropiación de los logros del campo instrumental estratégico con fines de dominación, y estos logros como un patrimonio potencial en la dimensión de lo humanamente valorable.<sup>184</sup>

#### **4.2.- ¿Expansión de Intelecto y Conciencia?**

Luego de aproximadamente diez mil años de desarrollo de cultura material, ¿puede hablarse de un patrimonio de saber técnico? y, de ser así, ¿este patrimonio puede ser valorado no sólo en términos técnicos de eficiencia, sino también en el sentido de nuestras posibilidades como humanidad?

Aquí cabe otra pregunta, ¿en qué se expresa esa herencia de saber, de diez mil años de realizaciones? Es indudable que, prácticamente todas las culturas tienen a su haber una gran

---

<sup>183</sup> “La respuesta que propongo implica que el género humano en cuanto tal no aprende solamente en la dimensión del conocimiento técnicamente valorable - decisivo para la expansión de las fuerzas productivas -, sino también en la dimensión de la conciencia práctico-moral - fundamental para las estructuras interactivas- cierto que las reglas de la actuación comunicativa se desarrollan como reacción a los cambios en el ámbito de la actuación instrumental y estratégica; pero, en este desarrollo, siguen una *lógica propia*.” HABERMAS, J. Op. Cit. p. 149.

<sup>184</sup> “{...} la respuesta es vivir en una sociedad basada en los valores humanos y no en la compraventa. WIENER, N. 1998, p.53. La tecnología en el contexto de la educación es hartó problemática, circunstancia que demanda distanciamiento crítico por parte de quienes intervienen en este contexto. Una posición en tal sentido: VARGAS GUILLÉN, Germán. 1999.

diversidad de objetos y herramientas.<sup>185</sup> Todos estos objetos materiales han sido **productos** de algún nivel del Ciclo Productivo, como fuera expuesto en el Capítulo 1.

A objetos materiales más sofisticados, corresponden ciclos productivos más maquinizados. Así, podría pensarse que entre más objetos y máquinas sofisticadas posea una determinada sociedad, mayor será su patrimonio tecnológico.

Si suponemos la ocurrencia de una catástrofe en la que los objetos y máquinas fueran borrados, y permanecieran los seres humanos con lo básico para su subsistencia ¿podría reconstruirse lo materialmente perdido? Seguramente, a condición de que un número suficiente de seres humanos fueran depositarios de los conocimientos para tal reconstrucción.

La anterior suposición, quizá extrema y de lugar común, puede no obstante ilustrar en dónde se ubica el patrimonio de un saber, en una situación en la que parece bastante generalizada la suposición de que, para el caso concreto de la técnica, su saber **son** los objetos, artefactos y máquinas, y que cuando se construye cualquier objeto material, se construye saber técnico.<sup>186</sup> Los objetos no son los depositarios del saber.<sup>187</sup>

Como ya se expuso, el saber tecnológico es un cuerpo teórico que, como tal, sólo tiene sentido en la materialidad funcional de lo que teoriza. Hoy, esta indisolubilidad epistemológica reúne diseño lógico simbólico codificado como sistema de señales en circuitos, y lo que ésto significa. Es algo que amerita ser reflexionado.

Una es la posibilidad del ser humano de pensar los componentes presentes y concretos de su entorno inmediato. Otra, es la posibilidad de desligar su yo de esos concretos inmediatos y de pensar el mundo en imágenes representacionales abstractas. Un nivel de mayores posibilidades, indudablemente, es el de pensarse y representarse pensando. Este nivel de pensamiento, hasta hace poco exclusivo de la filosofía y otras disciplinas cognoscitivas, hoy se involucra en el diseño de la maquinización.

---

<sup>185</sup> Trátese de máquinas o no.

<sup>186</sup> Como ya se expuso, ésto sólo ocurre en casos especiales.

<sup>187</sup> Si suponemos también, que luego de la catástrofe, perecieran todos los humanos y unos nuevos seres poblaran lo que fuera nuestro hábitat, y que tales seres con menos tiempo de civilización encontraran una pastilla de microchip, ¿podría ésta por sí sola indicar el conocimiento requerido para su construcción? Otro ejemplo de ficción, pero ilustrativo.

Ya se expuso en el Capítulo 2 la forma como en la estrategia de las máquinas lógicas se sintetiza una herencia de conocimientos en varios campos. Además, como con ella se expresa en la conciencia la circunstancia de que en toda operatividad maquinizada subyace una lógica estratégica. Esta lógica ha comenzado a ser pensada como un ejercicio de metacognición.

¿Cómo se maquinizan las leyes de la lógica formal, cuál es la naturaleza de la lógica estratégica para solucionar problemas?, ¿cuáles son los procesos por los que los seres humanos nos hemos comunicado y establecido disímiles codificaciones, como parte del quehacer de socialización y de cultura?

El estudio de desarrollo de la estrategia de maquinización, como resultado de cientos de años de experimentación técnica exitosa, ha incrementado, a su vez, en grado considerable las posibilidades de experimentación, de control y de predictibilidad.<sup>188</sup>

El desarrollo de la estrategia digital permitió compartir masivamente la mirada de nuestro hábitat la Tierra, con quienes se encontraban en el espacio exterior<sup>189</sup>. Es posible que esta mirada haya transformado la conciencia, general y popularmente hablando, de nuestro lugar de seres humanos especie inteligente, en un universo inmenso y complejo.<sup>190</sup> Indudablemente habitamos también una sociedad compleja.

Pero, ¿hasta dónde pueden asumir conciencia de su tiempo y de su participación consciente y constructiva las nuevas generaciones? El panorama para una respuesta a tal pregunta es incierto en el actual orden de cosas.

En general, se asume la invasión de los artefactos de la tecnología como se asumen las devaluaciones de moneda y las alzas de precios, como algo resultante de comportamientos naturales, frente a los cuales poco o nada puede hacerse. Esta idea se apuntala con los mismos medios de masas.

No importa de dónde provienen los artefactos, lo único ineluctable parece ser el incorporarlos y usarlos. ¿Para qué? no importa, después se verá.<sup>191</sup> Y mientras esto constituye un fenómeno de

---

<sup>188</sup> Ver, por ejemplo: WEINBERG, Gerald. 1987, pp. 118 - 167.

<sup>189</sup> LOTERO BOTERO, Amparo. 1989.

<sup>190</sup> DEVEREUX, Paul y otros. 1991.

<sup>191</sup> Con relación a la tecnología anterior, cuando las máquinas encontraban lugar en correspondencia con una necesidad, hoy la ubicación precede a la necesidad. El caso más ilustrativo de este artificio cultural parece ser el de la máquina computadora en la escuela, como ya se explicó antes.

masas, los depositarios de ese saber que explicaría la invasión de artefactos y su sentido cultural, son hoy una minoría de especialistas.

En realidad, el impacto cultural que en el presente tienen la ciencia y la tecnología, se debe mucho más a la relación cercana y cotidiana del gran público con los artefactos de los ambientes artificiales <sup>192</sup>, que a una apropiada información acerca de actividades de investigación y desarrollo, actividades que se adelantan al margen del interés y de las decisiones del gran público.

Aunque se han llevado a cabo diversas campañas mundiales orientadas a popularizar la ciencia y la tecnología, animadas por un principio democratizador, tal objetivo aparece aún bastante lejano. <sup>193</sup>

Hoy ha quedado claro lo infructuoso de los esfuerzos por lograr un acercamiento a la comprensión de la ciencia y la tecnología, cuando el énfasis central se ubica en el aprovechamiento de los medios de difusión masiva. Las características del uso de estos medios en la actualidad, tales como espectacularidad, inmediatez y ligereza, los descartan como canales adecuados para un propósito semejante. <sup>194</sup>

Es altamente probable que las intervenciones de los medios a este respecto, así como los ambientes que exponen a la gente a manifestaciones artefactuales impactantes estén contribuyendo más a ahondar las concepciones mitificadoras y fetichizantes de la tecnología contemporánea.

El propósito de popularizar la ciencia y la tecnología, es ilusorio bajo los estándares de la cultura de masas. <sup>195</sup> El grado de complejidad que involucran las teorías de frontera, plantean un punto crítico de simplificación que sólo puede sobrepasarse a condición de trivializar y deformar

---

<sup>192</sup> Aunque en regiones rurales apartadas la presencia de máquinas o artefactos es mucho menor, la gran penetración de la televisión relaciona a sus pobladores con ambientes tecnologizados foráneos, y contribuye a crear en ellos imaginarios particulares acerca de la ciencia y la tecnología.

<sup>193</sup> Estas campañas han estado motivadas por intereses políticos y económicos. LOTERO BOTERO, Amparo.1991. La política de Unesco de alfabetización en ciencia y tecnología, no obstante el interés de la Comunidad Europea en asuntos de calificación de la oferta laboral, tiene a su haber dos aspectos positivos: asignar al sistema educativo esta tarea y conformar una comunidad académica internacional que trabaja en ET.

<sup>194</sup> La autora de este escrito participó de tales esfuerzos en la década de los ochenta. Los contenidos de las páginas de C y T de los diarios están prácticamente reducidos a publirreportajes acerca de las ventajas de los productos del mercado informático.

<sup>195</sup> Cultura popular es diferente a cultura de masas. Ésta última sin arraigo en valores de comunidad e identidad, sino basada en patrones de comportamiento inducidos por mensajes de los medios.

aspectos importantes de esas teorías, un hecho que conocen bien quienes se han propuesto la tarea divulgadora de la ciencia y la tecnología.

En la década de los ochenta, hubo varios esfuerzos de producción de series divulgativas de gran factura y calidad, tanto en sus contenidos como en sus aspectos de manejo del medio televisivo.<sup>196</sup> No obstante la calidad de estos esfuerzos y de una pasajera popularidad, su impacto fue opacado rápidamente por la producción “normal” de televisión. Adicionalmente, se tienen diversos ejemplos de uso de estas series divulgativas con poblaciones diferentes, las cuales indicaban que la posibilidad de comprensión de esos mensajes divulgativos estaba directamente relacionada con el nivel de escolaridad de quien los observaba.

Parece evidente que sólo unas prácticas educativas basadas en una adecuada pedagogía de la ciencia y la tecnología, ampliamente difundidas, pueden garantizar por un lado el derecho de todo ser humano a desarrollar su potencialidad intelectual y, por el otro, procurar que todos los pueblos tengan igualdad de acceso al patrimonio cultural que han implicado esas ciencia y tecnología.

Antes que una labor de “rebajar”, se trata más bien de procurar aumentar los niveles de comprensión, algo que sólo puede ser el resultado de una labor continuada y sistemática a lo largo de la escolaridad de las jóvenes generaciones,<sup>197</sup> que sólo con tal comprensión estarán en condiciones de ser conscientes de las posibilidades que ofrece el conocimiento contemporáneo y de integrarse creativamente a su desarrollo.

---

<sup>196</sup> Entre estos esfuerzos cabe destacar “El Ascenso del Hombre”, de Jacob Bronowski, “Cosmos” de Carl Sagan y “Planeta Tierra”, financiado por la IBM.

<sup>197</sup> “La escuela debe ser el medio más estable y sistemático de divulgación de ciencia y tecnología”. ANDRADE, Edgar. 1989.

## **5.- Condiciones para una Pedagogía de la Tecnología Contemporánea**

Cuando se formula el propósito de abordar la educación en tecnología (ET) para la educación básica y media, bajo la perspectiva de la frontera de su conocimiento, entran en juego en este problema una gran cantidad de variables. Estas variables tienen que ver con la idea que se tenga acerca de lo que debería ser la ET, lo que determina el enfoque para un planteamiento curricular, pedagógico y didáctico.

No obstante la estrecha interrelación entre estas variables, será necesario examinarlas por separado. Y como en todo el transcurso de este trabajo, el desarrollo de la exposición tendrá que vérselas, de paso, con posiciones controversiales involucradas en los aspectos trabajados, las que ya no podrán ser comentadas sino mediante las notas de pie de página.

El examen de la pedagogía de la tecnología no será precedida en este caso por definiciones de orden epistemológico acerca de la inteligencia, la pedagogía, la didáctica y otras materias. Aquí se asumirán estos términos en cuanto significantes en relación con la educación en tecnología (ET), ya que el problema se sitúa en este punto, precisamente en examinar el sentido de este último término. De esta definición dependerán las variables de implementación de la ET

### **5.1.- Definición de Educación en Tecnología**

Como es ampliamente conocido, cualquier propuesta curricular estará siempre enmarcada en las concepciones de quienes la formulan. A toda propuesta curricular subyace la respuesta a una pregunta que puede expresarse de la siguiente forma: ¿Qué deben saber hoy los jóvenes acerca de tal campo de conocimiento? y, ¿Para qué deben saber **eso**?

Esta pregunta ha resultado especialmente controversial en el caso de la ET, por varias razones. En primer lugar, porque las decisiones de política educativa para instaurar el área en prácticamente todos los países, aparecen ligadas a las necesidades de una mayor calificación de la oferta laboral, asociable a las nuevas tecnologías y a la creatividad para la innovación.<sup>198</sup>

En segundo lugar, porque los esfuerzos por definir currículos a partir de contenidos de conocimiento imprecisos, como acontece con la ET para la educación básica, sólo recientemente

---

<sup>198</sup> Muchas expresiones asociadas con esta idea son hoy lugar común: sociedad del conocimiento, vertiginoso avance tecnológico, profesional flexible, analista simbólico, etc. Algunas de estas expresiones se derivan de éxitos de librería de los noventa como: DRUCKER, P. 1989. NAISBITT, A. J. 1992

asumida como objeto epistemológico más allá de las especialidades de ingeniería, no puede generar inicialmente sino una gran cantidad de propuestas diversas.

Con estas dos circunstancias en la base del planteamiento de la ET, las respuestas a la mencionada pregunta han tendido a orientarse de la siguiente forma:

En el primer caso, la perspectiva de oficio que ha sido tradicional en la educación técnica, ahora incorpora la actualización en el uso de computadoras. Esta perspectiva se liga a aquella que restringe los objetivos de la ET a las necesidades del entorno de los estudiantes, bajo el supuesto de que hay que partir de los “intereses” de los estudiantes y proporcionarles capacitación técnica para una vinculación laboral inmediata.<sup>199</sup>

Adicionalmente, ante la urgencia de instaurar el área, muchos de quienes manifestaron una ruptura con el enfoque de oficio se mostraron partidarios de una ET basada en metodologías de diseño. Esta vía pretende ejercitar en un procedimiento transversal, supuestamente válido para cualquier conocimiento y para resolver cualquier tipo de problemas, con lo que se reduce la ET a algo así como un adiestramiento en diseño y solución de problemas.

Sólo cuando se comprende que tanto para un caso como para el otro son necesarios conocimientos, si es que se trata de diseño tecnológico,<sup>200</sup> aflora entonces el primero de los grandes problemas: **¿Cuáles conocimientos?**, por no hablar de ¿qué es una competencia para resolver problemas y plantear propuestas de diseño?

No quedarse rasguñando en la superficie con prédicas y lugares comunes implica, en cambio, un trabajo sistemático de investigación. No obstante, tal labor requiere ser precedida por una posición que defina el sentido de la ET.

Si se parte de que todos los individuos tienen el derecho a una educación de calidad que les posibilite el pleno desarrollo de sus potencialidades intelectuales, y el acceso a lo más avanzado del acervo de conocimiento social, entonces la ET tendrá que ser definida de otra manera.

---

<sup>199</sup> De hecho, muchos docentes de educación en tecnología, provenientes fundamentalmente de la educación técnica, siguen practicando el enfoque de *educación para el oficio*. La tarea de la educación básica y media es, según esta visión, la de preparar al joven para que encuentre pronto una ubicación laboral. Como en la práctica estos empleos son escasos, se espera que jóvenes de 15 - 17 años, con una educación secundaria deficiente, provenientes de familias en dificultades económicas, sin apoyo estatal o privado, se conviertan en micro - empresarios.

<sup>200</sup> Ver, por ejemplo la cita No 5 en la Introducción, tomada de JONES, Alister. 1997, p 94. También puede verse: LAYTON, David. 1993. McCORMICK, Robert. 1997.

Sobre este presupuesto, que en últimas es una postura de derecho universal, se define entonces a la ET con el objetivo general de que las jóvenes generaciones puedan acceder a la comprensión de la tecnología contemporánea y estar en condiciones, si optaran por ello, de integrarse creativamente en la construcción de la frontera de este conocimiento. Integración creativa significa, en este contexto, capacidad para solucionar problemas aprovechando conocimientos de tecnología y, más aún, posibilidad para efectuar propuestas de diseño.<sup>201</sup>

Esta definición de la ET para la educación básica y media ubica en un **enfoque cognitivo**.

## **5.2.- Un Enfoque Cognitivo**

El problema de la educación básica y media no reside en la generación de conocimientos científicos o tecnológicos. El problema de la generación social del conocimiento es un problema de la epistemología, mientras que el aprendizaje individual es un problema de las ciencias cognitivas. Si bien el enfoque epistemológico puede contribuir a la formulación de propuestas educativas, no deben confundirse estos dos diferentes niveles, el social y el individual.

El problema para la educación consiste en cómo cada niño y joven adquiere conocimiento en un determinado dominio, lo que establece una distinción necesaria entre construcción social de conocimiento y desarrollo intelectual individual por medio de apropiar conocimientos. Esto es aún más necesario si se considera que entre el pensamiento de los niños y el pensamiento de los adultos existen diferencias estructurales<sup>202</sup>. Así, aunque la historia y los procesos sociales de desarrollo del conocimiento pueden ser fuente inspiradora para propuestas pedagógicas y didácticas, el asunto no es tan la reproducción en la escuela de lo que ocurre en la sociedad. Será necesario atender a las diferencias estructurales entre el pensamiento y el aprendizaje de infantes y jóvenes, y el pensamiento de adultos avezados en un determinado dominio.<sup>203</sup>

---

<sup>201</sup> Los países latinoamericanos, por ejemplo, pese a no contar con una base productiva de alta tecnología y a que han experimentado una desindustrialización interna durante los últimos años, afrontan una introducción masiva (por no decir invasiva) del andamiaje material de tecnologías de comunicación e informática. Los jóvenes de estos países no deberían quedar restringidos en sus oportunidades educativas al entrenamiento en el uso de aparatos y software. Una opción democrática para ellos es comprender los fundamentos y sentido de la tecnología de frontera, algo completamente posible pese a las restricciones de la base productiva.

<sup>202</sup> " ... los estudios {de Piaget} sobre el desarrollo de la inteligencia en la edad evolutiva constituyen en conjunto un estudio a fondo de la idea de Claparède según la cual el pensamiento infantil es *estructuralmente* diverso del pensamiento del hombre adulto." ABBAGNANO, N.; VISALBERGHI, A. 1998, p 672.

<sup>203</sup> El enfoque de metodología de diseño tiene una variante en el "juego de roles", en el que se inspira también el recurso de la lluvia de ideas. Ejemplos pueden encontrarse en: GARDNER, Paul y HILL, Ann Marie. 1999, pp 103-136. HENNESSY, Sara y MURPHY, Patricia. 1999, pp. 1-36.

El desarrollo intelectual por medio de apropiar conocimientos se plantea ahora con una proyección hacia el aprovechamiento de los conocimientos en diferentes contextos <sup>204</sup> y, en un sentido similar, se habla de competencia o capacidad para solucionar problemas.

A este respecto, vale la siguiente aclaración, frente a la tendencia a instrumentalizar todo el conocimiento que se incluye en el currículo escolar.

Como ya se expresó en el Capítulo 1, la dualidad implícita en la construcción de conocimiento tecnológico obedece a una lógica particular, que no abarca ni excluye otras lógicas, características de otros campos de conocimiento, algunos de los cuales no se fundan en la solución de problemas prácticos. Lo anterior significa que la perspectiva pedagógica para la tecnología, o para cualquier otro campo basado en la solución de problemas, no puede pretenderse única y general en el currículo.<sup>205</sup>

Hecha esta salvedad, se ubica entonces la pedagogía de la tecnología en un campo estratégico de solución de problemas. Sin embargo, al contrario de lo que pudiera pensarse, esta orientación no es exclusivamente pragmática, sino que se basa en conocimiento y capacidades lógicas, que para el caso del conocimiento de frontera, se refieren a capacidad de pensamiento de alto nivel de abstracción.

La lógica estratégica <sup>206</sup> es una orientación cognitiva en la base de las permanentes transformaciones del entorno artificial. De la misma manera como se pretende con el aprendizaje de las ciencias naturales y sociales que los jóvenes apropien las explicaciones racionales con que hoy se cuenta para comprender el universo natural, cultural y de socialización, así mismo, será indispensable que los jóvenes posean explicaciones racionales acerca de las transformaciones y construcciones del ser humano en el entorno artificial.

Sin embargo, en medio del gran acervo de leyes, principios, comprensiones e informaciones sobre el universo social, natural y de las transformaciones sobre éste último, ¿qué de todo esto

---

<sup>204</sup> Ver: LEGENDRE-BERGERON, M. 1994.

<sup>205</sup> Las críticas a la modalidad de sistema escolar basado en un conocimiento enciclopédico y memorístico, no puede conducir a los acostumbrados maniqueísmos de plantear como opción el remplazo por el contrario absoluto, en este caso, el pragmático de que todo lo aprendido debe servir para producir. Se olvida que una buena parte del conocimiento obedece al sentido de humanidad y a la conciencia de pasado histórico y proyecto de futuro. Ésto es algo más allá de la noción de competencia.

<sup>206</sup> No se circunscribe aquí la lógica a mecánica, que es la de construcción de conocimiento social tecnológico, una orientación vinculada exclusivamente a la disposición de maquinización. Asumida como lógica estratégica, significa poder pensar otros aspectos de disposición convencional.

será relevante para que los jóvenes logren explicaciones ligadas a la ciencia acerca del mundo que habitan y además sobre sus posibilidades creativas en éste? ¿Con qué criterios se efectúa esta selección?

Estas preguntas remiten al campo del currículo, otra variable a considerar.

### **5.3.- Currículo Comprensivo para la Frontera del Conocimiento y de la Lógica**

Afirmado ya el principio de que el desarrollo intelectual por medio de la apropiación de conocimientos será el sentido de una educación básica democrática,<sup>207</sup> y no orientaciones coyunturales de tipo social y económico; principio que demanda un enfoque cognitivo, ahora será necesario determinar el sentido de todo esto en el transcurso de los grados escolares.<sup>208</sup>

En general, toda propuesta curricular se asienta sobre el principio que permite ir más adelante en la investigación pedagógica y curricular, de que los grados se corresponden con edades y las edades se corresponden con cierto nivel de conocimientos e informaciones que podrían ser apropiados por los alumnos de acuerdo con su nivel de desarrollo lógico.

Así, no se piensa en asignar, por ejemplo, a niños de grado 2o el aprendizaje de ecuaciones diferenciales o, a adolescentes el aprendizaje de la aritmética básica. En últimas, este principio en la base de propuestas curriculares <sup>209</sup> se funda en desarrollos de la ciencia cognitiva acerca de los estadios del desarrollo lógico individual. <sup>210</sup>

Una presunción importante, pero normalmente arbitraria en el sentido de que corresponde no a la ciencia cognitiva sino a posiciones acerca de la educación, es la que define cuáles aspectos del conocimiento se sitúan en los últimos niveles: ¿qué se asigna a los alumnos de últimos grados de educación media? ¿Se propone una visión del conocimiento de frontera? En este punto resulta

---

<sup>207</sup> Se especifica para la educación básica, ya que como es bien sabido el sistema educativo está conformado por diferentes niveles que se corresponden con diferentes niveles de oportunidades individuales. Para el caso de la tecnología se han establecido instituciones para el nivel de oficio, técnico experto, profesional, postgrados.

<sup>208</sup> En este punto se revela de manera preocupante que una definición curricular es nada más y nada menos que la definición del sentido de una oportunidad, quizá la más importante, para un desarrollo intelectual pleno. Bajo la responsabilidad de quiénes se deja un aspecto tan fundamental del desarrollo de todo ser humano, es un dilema. Aquí insistimos en equipos académicos de investigación y validación.

<sup>209</sup> Hay propuestas basadas en otros supuestos, incluso hay quienes niegan la sistematización curricular prefiriendo en cambio sucesos aleatorios basados en lo que interese a los estudiantes en un determinado momento.

<sup>210</sup> “ No obstante las controversias, la teoría de Piaget sigue siendo catalizador y fuente de una gran cantidad de investigación. Su trabajo continúa guiando ideas acerca de la investigación con niños, métodos de educación y estilos de ser padres. La contribución de Piaget fue y es inconmensurable”. HOCK, Roger R. 1995, p 141.

difícil de remontar el peso de la arbitrariedad o de la tradición.<sup>211</sup> (Así por ejemplo, por tradición muchos currículos de matemáticas, inclusive para la formación de ingenieros, aún no incluyen la lógica matemática).

Una decisión sobre qué contenidos se asignan a los últimos grados en un esquema curricular, es algo determinante para los contenidos de todos los grados, por lo menos en lo que respecta a la ET.

Lo anterior quiere decir que si el objetivo de la propuesta curricular es que los jóvenes **estén en condiciones** de acceder a la comprensión del conocimiento de la tecnología contemporánea y de integrarse creativamente en su construcción,<sup>212</sup> será necesario seleccionar de entre todo el acervo de conocimiento de la tecnología, aquello que pueda ser relevante para alcanzar tal objetivo.

Como se desprende de la explicación del Capítulo 2, la comprensión de la tecnología contemporánea significa lograr acceder a la explicación racional de la estrategia de maquinización digital, de control, y de automatización.

Pero, como se plantea en la Tercera Tesis acerca de la estrategia de la tecnología contemporánea, ésta no sólo involucra un sistema técnico material, sino también todo un conjunto de sistemas lógicos. Se argumentó en aquel capítulo que el sistema técnico material es inseparable de la lógica que lo ha diseñado, así en los inicios de la técnica esta lógica no haya sido consciente. Ahora, esta lógica será necesario explicitarla en el currículo desde los primeros grados.

A lo largo de la argumentación se vió también que en el proceso de maquinización se disponían de manera cada vez más compleja materialidades, sobre la base de principios operativos también cada vez más complejos, para que las máquinas realizaran tareas todavía más complejas. Este hecho supone una evolución en el sentido de que cada nuevo desarrollo se asienta sobre uno anterior.

El desarrollo social de la maquinización ha avanzado hasta el punto en el que la lógica mecánica estratégica logra maquinizar ciertos aspectos de la lógica formal para realizar tareas lógicas. De

---

<sup>211</sup> Aquí vuelve a aparecer la segregación intelectual. Es preocupante que a este respecto las visiones de parroquia provengan también de algunos docentes. Así, por ejemplo, hay docentes que cuestionan aprendizajes sobre genética y física moderna y otros de frontera por parte de jóvenes de colegios públicos de localidades de estratos bajos, quienes *preferiblemente* deberían aprender oficios de su entorno.

<sup>212</sup> Como opción **real**, para quienes así lo decidieran.

esta forma, sobre la base del funcionamiento bipolar de dispositivos electrónicos se logra representar en circuitos procedimientos lógicos, tratados como computación de opciones discretas binarias SI - NO.

Pero el desarrollo de esta estrategia supuso para la humanidad mucho más que complejización de operadores materiales. En ella se sintetiza además el desarrollo previo, durante miles de años, de muchos otros conocimientos y habilidades.

La estrategia contemporánea supuso, por ejemplo, que nuestros antepasados se dieran cuenta de que las formas de ciertos materiales de la naturaleza servían para recoger, almacenar, cortar, etc. Esto condujo a la certidumbre de que podían transformar materiales de la naturaleza, por medio de herramientas, las que también podían hacer al transformar materiales naturales. Y, de estas realizaciones surge la conciencia de creación de un mundo artificial, diferente del natural, en el que se podía construir mucho más.

Pero, sobre todo, la estrategia contemporánea supuso que la humanidad aprendiera a representar. Primero como representación ideográfica de sus congéneres, de plantas, animales y de las estrellas...; luego, representar la palabra escrita, y las cantidades de objetos inicialmente con rayas marcadas sobre superficies blandas o con guijarros. Luego vino el paso maravilloso al signo numérico, para representar con éste muchas rayas o guijarros, los que a su vez, representaban **otras cosas**. Y luego, la realización de operaciones numéricas con estos signos.

El desarrollo de la estrategia contemporánea supuso también medir las cosas, y este medir requirió ponerse de acuerdo acerca de un patrón convencional, que sería la unidad para comparar el tamaño de las cosas. Otros seres humanos, en lugares distintos, escogieron como patrón **una unidad de diferente tamaño**.

Supuso que los antepasados, luego de fabricar las primeras herramientas, construyeran con ruedas y ejes de diferentes tamaños, mecanismos para mover la herramienta de trabajo. Fue necesario también que se percataran de que podían remplazar su propia fuerza con las corrientes de agua o el viento.

La síntesis técnica contemporánea, supuso entender que con signos numéricos podían representarse resultados iguales, a partir de sucesos iguales, esto es, relaciones constantes entre

los objetos. Por ejemplo, que si una rueda giraba media vuelta, este suceso podía representarse como  $1/2$ , independientemente de que tan grandes fueran las ruedas que giraban.

Y supuso también la conciencia de si era posible comunicar con palabras y sus signos, también era posible comunicar lo que sucede en los mecanismos y en la acción de otros objetos por medio de signos numéricos...y comunicar además con otros lenguajes y códigos. En suma, supuso todos estos sucesos de desarrollo lógico y de saber universal, hasta los más abstractos modernos en que se basa la estrategia representacional para la operatividad de la máquina de procedimientos lógicos.

Un ejercicio como el anterior, ejemplifica el acervo de pensamiento y conocimientos **relevantes** para la estrategia de la tecnología contemporánea, criterio básico para la selección de contenidos de la propuesta curricular en una exposición ascendente de complejidad lógica.

Se asume aquí un paralelismo entre el incremento de complejidad de las realizaciones técnicas, tomadas como contenidos temáticos de la propuesta curricular; y el incremento de complejidad del desarrollo lógico de la humanidad en su conjunto, como base para la organización grado a grado por edades. Este es un paralelismo que ha sido examinado con referencia al desarrollo del conocimiento social en una etapa histórica determinada, y el desarrollo de ciertos campos del conocimiento, por varios autores.<sup>213</sup>

Este criterio organizador del currículo, que atiende a la relevancia para la tecnología contemporánea, demanda, sin embargo, un estudio detallado para la selección de contenidos de conocimiento e informaciones para cada grado. En este asunto hay que abordar la variable pedagógica, aunque de cierta manera ésta ya ha estado involucrada en la definición curricular.

---

<sup>213</sup> “En relación con este desarrollo cognoscitivo y, sobre una base ontogenética, Piaget ha demostrado la existencia de una *secuencia universal de desarrollo*, desde el pensamiento preoperatorio, pasando por el operatorio-concreto, hasta el operatorio-formal. Probablemente la historia de la técnica está vinculada con los grandes saltos de la sociedad en relación con la *evolución de las imágenes de mundo*”. HABERMAS, J: 1992b. p.150.

“{...} Las etapas psicogenéticas de las nociones geométricas en el niño tienen sus correspondientes en el nivel de la historia de las ciencias {...} Piaget y el autor de este capítulo han desarrollado un proyecto de trabajo que se propone comparar la psicogénesis de conceptos científicos elementales en el niño con la sociogénesis de las teorías y cuadros conceptuales en la historia de las ciencias”. GARCÍA, Rolando. 1996, p 201. No es seguro que este criterio pueda asumirse para otras áreas curriculares.- Aquí se restringe al contexto de la ET.

#### **5.4.- Condiciones para una Pedagogía de la Tecnología Contemporánea.**

**Cuarta tesis:** Los alumnos de últimos grados de la educación básica y media podrán comprender la tecnología contemporánea, a condición de ser capaces de pensar representaciones simbólicas de alto nivel de abstracción.

En la argumentación del Capítulo 1 se examinó la naturaleza dual del conocimiento tecnológico, en el sentido de que los aspectos abstractos del propósito de diseño de maquinización están indisolublemente ligados y **determinados** por la finalidad de objetivación de tal diseño.

En el Capítulo 2, se formuló la premisa básica de que puede comprenderse la lógica estratégica de maquinización, sin que para ello sea necesario entender en detalle el funcionamiento de cada uno de los dispositivos que logran su operatividad.

En este capítulo, la exposición adoptó la forma de una explicación paso a paso de la estrategia de maquinización de la tecnología contemporánea. Esta explicación puso de presente que si bien el logro de esta estrategia se basa en un desarrollo previo de operadores cada vez de mayores posibilidades, lo más importante de esta estrategia es su fundamentación en capacidades lógicas representacionales de alto nivel de abstracción para lograr la operatividad que imita a la lógica.

Estas circunstancias de la estrategia contemporánea y, en general, de toda la tecnología, plantean unas orientaciones pedagógicas con características singulares, en relación con aquellas áreas que no involucran pensamiento estratégico **referido a objetivación**. ¿Cuáles son estas características singulares? En general, esta pedagogía deberá responder a dos objetivos principales:

De una parte, logros de conocimiento conceptual sobre principios operativos. Y, de otra, desarrollo de capacidades para aprovechar estos conocimientos en estrategias de solución de problemas de orden práctico, con proyección a capacidades propositivas, esto es. de diseño.

Sin embargo, estos dos objetivos no conducen a un procedimiento en el que luego de aprender unos conceptos se pasa a una actividad experimental en la que, de manera más o menos directa o deductiva, puedan ser aprovechados para el planteamiento de una solución.<sup>214</sup>

---

<sup>214</sup> Un examen sobre solución de problemas referido a la enseñanza de las ciencias naturales en: GARCÍA GARCÍA, José J. 1998.

El camino hacia estos logros se ha revelado intrincado en el caso de la tecnología. Es así como el aprendizaje de principios operativos, para que sea significativo,<sup>215</sup> implica antes que un aprendizaje de conceptos a partir de sus formulaciones matemáticas, un proceso en el que se confiere sentido de dos maneras: en cuanto a la implicación entre acciones del operador material en sí mismo,<sup>216</sup> y en cuanto operador en un contexto de realizaciones prácticas.

La comprensión del principio operativo precisa de una manipulación<sup>217</sup> directa del operador material. Comprender el principio operativo es otorgarle sentido en su papel de remplazo de una acción funcional humana: para levantar pesos, moler, transmitir una señal de alarma, etc. La contextualización histórica con tal propósito es importante.

Pero, lograr aprovechar el conocimiento de los principios operativos para solucionar problemas, requiere además de tal conocimiento dos requisitos adicionales: capacidades representacionales y capacidad lógica estratégica. A continuación se intentará la descripción de una y otra en el contexto pedagógico. En gran medida, estas descripciones han sido posibles gracias al examen de las dificultades de aprendizaje de los estudiantes, en la práctica de aula de los proyectos de investigación ya mencionados.

Puesto que en buena parte la capacidad estratégica pareciera estar ligada a las capacidades representacionales, se comenzará por estas últimas.

Es importante que los alumnos puedan en algún momento pensar el principio operativo desligado de su referente concreto como operador material. Poder pensarlo de esta manera requerirá previamente de representaciones gráficas y matemáticas del concreto material.

Recuérdese, de lo expuesto en los Capítulos 1 y 2, que la disposición técnica es ante todo una manipulación material que en un momento determinado se hace posible previamente en una manipulación simbólica. Sin embargo, y estos es muy importante, los sistemas simbólicos empleados en el diseño, serán representación de una proyectada objetivación técnica. Ser

---

<sup>215</sup> NOVAK, Joseph D. 1982.

<sup>216</sup> “lo que éstas [implicaciones] relacionan son las significaciones de tales actos, por materiales que sean, ahora bien, toda significación, desde los niveles sensorio-motores, consiste en la asimilación de datos en esquemas o conceptos, de manera que para un sistema físico cualquiera<sup>216</sup>, por sencillo que sea, las significaciones y sus implicaciones son relativas a su “modelo”, construido por el sujeto en tanto que interpretación de observables en términos de relaciones consideradas como necesarias”. PIAGET, J. 1996, p.132.

<sup>217</sup> Las connotaciones de este término fuera del contexto técnico son indeseables. No obstante, en dicho contexto, este término se hace necesario.

representación de una materialidad es una característica inherente a lo pensado abstracto, en el campo de la técnica.

La posibilidad de manipulaciones simbólicas en representaciones gráficas y matemáticas, en función de un concreto material, pero que antecede la existencia de tal concreto, será necesaria para pensar una estrategia de solución de un problema referido a la transformación de dicho concreto. Esta forma de representación ha resultado exigente, aún para alumnos adolescentes, no obstante que les ha sido planteado el problema.<sup>218</sup>

Esta capacidad para pensar de una manera abstracta un concreto sobre el que se intervendrá, y poder anticipar en el pensamiento cómo será esa intervención, es algo que Piaget examinó en algunos de sus últimos trabajos bajo la denominación de **toma de conciencia**.<sup>219</sup>

La posibilidad de anticipar en el pensamiento una **determinada** disposición futura sobre los objetos materiales, configura el propósito que antecede a la modelación de una estrategia. Es situarse en el Espacio de Problema de manera representacional. En este punto, se ingresa al segundo requisito, necesario para la solución de problemas y capacidad propositiva de diseño.

Contrario a lo que inicialmente se supuso, la capacidad representacional que permite la manipulación simbólica anticipada a la manipulación en lo material; así como la capacidad estratégica dependiente de esta posibilidad representacional, no están dadas en el individuo como una capacidad que se haya generado espontáneamente en la interacción cotidiana con el entorno. Esta razón podría estar en la base misma de lo infructuoso del enfoque de diseño en la escuela, centrado en el aprendizaje de un procedimiento general cuya sola aplicación daría resultados, al suponerse tal capacidad como dada en el individuo, incluso desde edades tempranas.

La experiencia de la práctica de aula para validar los AA, ha mostrado que la capacidad representacional simbólica plantea una gran dificultad, inclusive para alumnos de básica secundaria, aún aquellas representaciones de bajo nivel de abstracción, como podría catalogarse a las gráficas.

---

<sup>218</sup> El papel pedagógico de lo que se ha denominado Espacio de Problema, concepto desarrollado por Newell y Simon y citado por Goel y Pirolli, 1992, ha sido problemática en el enfoque de diseño y solución de problemas para la escuela, precisamente porque se asume como abstracciones transversales a todas las áreas. El resultado ha sido que ni el docente ni, menos aún, los estudiantes, ubican el problema y, por supuesto, tampoco una solución. Cita evaluación PET 21.

<sup>219</sup> PIAGET, J. 1985.

Aunque los resultados obtenidos hasta ahora de tales experiencias comienzan a apuntar en el sentido de una correlación entre capacidad representacional y logro de capacidad estratégica para solución de problemas de orden práctico técnico, no obstante, ésta última es una capacidad que igualmente parece de requerir de desarrollo lógico formal y de procesos de aprendizaje.<sup>220</sup>

Los procesos involucrados en la capacidad representacional siguen siendo objeto de variadas investigaciones de la ciencia cognitiva. Sin embargo, en el campo de la pedagogía, es importante asumir la capacidad representacional abstracta ligada al pensamiento lógico formal como una posibilidad de, pero sobre todo, una necesidad para **todo individuo**,<sup>221</sup> necesaria para la comprensión y desempeño en los complejos entornos de las sociedades contemporáneas, física, social y teóricamente hablando.<sup>222</sup>

En lo que se refiere a la solución de problemas de orden práctico técnico, la actuación sobre los objetos es precedida por la modelación de un propósito de disposición nueva y de una estrategia para llevar a cabo la nueva disposición. Para esta anticipación representacional del objeto en una nueva disposición se plantean aquí provisionalmente los siguientes tres niveles:

- **Primer nivel:** Solución en lo concreto de los objetos para modificarlos. En este nivel ya se sucede el proceso de toma de conciencia, pues la forma que adoptará la modificación se anticipa en el pensamiento.
- **Segundo Nivel:** Solución de Problemas. En este pueden presentarse cuatro subniveles.
  - i.- Nueva disposición en lo abstracto, en el que se especifican todos los valores involucrados.
  - ii.- Nueva disposición en lo abstracto, especificando todas las relaciones de tamaño involucradas y varias de las magnitudes requeridas, con sugerencia de estrategia.

---

<sup>220</sup> Es indicativo el hecho de que alumnos adelantados de la experiencia, en grados 6o y 7o, lograran plantear mejores soluciones para el mismo problema que alumnos de tercer semestre de la carrera de diseño tecnológico de la UPN. La diferencia parece obedecer a que los alumnos de básica se enfrentaron previamente a vivencias orientadas en el sentido estratégico, por medio de construcciones y problemas sencillos.

<sup>221</sup> Necesidad que debe comprenderse como un derecho que garantizará el sistema educativo.

<sup>222</sup> A la secuencialidad de los estadios cognitivos, bien establecidos teórica y experimentalmente, no puede **oponerse** sin riesgo de discriminación intelectual, una teoría de estilos cognitivos, bajo la denominación de **dependiente e independiente de campo**, respectivamente. Aunque no hay nada concluyente a este respecto, resultados de algunas investigaciones apuntan en el sentido de que la independencia de campo estaría relacionada con el desarrollo lógico formal y , por tanto, con una capacidad representacional abstracta que coadyuva a una mayor capacidad para solucionar problemas. Una investigación basada en el enfoque de estilo cognitivo y capacidad para solucionar problemas en: HEDERICH, Christian y CAMARGO, Ángela. 1998.

iii.- Nueva disposición en lo abstracto, con especificación de relaciones pero ninguna de magnitud, con estrategia sugerida.

iv.- Mismas condiciones del anterior, pero sin sugerencia de estrategia

**Tercer Nivel.** No se propone problema. Capacidad propositiva de diseño.

Hasta aquí se ha puesto de presente la importancia de la capacidad representacional, importancia asociada al pensamiento abstracto necesario para muchos otros órdenes de conocimiento, pero que en el caso de la ET configura una dinámica dialéctica para las realizaciones de orden práctico técnico. Esta dialéctica requerirá de un enfoque pedagógico que proponga interacciones entre construcciones materiales concretas, representaciones de éstas y anticipaciones representacionales estratégicas.

Como la estrategia de la tecnología contemporánea se cimenta en sistemas simbólicos que representan procedimientos para tareas lógicas; y maquinizar éstas significa representar en la máquina, por medio de dispositivos materiales tales procedimientos lógicos; entonces todo esto implica un proceso continuado en el aula con procesos representacionales abstractos, para tal comprensión.

En la estrategia contemporánea se sintetizan dos vías representacionales: del concreto material al simbólico formal, que es el paso inicial con mecanismos; y, luego, del simbólico formal que luego se representa en el concreto material, vía de la maquinización contemporánea de la lógica.

Visto de esta manera, no puede dudarse que lo que se plantea como **capacidad para pensar** la tecnología contemporánea es un alto nivel de desarrollo intelectual, que no tiene que estar referido necesariamente a un desempeño futuro en el campo de la tecnología.<sup>223</sup> Se trata del desarrollo intelectual de los jóvenes que debería preceder a cualquier opción de desempeño.<sup>224</sup>

Luego de este examen, queda claro que el criterio organizador del currículo, basado en el paralelo entre desarrollo social del conocimiento y desarrollo cognitivo, será necesario expresar el contenido de cada grado, primero atendiendo al desarrollo lógico esperado de la edad de los

---

<sup>223</sup> Los AA, en su dinámica referida a la tecnología, ponen en juego competencias matemáticas, de representación gráfica por medio de la geometría descriptiva, competencias comunicativas, además de la conciencia histórica que puede generar la contextualización en este sentido.

<sup>224</sup> Se han ubicado regiones cerebrales desarrolladas con relación a especialidades de desempeño. Cada especialidad podrá realizarse en el nivel de lo concreto o de lo abstracto, de acuerdo con el grado de desarrollo intelectual.

alumnos,<sup>225</sup> y, segundo, seleccionando entre todo el acervo de conocimiento tecnológico y pensamiento representacional (sistemas numéricos, de medidas, convenciones, códigos, sistemas lógicos, de representación teórica de la comunicación, etc.) lo relevante para la comprensión de la estrategia contemporánea de la tecnología.

Para el propósito de comprensión de la tecnología en general, no será necesario incursionar en detalles técnicos especializados de la maquinización, correspondientes a las especialidades de ingeniería, sino que ésta podrá realizarse sobre la base de un enfoque sistémico que contemple las invariantes de la maquinización y, además por medio de una familiarización progresiva con las invariantes del ciclo productivo.

Se comenzará por lo más básico y simple,<sup>226</sup> a partir de la forma de los utensilios contenedores en relación con su utilidad, pasando por una inicial diferenciación del entorno natural del artificial, asumido este último como un entorno en el que cada cual puede ser artífice de un propósito para procesar materias primas con herramientas, a fin de producir un producto artificial. Desde este momento inicial se considerarán convenciones, medidas y representaciones gráficas y matemáticas.

De manera creciente, se abordan principios operativos relevantes, representaciones abstractas y modelaciones mentales, éstas últimas asociadas a pensamiento estratégico de solución de problemas. La gradación va definiendo los logros específicos, enmarcados dentro del logro propositivo general ya explicitado.

Se pretende que los alumnos incursionen en estas comprensiones mediante AA que les permitan vivenciar la tecnología como una estrategia, y sus productos como resultados de este accionar estratégico por medio de conocimientos y desarrollo lógico, algo a lo que puede acceder cualquier ser humano. Esta manera de relacionarse con los productos de la tecnología será diferente a aquella que resulta de percibir la tecnología como un conjunto de máquinas y artefactos que están en todas partes, procedentes de quién sabe dónde.

---

<sup>225</sup> Criterio basado en lo establecido por la teoría cognitiva. En los contextos de la experiencia con alumnos de colegios públicos, se ha encontrado que, sobre todo para los mayores, un alto porcentaje de ellos no ha accedido al nivel de pensamiento que sería posible a sus edades.

<sup>226</sup> Es necesario aclarar que esta vía de lo simple a lo complejo no puede asumirse general para todas las áreas. Así, por ejemplo, en biología no parece ser lo más adecuado comenzar por el estudio de la célula.

En los grados superiores, los jóvenes podrán acceder a reflexionar sobre las implicaciones sociales y éticas de la tecnología, con la certidumbre de que los seres humanos somos los artífices de lo que pueden hacer las máquinas, y para lo que pueden ser utilizadas.

Tenemos aquí los fundamentos de una alternativa al enfoque de metodología del diseño. Esencialmente, se trata de:

- Desarrollar en el estudiante la capacidad de representar objetos, artefactos y situaciones mediante una gama de lenguajes en diferentes niveles de abstracción a partir de referentes concretos. Además del lenguaje materno, la gama incluye el lenguaje matemático y la geometría descriptiva.
- Proporcionar al estudiante información de manera tal que pueda ser convertida en aprendizaje significativo de principios operativos.
- Proporcionar oportunidades de ejercitar el pensamiento estratégico para solucionar problemas prácticos técnicos, de diversos niveles de abstracción y diversos grados de estructuración.

En últimas, se trata de establecer condiciones favorables para contribuir a que los estudiantes puedan desarrollar a plenitud su potencial capacidad de pensamiento formal, condición para una integración consciente y creativa en la sociedad contemporánea.

## BIBLIOGRAFIA

ABBAGNANO, N.; VISALBERGHI, A. (1998). *Historia de la Pedagogía*. México, D. F.: Fondo de Cultura Económica. Décimo tercera reimpresión. p 672.

ADORNO, Theodor W. (1996). *Introducción a la Sociología*. Barcelona: Gedisa.

ALVAREZ REVILLA, A.; MARTÍNEZ MÁRQUEZ, A; MÉNDEZ STINGL, R. (1993). *Tecnología en Acción*. Barcelona: RAP.

ANDRADE, Edgar (1989) La Tecnología Contemporánea y sus Implicaciones en la Educación. *Educación y Cultura*, Bogotá: Ceid- FECODE. 17.

ANDRADE, Edgar (1995) Teoría y Práctica de la Educación en Tecnología *Educación y Cultura*, Bogotá: Ceid- FECODE, 36-37, Marzo.

ANDRADE, Edgar (1996) Ambientes de Aprendizaje para la Educación en Tecnología. . *Educación en Tecnología. Revista de la Maestría en Pedagogía de la Tecnología, UPN*. Bogotá, 1.

ANDRADE, Edgar y LOTERO BOTERO, Amparo (1997). Evaluación del impacto del Proyecto Itego-11 (PET 21) a nivel de Instituciones de base y Secretarías de Educación. *Informe Final. Evaluación financiada por el MEN*. Bogotá: sin publicar. Junio.

ANDRADE, Edgar y LOTERO BOTERO, Amparo (2000). A Cognitive Approach for Technology Education. *Ponencia aceptada para la Conferencia Internacional de Especialistas en Educación en Tecnología , ICTE 2000*, Braunschweig, Alemania, Septiembre 24-27.

ANDRADE, Edgar y LOTERO BOTERO, Amparo. (1998). Una Propuesta de Estructura Curricular para el Desarrollo del Área de Tecnología e Informática. *Educación en Tecnología. Revista de la Maestría en Pedagogía de la Tecnología, UPN*. Bogotá. 3, 72 - 93.

ARISTÓTELES (1995) **Física**. Madrid: Gredos, S.A.

BARCO GÓMEZ, Carlos; BARCO GÓMEZ, Germán; y, ARISTIZÁBAL BOTERO, William (1998) *Matemática Digital*. Bogotá: McGraw Hill.

BASALLA, George (1991) *La Evolución de la Técnica*. Barcelona: Crítica.

BERNSTEIN, Basil (1990) Un Ensayo sobre Educación, Control Simbólico y Prácticas Sociales. En: DÍAZ, Mario (Ed.) *La Construcción Social del Discurso Pedagógico*. Bogotá: El Griot.

BERNSTEIN, Jeremy (1986.) *La Máquina Analítica*. Barcelona: Labor.

BERTALANFFY, Ludwig von (1978/1987) Historia y Situación de la Teoría General de Sistemas. En: *Tendencias en la Teoría General de Sistemas*. Madrid: Alianza Universidad. 3a reimpresión.

BRONOWSKI, Jacob (1983) *El Ascenso del Hombre*. Bogotá: Fondo Educativo Interamericano.

CASSIRER, Ernst (1996) *El Mito del Estado*. México, D. F: Fondo de Cultura Económica.

COWAN, J. & SHARP, D. (1993) Redes Neuronales e Inteligencia Artificial. En: GRAUBARD, Stephen R. (Compiladores) *El Nuevo Debate sobre la Inteligencia Artificial*. Barcelona: Gedisa.

CUSTER, .Rodney L. (1995) Examining the Dimensions of Technology. *International Journal of Design and Technology Education (IJTD)*. 5 (3).

DERRIDA, Jacques (1995) *Espectros de Marx*. Valladolid: Trotta, 2a Edición, Noviembre.

DEVEREUX, Paul y otros (1991) *GAIA. La Tierra Inteligente*. Bogotá: Círculo de Lectores.

DREYFUS, Hubert y DREYFUS, Stuart (1993) Fabricar una Mente versus Modelar el Cerebro: La Inteligencia Artificial se Divide de Nuevo. En: GRAUBARD, Stephen R. (Compiladores) *El Nuevo Debate sobre la Inteligencia Artificial*. Barcelona: Gedisa.

DRUCKER, P. (1989) *Las Nuevas Realidades*. Bogotá: Norma.

ECO, Umberto (1994) *La Estructura Ausente. Introducción a la Semiótica*. Barcelona: Lumen.

FRAISSÉ, Roland (1999) Tesis, deducción, axiomática y fuerza de teoría. En: Guénard, F. y Lelière, G. (Ed.) *Pensar la Matemática*. Metatemáticas 4. Barcelona: Tusquets, 3a Edición.

GARCÍA GARCÍA, José J. (1998) *Didácticas de las Ciencias. Resolución de Problemas y Desarrollo de la Creatividad*. Bogotá: Colciencias- Universidad de Antioquia.

GARCÍA, Rolando (1996) Dialéctica, Psicogénesis e Historia de las Ciencias. En: PIAGET, Jean y otros. *Las Formas Elementales de la Dialéctica*. Barcelona: Gedisa.

GARDNER, Paul (1995.) The Relationship between Technology and Science: Some Historical and Philosophical Reflections. Part II. *IJTDE*. 5 (1).

GARDNER, Paul (1997) The Roots of Technology and Science: A Philosophical and Historical View. *IJTDE*. 7 (1-2).

- GARDNER, Paul y HILL, Ann Marie (1999) Technology Education in Ontario: Evolution, Achievements, Critiques and Challenges. Part 1: The Context. *IJTDE*, 9 (2), 103-136.
- GERGELY, S. (1985) *Microelectrónica*. Barcelona: Biblioteca Científica Salvat.
- GEYMONAT, Ludovico (1980) *Ciencia y Realismo*. Barcelona: Península.
- GOEL, V. & PIROLI, P. (1992) Structure of Design Problem Spaces. *Cognitive Science*. 6 (3), 395-429.
- HABERMAS, Jürgen (1992a) *Ciencia y Técnica como "Ideología"*. Madrid: Tecnos.
- HABERMAS, Jürgen (1992b) *La Reconstrucción del Materialismo Histórico*. Barcelona: Taurus, 5a Edición.
- HABERMAS, Jürgen (1994) Modernidad versus Postmodernidad. En: PICÓ, Josep (comp.) *Modernidad y Postmodernidad*. Madrid: Alianza.
- HEDERICH, Christian y CAMARGO, Ángel (1998). *Estilos Cognitivos como modalidades de procesamiento de la información*. Bogotá: UPN - Colciencias.
- HEIMS, Steve J. (1986) *John von Neumann y Norbert Wiener*. Barcelona: Salvat. Vol. I. Biblioteca Salvat de Grandes Biografías.
- HENNESSY, Sara y MURPHY, Patricia (1999) The potential for collaborative problem solving in design and Technology. *IJTDE*, 9 (1), 1-36.
- HILL, Donald(1994) Ingeniería Mecánica del Islam Medieval. En: *Historia de la Técnica*. Barcelona: Scientific American.
- HILLIS, Daniel W. (1993) La Inteligencia como Conducta Emergente, o la Canción del Edén. . En: GRAUBARD, Stephen R. (Compiladores) *El Nuevo Debate sobre la Inteligencia Artificial*. Barcelona: Gedisa.
- HINKELAMMERT, Franz (1991) Frente a la Cultura de la Postmodernidad. En: *El Capitalismo al desnudo*. Bogotá: El Búho.
- HOCK, Roger R. (1995) *Forty studies that changed Psychology*. New Jersey: Prentice Hall, 2nd edition.
- HODGE, Trevor A. (1994) Una fábrica romana. En: *Historia de la Técnica*. Barcelona: Scientific American.
- IHDE, Don (1997) The Structure of Technology Knowledge. *IJTDE*. 7 (1-2).
- JONES, Alister (1997) Learning Technological Concepts and Processes. *IJTDE*. 7 (1-2).

KOPNIN, P.V. (1966) La Esencia de la Hipótesis y su Lugar en la Dinámica del Pensamiento. En: *Lógica Dialéctica*. México, D. F.: Grijalbo.

KUHN, Thomas (1971) *La Estructura de las Revoluciones Científicas*. México, D. F.: Fondo de Cultura Económica.

LAYTON, David (1993) *Technology's Challenge to Science Education*. Buckingham, Philadelphia: Open University Press.

LAYTON, David (1994) (Editor) *Innovations in Science & Technology Education*. París: Unesco, Vol. V.

LEGENDRE-BERGERON, M. (1994) Una Concepción Dinámica de la Inteligencia. En: *El Mundo de la Ciencia y la Tecnología. Informativo Internacional*. Bogotá: DifuCiencia, 1, enero-mar, 1995. Traducido de *Vie Pédagogique*. Quebec, may-jun.

LEONARDO DA VINCI EXHIBITION (1949) Los Angeles County Museum: Panold Masters.

LOTERO BOTERO, Amparo (1989) El Legado del Viaje a la Luna. *Revista CIMPEC*. CIMPEC - OEA, Bogotá.

LOTERO BOTERO, Amparo (1991) La Particular Tarea del Periodista Latinoamericano de Ciencia y Tecnología. *Ponencia Encuentro de Periodistas Latinoamericanos*. Caracas: Círculo e Periodismo Científico de Venezuela.

LOTERO BOTERO, Amparo (1997a) La Ciencia y la Tecnología en el Debate sobre la Modernidad. En: *1er Congreso Colombiano y Primero Latinoamericano de Educación en Tecnología*. Memorias: Bogotá.

LOTERO BOTERO, Amparo (1997b) Los Significados Cambiantes. *Educación en Tecnología*, 2.

MANDELBROT, Benoit (1999). De los Monstruos de Cantor y Peano a la Geometría Fractal de la Naturaleza. En: Guénard, F. y Lelière, G. (Ed.) *Pensar la Matemática*. Metatemas 4. Barcelona: Tusquets, 3a Edición, 101 - 125.

MANZINI, Ezio (1992) *Artefactos. Hacia una Nueva Ecología del Ambiente Artificial*. Madrid: Celeste.

MARCUSE, Herbert (1965) *El Hombre Unidimensional*. Barcelona: Orbis.

MARX, Kar (1857/1997) *Introducción General a la Crítica de la Economía Política*. México, D.F.: Siglo XXI; 25a Edición.

MARX, Karl (1977) Cap. XIII: Maquinaria y Gran Industria. *El Capital*. Vol. 1. México, D. F.: Fondo de Cultura Económica, 13a reimpression.

McCORMICK, Robert (1997b) Conceptual and Procedural Knowledge. *IJTDE*. 7, (1-2).

McCORMICK, Robert, y otros (1997a) Diseño y Tecnología como revelación y ritual. *Educación en Tecnología*, 2.

MITCHAM, Carl (1989) *¿Qué es la Filosofía de la Tecnología?* Barcelona: Anthropos.

MORAVEC, Hans (1990) *El Hombre Mecánico*. Barcelona: Salvat.

MORIN, Edgar (1996) *Introducción al Pensamiento Complejo*. Barcelona: Gedisa.

NAISBITT, A. J. (1992) *Megatendencias 2000*. Bogotá: Norma.

NOVAK, Joseph D. (1982) *Teoría y Práctica de la Educación*. Madrid: Alianza.

PÉREZ CALDERÓN, Urías (1989) *Educación, Tecnología y Desarrollo. (Puntos de discusión)*. Bogotá: Formas e Impresos Panamericana.

PÉREZ CALDERÓN, Urías (1997) Aspectos Contextuales del Trabajo Educativo en el Ámbito del Conocimiento Tecnológico. *1er Congreso Colombiano y Primero Latinoamericano de Educación en Tecnología*. Memorias. Bogotá.

PERKINS, David N. (1985) *Conocimiento como Diseño*. Bogotá: Universidad Javeriana.

PIAGET, Jean y otros (1976/1985) *La Toma de Conciencia*. Madrid: Morata, 3a Edición.

PIAGET, Jean y otros (1996) *Las Formas Elementales de la Dialéctica*. Barcelona: Gedisa.

RAULET, Gérard (1994) De la modernidad como calle de dirección única a la postmodernidad como callejón sin salida. En; PICÓ, Josep (comp.) *Modernidad y Postmodernidad*. Madrid: Alianza.

REEKE, George y EDELMAN, Gerald (1993) *Cerebros Reales e Inteligencia Artificial*. En: GRAUBARD, Stephen R. (Comp.) *El Nuevo Debate sobre la Inteligencia Artificial*. Barcelona: Gedisa.

RESTREPO, Luis Carlos (1996) *El Derecho a la Ternura*. Bogotá: Arango editores. 8a Edición, Marzo.

ROPOHL, Günther. Knowledge types in Technology. (1997) *IJTDE*, Vol. 7, Nos 1-2. pp 65 -72.

SAGAN, Carl. (1980) Enciclopedia Galáctica. *Cosmos*. Barcelona: Planeta.

SCHERPE, Klaus R. (1994) Dramatización y des-dramatización de “el fin”; la conciencia apocalíptica de la modernidad y la postmodernidad. . En; PICÓ, Josep (comp.) *Modernidad y Postmodernidad*. Madrid: Alianza.

SCHWARTZ, Jacob. (1993) El Nuevo Conexionismo: Desarrollando Relaciones entre la Neurociencia y la Inteligencia Artificial. En: GRAUBARD, Stephen R. (Comp.) *El Nuevo Debate sobre la Inteligencia Artificial*. Barcelona: Gedisa.

SILVA, José Gregorio. (1991) *¿Qué son los Computadores?* , Mérida, Venezuela: Universidad de los Andes.

SOKOLOWSKI, Robert. (1993) Inteligencia Natural e Inteligencia Artificial. En: GRAUBARD, Stephen R. (Comp.) *El Nuevo Debate sobre la Inteligencia Artificial*. Barcelona: Gedisa.

SWADE, Doron. (1994) La Computadora Mecánica de Charles Babbage. En: *Historia de la Técnica*. Barcelona: Scientific American.

TURING, Alan M. (1986) Máquina Computadora e Inteligencia. En: ANDERSON, Alan R. (Ed.) *Controversia sobre Mentes y Máquinas*. Barcelona: Orbis.

VARGAS GUILLÉN, Germán. (1999) *A propósito de la informática en el mundo de la pedagogía y de la educación*. Bogotá: Universidad de San Buenaventura.

WALTZ, David. (1993) Perspectivas de la Construcción de Máquinas Verdaderamente Inteligentes. En: GRAUBARD, Stephen R. (Comp.) *El Nuevo Debate sobre la Inteligencia Artificial*. Barcelona: Gedisa.

WEINBERG, Gerald. (1987) *Una aproximación por computadores a la Teoría General de Sistemas*. En: KLIR, George (selección y prólogo) *Tendencias en la Teoría General de Sistemas*. Madrid : Alianza. 3a Edición.

WIENER, Norbert. (1998) *Cibernética*. Metatemas 8. Barcelona: Tusquets, 2a Edición.

WIENER, Norbert.(1995) *Inventar*. Metatemas 40. Barcelona: Tusquets.