

#### 4. CARACTERÍSTICAS QUE INTERESAN DE UN SISTEMA ARTIFICIAL REAL Y SU REPRESENTACIÓN MEDIANTE DIAGRAMAS

---



*On those remote pages it is written that animals are divided into*

- (a) those that belong to the Emperor,*
- (b) embalmed ones,*
- (c) those that are trained,*
- (d) suckling pigs,*
- (e) mermaids,*
- (f) fabulous ones,*
- (g) stray dogs,*
- (h) those are included in this classification,*
- (i) those that are tremble as if they were mad,*
- (j) innumerable ones,*
- (k) those drawn with a very fine camel's hair brush,*
- (l) others, (m) those that have just broken a flower base,*
- (n) those that resemble flies from a distance.*

— *Celestial Emporium of Benevolent Knowledge Chinese encyclopedia*  
*(en El idioma analítico de John Wilkins de Jorge Luis Borges)*



La complejidad del proyecto obliga a reconocer la naturaleza interpretativa del proceso de resolución mental mostrado, el cual puede basarse en el uso de diagramas. No obstante falta precisar alguna manera de aprovechar el rol mediador de los diagramas en la resolución mental.

Lo anterior significa evitar la explosión de interpretaciones que surgen entre proyectistas y con los usuarios. Por este motivo, en este capítulo se desarrolla el objetivo '*Encontrar la relación entre características y diagramas*', para encontrar el punto de encuentro entre lo que un usuario pide según lo que le interese de un sistema artificial real versus el conjunto de diagramas que han de expresar técnicamente tales intereses.

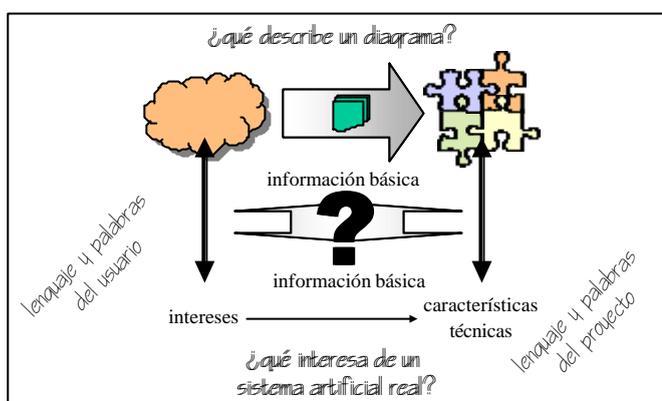


Figura 4. 1: Los problemas en este capítulo

Para ello es necesario satisfacer tres objetivos secundarios (Figura 4.1):

- identificar las características que interesan de un sistema artificial real (sección 4.1);
- establecer una tipología de diagramas desde un punto de vista semiótico (sección 4.2); y,
- vincular características con diagramas (sección 4.3).

Al final se hace una recapitulación (sección 4.4) y se entregan las referencias bibliográficas del capítulo (sección 4.5).



## 4.1. LAS CARACTERÍSTICAS QUE INTERESA CONOCER DE UN SISTEMA ARTIFICIAL REAL

La tesis plantea que un sistema artificial real se conoce a partir de un conjunto de características que interesan a un observador. Conocerlas, puede verse como las motivaciones o perplejidades que justifican el paso del primer momento de distinción al segundo momento de distinción.

En esta sección se desarrolla un planteamiento desde la psicología cognoscitiva que permite llegar a identificar un conjunto de dimensiones de interés, las cuales sirven de base para identificar las características de un sistema artificial real.

### 4.1.1. LA PERSPECTIVA DE ANÁLISIS EMPLEADA

Interés, según el Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española (RAE, 1992), en sus diversas acepciones posee implícito el concepto de ganancia, la cual se acompaña en su primera acepción de provecho y utilidad.

No obstante, como parte de la misma definición, aparece que interés es una "inclinación más o menos vehemente del ánimo hacia un objeto, persona, narración, etc." En esta tesis, se opta por esta última acepción, ya que se intenta establecer las inclinaciones de un observador respecto de un sistema artificial real.

Sobre esto último, Renn (2000) señala que las personas se interesan por algo en función que:

- se refuerzan las creencias existentes;
- se afecta a la propia persona o a sus amistades;
- se atenta contra algunos valores aceptados;
- resulta beneficioso; y/o,
- resulta entretenido.

Si bien esta lista es válida, se ha planteado revisar los motivos que conducen a estos intereses como parte de la relación persona-artefacto.

Para conseguir la perspectiva mencionada se ha tomado nota de la psicología evolutiva, aprovechando que en ella se estudia el comportamiento de los niños conforme se van interesando por el mundo. Esta perspectiva de análisis teórico ha permitido en esta tesis sistematizar motivaciones o razones que producen en un individuo el interés por un artefacto o alguno de sus rasgos

La psicología evolutiva desde el punto de vista de Papalia (1993; Berger, 1997) estudia el desarrollo de los individuos en sus diferentes fases de vida. De estas fases, se han considerado aquellas de la infancia de un individuo, léase niños / niñas en sus primeros años de vida, en las cuales se inicia en el descubrimiento de las cosas.

#### 4.1.2. LOS MOTIVOS POR LOS CUALES INTERESAN LAS COSAS

A continuación se destacan las motivaciones de las personas frente a lo que le rodea. El orden de presentación no sigue estrictamente el seguido en la evolución de un infante, sino que se parte desde el interés por una cosa o artefacto que por primera vez aparece frente al individuo, hasta que al individuo le resulta y se interesa por su constitución.

**Punto de vista sociológico.** Se ha considerado conveniente añadir un punto de vista sociológico, por cuanto el desarrollo psicológico no escapa a la interacción social.

Se asume que el interés es parte del proceso de legitimización e institucionalización de un artefacto (Berger y Luckman, 1986, Searle, 1997) como parte de una red de actores (Latour y Woolgar, 1995). Tal red refleja el complejo entramado de personas y artefactos que componen la realidad (Latour, 1992; Latour, 2000).

En este entramado las cosas no solamente están en razón de una funcionalidad intrínseca, sino en función de su ubicación, disposición y pertinencia en la red. Esto se muestra cuando, por ejemplo, las personas asignan funciones a las cosas en razón de su utilidad potencial e instrumental para ayudarles a ser parte de una red (Searle, 1997) o, en sentido inverso, cuando un componente por su sola presencia altera a las personas y les reporta un riesgo (Orlikowsky y Robey, 1989).

En tal sentido, las complejas relaciones de estructuración, influencia mutua o recreación continua de personas y artefactos, derivadas de la percepción que de ellos tienen otras personas y de su percepción de otras personas y artefactos (Bijker et. al 1990; MacKenzie y Wajcman, 1993; Haraway, 1991), hace de los intereses una cuestión situacional que no debe dejarse de lado en el análisis psicológico a realizar.

##### a. Motivo de interés: Evitar riesgos

Papalia señala que ante un objeto los individuos se acercan en movimientos tentativos que incluyen esencialmente aspectos visuales, aunque también está la sensación de riesgo por motivos sociales como, por ejemplo, el temor por determinadas minorías o colectivos por su aspecto o por la imagen social que se construya de ellos (Bechman, 2000a, 2000b; Douglas, 1985; Renn, 1998).

En tal sentido, el individuo explora el mundo que le rodea, asimilando de forma continua un conocimiento basado en un aparente cuestionamiento de las cosas. Así, por ejemplo, conforme un juguete no manifieste movimientos bruscos y tenga un aspecto agradable, resultará un artefacto u objeto amistoso a un niño, que otro de movimientos inquietantes y/o menos agradable.

Lo anterior no evita que el niño intente tomar y/o manipular el juguete. En este sentido, un primer acercamiento a las cosas dependerá del riesgo aparente que un objeto pueda tener para el individuo.

**b. Motivo de interés: Dominar el entorno**

Superado tal primer acercamiento viene el juego. Aquí se produce lo que Dewey (1993) llama la intención de controlar. Citando a Dewey, la psicología en general, muestra que los individuos acceden al mundo de las cosas para conocerlas y comprenderlas con un afán intencionado o no, tanto para controlarlas a ellas mismas, como de controlar las situaciones donde puedan encontrarse inmersas.

Esto se hace más claro cuando se observa que los infantes experimentan gozo ante objetos con los cuales pueden divertirse sin temor alguno. En este sentido, las cosas interesan conformen crean o ayudan a mantener un statu quo respecto del medio.

**c. Motivo de interés: Conocer la utilidad de las cosas**

Los infantes conforme crecen, evolucionan en otros aspectos de su interés por las cosas, en otras palabras, su curiosidad aumenta. En este caso viene lo que podría llamarse una experimentación, donde las cosas son analizadas intentando ver para qué sirven.

Sin entrar aún en el despiece de las cosas, principalmente por limitaciones sico-motoras, los infantes miran el objeto y lo empiezan, por ejemplo, a arrojar, y descubren que sirve tanto para el goce lúdico como para llamar la atención.

Se puede decir que en este análisis de la utilidad de una cosa, en los individuos se manifiesta el descubrimiento de lo que podría llamarse la naturaleza de los objetos como parte de un medio. Se puede decir que, conforme se descubre la utilidad, se está en el paso cognoscitivo de descubrir el para qué de las cosas dentro y/o parte de un contexto.

En este sentido, se juega entre forma, uso, función y significado de las cosas (Beals y Hoiijer, 1969, pp. 725-726).

**d. Motivo de interés: Indagar el interior de las cosas**

Como última etapa, ocurre la indagación o el despiece de la cosa, por ejemplo, cuando un infante rompe o desarma un objeto.

Este es un comportamiento absolutamente inquisitivo del interior de las cosas, en el que se intenta descubrir las razones de ciertas cualidades exteriores en el interior de las cosas o, algo tan sencillo, como buscar lo que hay oculto en algo (Nickel, 1980).

**4.1.3. LAS CARACTERÍSTICAS QUE INTERESA CONOCER DE UN SISTEMA ARTIFICIAL REAL**

En el desarrollo anterior se identificaron cuatro motivos de interés, que pueden expresarse como: riesgo potencial, control necesario, utilidad percibida y composición interna. A partir de ellos las características de los sistemas artificiales reales son derivadas.

Para ello, los motivos se formulan como preguntas, cuyas respuestas conducen a las características que interesan. Así las preguntas y sus respuestas son:

- ¿que riesgos me representa?, lo que define la característica de *riesgo*;
- ¿para qué sirve?, lo que define la característica de *utilidad*;
- ¿cómo lo domino? lo que define la característica de *dominio*; y,
- ¿cómo está hecho? lo que define la característica de *composición*.

A continuación cada característica se describe por motivo de interés. Por simplicidad, en cada motivo se describen sus características descriptivas o principales (en **negrita** en las figuras). Más adelante se describen las características comunes o compartidas entre intereses y/u otras características (en  *cursiva* en las figuras) y como la información básica que finalmente da cuenta de todas y cada una de las características identificadas.

Al final se añaden un conjunto de características propias del lenguaje técnico del proyectista que se describen por agregación de otras características.

#### a. Característica: **Riesgo**

La pregunta sobre los riesgos que representa el sistema, es el primer cuestionamiento acerca de un sistema: saber si afecta o no al observador. Esta pregunta se puede responder observando el comportamiento y constitución de un sistema, en un caso, reconociendo la incertidumbre ante sus movimientos y/o, en otro caso, por su simple apariencia.

El resultado de este análisis se muestra en la Figura 4.2 seguida de las características descriptivas del Riesgo.

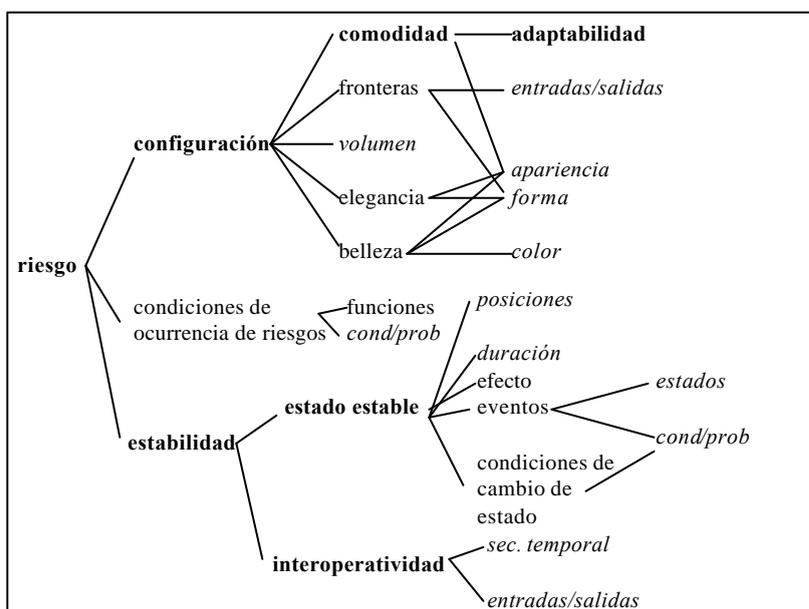


Figura 4. 2: Las característi-  
cas del Riesgo

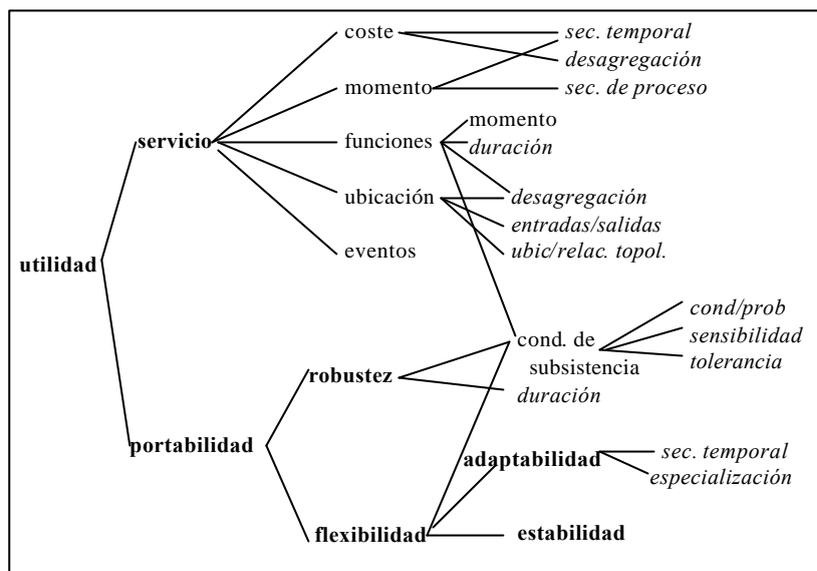
- *Riesgo*. Característica que puede hacer visible aquello que plantea inquietud o incertidumbre según la apariencia y/o comportamiento del sistema.
- *Configuración*. Característica que indica la disposición de rasgos que le dan a un sistema una particular forma o figura. Aquí se distingue su aspecto (ligado a su apariencia y belleza) corporeidades (como el volumen y sus relaciones con el medio o fronteras) y la aparente comodidad que se percibe.
- *Comodidad*. Característica que permite dar cuenta de un conjunto de elementos necesarios para que algo sea agradable, de gusto, y provea tranquilidad, sobre la base de su proporción (en su apariencia), conveniencia, oportunidad y adaptabilidad.
- *Adaptabilidad*. Característica que da cuenta, en parte, del grado de ajuste posible que podría llegar a tener el sistema, conociendo sus trayectorias posibles en función del grado de especialización que requiera.
- *Estabilidad*. Característica que permite identificar el comportamiento y/o la movilidad del sistema en el sentido de conocerle para evitar sobresaltos, tanto por salirse de lo que pueda llegar a ser su estado estable, como para evitar conflictos con otros sistemas debido a su interoperabilidad.
- *Estado estable*. Característica que permite distinguir el o los estados de equilibrio de un sistema en función de los desplazamientos entre posiciones que sufre, la duración de la estabilidad y, los eventos y condiciones de cambio de estado.
- *Interoperatividad*. Característica que permite indagar sobre el grado de interferencia del sistema sobre otros sobre la base de sus relaciones de entradas y salidas y, su trayectoria.

#### b. Característica: Utilidad

La pregunta ¿para qué sirve? se orienta a lucubrar sobre la utilidad del sistema. Así, para llegar a las características de la Utilidad, se intenta acceder a las formas de conocer la utilidad de un sistema artificial real. El resultado de este análisis se muestra en la Figura 4.3 seguida de las características descriptivas de la Utilidad.

- *Utilidad*. Característica que permite identificar el provecho o conveniencia que se saca de algo.
- *Servicio*. Característica que permite reconocer el servicio ofertado u ofrecido en razón de su coste o valor, el momento en que ocurre, el alcance en razón de las funciones que se realizan o deben cumplirse y, el sitio o ubicación donde se manifiesta. Además, se hace necesario distinguir, para conocerle mejor, los eventos por los cuales existe y sus condiciones de estabilidad.
- *Portabilidad*. Característica mediante la cual se reconoce la movilidad del sistema entre uno o varios entornos o de un sitio a otro en función de que no se altere, sea adaptable a las circunstancias y sea flexible en su constitución ante nuevos alrededores, entornos o contextos.

Figura 4. 3: Las características de la Utilidad



- *Adaptabilidad*. Presentada anteriormente.
- *Estabilidad*. Presentada anteriormente.
- *Flexibilidad*. Característica que muestra la cualidad de un sistema de adaptarse a nuevos alrededores, entornos o contextos sobre la base de las condiciones de subsistencia ante nuevas fronteras manteniendo su estabilidad (o viabilidad).
- *Robustez*. Característica que muestra la cualidad de fortaleza y firmeza del sistema con ciertas condiciones de subsistencia y durante un lapso de tiempo determinado.

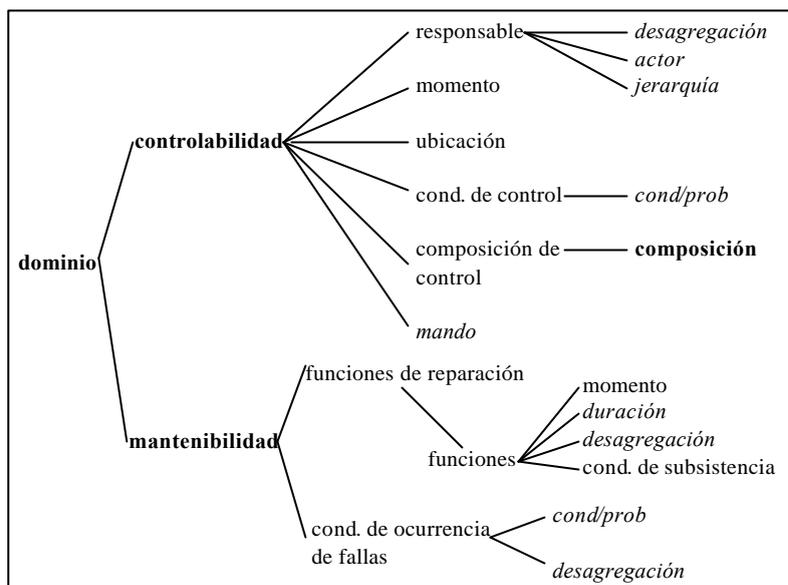
### c. Característica: Dominio

Así como los riesgos definen una actitud hacia el sistema, la pretensión de dominio es un asunto de intención. Dominar, es aplicar sobre un sistema acciones externas que le guían y corrigen, y que permiten sostenerle en el tiempo.

El resultado de este análisis se muestra en la Figura 4.4 seguida de las características descriptivas del Dominio.

- *Dominio*. Característica que muestra el poder que se tiene sobre algo, el cual puede exteriorizarse y conocerse en razón del control ejercido sobre ese algo y, al nivel de manutención que se le presta.
- *Controlabilidad*. Característica que permite conocer el conjunto de elementos que permite actuar sobre algo, sea controlando, regulando o gobernándolo. En estos términos interesa conocer el responsable de aplicar el control, el momento y ubicación del control, las condiciones de control que se manejan, el mando que se ejerce y el entramado de elementos que se utilizan o la composición del control.

Figura 4. 4: Las características del Dominio



- *Composición.* Se describirá más adelante.
- *Mantenibilidad.* Característica que permite conocer el dominio sobre algo en función de la capacidad que se posea y atención que se presta a sustentar algo. Se le considera ítem del dominio, pues mantener algo lleva implícito la idea de procurar que se haga lo que se desea. En este sentido interesa conocer las funciones de reparación y las condiciones de ocurrencia de las fallas.

d. Característica: Composición

La pregunta ¿cómo está hecho? se refiere al interés por la composición de las cosas, sus piezas, sus procesos, y sus relaciones.

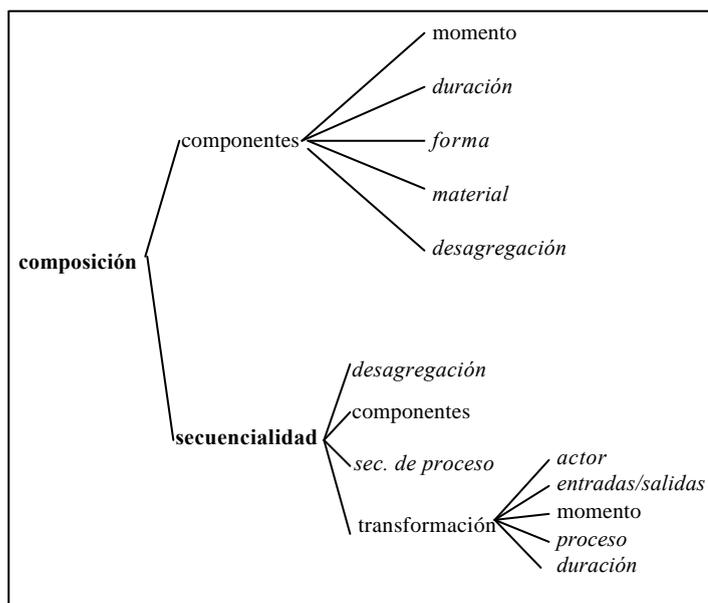


Figura 4. 5: Las características de la Composición

Así, para llegar a las características de la Composición, se identifica la parte interna de las cosas como sistemas, en razón de componentes y relaciones. El resultado de este análisis se muestra en la Figura 4.5 seguida de las características descriptivas de la Composición.

- **Composición.** Característica que permite acercarse a las interioridades de un sistema mostrando su compleja relación partes-todo e inter partes.
- **Secuencialidad.** Característica que permite acercarse a la relación de componentes de algo, en función de su secuencialidad horizontal de transformaciones y en su secuencialidad vertical de desagregaciones.

#### e. Características comunes

La Tabla 4.1 lista y describe las características comunes.

Tabla 4. 1: Características comunes

<b>Característica</b>	<b>Descripción</b>
<i>Belleza</i>	Lo que infunde deleite sobre la base de su forma, apariencia y coloridad.
<i>Componente(s)</i>	Característica que permite conocer los componentes materiales (en su momento de consideración, duración, forma y material) y sus relaciones de composición.
<i>Composición de control</i>	Composición de los elementos que sostienen y dan cuerpo al control.
<i>Condiciones de cambio de estado</i>	Condiciones que rigen la estabilidad de un sistema.
<i>Condiciones de ocurrencia de fallas</i>	Condiciones que señalan la potencialidad de las fallas sobre la base de sus condiciones y probabilidades y, su presencia dentro de algún sitio.
<i>Condiciones de ocurrencia de riesgos</i>	Condiciones que muestran las razones o los motivos de los riesgos.
<i>Condiciones de control</i>	Condiciones de control sobre algo y/o su comportamiento.
<i>Condiciones de subsistencia</i>	Condiciones de viabilidad de un sistema, cuyo mayor grado de detalle conduce a factores de sensibilidad y tolerancia.
<i>Coste</i>	Gasto incurrido en la obtención de algo, según las partes afectadas y/o durante una serie de cosas.
<i>Elegancia</i>	Lo que se considera bien proporcionado y de buen gusto sobre la base de su percepción en apariencia y forma.
<i>Eventos</i>	Sucesos que afectan la dinámica de algo por alguna condición que modifica uno o varios estados.
<i>Fronteras</i>	Límite entre una cosa u otra manifestada por la interacción entre unas entradas / salidas con el medio y por el conocimiento de su forma que muestra sus fronteras materiales.
<i>Función(ones)</i>	Capacidad de acción o de hacer algo que determina el alcance de algo, manifestado en un conjunto de subfunciones o funciones componente, un momento de aplicación, durante un lapso de tiempo y dentro de ciertas condiciones de subsistencia.
<i>Funciones de reparación</i>	Funciones orientadas a reparar un sistema.
<i>Momento</i>	Espacio longitudinal en el cual algo o un grupo de cosas se desenvuelve.
<i>Responsable</i>	El que está a cargo y responde por algo según su jerarquía, posición e identidad propia.
<i>Transformaciones</i>	Cambios que operan sobre algo y/o en algo, cada una de las cuales existe compuesta de un actor que la guía y opera, entradas / salidas con otras transformaciones y, un momento de aplicación o funcionamiento durante un lapso de tiempo.
<i>Ubicación</i>	Disposición de algo en función de su posición física espacial y, como parte de algo dependiendo de entradas / salidas que condicionan su presencia / existencia.

#### f. Información básica asociada a las características

La Tabla 4.2 lista y describe el tipo de información que se considera básica para conocer las características.

Tabla 4. 2: Información básica para conocer las características

<b>Información</b>	<b>Descripción</b>
<i>Actor</i>	Actor <sup>26</sup> , agente <sup>27</sup> , sujeto u objeto.
<i>Apariencia</i>	Aspecto exterior.
<i>Color</i>	Coloridad, tonalidad exterior.
<i>Condición/probabilidad</i>	Razones, circunstancias y/o probabilidades que producen, conducen, activan, causan, motivan o inducen hacia algo produciendo una transición o un paso.
<i>Desagregación</i>	Subpartes adscritas a algo o pertenencia de algo a otra cosa.
<i>Duración</i>	Intervalo de tiempo.
<i>Efecto</i>	Dependencia, influencia o relación de influjo de algo sobre otra cosa.
<i>Entradas/Salidas</i>	Relación de lo que se necesita para usar algo, sean, por ejemplo, recursos usados versus productos o, aportaciones y consumos versus resultados.
<i>Especialización</i>	Instancia de algo que refleja su especialización en algo particular según o para una determinada situación.
<i>Estados</i>	Situación en que se encuentra algo.
<i>Forma</i>	Figura o determinación exterior de algo.
<i>Jerarquía</i>	Relación de grado, orden, autoridad o control.
<i>Mando</i>	Secuencia de autoridad y poder para el paso de órdenes, correcciones y/o regulaciones.
<i>Material</i>	Algo de lo cual está hecho.
<i>Posiciones/desplazamiento</i>	Ubicaciones topológicas entre un origen y un fin.
<i>Proceso</i>	Lo que produce un cambio.
<i>Secuencia de proceso</i>	Actividades ordenadas según una lógica y/o por el traspaso de información, energía y/o materiales.
<i>Secuencia temporal</i>	Actividades ordenadas temporalmente.
<i>Sensibilidad</i>	Grado de cambio.
<i>Tolerancia</i>	Margen de aceptabilidad.
<i>Ubicación/relación topológica</i>	Ubicación espacial.
<i>Volumen</i>	Tridimensionalidad de una cosa.

#### g. Características agregadas

Aparte de las características indicadas, se ha querido destacar un conjunto de características que no se muestra asociada a algún motivo de interés por cuanto ya están de una u otra manera reflejadas por la adición de otras características ya presentadas.

- *Disponibilidad*, característica que permite reconocer la operacionalidad del servicio en función de su momento y duración.
- *Idoneidad*, característica que permite mostrar lo adecuado de algo en función de su utilidad.
- *Menester*, característica que muestra el apremio, dispensabilidad, eventualidad, permanencia y frecuencia del sistema, en función de su utilidad y mantenibilidad.

<sup>26</sup> Actor: persona responsable de garantizar un rol y generar de cambios de estado.

<sup>27</sup> Agente: persona responsable y administradora de cosas propias o ajenas, que debe producir un efecto.

- *Polivalencia*, característica que permite mostrar los diferentes escenarios donde algo puede desenvolverse en función de su adaptabilidad y estabilidad.
- *Versatilidad*, característica que permite mostrar la variabilidad de algo en función de su adaptabilidad e interoperatividad.

## 4.2. EL PODER DESCRIPTIVO DE LOS DIAGRAMAS

En este punto se analiza el potencial descriptivo de los diagramas. Este potencial se obtiene mediante un análisis semiótico tanto taxonómico como específico de cada diagrama considerado en la investigación realizada.

### 4.2.1. DIAGRAMAS CONSIDERADOS

A continuación se presenta la lista de los diagramas seleccionados como objeto de estudio (Tabla 4.3). La selección se basó en que ellos<sup>28</sup>:

- fuesen de uso recurrente o notorio en ingeniería; y,
- reflejaran la diversidad que existe.

Tabla 4. 3: Diagramas de ingeniería considerados en la investigación

<i>Diagrama</i>	<i>Descripción</i>
<i>Árbol de probabilidades</i>	Relaciones de causa y consecuencia de algo según probabilidades.
<i>Caja Negra</i>	Entradas en salidas.
<i>Carta de control</i>	Evolución de una variable en el tiempo.
<i>Carta Gantt</i>	Consumos de una o varias cosas en el tiempo.
<i>Cartilla funcional</i>	Desagregación funcional de una cosa.
<i>Causal</i>	Relaciones de efecto, influencia, influjo o dependencia entre cosas.
<i>Causa-efecto</i>	Diagrama de Ishikawa, muestra causas y categorías de causas que conducen a algo.
<i>Ciclo de vida</i>	Fases de vida o evolución de algo.
<i>Configuración</i>	Configuración de algo.
<i>Control</i>	Proceso de control y sus componentes.
<i>Dinámico/de estados</i>	Trayectoria de un sistema.
<i>Distribución física de flujo</i>	Flujos físicos en un espacio físico.
<i>Dominio espacial</i>	Alcance espacial de algo.
<i>Estructura</i>	Desagregación de una cosa.
<i>FAST</i>	Asociado al método FAST (Functional Analysis System Technique) y que se usa para mostrar las funciones asociadas a algo. También llamado diagrama sistemático o diagrama de árbol <sup>29</sup> .
<i>FlowChart</i>	Flujo de control de un proceso.
<i>Flujo de datos</i>	Transformaciones de datos de entrada en datos de salida.
<i>Fuerzas</i>	Relaciones físicas de algo.
<i>Gráfico cinemático</i>	Relaciones cinemáticas de algo.
<i>IDEF (International DEFinition)</i>	Desarrollado por la United States Air Force, está orientado a modelar procesos de negocio, considerando flujos de información, materiales y de control, de entrada, salida y de retroalimentación.

<sup>28</sup> En el Anexo A se encuentra mayor detalle sobre diagramas-referente descriptivos de los diagramas considerados en la investigación.

En esta selección se emplearon manuales y textos de diversas procedencias, pudiendo destacarse por su carácter específico o variado a: André (1980), Beliáev et. al (1971); Bertin (1983, 1988), Bounford (1991), Companys y Corominas (1994); Córcoles et. al (1996); Croft-Wilford y Summers (1992); Holmes (1991), Martín y McClure (1988); Moret (1982), Ramírez (1993), Robertson (1988), Ruiz (1982), Salvendy (1991), Stewart (1976), UPC (1997) y, Zipano y Hansen (1993).

<sup>29</sup> Según consta en Dean (1994), la palabra *deployment* de un QFD es la implantación de un diagrama sistemático.

<b>Diagrama</b>	<b>Descripción</b>
<i>Layout</i>	Disposición física de cosas.
<i>Modelo de datos</i>	Relaciones entre un conjunto de datos y otro.
<i>Modelo entidad-relación</i>	Relaciones entre un conjunto de entidades y otro, y el contenido en datos de tales entidades.
<i>Nassi-Schneiderman</i>	Secuencia de actividades o acciones.
<i>OEW</i>	Parte de la Operations Engineering Workbook methodology (OEW, desarrollado por AT&T Bell Laboratories), se usa para mostrar procesos complejos de información y materiales.
<i>Organigrama</i>	Descomposición funcional y jerárquica de algo.
<i>PERT (Program, Evaluation, and Review Technique)</i>	Relaciones temporales entre actividades de algo y su duración.
<i>Petri Net</i>	Trayectoria de algo y sus condiciones.
<i>Plano electrónico</i>	Particular de ámbito electrónico donde se muestra la relación de componentes del proceso de un circuito.
<i>Programación de actividades</i>	Relación temporal entre actividades.
<i>Simulation Network</i>	Relación lógica entre procesos o entidades.
<i>Warnier Orr</i>	Secuencia de actividades o acciones.
<i>Work breakdown structure</i>	Descomposición jerárquica de algo.

Producto del enfoque de investigación adoptado y de los resultados que se iban obteniendo, a esta lista finalmente se añadieron dos representaciones icónicas particulares con el único fin de proveer completitud. Estas fueron una carta de control, checksheet, y las imágenes.

- *CheckSheet*. Hoja que muestra una relación o lista de cosas.
- *Imagen*. Dibujo o fotografía de algo, por ejemplo.

#### 4.2.2. SELECCIÓN DE LA DIMENSIÓN DE LOS DIAGRAMAS A ESTUDIAR

Lo que un diagrama puede representar está en cierta manera predeterminado por el significado de sus elementos gráficos y del tipo de estructura gráfica que rige la forma de disponer estos elementos.

Sin embargo, el estudio de diagramas se ve dificultado pues, como signos, su uso está en dependencia, tanto de la interpretación que se pueda hacer de ellos (Brandt, 1997; Diskin, et. al, 2000; Gruner y Murat, 2000; Tversky et. al, 2000), como de las capacidades cognoscitivas de los individuos (Hegarty, 2000).

Para superar esta problemática, lo primero a realizar es determinar qué aspectos de un diagrama interesa estudiar. En este sentido se revisa una meta taxonomía de diagramas que presenta las diversas dimensiones de estudio de los diagramas.

Luego, estableciendo correspondencias con una operación de distinción, se determina finalmente cuál es la dimensión que interesa estudiar.

##### a. Dimensiones taxonómicas de estudio de los diagramas

La meta taxonomía es un esfuerzo de unificar criterios respecto del estudio de diagramas planteado en Blackwell y Engelhardt (1998). En cierta medida se plantea obtener un conjunto de áreas de conocimiento que permitan estudiar y, por supuesto, clasificar diagramas (Blackwell y Engelhardt, 1998, 2000).

En particular, la meta taxonomía es el resultado del estudio, análisis y síntesis de otras clasificaciones<sup>30</sup>, lo cual ha permitido distinguir y caracterizar nueve dimensiones taxonómicas de diagramas, también llamadas aspectos intrínsecos y de uso de un diagrama.

La Tabla 4.4 presenta y describe cada una de las nueve dimensiones taxonómicas, destacando las subdimensiones que existan (Blackwell y Engelhardt, 2000).

Tabla 4. 4: Dimensiones taxonómicas

<i>Dimensión</i>	<i>Descripción</i>	<i>Subdimensiones</i>
1. Vocabulario gráfico básico	Aspecto o dimensión taxonómica que permite dar cuenta de los elementos primitivos básicos y las propiedades gráficas asociadas a los diagramas.	
2. Elementos convencionales	Aspecto o dimensión taxonómica que permite organizar los elementos gráficos según su naturaleza visual.	- palabras - formas geométricas ('shapes') - imágenes
3. Abstracción pictórica	Aspecto o dimensión taxonómica que permite caracterizar los elementos gráficos según su grado de abstracción o no, con relación a una entidad de la realidad.	Continuo de lo abstracto a lo concreto
4. Estructura gráfica	Aspecto o dimensión taxonómica que señala los principios que rigen la forma de combinar y ligar los elementos del diagrama.	- segmentación - conexión - contenedor - ejes
5. Modo de correspondencia	Aspecto o dimensión taxonómica que describe las diferentes relaciones existentes entre elementos gráficos y estructuras gráficas, y un significado.	- literal - arbitrario - analógico/ metafórico.
6. Información representada	Aspecto o dimensión taxonómica que indica las posibles relaciones existentes entre elementos gráficos y estructuras gráficas, cada una poseedora de significado y de un mensaje.	
7. Tarea e interacción	Aspecto o dimensión taxonómica que permite distinguir los mecanismos mediante los cuales un individuo usa un diagrama como lenguaje.	
8. Proceso cognoscitivo	Aspecto o dimensión taxonómica que permite considerar tareas cognoscitivas que hacen del diagrama como lenguaje algo dependiente del individuo que le usa.	
9. Contexto social	Aspecto o dimensión taxonómica que destaca la existencia de formas de interpretación dependientes de las interacciones entre personas.	

Por su parte, la Figura 4.6<sup>31</sup> muestra las relaciones entre estas dimensiones.

<sup>30</sup> A modo de ejemplo, se pueden citar dos trabajos empleados en los estudios de Engelhardt y Blackwell,

- Bertin (1983, 1988) donde se realiza un acabado análisis sobre el significado y uso de diferentes tipos de gráficos: diagramas (en esta tesis diagramas-referente), redes y mapas. El valor de esta trabajo ha sido en ser uno de los primeros esfuerzos de sistematización en clasificar diagramas.
- Lohse et al. (1994) que muestra una clasificación de diagramas-referente como resultado de una encuesta realizada a estudiantes universitarios. El valor de tal trabajo, aparte del mero estadístico, es mostrar que los individuos manifiestan diferentes percepciones respecto de lo que ven en un diagrama.

<sup>31</sup> La Figura 4.6 ha sido extraída el día 17/12/1999 del recurso público URL provisto por Alan Blackwell <http://www.cl.cam.ac.uk/~afb21/publications/yuri-chapter.html>.

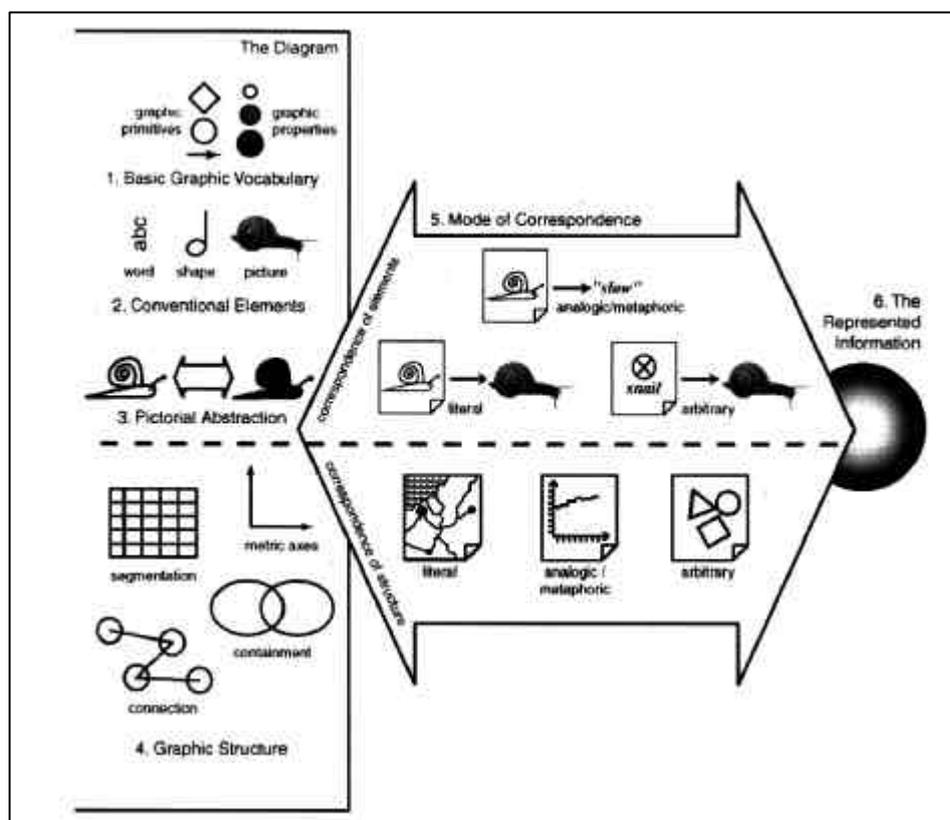


Figura 4. 6: Relaciones entre las dimensiones taxonómicas de los diagramas

#### b. Operación de distinción y la dimensión taxonómica a estudiar

A partir de las relaciones entre las dimensiones taxonómicas, es posible sugerir la existencia de un isomorfismo con una operación de distinción (Figura 4.7<sup>32</sup>). Esto facilita que cualquier estudio de índole semiótico y lingüístico se concentre en aquella(s) dimensión(ones) que se relacionen con el área de la operación de distinción que interesa estudiar.

En concreto, en la Figura 4.7 se muestran correspondencias donde:

- el diagrama como lenguaje comprende un vocabulario gráfico básico (dimensión 1), elementos convencionales (dimensión 2), abstracciones pictóricas (dimensión 3) y estructuras gráficas (dimensión 4);
- el observador trabaja en procesos cognoscitivos (dimensión 8) usando tareas e interacciones (dimensión 7);

<sup>32</sup> La Figura 4.7 es adaptación de una imagen extraída el 17/12/1999 del recurso público URL provisto por Alan Blackwell <http://www.cl.cam.ac.uk/~afb21/publications/yuri-chapter.html>.

- otros observadores proveen el contexto social (dimensión 9) y reciben información representada (dimensión 6); y,
- los diagramas-referentes se construyen siguiendo modos de correspondencia (dimensión 5) como parte de las tareas e interacciones de trabajo (dimensión 7) y el propio proceso cognoscitivo (dimensión 8).

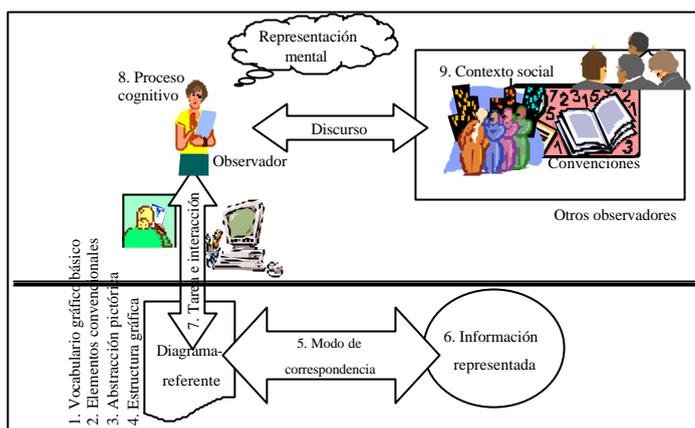


Figura 4. 7: Operación de distinción y dimensiones de estudio de los diagramas

A partir de estas correspondencias, la dimensión que en mayor medida interesa abordar es la dimensión *Modo de correspondencia* (dimensión 5), por cuanto es en ella donde ocurre la operación de representación y donde los diagramas pueden usarse en todo su potencial como lenguajes. Por tanto, los diagramas serán analizados en esta dimensión, buscando, por supuesto, identificar la información que pueden representar (dimensión 6).

En particular, las dimensiones 1 a 4 no se consideran, pues ellas solamente permiten reflejar el universo de elementos gráficos y estructuras gráficas que se emplean en los diagramas.

Por otra parte, las dimensiones 7, 8 y 9 están ya delimitadas por el contexto y las bases conceptuales y teóricas de la tesis, donde:

- la dimensión Tarea e Interacción (dimensión 7) está limitada a la dimensión provista por la forma cómo se asume son usados los diagramas según el proceso de resolución mental;
- la dimensión Proceso cognoscitivo (dimensión 8) se circunscribe a la finalidad lingüística, semiótica y cognoscitiva que de los diagramas se espera; y,
- la dimensión Contexto social (dimensión 9) da cuenta del contexto de uso o universo de discurso de la ingeniería en el cual los diagramas se consideran.

Si bien estas dimensiones taxonómicas no son consideradas en la investigación, ellas se contextualizan en la tesis según se muestra en la Tabla 4.5.

Tabla 4. 5: Dimensiones taxonómicas no consideradas en el estudio y su rol respecto de la tesis

Dimensión taxonómica	Cualidades que manifiestan los diagramas considerados
1. Vocabulario gráfico básico	Se consideran primitivas gráficas como flechas, líneas, círculos, cuadrados, rectángulos y alguna figura ad-hoc.
2. Elementos convencionales	En general se recurre o emplean formas geométricas acompañadas de palabras. No se consideran imágenes como parte integral de los diagramas.
3. Abstracción pictórica	En general es abstracto, debido al uso de muchos signos con un valor asignado por contexto.
4. Estructura gráfica	Se consideran configuraciones de conexión, de contenido o composición y, de segmentación (mapas, por ejemplo).

<i>Dimensión taxonómica</i>	<i>Cualidades que manifiestan los diagramas considerados</i>
7. Tarea e interacción	Se puede decir que los individuos les usan como parte de un proceso de resolución mental, según la habilidad y conocimiento que sobre los diagramas posean.
8. Proceso cognoscitivo	Según el desarrollo mostrado en el capítulo anterior, los diagramas son un lenguaje para 'imaginar' la realidad y construir sistemas artificiales reales.
9. Contexto social	El contexto social es la disciplina de ingeniería, donde cada rama de ella tiene diagramas particulares, mientras otros son de uso universal.

### 4.2.3. PODER DESCRIPTIVO DE LOS DIAGRAMAS

La dimensión modo de correspondencia permite señalar para cada diagrama:

- la correspondencia que existe respecto de sus elementos gráficos (por ejemplo, círculo es un proceso en un diagrama de flujo de datos); y,
- la correspondencia de su estructura gráfica, o configuración del diagrama-referente, con algún significado (por ejemplo, un diagrama de flujo de datos representa transformaciones de datos).

Según Blackwell y Engelhardt (2000) hay tres formas o modos de correspondencia válidos para elementos gráficos y estructuras gráficas:

- literal, cuando se representa fielmente un significado (se representa de forma 'más realista'), cercano a la idea de icono;
- arbitrario, cuando comprender el significado requiere información adicional, cercano a la idea de índice; y,
- analógico / metafórico, cuando el significado se basa en alguna convención, cercano a la idea de símbolo.

Sin embargo, los estudios de Blackwell y Engelhardt (1998, 2000; Blackwell, 1997, 1998) no establecen relación con la información que pudiese estar asociada a tales modos. En este sentido se ha tomado nota de los trabajos de Brandt (1997, 2000a, 2000b, 2000c; Østergaard, 2000), donde aparece sintetizado el potencial descriptivo de los elementos gráficos y las estructuras gráficas de los diagramas.

Así, desde los trabajos de Brandt (2000a) es posible distinguir:

- elementos gráficos X e Y, genéricos, que corresponden a cualquiera de las figuras usadas en los diagramas sean, entre otros, símbolos como el círculo, el rectángulo, o el rombo, o iconos específicos;
- elementos gráficos de vinculación, en concreto las figuras línea y flecha, ampliamente usados en la asociación de los elementos gráficos X e Y; y,
- estructuras gráficas, distinguiendo estructuras parte-todo y mapas.

#### a. Lo que se representa con estructuras gráficas

Para mostrar la información representada al modo de correspondencia de estructura gráfica, se han tomado como referencia las cuatro estructuras gráficas que plantean Blackwell y Engelhardt. Si bien cada estructura gráfica puede usar diferentes elementos gráficos en tanto reflejan en muchos casos abstracciones, aquí la posible representatividad como un todo se considera un icono. Debe añadirse que bajo determinadas perspectivas, las estructuras gráficas se asocian al modo de correspondencia analógico / metafórico, al ser símbolo de una organización conceptual.

A continuación en la Tabla 4.6 se describen los iconos indicados y la información que pueden representar tomando de referencias los estudios de Blackwell y Engelhardt y, de Brandt.

Tabla 4.6: Icono e información representada en el modo de correspondencia de elementos gráficos

Icono	Información representada
Segmentación	Estructura gráfica icónica que permite distinguir posiciones y ubicaciones sobre una superficie particionada (Blackwell y Engelhardt, 1998), como por ejemplo las coordenadas absolutas o relativas de mapas (Brandt, 2000a).
Contenedor	Estructura gráfica icónica que expresa la noción de composición, sea por pertenencia a algo por composición (Blackwell y Engelhardt, 1998) o por la relación de agregación / desagregación entre partes y un todo. Según como se mire, como estructura se asocia a gran medida a la de conexión y, en menor medida, a la de segmentación (Brandt, 2000a).
Conexión	Estructura gráfica icónica que refleja la vinculación, asociación o relación entre cosas (Blackwell y Engelhardt, 1998). Son las estructuras más habituales en la literatura y aparecen compuestas de flechas, ataduras y canales, dando lugar, por ejemplo, a árboles (Brandt, 2000a).
Ejes	Estructura gráfica icónica que expresa la noción de relación entre dos o más elementos (Blackwell y Engelhardt, 1998). Su estructura se compone de dos iconos flecha, cada uno mostrando valores cualitativos o cuantitativos y, vinculados entre sí por una relación de fuerza (Brandt, 2000a).

La Tabla 4.7 muestra la forma de relacionar, de manera general, los iconos recién presentados y la información que interesa para las características. Por su parte, la Tabla 4.8 presenta en detalle la relación entre estos iconos y los diagramas estudiados.

Tabla 4.7: Relación preliminar entre iconos de estructura gráfica e información básica de las características

Información	Actor	Apariencia	Color	Condición/probabilidad	Desagregación	Duración	Efecto	Entradas/salidas	Especialización	Estados	Forma	Jerarquía	Mando	Material	Posiciones/desplazamiento	Proceso	Secuencia de proceso	Secuencia temporal	Sensibilidad	Tolerancia	Ubicación/relación topológica	Volumen
Segmentación															X						X	
Contenedor					X				X													
Conexión				X	X		X										X	X				
Ejes															X				X	X		

Tabla 4. 8: Información de cada diagrama según su estructura gráfica  
(en cursiva aquellos diagramas asociados a más de un icono)

<b>Icono de estructura gráfica asociado</b>	<b>Diagramas</b>	
Segmentación	Dominio espacial Fuerzas Layout	
Contenedor	Caja negra Dinámico/de estados Flowchart Flujo de datos IDEF	
Conexión	Árbol de probabilidades <i>Caja Negra</i> Carta Gantt Cartilla funcional Causal Causa-efecto Ciclo de vida Configuración Control <i>Dinámico/de estados</i> Distribución física de flujo Entidad Relación Estructura FAST	<i>FlowChart</i> Flujo de datos <i>IDEF</i> Modelo de datos Nassi-Schneiderman OEW Organigrama PERT Petri Net Plano electrónico Programación de actividades Simulation Network Warnier Orr Work breakdown structure
Ejes	Carta de control Gráfico cinemático	

#### b. Lo que se representa con elementos gráficos

Brandt (2000a) sugiere que la línea y la flecha son elementos gráficos, cuyo valor se asocia al modo de correspondencia analógico / metafórico de Blackwell y Engelhardt. Esta correspondencia se asocia a tres iconos llamados por Brandt: atadura, flecha y canal.

A continuación, en la Tabla 4.9, se describen los iconos indicados y la información que pueden representar.

Tabla 4. 9: Icono e información representada en el modo de correspondencia de elementos gráficos

<b>Icono</b>	<b>Información representada</b>
Atadura	Elemento gráfico icónico (línea) que sirve para indicar una relación de genealogía de control, jerarquía, rango y/o estatus entre dos símbolos cualquiera.
Flecha	Elemento gráfico icónico (flecha) que sirve para indicar la relación de influencia o fuerza de un X a un Y sea en la forma de una línea, cadena o bifurcación, a la cual pueden o no asociarse valores. Esta relación puede ser de potencia (más fuerte qué), de tiempo (antes / después de), de distancia (abajo-arriba, izquierda-derecha) o de movimiento (de aquí hacia allá), por ejemplo.
Canal	Elemento gráfico icónico (flecha o línea) que sirve para indicar el movimiento o flujo de algo, de un X hacia un Y. En este movimiento pueden encontrarse insertados a los flujos, eventos, propulsores, 'atractores', 'repulsores' y/o transformadores. Este icono aparece ampliamente empleado en mapas o en diagramas que indican secuencias.

Por otra parte, los elementos gráficos X e Y asumen un rol de ayuda a la comprensión visual de lo que se intenta representar con los iconos previos.

La Tabla 4.10 muestra la forma de relacionar de manera general, los iconos recién presentados y la información que interesa para las características.

Tabla 4.10: Relación preliminar entre iconos de elementos gráficos e información básica de las características

Información	Actor	Apariencia	Color	Condición/probabilidad	Desagregación	Duración	Efecto	Entradas/salidas	Especialización	Estados	Forma	Jerarquía	Material	Posiciones/desplazamiento	Proceso	Secuencia de proceso	Secuencia temporal	Sensibilidad	Tolerancia	Ubicación/relación topológica	Volumen
<b>Iconos de los modos de correspondencia</b>																					
Atadura				X	X				X			X									
Flecha				X			X	X						X		X	X				
Canal								X						X		X				X	

A continuación, se muestra la asociación que existe entre la información que se desea representar de las características y los elementos gráficos de cada diagrama en particular. El resultado de esta asociación se muestra en la Tabla 4.11, como resultado del análisis simbólico y expresivo de los elementos gráficos, definiéndose (Koedinger y Anderson, 1990):

- la relación entre los elementos gráficos de cada diagrama y la información que representan en particular; y,
- la relación de algunos elementos gráficos particulares con iconos de elementos gráficos.

Tabla 4.11: Información de cada diagrama según sus elementos gráficos

Diagrama	Elemento gráfico	Lo que se representa con el elemento gráfico	Icono de elemento gráfico asociado
Árbol de probabilidades	Círculo	Condición/probabilidad Sensibilidad Tolerancia	
	Flecha	Desagregación	Atadura
Caja negra	Flecha	Secuencia temporal Secuencia de proceso (información, materiales, energía) Entradas/salidas	Canal Canal Canal
	Rectángulo	Actor	
	Rectángulo	Proceso	
Carta de control	Específico (punto)	Ubicación/relación topológica	
	Específico (texto)	Sensibilidad Tolerancia	
	Flecha	Posiciones/desplazamiento	Flecha
Carta Gantt	Rectángulo	Proceso Secuencia temporal	
Cartilla funcional	Línea	Desagregación	Atadura
	Rectángulo	Actor	
Causa-efecto	Flecha	Desagregación Condición/probabilidad	Flecha
Causal	Flecha	Efecto	Flecha
	Círculo	Actor	
Checksheet	Escritura	Secuencia de proceso (información)	
	Escritura	Material	
Ciclo de vida	Círculo	Estados	
	Flecha	Secuencia temporal	Flecha
	Rectángulo	Estados	
Configuración	Círculo	Estados	
	Línea	Desagregación	Atadura

Diagrama	Elemento gráfico	Lo que se representa con el elemento gráfico	Icono de elemento gráfico asociado
Control	Flecha	Mando	Atadura
		Secuencia de proceso	Canal
	Círculo	Actor Proceso	
	Rectángulo	Condición/probabilidad	
Dinámico/de estados	Flecha	Secuencia de proceso (lógica) Secuencia temporal Duración Posiciones/desplazamiento	Flecha Flecha Flecha Flecha
	Línea	Condición/probabilidad	
	Rectángulo/círculo	Estados	
Distribución física de flujos	Flecha	Secuencia de proceso (materiales)	Canal
	Rectángulo	Proceso Ubicación/relación topológica	
	Rombo	Actor	
Dominio espacial	Específico (punto)	Ubicación/relación topológica	
	Flecha	Secuencia de proceso (información)	Flecha
Estructura	Línea	Jerarquía Desagregación	Atadura
	Rectángulo	Proceso	
FAST	Línea	Desagregación	Flecha
	Rectángulo	Proceso	
Flowchart	Flecha	Secuencia de proceso (lógica) Secuencia temporal	Flecha
	Rectángulo	Proceso	
	Rombo	Condición/probabilidad	
Flujo de datos	Círculo	Actor	
	Círculo	Proceso	
	Flecha	Entradas/Salidas	Canal
	Flecha	Secuencia de proceso (información)	Canal
	Línea	Actor	Canal
	Rectángulo	Actor	
Fuerzas	Específico (punto)	Ubicación/relación topológica	
	Flecha	Posiciones/desplazamiento	Atadura
	Flecha	Tolerancia Sensibilidad	Atadura
Gráfico cinemático	Flecha	Posiciones/desplazamiento	Flecha
IDEF	Rectángulo	Proceso	
	Rectángulo	Actor	
	Flecha	Secuencia de proceso (información) Jerarquía Mando	Canal
Imagen	Específico (según caso)	Apariencia Color Entradas/salidas Forma Material Volumen	
Layout	Específico (según caso)	Actor	
Modelo de datos	Flecha	Condición/probabilidad	
	Línea	Desagregación	Atadura
	Rectángulo	Actor	
Modelo Entidad Relación	Flecha	Desagregación	
	Flecha	Especialización	
	Línea	Desagregación	Atadura
	Flecha	Condición/probabilidad	
	Rectángulo	Actor	
Nassi-Schneiderman	Específico	Condición/probabilidad	
	Rectángulo	Proceso	
OEW	Rectángulo	Proceso (humano) Actor (externo)	
	Rombo	Proceso (interno - externo)	
	Específico (persona)	Actor (externo)	
	Círculo	Proceso (automatizado)	
	Flecha	Secuencia de proceso (información) Secuencia de proceso (material)	Canal
Organigrama	Línea	Desagregación Jerarquía	Atadura
	Rectángulo	Proceso	
PERT	Círculo	Duración Estado/proceso	
	Flecha	Secuencia proceso (lógica) Condición/probabilidad	Flecha

Diagrama	Elemento gráfico	Lo que se representa con el elemento gráfico	Icono de elemento gráfico asociado
Petri net	Círculo	Estados Duración	
	Flecha	Secuencia de proceso (lógica) Condición/probabilidad Duración	Flecha
	Línea	Condición/probabilidad	Atadura
Plano eléctrico	Específico (según caso)	Actor	
	Específico (según caso)	Secuencia de proceso (energía)	
Programación de actividades	Círculo	Proceso	
	Flecha	Secuencia temporal Condición/probabilidad	Flecha
Simulation network	Específico	Proceso	
	Flecha	Condición/probabilidad Secuencia de proceso (lógica) Secuencia temporal	Flecha Flecha
Warnier-Orr	Escritura	Secuencia de proceso (información)	
	Específico (paréntesis de llave)	Desagregación Jerarquía	
Work breakdown structure	Línea	Actor	Atadura
	Línea	Desagregación Jerarquía	Atadura Atadura
	Rectángulo	Proceso	

### 4.3. VINCULACIÓN DE CARACTERÍSTICAS Y DIAGRAMAS

En esta sección se presentan las vinculaciones entre características y diagramas en la Tabla 4.12 (formada del análisis de las tablas 4.8 y 4.11).

Tabla 4.12: Los diagramas que representan la información básica

Información	Actor	Apariencia	Color	Condición/probabilidad	Desagregación	Duración	Efecto	Entradas/salidas	Especialización	Estados	Forma	Jerarquía	Mando	Material	Posiciones/desplazamiento	Proceso	Secuencia de proceso	Secuencia temporal	Sensibilidad	Tolerancia	Ubicación/relación topológica	Volumen
	Diagramas																					
Arbol de probabilidades				X	X							X							X	X		
Caja Negra	X				X			X							X	X	X	X			X	
Carta de control														X		X			X	X	X	
Carta Gantt																X		X				
Cartilla funcional	X				X												X					
Causa-efecto				X	X																	
Causal							X	X						X		X	X					
Checksheet														X			X					
Ciclo de vida										X							X	X				
Configuración					X				X													
Control	X			X									X			X	X					
Dinámico/de estados				X	X	X			X	X				X		X	X	X				
Distribución física de flujo	X													X	X							X
Dominio espacial															X		X					X
Estructura					X							X				X	X	X				
FAST					X											X	X					
FlowChart				X	X			X								X	X	X				

Información	Actor	Apariencia	Color	Condición/probabilidad	Desagregación	Duración	Efecto	Entradas/salidas	Especialización	Estados	Forma	Jerarquía	Mando	Material	Posiciones/desplazamiento	Proceso	Secuencia de proceso	Secuencia temporal	Sensibilidad	Tolerancia	Ubicación/relación topológica	Volumen
	Diagramas																					
Flujo de datos	X				X			X							X	X	X	X			X	
Fuerzas															X				X	X	X	
Gráfico cinemático													X		X							
IDEF	X				X						X					X	X					
Imagen		X	X					X		X				X								X
Layout	X														X							X
Modelo de datos	X			X	X																	
Modelo Entidad-Relación	X			X	X				X													
Nassi-Schneiderman				X												X	X	X				
OEW	X															X	X					
Organigrama					X						X					X	X					
PERT				X		X				X						X	X	X				
Petri Net				X		X				X					X		X	X				
Plano electrónico	X																X					X
Programación de actividades				X												X		X				
Simulation Network				X												X	X	X				
Warnier Orr					X						X					X	X	X				
Work breakdown structure	X				X							X				X	X					

Las siguientes dos tablas son el resultado de interpretar las tablas previas y de seleccionar y/o combinar los diagramas que representan de mejor manera las características sobre la base de equivalencias informacionales.

Así, combinaciones de diagramas, equivalentes o complementarias, aparecen indicadas de la siguiente manera:

- los números indican alternativas de representación;
- las letras indican complementos de representación a los diagramas señalados con los números;
- las letras seguidas de un número, indican un conjunto de diagramas que son parte del complemento de representación; y,
- los números seguidos de letras, indican un conjunto de diagramas que son parte del complemento de una de alternativa de representación.

El orden, numérico o alfabético, sugiere una preferencia de mayor a menor de un diagrama o combinación de diagramas sobre otros diagramas y/o combinaciones de ellos para representar una característica o un interés.

La Tabla 4.13 muestra los diagramas que mejor representan las características comunes.

Tabla 4. 13: Los diagramas que representan las características comunes

Información	Belleza	Componente	Composición de control	Cond. cambio de estado	Cond. de ocurrencia de fallos	Cond. de ocurrencia de riesgos	Cond. de control	Cond. de subsistencia	Coste	Elegancia	Eventos	Fronteras	Función	Funciones de reparación	Momento	Responsable	Transformación	Ubicación
Diagramas																		
Árbol de probabilidades				2	2	1	2	1					1	1				
Caja Negra		1							1			C			1		1	1
Carta de control																		
Carta Gantt																		
Cartilla funcional																		
Causa-efecto																		
Causal																		
Checksheet																		
Ciclo de vida																		
Configuración																		A1
Control				4			5											
Dinámico/de estados		1		1	4	1	1	2	4		2		A	A	5			3
Distribución física de flujo																		A2
Dominio espacial																		
Estructura																		B
FAST													5					
FlowChart				5	3		7		3						3			
Flujo de datos			2						2			D	4	4	2		2	2
Fuerzas																		
Gráfico cinemático																		
IDEF			3				4					A	2	2		3	3	
Imagen	1	1	A							1		1						
Layout																		
Modelo de datos																		
Modelo Entidad-Relación																		
Nassi-Schneiderman				6			8											
OEW							6					B	3	3		2	4	
Organigrama																		
PERT															4			
Petri Net				3			3				1							
Plano electrónico																		
Programación de actividades																		
Simulation Network																		
Warnier Orr																		
Work breakdown structure		A	A			1						A	1	1	A	1	A	C

La Tabla 4.14 muestra los diagramas que mejor representan las características descriptivas o principales.

Tabla 4. 14: Los diagramas que representan las características

Información	Adaptabilidad	Comodidad	Configuración	Estado estable	Interoperatividad	Estabilidad	Riesgo	Servicio	Robustez	Flexibilidad	Portabilidad	Utilidad	Controlabilidad	Mantenibilidad	Dominio	Secuencialidad	Composición
Diagramas																	
Arbol de probabilidades							1B						1				
Caja Negra						1B						3				1	1
Carta de control																	
Carta Gantt																	
Cartilla funcional																	
Causa-efecto																	
Causal				A			1A										
Checksheet																	
Ciclo de vida																	
Configuración								A									
Control												2					
Dinámico/de estados	1	1	A1	2		2	1B	1	1	1	1	1A	A	1	1	A	
Distribución física de flujo																	
Dominio espacial																	
Estructura																	
FAST								E			1B						
FlowChart																	
Flujo de datos			3			A	A			A	A					4	4
Fuerzas																	
Gráfico cinemático																	
IDEF			1			B	B	B		B	B	1		A	2	2	
Imagen		1	A2				1C										A1
Layout				2													
Modelo de datos																	
Modelo Entidad-Relación																	
Nassi-Schneiderman																	
OEW			2			C	C	C		C	C					3	3
Organigrama																	
PERT																	
Petri Net				1		1											
Plano electrónico																	
Programación de actividades																	
Simulation Network																	
Warnier Orr																	
Work breakdown structure								D				3	1	B	B	A2	

En la Tabla 4.15 se muestran los diagramas más representativos para cada dimensión o motivo de interés. Estos diagramas son solamente representativos de las diferentes equivalencias informacionales a las cuales se ha llegado y que se reflejan en las combinaciones de la Tabla 4.14.

Tabla 4. 15: Los diagramas para representar las dimensiones de interés

<i>Dimensión de interés</i>	<i>Diagramas</i>
Riesgo	Causal Flujos de datos / IDEF / OEW Dinámico/de estados / Árbol de probabilidades Imagen
Utilidad	Dinámico/de estados FAST Flujo de datos / IDEF / OEW
Dominio	Dinámico/de estados IDEF / OEW
Composición	Caja negra / Flujo de datos / IDEF / OEW Imagen Work breakdown structure

- El Riesgo requiere mayor información debido a la peligrosidad potencial que comporta un sistema artificial real. Así, por ejemplo, se hace necesario conocer sus relaciones con el medio a través de los efectos que produce y en qué medida afecta o no el entorno (diagrama Causal), los intercambios de materia y energía (diagrama de Flujos de datos, por ejemplo), las relaciones de dependencia (diagrama Dinámico/de estados) y, su apariencia (Imagen).
- La Utilidad requiere conocer principalmente las funciones y servicio que provee el sistema artificial real. Por ello, por ejemplo, es necesario saber sobre sus transformaciones (diagrama de Flujos de datos, por ejemplo) y/o condiciones (diagrama Dinámico/de estados) en que se provee el servicio y, su descomposición funcional para poder ver toda su funcionalidad (diagrama FAST).
- El Dominio requiere saber hasta donde el usuario externo puede o no tener mando sobre el sistema artificial real. Por ejemplo, se requiere distinguir las interacciones entre las partes para saber las condiciones en que las cosas ocurren y por que motivo o razón (diagrama Dinámico/de estados), igualmente reconocer flujos de información, materiales y de control, de entrada, salida y de retroalimentación entre los procesos componente (diagrama IDEF, por ejemplo).
- La Composición se relaciona principalmente con las interioridades del sistema artificial real. De esta manera, por ejemplo, interesa conocer su relación funcional, tanto en el ámbito de relaciones horizontales (diagrama de Caja Negra, por ejemplo) y/o verticales (diagrama Work Breakdown Structure), como la imagen que puedan tener componentes y/o relaciones (Imagen).

#### 4.4. RECAPITULACIÓN

En este capítulo se han identificado, primero las características que interesan de un sistema artificial real y, segundo, el potencial descriptivo de los diagramas según el conjunto de diagramas de ingeniería seleccionados.

Luego, se han vinculado características con diagramas estableciendo las correspondencias entre la información que, los primeros requieren y los segundos pueden expresar (Figura 4.8).

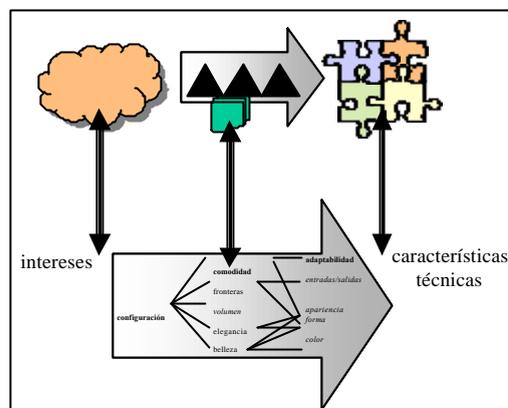


Figura 4. 8: Vinculación de características y diagramas

El análisis de tales relaciones ha permitido sugerir varias alternativas de representación diagramática para las características y, por supuesto, para los intereses.

En el siguiente capítulo se presenta el análisis de los resultados obtenidos frente al caso particular del sistema artificial real sistema de información.

## 4.5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson, Michael; Cheng, Peter; y, Haarslev, Volker. (2000). *Theory and Application of Diagrams*. Lecture Notes in Artificial Intelligence 1889. Subseries of Lecture Notes in Computer Science. SPRINGER. 504 pp. Septiembre.
- André, Albert. (1980). *L'expression graphique: cartes et diagrammes*. Collection Géographie. Paris-Francia:MASSON. 223 pp.
- Beals, Ralph; y, Hoijer, Harry. (1969). *An Introduction to Anthropology*. The MacMillan Company. 788 pp.
- Bechmann, Gotthard. (2000a). Risk and the Post-Modern Society. En Ibarra, Andoni; y, Latour, Bruno (chairs). (2000). *Post-Modern Societies. Living with Risk. European Summer Course*. Universidad del País Vasco. Agosto 1-4. Manuscrito del 1/8/2000.
- Bechmann, Gotthard. (2000b). The politics of uncertainty - The case of BSE (Bovine Spongiform Encephalopathy) in Europe. En Ibarra, Andoni; y, Latour, Bruno (chairs). (2000). *Post-Modern Societies. Living with Risk. European Summer Course*. Universidad del País Vasco. Agosto 14. Manuscrito del 29/7/2000.
- Beliáev, V. N. y otros. (1971). *Atlas de Elementos de Máquinas y Mecanismos*. Barcelona-España:CEAC. 411 pp.
- Berger, Kathleen Stassen. (1997). *Psicología del desarrollo: infancia y adolescencia*. Madrid-España:Médica Panamericana. 614 pp.
- Berger, Peter; y, Luckman, Thomas. (1986). *La Construcción social de la realidad*. 6ª impresión. Buenos Aires-Argentina:Amorrortu. 233 pp.
- Bertin, Jacques. (1983). *Semiology of graphics diagrams, networks, maps*. Madison-USA:University of Wisconsin Press. 415 pp.
- Bertin, Jacques. (1988). *La Gráfica y el tratamiento gráfico de la información*. Madrid-España:Taurus. 310 pp.
- Bijker, Wiebe E.; Hughes, Thomas P.; y Pinch, Trevor (eds.) (1990). *The Social Construction of Technology Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology*. MIT Press. 405 pp.
- Blackwell, Alan. (1997). Diagrams about Thoughts about Thoughts about Diagrams. En Anderson, M. (1997). *Reasoning Diagrammatic Representation II: Papers from the AAAI 1997 Fall Symposium*. Menlo Park, California, pp. 77-84.
- Blackwell, Alan. (1998). *Methaphor in Diagramas*. PhD thesis. Darwin College. University of Cambridge. Cambridge. UK. 270 pp.

- Blackwell, Alan; y, Engelhardt, Yuri. (1998). A taxonomy of diagram taxonomies. En *Proceedings of Thinking with Diagrams 98: Is there a science of diagrams?*, pp. 60-70.
- Blackwell, Alan; y, Engelhardt, Yuri. (2000). A meta-Taxonomy for Diagram Research. En Anderson, Michael; Meyer, Bernd; y, Oliver, Patrick (eds.) (2000). *Diagrammatic Representation and Reasoning*. Springer-Verlag. 600 pp.
- Bounford, Trevor. (1991). *Diagrams & charts*. On the spot guides. London-UK:Outline Press. 92 pp.
- Brandt, Per Aage. (1997). The Schematism of Diagrams. En *Proceedings of Colloque CISEL 97. L'image dans le langage et dans les non-langages*. Center for semiotic research. University of Aarhus. <http://www.hum.au.dk/semiotics/docs/epub/urb97/urb97.htm>. Leído el 20/9/2000. 5 pp.
- Brandt, Per Aage. (2000a). The Schematism of Diagrams. Center for semiotic research. University of Aarhus. <http://www.hum.au.dk/semiotics/docs/publications/paab/diagramas/diagramas.htm>. Leído el 17/5/2000. 7 pp.
- Brandt, Per Aage. (2000b). Semantic domains. Center for semiotic research. University of Aarhus. <http://www.hum.au.dk/semiotics/docs/epub/arc/paab/sdom/SemDom.html>. Septiembre. 10 pp.
- Brandt, Per Aage. (2000c). Domains and the Grounding of Meaning. Center for semiotic research. University of Aarhus. <http://www.hum.au.dk/semiotics/docs/epub/arc/paab/sdom/SemDom.html>. Febrero 22. 13 pp.
- Companys Pascual, Ramón; y, Corominas S., Albert. (1994). *Organización de la producción I. Diseño de Sistemas Productivos 2*. AULA ETSEIB 6. Barcelona-España:Edicions UPC. 277 pp.
- Córcoles L., Felipe; Durán, Joaquín Pedro; y, Salichs V. Miquel (eds.) (1996). *Transformadores*. Aula Teórica 57. Barcelona-España:Edicions UPC. 165 pp.
- Croft, Terrell; y, Summers, W. (1992). *American Electrician's Handbook*. 12<sup>th</sup> ed. McGraw-Hill.
- Dean, Edwin. (1994). Systematic Diagram. <http://akao.larc.nasa.gov/dfc/snt/systdiag.html>. Creado el 18/9/1994.
- Diskin, Zinovy; Kadish, Boris; Piessens, Frank; y, Johnson, Michael. (2000). Universal Arrow Foundations for Visual Modeling. En *Anderson et. al (2000)*, pp. 345-360.
- Douglas, Mary. (1985). *Risk Acceptability According to the Social Sciences*. Social Research Perspectives. Occasional Reports on Current Topics, vol. 11. New York-USA:Russell SAGE Foundation. 115 pp.
- Haraway, Donna. (1991). *Simians, Cyborgs, and Women. The Reinvention of Nature*. Routledge 287 pp.
- He, Shoujie; Abe, Norihiro; y, Kitahashi, Tadahiro. (1990). On a Systems of Understanding Illustrative Diagrams in an Assembly Manual. En *Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Conference on Industrial and Engineering Applications of Artificial Intelligence and Expert Systems*. Vol. I. Charleston USA. Julio 16-19. pp. 350-356.
- Hegarty, Mary. (2000). Capacity Limits in Diagrammatic Reasoning. En *Anderson et. al (2000)*, pp. 194-206.
- Holmes, Nigel. (1991). *Designer's guide to creating charts & diagrams*. New York-USA:Watson-Guption Publishers. 192 pp.
- Koedinger, Kenneth R.; y, Anderson, John R. (1990). Abstract Planning and Perceptual Chunks: Elements of Expertise in Geometry. *Cognitive Science*, 14(4):511-550.
- Latour, Bruno. (1992). *Ciencia en Acción*. Barcelona-España:LABOR 278 pp.
- Latour, Bruno. (2000). Crisis of Nature or Crisis of Objectivity? The Role of Science Studies in the Ecological Crisis. En Ibarra, Andoni; y, Latour, Bruno (chairs). (2000). *Post-Modern Societies. Living with Risk. European Summer Course*. Universidad del País Vasco. Agosto 1-4.
- Latour, Bruno; y, Woolgar, Steve. (1995). *La vida en el laboratorio. La construcción de los hechos científicos*. Madrid-España:Alianza Universidad. 326 pp.
- Lohse, Gerald; Biolse, Kevin; Walker, Neff; y Rueter, Henry. (1994). A Classification of Visual Representations. *Communications of the ACM*, 37(12):36-49.
- MacKenzie, Donald; y, Wajcman, Judy (eds.) (1993). *The social shaping of technology*. Philadelphia-USA:Open University Press. 326 pp.
- Martin, James; y, McClure, Carma. (1988). *Structured Techniques. The Basis for CASE*. USA:Prentice-Hall. 776 pp.
- Moret, Bernard M. E. (1982). Decision Trees and Diagrams. *ACM Computing Surveys*, 14(4):593-623.
- Nickel, Horst. (1980). *Psicología del desarrollo de la infancia y de la adolescencia*. Barcelona-España:Herder. 565 pp.
- Orlikowski, Wanda; y, Robey, Daniel. (1991). Information Technology and Structuring the Organizations. *Information Systems Research*, 2(2):143-169.
- Østergaard, Svend. (2000). Schemas and symbols. Center for semiotic research. University of Aarhus. Febrero 22. 33 pp. <http://www.hum.au.dk/semiotics/docs/epub/arc/soe/sch/schemas.html>. Leído el 12/6/2000.
- Papalia, Diane. (1993). *Psicología del desarrollo: de la infancia a la adolescencia*. McGraw-Hill. 672 pp.
- RAE. (1992). *Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española*. Madrid-España.
- Ramirez, José. (1993). *Simbología lógica de los circuitos integrados*. Barcelona-España:CEAN. 208 pp.

- Renn, Ortwin. (2000). Risk perception and communication. En Ibarra, Andoni; y, Latour, Bruno (chairs). (2000). *Post-Modern Societies. Living with Risk*. European Summer Course. Universidad del País Vasco. Agosto 1-4.
- Renn, Ortwin. (1998). The role of risk perception for risk management. *Reliability Engineering and System Safety*, 59:46-62.
- Robertson, Bruce. (1988). *How to Draw Charts & Diagrams*. Cincinnati-USA:North Light Books. 192 pp.
- Ruiz, Francisco. (1982). *Manual de interpretación de esquemas eléctricos*. 4ª. ed. Barcelona-España:CEAC. 205 pp.
- Salvendy, Gavriel (ed.) (1991). *Handbook of Industrial Engineering*. 2<sup>nd</sup> ed. John Wiley & Sons. 2780 pp.
- Searle, John. (1997). *La Construcción de la Realidad Social*. PAIDOS. Barcelona, España. 236 pp.
- Stewart, Ann Harleman. (1976). *Graphic Representation of Models in Linguistic Theory*. Indiana University Pres. 195 pp.
- Tversky, Barbara; Zacks, Jeff; lee, Paul; y, Heiser, Julie. (2000). Lines, Blobs, Crosses and Arrows: Diagrammatic Communication with Schematic Figures. En *Anderson et. al (2000)*, pp. 221-230.
- UPC. (1997). Mecánica Cinemática. Facsímiles 1-4. *Universitat Politècnica de Catalunya*. Barcelona-España.
- Zipparro, Vincent J.; y, Hasen, Hans (eds.) (1993). *Davis' Handbook of Applied Hydraulics*. 4th ed. McGraw-Hill.

