

## Capítulo 4

### EL IDS EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS CONSTRUCTIVOS

#### 4.1. INTRODUCCIÓN

En el capítulo 3 se ha descrito un nuevo sistema de toma de decisiones denominado IDS, y posteriormente se ha analizado con detalle en el apéndice F. Dado que dicha propuesta se ha descrito en un ámbito general, el objeto del presente capítulo será su adaptación al contexto de la gestión de proyectos constructivos, para lo que se particularizará cada uno de los elementos en este ámbito.

En este contexto, se describirá, en primer lugar, el tipo de problemas que se pretende abordar; los problemas de gestión en el ámbito de la construcción, y más en concreto en lo que hace referencia a la toma de decisiones. Para ello se adaptará el modelo integrado del valor (MIV) y el proceso ACE<sup>1</sup> al caso de proyectos constructivos. Finalmente se llevará a cabo un breve análisis de los tipos de toma de decisión en los que sería aplicable el modelo a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto constructivo.

En síntesis, el contenido del capítulo se recoge en la figura 4.1 (ver página siguiente). Como puede observarse en la citada figura, el flujo de desarrollo del capítulo se plantea mediante un esquema de entradas y salidas. Las primeras corresponden a las bases de la propuesta, en las que se hace un estudio de las características del problema de la toma de decisión en el ámbito de la construcción. Las salidas, por su parte, hacen referencia a la aplicabilidad del sistema a lo largo de las diversas fases del ciclo de vida del proyecto. Finalmente, para conseguir esta transformación se plantea una particularización de los elementos del sistema IDS propuesto (el modelo de valor MIV y el proceso de toma de decisión ACE) para el caso de proyectos constructivos. En lo

---

<sup>1</sup> Recuérdese que, según se explicaba en el capítulo anterior, este acrónimo hace referencia hacen referencia a sus tres fases: Análisis, Creatividad y Evaluación.

relativo al tratamiento del riesgo, este no requerirá ningún tipo de adaptación, pues sus elementos no precisan ser particularizados en cada tipo de aplicación. De ahí que no aparezca en la citada figura.

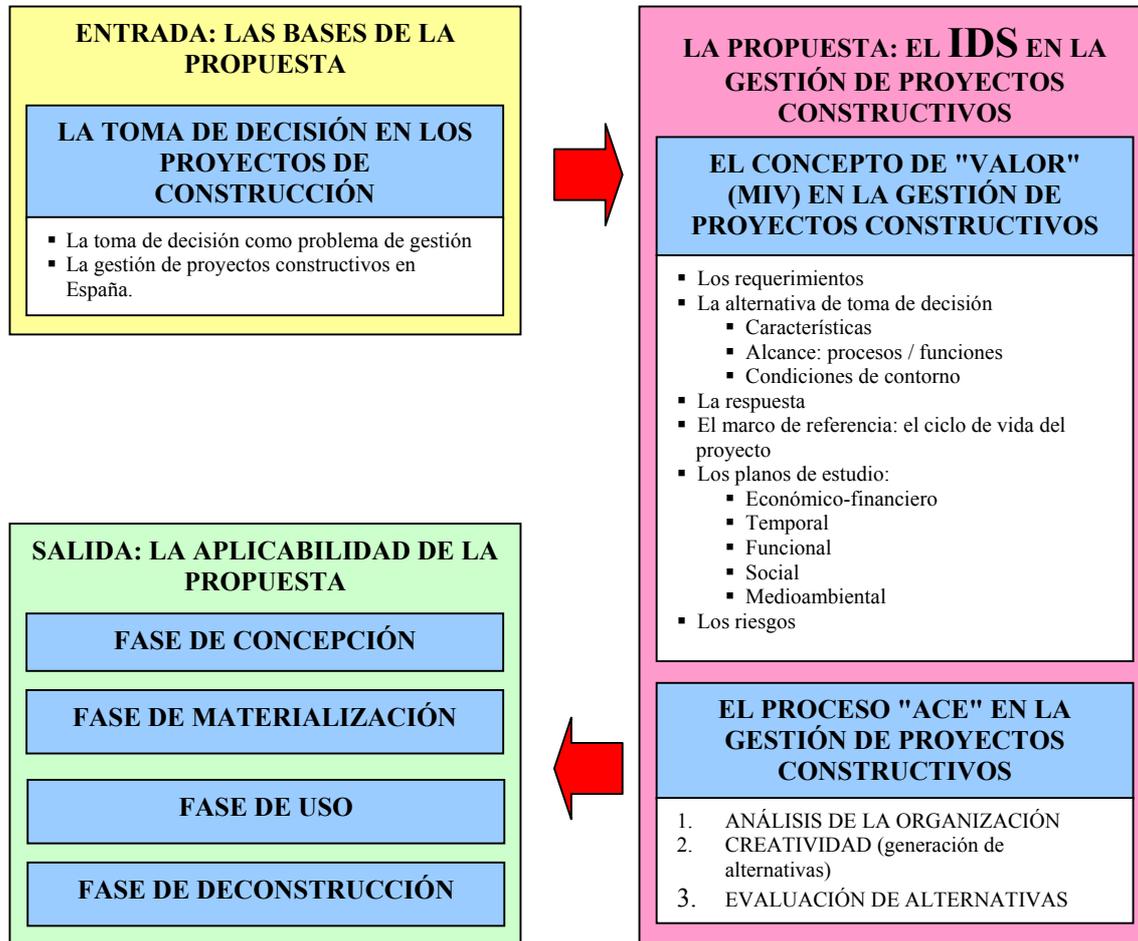


Figura 4.1. Esquema de desarrollo del capítulo 4.

Finalmente, en lo relativo al alcance del capítulo, cabría identificar la posible extensión de la adaptación del sistema IDS a otros tipos de proyectos, además de los constructivos. Con este objetivo se ha planteado el apéndice M, donde se aborda la integración del sistema propuesto en el cuerpo de conocimiento relativo a la gestión de proyectos (de todo tipo) o “Project Management” (en terminología internacional). Asimismo, como extensión de este estudio se adjunta el apéndice N, donde se describen las principales técnicas y conceptos englobados en esta disciplina.

## 4.2. LA TOMA DE DECISIÓN EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

### 4.2.1. La toma de decisión como problema de gestión<sup>2</sup>

Los problemas que tienen que acometer en la práctica los profesionales de la construcción tienen con frecuencia una vertiente técnica importante, para la que se ha desarrollado un ingente conjunto de herramientas de cálculo. No obstante, a menudo el factor técnico no es suficiente para tomar una decisión en la gestión de un proyecto, sino que intervienen otros aspectos como el coste, el plazo, la seguridad de los operarios o el respeto al medioambiente. En consecuencia, es necesario plantear las decisiones desde una perspectiva integrada, de modo que se contemplen todas las vertientes del proyecto y se evite reducir su valor a un determinado aspecto.

En este sentido, los problemas de gestión y en concreto la toma de decisión en el ámbito de la construcción presentan una diferencia sustancial respecto a los problemas de tipo estrictamente técnico, como por ejemplo el dimensionamiento y armado de una sección de hormigón. Sus características diferenciales son las siguientes:

- El alcance y los límites del problema suelen ser difusos o de compleja definición. Baste considerar, por ejemplo, la influencia que puede tener una toma de decisión a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto.
- Mientras las modelizaciones de cálculo se centran en un cierto componente (por ejemplo, la sección de los pilares) o en un cierto aspecto (por ejemplo, la obtención de los esfuerzos en la estructura), la toma de decisión contempla varios procesos, componentes y, en general, las diversas vertientes o aspectos del problema.
- El número de variables que intervienen en una toma de decisión es, a menudo, muy numerosa, y su interdependencia difícil de estimar.
- Existe una importante dificultad de cuantificación de determinados aspectos, cuya naturaleza es eminentemente cualitativa.
- Cobra gran importancia la influencia de factores de tipo humano cuya modelización y cuantificación es muy compleja sino imposible en muchos casos.

---

<sup>2</sup> El propósito de este primer apartado es simplemente caracterizar el tipo de problemas que se pretenden tratar mediante la aplicación del IDS en el ámbito de la gestión de proyectos constructivos. En este sentido, cabe comentar que esta noción de “gestión” no se restringe a lo que en el ámbito de la construcción suele entenderse como “gestión de obra”, sino en un sentido más amplio, de manera que comprende todas las posibles tomas de decisión englobadas desde el inicio del proyecto hasta el final de su ciclo de vida, y por tanto integrará aspectos de estudio de viabilidad, proyecto, obra, uso e incluso desconstrucción o reintegración. Por otro lado, también es importante aclarar que este término no está necesariamente ligado al concepto de “Dirección integrada de un proyecto o Project Management” (Heredia, 1995; Cos, 1995), sino que admite cualquier tipo de estructura o sistema de gestión.

- La estimación de algunos parámetros cuantitativos es muy costosa, de manera que a efectos prácticos deberán tratarse como cualitativos. Baste pensar en probabilidades, daños, patologías, e incluso las mismas estimaciones económicas.

Finalmente, cabe resaltar que este conjunto de dificultades de racionalización y sistematización de la toma de decisión hacen que algunos autores califiquen la cuestión como arte, en vez de ciencia (e.g. Fishhoff, 1980), lo cual es muy discutible, pero refleja la común percepción de la complejidad del problema.

Cabe observar también que este tipo de problemas de carácter más amplio abarca las cuestiones técnicas, las cuales quedan englobadas como un aspecto más. Así, por ejemplo, según el caso será conveniente decantarse por una opción que quizá no corresponde a la óptima desde un punto de vista tecnológico por motivos de coste, plazo, etc. Baste pensar, por ejemplo, en los espesores mínimos por razones constructivas. Por tanto, será conveniente que en los problemas de gestión y en particular en la toma de decisión se integren las modelizaciones de cálculo con otro tipo de herramientas como las de estimación de coste, planificación temporal, etc.

#### **4.2.2. La gestión de proyectos en el ámbito de la construcción española**

Un primer paso en la adaptación del sistema IDS en el ámbito de la construcción pasa necesariamente por el análisis de este entorno en orden a sopesar en este contexto de la trascendencia de la cuestión abordada en esta tesis y el valor de la aportación metodológica que supone el IDS a este respecto. Con este objetivo, se ha planteado el estudio recogido en el Apéndice G, cuyo esquema se muestra en la figura G.1 (recogida en dicho apéndice), el cual presenta un enfoque progresivo de la cuestión con un nivel creciente de concreción, desde las características diferenciales del sector de la construcción para centrarse posteriormente en la gestión en el ámbito de este sector y más en concreto en lo que hace referencia a los proyectos.

En este contexto, la adaptación del IDS en este ámbito pretende aportar un instrumento para mejorar el tratamiento de los problemas de gestión relativos a la toma de decisión. En concreto, del contenido del Apéndice G se destacan los siguientes puntos, que sirven de síntesis de los objetivos que se pretenden cubrir con la citada aplicación del sistema propuesto en este ámbito:

- En primer lugar, cabe identificar la necesidad de una herramienta para evaluar las diversas alternativas asociadas a las diferentes decisiones suscitadas a lo largo del ciclo de vida de un proyecto constructivo. La gran cantidad de aspectos a considerar en los productos de este sector hace que sea necesario homogeneizar las diversas variables para poder establecer un criterio de comparación entre las distintas opciones.
- Asimismo, busca aportar un modo de tratar la incertidumbre asociada a todo proyecto constructivo. En este sentido, cabe considerar que, según se explica en el Apéndice G, en el sector de la construcción reina una gran variabilidad: los productos son obras singulares (cada proyecto es diferente), la actividad

tiene un fuerte carácter local, lo que implica que las condiciones de contorno son siempre diferentes, y existe una importante atomización del sector, que conlleva la existencia de organizaciones de carácter muy diferente.

- Por otro lado, pretende ser adaptable a esta gran variabilidad del sector en todos los niveles. Es decir, debe tener un carácter abierto y flexible capaz de adaptarse a proyectos de muy diversa índole, y llevados a cabo por organizaciones que pueden tener características muy dispares.
- A su vez, pretende introducir una herramienta que compatibilice un marcado carácter práctico con el rigor teórico de los métodos de cálculo desarrollados para la resolución de problemas de tipo físico (como los de resistencia de materiales, hidráulica, geotécnica, etc.). Busca, por tanto, aportar un instrumento que introduzca un mayor rigor metodológico en el proceso de toma de decisión de los profesionales del sector, proponiéndoles un esquema de razonamiento y un modo de cuantificar en un tipo de problemas con las características descritas en el apartado anterior.
- Finalmente, intenta constituir un elemento de integración de las diversas etapas y vertientes del proyecto, de modo que permita mejorar la conexión entre los diversos agentes del mismo y mejorar, entre otras cosas, la coordinación entre el diseño y la construcción, así como el resto de problemas de gestión a los que se hace referencia en el Apéndice G de esta tesis. Introduce, por tanto, una herramienta para tomar decisiones integradas, es decir, que tengan en cuenta las consecuencias que tendrán en posteriores momentos del ciclo de vida del proyecto (como por ejemplo, en su puesta en obra, en su mantenimiento, etc.), así como en las diversas vertientes del mismo (como por ejemplo qué implicaciones tendrá sobre el coste, el plazo de ejecución, la seguridad de los trabajadores, el impacto ambiental en el entorno, etc.).

En definitiva, la aplicación del IDS en el ámbito de la gestión de proyectos pretende suponer un elemento de innovación y desarrollo en el sector, en la línea de las tendencias recogidas en el Apéndice G de esta tesis, es decir, en una dirección transversal, que integre el resto de aportaciones relativas a las diversas áreas de la ingeniería civil y la edificación.

### 4.3. EL CONCEPTO DEL VALOR MIV EN EL ÁMBITO DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS CONSTRUCTIVOS

#### 4.3.1. La adaptación del modelo

En el contexto descrito anteriormente, se propone una adaptación del modelo del valor MIV (Modelo Integrado de Valor) propuesto de modo general en el capítulo anterior. La figura 4.2, muestra la particularización de los diversos elementos que componen el modelo considerado en el ámbito de la gestión de proyectos constructivos y que serán tratados a continuación.

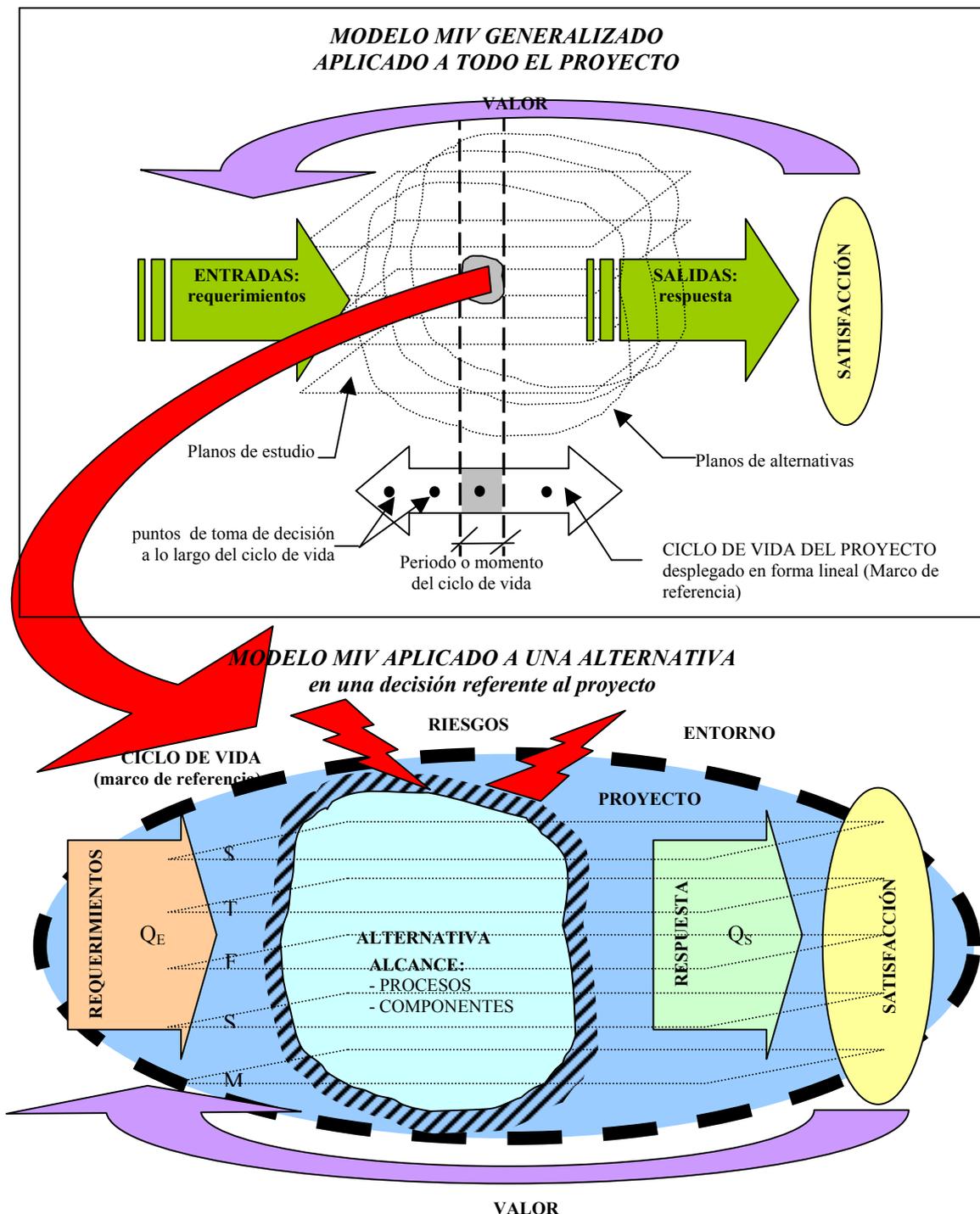


Figura 4.2. Elementos principales de la definición sistémica del valor adaptada a proyectos constructivos

Según se observa en la figura anterior, el modelo MIV puede aplicarse tanto al conjunto del proyecto, en cuyo caso podría hablarse del valor global del proyecto, como a las diversas alternativas referentes a los distintos puntos de decisión que se planteen a lo largo del ciclo de vida del proyecto, ya sean de mayor o menor trascendencia. En la figura 4.2 se visualiza asimismo que el punto de toma de decisión considerado se enmarca en el conjunto del proyecto, en un periodo o momento determinado de su ciclo de vida. Asimismo, los planos de estudio representan las diversas vertientes del proyecto, de modo que la decisión considerada puede englobar aspectos de los diversos planos considerados (económico, temporal, funcional, medioambiental, social, etc.). Del mismo modo podría aislarse el análisis del proyecto o de la alternativa en cuestión a uno de los planos considerados, estudiando únicamente una de las vertientes anteriormente citadas.

A continuación se analizará la adaptación de los diversos elementos del modelo MIV al ámbito de la gestión de proyectos constructivos, con el mismo esquema seguido en el capítulo 3 (apartado 3.2).

#### **4.3.2. Los requerimientos del proyecto**

Tal como se describe en el capítulo 3, los requerimientos constituyen las entradas del modelo y, por tanto, de la toma de decisión considerada. Se identificarán mediante el despliegue progresivo del árbol de requerimientos, tal como se describe en el apartado 3.3 del capítulo anterior, situándose en los diversos planos de estudio considerados. Su identificación es esencial, ya que la satisfacción de los mismos será lo que defina el valor del proyecto. En el ámbito de un proyecto constructivo, estos requerimientos harán referencia a los recursos y prestaciones del mismo. Al hilo de lo tratado en el capítulo anterior, por “requerimiento” pueden entenderse tanto objetivos como necesidades, condicionantes o metas. En este sentido, cabe recordar según lo explicado en el apartado 3.2 (capítulo anterior), que no es necesaria una distinción entre estos conceptos ni desde el punto de vista práctico ni teórico, pues todos ellos se consideran como requerimientos o entradas del sistema. Por tanto, el identificar un aspecto como, por ejemplo, objetivo o necesidad no condicionará para nada el desarrollo ni los resultados de la aplicación del modelo.

En el contexto de proyectos constructivos, los requerimientos tendrán diferente naturaleza en función del nivel de despliegue del árbol. Así, por ejemplo, los requerimientos de primer orden tendrán un cariz más bien estratégico, mientras que conforme se vaya desplegando el citado árbol irán adquiriendo un tinte más específico y técnico. Como ejemplos de requerimientos en este contexto, baste considerar los recogidos en la tabla 3.1 (capítulo anterior).

### 4.3.3. La alternativa de toma de decisión

Como es obvio, la naturaleza de las alternativas de toma de decisión en el ámbito de la gestión de proyectos constructivos dependerán del punto del ciclo de vida donde se plantee la decisión. Así, por ejemplo, en primeras etapas las alternativas tendrán un carácter general y estratégico, como podrían ser las diversas alternativas de localización de una determinada infraestructura o los diversos diseños generales que podrían plantearse en torno a ella. Por otro lado, en la fase de ingeniería de detalle las alternativas harán referencia a las diversas tipologías constructivas a adoptar, a las distintas posibilidades de trazado de redes de instalaciones, etc.

Con el fin de profundizar en el estudio de la adaptación de los diversos elementos del sistema IDS en el entorno de los proyectos constructivos, se plantea a continuación un estudio de las partes del concepto de alternativa identificadas en el capítulo anterior (apartado 3.2).

#### *Características*

En el ámbito de los proyectos constructivos, las características harán referencia a las propiedades intrínsecas de la realidad considerada, en aspectos físicos (resistencia, ductilidad, etc.), constructivos (facilidad de montaje, compatibilidad con otras tipologías, etc.) y un largo etcétera de aspectos.

#### *El alcance*

En el ámbito de los proyectos de construcción, el *alcance* de una alternativa se define en este contexto como el conjunto de *componentes* y *procesos* del proyecto a los que afecta y en los que influye. En este ámbito, estos dos conceptos se definen de la siguiente manera:

##### a) Los procesos

Un proceso es una serie de acciones que se encaminan a un resultado<sup>3</sup>, una actividad, operación o conjunto de ellas que tienen lugar a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Según lo comentado en el capítulo 3, se distingue entre tres tipos de procesos (AENOR, 2000): clave, estratégicos y de soporte.

##### b) Los componentes

Son las partes físicas del proyecto entendidas en un sentido amplio, es decir, los elementos constructivos (cimentación, estructura, instalaciones, pavimentos, etc.) y otros aspectos como la localización geográfica, tanto en un nivel general (país, comarca), como en un grado más específico (parcela o emplazamiento concreto, según la tipología de obra).

---

<sup>3</sup> “Process is a series of actions bringing about a result”, (The American Heritage Dictionary of the English Language, 1992). Definición adoptada por el PMI (1996). Por su parte, el Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española define este concepto como “conjunto de fases sucesivas de un fenómeno natural o de una operación artificial”.

La definición del alcance de las alternativas permitirá acotar el ámbito de la toma de decisión y estimar su importancia o trascendencia. A efectos de resultado, este concepto podrá estimarse fácilmente mediante la identificación de los requerimientos a los que afecta la toma de decisión, y en orden a la evaluación de estos, mediante la identificación de los procesos y componentes sobre los que ejerce influencia.

### *Las condiciones de contorno*

Las *condiciones de contorno* de la alternativa se definen como sus restricciones o limitaciones, como por ejemplo la luz máxima alcanzable con un tipo de estructura, la incompatibilidad con un cierto tipo de componente, etc. A este respecto cabe comentar que la distinción entre las características y las condiciones de contorno de una cierta alternativa pueden ser en ocasiones sutiles, de modo que para una persona un cierto aspecto puede ser una característica de la alternativa y para otra una condición de contorno. En cualquier caso, esta distinción es teórica, pues no determina el resultado final del sistema IDS. Su misión es, por tanto, que el o los decisores tengan un conocimiento apropiado la alternativa. De hecho, esta distinción entre los elementos citados busca únicamente ayudar al decisor a reflexionar sobre el problema.

En la tabla 4.1 se muestra un ejemplo donde quedan reflejados los diversos elementos de la alternativa de toma de decisión para el caso de la elección acerca de la tipología estructural a adoptar para un edificio logístico. En el ejemplo se recoge una de las alternativas planteadas, la estructura metálica, frente a una posible solución en hormigón prefabricado. En la tabla 4.1 puede observarse que, siguiendo este esquema, el decisor adquiere un conocimiento amplio de la alternativa considerada de cara a la posterior evaluación.

<b>Toma de decisión:</b>	<b>Elección del tipo de estructura</b>
<b>Alternativa:</b>	<b>Estructura metálica</b>
<b>I. Alcance:</b>	Componentes en los que afecta: Estructura Cimentación Forjado Cubierta
	Procesos en los que influye: Ejecución de la estructura Ejecución de la cimentación Ejecución del forjado Ejecución de la cubierta
<b>II. Características:</b>	Módulo de elasticidad Resistencia a compresión Resistencia a tracción Peso Color ...
<b>III. Condicionantes:</b>	Luces máximas Comportamiento al fuego Necesidad de pintura ...

**Tabla 4.1.** Ejemplo de estructuración de una alternativa en el ámbito de la gestión de proyectos constructivos

#### 4.3.4. La respuesta de la alternativa a los requerimientos del proyecto

Según se explicaba en el capítulo anterior, la respuesta a los requerimientos se articula mediante unos parámetros a determinar en cada caso, y cuyo objeto es servir de base para la medición de la satisfacción conseguida en cada requerimiento por la alternativa considerada. Por consiguiente, estos parámetros sirven para evaluar la respuesta de la alternativa a los diversos requerimientos planteados. En el ámbito de los proyectos constructivos, la naturaleza de estos parámetros de respuesta dependerá de dónde se fije el NDE (nivel deseado de estudio) definido en el apartado 3.3. Así, por ejemplo, si la toma de decisión se plantea en un nivel estratégico, se considerarán los requerimientos de los primeros niveles de despliegue del árbol, los cuales serán de carácter general y, consecuentemente, sus parámetros de respuesta también lo serán.

En la tabla 4.2 puede observarse un ejemplo de esta diferencia entre una toma de decisión en primeras etapas y otra situada en un momento posterior del desarrollo del proyecto en la etapa de ingeniería de detalle. El ejemplo corresponde a un proyecto de un edificio de producción para una empresa que quiere implantarse en una determinada región. En la tabla 4.2 se recoge, en primer lugar, una decisión relativa a dónde situar el equipamiento. Obviamente se trata de una decisión estratégica, pues de ella dependerán los gastos de transporte, el desplazamiento del personal, la imagen de la empresa en la región, etc. Los requerimientos y los parámetros de respuesta son en este caso generales y globales para todo el proyecto. Sin embargo, la segunda decisión considerada tiene un carácter mucho más técnico y específico, pues hace referencia a la cota de explanación del edificio. A pesar de su carácter menos general, dependiendo de la topografía de la parcela, la decisión tiene también una gran trascendencia, pues de ella dependerá, entre otras cosas, gran parte del coste de construcción y diversos aspectos del uso del edificio tales como sus accesos, su visibilidad desde la carretera, etc. En cualquier caso, tal como se observa en la citada tabla, los requerimientos planteados son fruto del desarrollo de otros de carácter general y, en consecuencia, también los parámetros de respuesta.

Toma de decisión	Requerimiento	Parámetro de respuesta
Emplazamiento de la obra	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conseguir que el coste del equipamiento no supere los 6 M euros (el coste de la parcela supone una gran parte del mismo)</li> <li>- Conseguir que la empresa se conozca en la región (la visibilidad del edificio juega un papel importante en ello)</li> <li>- Reducir al máximo los costes de la empresa (transporte de suministros, distribución de productos, etc.)</li> <li>- Facilitar la adquisición de personal (si está lejos de los grandes núcleos urbanos puede suponer dificultades)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coste de la parcela (en millones de euros)</li> <li>- Visibilidad del edificio desde las vías de comunicación (por puntuación)</li> <li>- Proximidad a la capital de la región (en minutos de viaje)</li> <li>- Proximidad a los grandes núcleos urbanos de la región (en minutos de viaje)</li> </ul>
Cota de explanación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conseguir que el coste de construcción no supere los 2,4 M euros (se supone que ya se ha decidido y comprado la parcela)</li> <li>- Conseguir que el edificio empiece a producir el 7 de enero del siguiente año (lo cual impone un plazo de un cierto número de meses para la construcción)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coste de movimiento de tierras</li> <li>- Coste de la red de drenaje y alcantarillado</li> <li>- Tiempo de movimiento de tierras</li> <li>- Tiempo de ejecución de la red de drenaje y alcantarillado</li> </ul>

**Tabla 4.2.** Ejemplo de parámetros de respuesta para una alternativa referente a un proyecto de una nave de producción

#### 4.3.5. El marco de referencia: El ciclo de vida del proyecto

El marco de referencia considerado para una toma de decisión en el ámbito de la construcción será el ciclo de vida del proyecto. Dicho elemento permitirá contextualizar la toma de decisión en un eje de referencia en orden a sopesar su trascendencia relativa en el conjunto del proyecto.

La importancia del análisis del ciclo de vida es un aspecto de creciente interés, que ha ido evolucionando desde la perspectiva del coste (Kirk & Dell’Issola, 1995; Flanagan & Norman, 1983), hasta un enfoque más general (Gransberg & Elligot, 1997), donde se introduce una concepción amplia de la gestión del proyecto, en la que se intuye una tendencia a englobar otros aspectos además del económico.

El énfasis que se hace en esta tesis sobre este aspecto responde a que su consideración aporta una mayor perspectiva de la toma de decisión y permite visualizar la importancia de las primeras etapas, ya que la posibilidad de mejorar el proyecto es mayor cuanto antes se plantee. Esta es precisamente una de las aportaciones que pretende introducir la metodología propuesta; habilitar una herramienta eficaz para el estudio del proyecto en sus primeros momentos, donde la potencialidad de mejora es mayor y el coste de los cambios menor, y de manera que en las tomas de decisiones se tenga en cuenta una visión global del ciclo de vida del proyecto, plasmando así las futuras consecuencias que tendrá a lo largo del mismo la decisión considerada.

A efectos de esta propuesta, se adoptará el modelo de ciclo de vida de un proyecto constructivo propuesto por Aguado & Casanova (1997), el cual se recoge en la figura 4.3. Como puede observarse, el citado modelo es marcadamente visual, y en él se percibe de forma clara el carácter cíclico de la vida del proyecto constructivo. Por otro lado, es destacable también el hecho de que la etapa de “concepción” se enmarque entre la “construcción” y la “deconstrucción”, lo que le confiere una perspectiva global del proyecto.

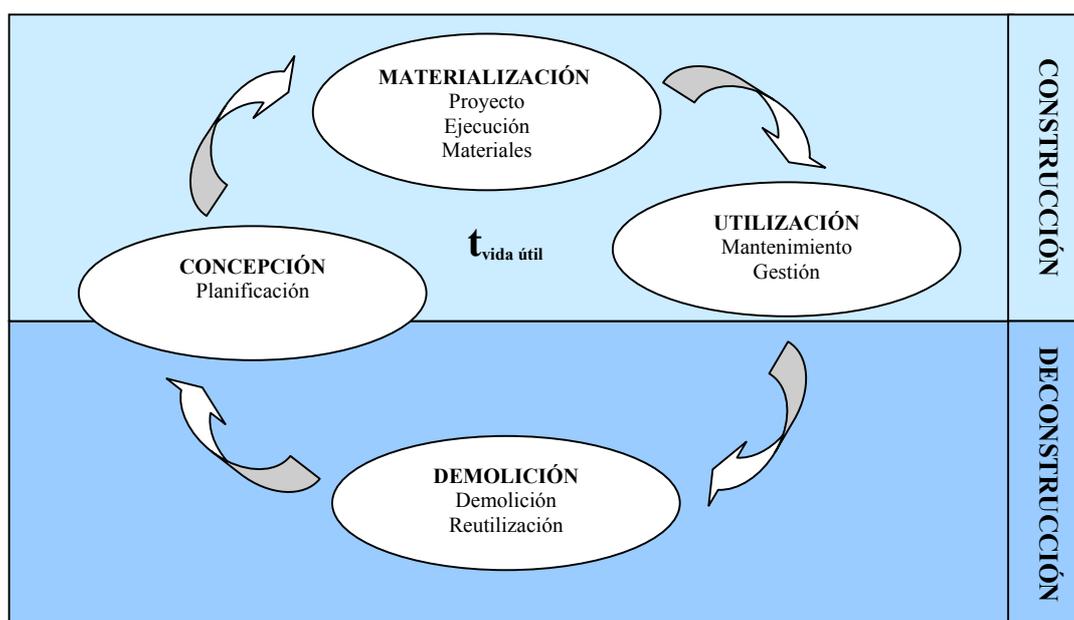
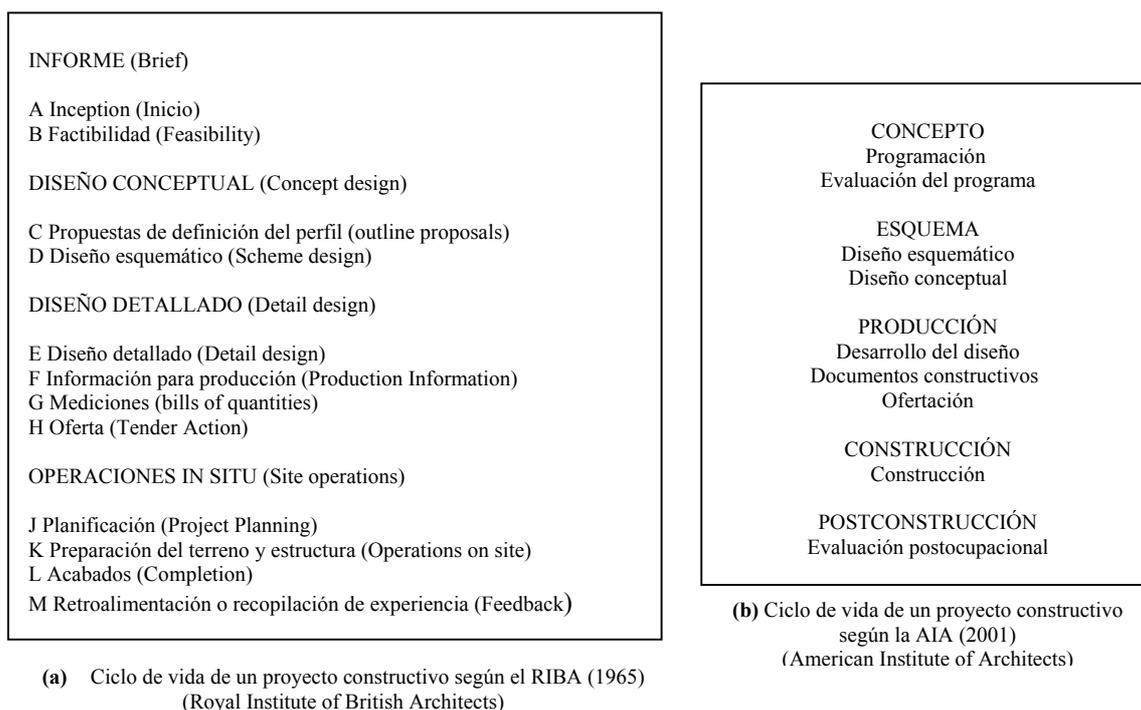


Figura 4.3. Ciclo de Vida de un proyecto constructivo. (Aguado & Casanova, 1997)

El citado modelo se ha elegido entre diversas propuestas de estructuración del ciclo de vida de un proyecto, las cuales se comentarán a continuación con el objetivo de profundizar sobre el significado del concepto, dado que se considera una de las piezas clave en la aplicación del sistema IDS en el ámbito de la construcción. Entre ellas que destacan, en primer lugar, los dos modelos comúnmente aceptados en el ámbito anglosajón; el modelo inglés propuesto por el RIBA (Royal Institute of British Architects) y el americano del AIA (American Institute of Architects). Ambos modelos, recogidos en la figura 4.4, tienen un esquema semejante y en ellos puede identificarse una característica común; el gran énfasis en las primeras etapas.

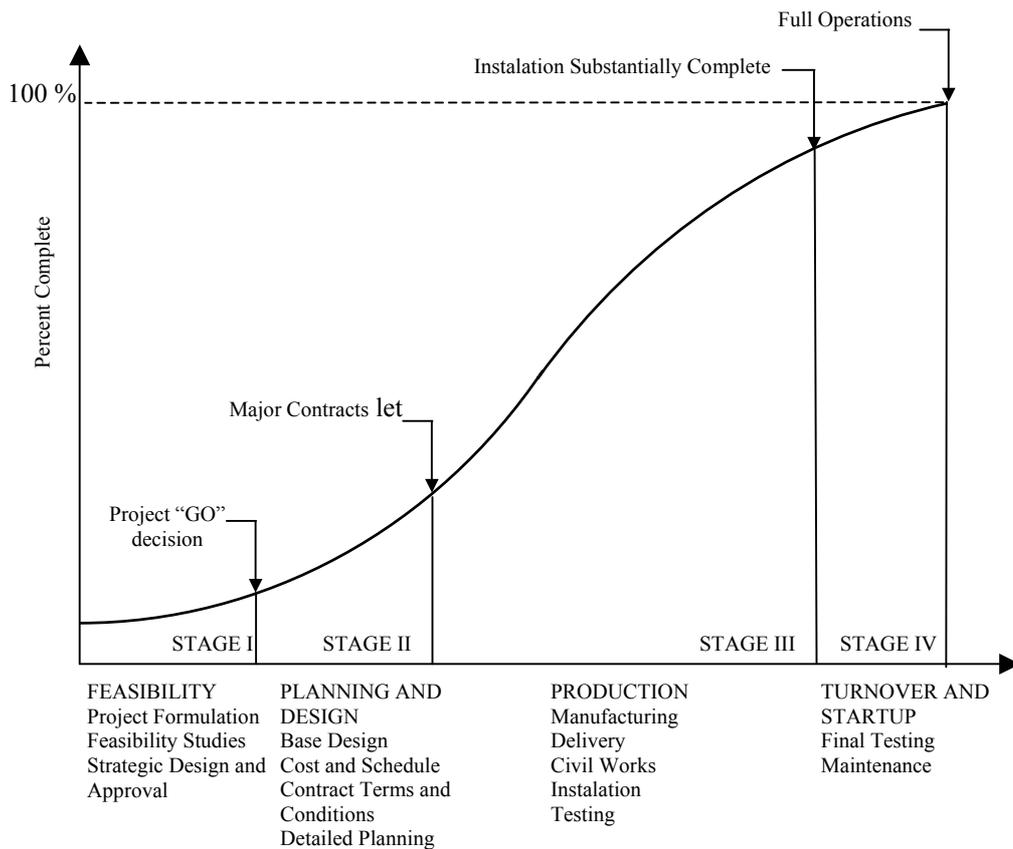
No obstante, según se desprende del contenido de la figura 4.4, en el ámbito español, los modelos de ciclo de vida anglosajones pueden parecer un tanto artificiosos, debido a la gran cantidad de fases y subfases introducidas. Por ello, el modelo de Aguado & Casanova (1997) se juzga más adaptado a la manera de entender el ciclo de vida del proyecto por parte de los ingenieros peninsulares. Además, dicho modelo aporta, frente a los primeros, una mejor visualización del concepto. Por otro lado, posee también una característica que le reporta una ventaja conceptual respecto a las citadas modelizaciones anglosajonas: su carácter cíclico. En este sentido, si se analiza la estructura de las anteriores propuestas, se observa que no aparecen aspectos relacionados con la desconstrucción, como pueden ser la demolición o la reintegración, de manera que el ciclo queda abierto e incompleto, es decir, en sentido estricto no podrían denominarse como tal.

Por otro lado, la realidad de los proyectos hace que los esquemas como el del RIBA o el AIA sean en la práctica un ente de razón que no acaba de reflejar el carácter dinámico ni la variedad incontable de los proyectos de construcción, ya que, de hecho, cada obra es diferente según los diversos agentes que en él intervienen y el entorno en el que se encuadra. Por tanto, visiones un tanto encorsetadas del flujo de proyecto como las anteriormente citadas tienen un valor más bien didáctico.



**Figura 4.4.** Modelizaciones del ciclo de vida de un proyecto constructivo en el ámbito anglosajón

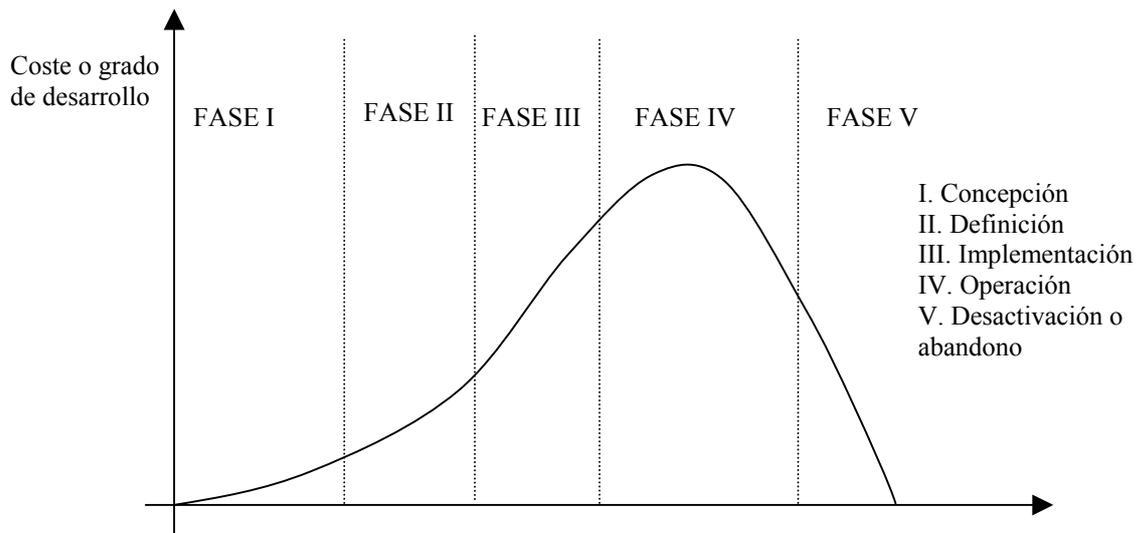
También en el ámbito anglosajón, es también destacable la modelización aportada por Morris (1981) y recogida por el PMI (1996), según la figura 4.5. Dicho modelo tiene un carácter más visual, si bien en él subyace una concepción sesgada del ciclo de vida de un proyecto constructivo, puesto que, al igual que los anteriores, no contempla el cierre del ciclo, sino que considera el proyecto hasta su entrega final al cliente (con el eventual mantenimiento tras la liquidación, según las características del contrato). Por tanto, el modelo de Aguado & Casanova (1997) y las citadas aportaciones del ámbito anglosajón no son en absoluto contrapuestas, sino que el primero implica un mayor desarrollo temporal y el cierre del ciclo.



**Figura 4.5.** Ciclo de vida de un proyecto constructivo. (Morris, 1981)

En el ámbito español destaca también el modelo de ciclo de vida propuesto por Heredia (1995), similar al Morris (1981), con la diferencia respecto a este de que muestra una variación del coste distribuida en el tiempo, mientras que en el primer caso dicha variación se plantea de forma acumulada. En la figura 4.6 se muestra una representación de esta modelización del ciclo de vida.

En comparación con este modelo, la propuesta de Aguado & Casanova (1997) se juzga como más específica y mejor adaptada al sector de la construcción y se considera más visual e integrada de cara a su adaptación en este contexto.



**Figura 4.6.** Modelización del ciclo de vida propuesta por Heredia (1995)

Por otro lado, es importante observar que no puede entenderse el ciclo de vida del proyecto como una cadena discreta de etapas, sino como un entramado de flujos entrelazados cuyas fronteras tienen un cierto componente de difusión, al que Heredia (1995) hace referencia con el concepto de “interfase”. De hecho, uno de los grandes objetivos de esta tesis es precisamente permitir una continuidad y una integración total de cada uno de los puntos del ciclo de vida con el resto. Así, por ejemplo, con un esquema rígido de fases o compartimentos estancos sería difícil en muchos momentos discernir exactamente en qué etapa del ciclo de vida se está, dado que las interfases son a menudo difusas. Prueba de ello es que no pocas veces se empieza a construir sin estar acabado el proyecto o se empieza a utilizar un edificio todavía en obras en algunas zonas. Además, este fenómeno es más plausible al intentar dividir las primeras etapas en tantas subfases como proponen los modelos anglosajones. Por ejemplo, pretender establecer una distinción entre la definición del perfil del proyecto y su diseño esquemático es, sino inviable en muchas ocasiones, al menos sí de dudosa utilidad. Baste pensar, para percatarse de ello, en proyectos de pequeña magnitud. Mediante el esquema de ciclo de vida adoptado en esta tesis, este carácter dinámico queda asegurado. De hecho, tal como se visualizaba anteriormente en la figura 4.2, esta modelización adoptada en el sistema IDS permite considerar un punto o porción cualquiera del ciclo de vida, definiendo una célula o subsistema dentro de los límites generales del sistema.

Finalmente, cabe puntualizar que el modelo Aguado & Casanova (1997) es el único que contempla el carácter cíclico de la vida de un proyecto, de manera que el resto de las aportaciones al respecto son más bien lineales y no contemplan la denominada deconstrucción, que englobaría la reintegración del proyecto en el entorno. En definitiva, esta reflexión y las anteriores reflejan la mayor generalidad del citado modelo, de manera que podría concluirse que el resto de los analizados podrían integrarse fácilmente en él mediante el despliegue lineal de sus cuatro fases principales.

#### 4.3.6. Los planos de estudio

Según lo descrito en el capítulo 3, en la aplicación del sistema IDS deben considerarse diversos planos de estudio, según la realidad en la que se enmarque la toma de decisión. En su aplicación en el ámbito de los proyectos constructivos que ahora se aborda, se recomienda considerar cinco planos de estudio:

- económico
- temporal
- funcional
- social
- medioambiental

En cualquier caso, como consecuencia del enfoque integrador con el que se han diseñado los diversos elementos de dicho sistema, no existe inconveniente alguno en considerar otros posibles planos o en suprimir de alguno de ellos. De hecho, la función de los planos de estudio es servir de esquema de trabajo en la identificación de los requerimientos de entrada del sistema. A continuación se describirá cada uno de estos planos en orden a concretar la descripción de la propuesta.

##### *El plano económico (\$)*

En el nivel económico se incluye todo lo referente a costes e ingresos económicos del proyecto. En la perspectiva del marco de referencia considerado, el ciclo de vida, quedarán englobados en este nivel los aspectos financieros, cuya concreción más relevante para el gestor del proyecto serán todos los costes del mismo desde su concepción hasta su reintegración en el entorno.

##### *El nivel temporal (T)*

Se distingue asimismo un plano temporal, que comprende la vertiente temporal del proyecto. En él se encuadran los tiempos de construcción y demolición, el tiempo de vida útil, etc.

##### *El plano funcional (F)*

En el plano funcional se contemplará el desempeño material del proyecto, traducido en características en la fase de utilización como eficacia de operaciones, comodidad de uso, facilidad de mantenimiento o capacidad (volumen almacenable, número de vehículos que pueden circular, etc.). El enfoque global hace que no sólo se consideren aspectos de funcionalidad de uso, como los anteriormente citados, sino otros relacionados con otros momentos del ciclo de vida, como la “constructibilidad” (que en este sentido podría definirse como funcionalidad del proyecto de cara a su puesta en obra), la “deconstructibilidad” (o funcionalidad relativa al derribo o reutilización del proyecto) u otros más estratégicos como pueden ser los relacionados con la estética exterior por el valor comercial del edificio, etc. En este plano se integran las herramientas de cálculo relativas al estado límite de servicio, ya que hacen referencia a la funcionalidad de la estructura. Sus resultados constituirán parámetros de respuesta para medir el grado de satisfacción de un cierto requerimiento funcional, como por

ejemplo el conseguir una estética exterior agradable (es decir, sin deformaciones, fisuraciones, etc.).

Cabe observar a este respecto, que no habría inconveniente en denominar a este plano con el término “calidad”, de modo que junto con los dos anteriores formaría el triángulo clásico de calidad-coste-plazo. Sin embargo, la reciente extensión del término “calidad” hacia otro tipo de aspectos (de hecho, con frecuencia se utiliza como una alternativa a la palabra “valor”) entraña un cierto riesgo de llevar a equívoco. Por ello se ha desestimado el uso de esta palabra, optando por otra de carácter más específico, cuyo objetivo es eludir ambigüedades y discusiones semánticas.

#### *El plano social (S)*

Para el éxito de un proyecto no sólo cabe considerar factores materiales, de plazo o coste o funcionalidad, sino que hoy en día cada vez son más importantes los aspectos sociales relacionados con el proyecto. Por consiguiente, en este nivel estarían englobados temas tan importantes como la seguridad e higiene laboral (a lo largo de todos los trabajos que se realizan durante el ciclo de vida) u otros como la aceptación social del proyecto o su valor cultural, político, religioso, etc. En lo relativo a la seguridad es donde se integran las herramientas de cálculo utilizadas en los diversos ámbitos de la ingeniería, las cuales están encaminadas a salvaguardar la integridad física de la obra mediante el estudio de los límites últimos, tanto en etapa de servicio como durante la construcción. Así, por ejemplo, el factor de seguridad de un talud o la resistencia al fuego servirán para medir un requerimiento relativo a la seguridad de los usuarios de un tramo de carretera o de un edificio. En cualquier caso, no existiría inconveniente en distinguir un plano de seguridad en donde se engloben todos estos aspectos en los diversos momentos del ciclo de vida.

#### *El plano medioambiental*

El plano medioambiental permite una reflexión similar a la expuesta en el plano anterior, dado que el respeto al entorno natural es hoy en día un factor de creciente importancia. Las implicaciones medioambientales de un proyecto constructivo pueden abarcar diversos aspectos, entre los que pueden citarse:

- los impactos que suponen diversos tipos de contaminación (visual, acústica, residuos, etc).
- el consumo de recursos naturales, en donde entran en juego aspectos como por ejemplo la eficiencia energética de un edificio.

### 4.3.7. Los riesgos

Tal como se ha comentado en el capítulo 3, el concepto de riesgo representa la incertidumbre asociada al conocimiento imperfecto de los posibles resultados (riesgos especulativos) y a la influencia de factores externos o internos al proyecto que implican una posible variación de las previsiones (riesgos puros).

En el ámbito de la construcción, el factor riesgo adquiere una especial relevancia derivada de las características propias de este sector, entre las que destacan la dependencia de los factores atmosféricos y el carácter singular de cada obra. Por tanto, es importante analizar ambos tipos de riesgo según el tratamiento descrito en el capítulo 3. Para ello, será de especial relevancia la identificación de los riesgos puros asociados a la toma de decisión considerada, los cuales, según se observa en la figura 4.2 (ver páginas anteriores), son bidireccionales: del entorno al proyecto y viceversa.

Por consiguiente, la aplicación del IDS a la construcción integra el estudio del riesgo en el proyecto, tanto en lo que se refiere a su identificación como a su evaluación mediante el tratamiento a través de la matemática difusa y la función de severidad descritos en el capítulo anterior (apartado 3.4).

En el contexto de los proyectos constructivos, los riesgos especulativos harán referencia generalmente a imprecisiones en la evaluación de los parámetros de respuesta. Como ejemplos en los diversos planos de estudio pueden citarse los siguientes:

- *Plano económico*: la estimación del coste de un determinado suministro no siempre es exacta, sino que ronda un determinado intervalo.
- *Plano temporal*: la estimación de los tiempos de ejecución siempre es aproximada, con un cierto margen de error por la singularidad del proyecto y la variabilidad de las condiciones del entorno.
- *Plano funcional*: determinados parámetros relativos a la estética, la accesibilidad, etc. implican una evaluación mediante puntuación, la cual siempre se aproxima a un cierto valor de modo no exacto.
- *Plano social*: los parámetros sociales tales como el número de posibles víctimas, la aceptación social del proyecto o las condiciones de seguridad e higiene de la instalación son de difícil medición, por lo que siempre se juzgan de manera aproximada
- *Plano medioambiental*: los impactos ecológicos o el consumo energético son, en ocasiones, de difícil cuantificación, por lo que tendrán un carácter aproximativo.

Por otro lado, los riesgos puros pueden ser de diversa índole: crisis económicas o sociales, vandalismo, desastres naturales, incumplimientos de contrato, etc. Tal como se describía en el capítulo anterior su efecto es transversal al proyecto, es decir, puede traducirse en diversos aspectos según los planos considerados, como por ejemplo:

- *Plano económico*: pérdidas económicas, sobrecostes, etc.
- *Plano temporal*: retrasos.
- *Plano funcional*: fallos de funcionamiento, defectos de acabado, etc.
- *Plano social*: muertos o heridos, conflictos sociales, etc.
- *Plano medioambiental*: contaminación o consumo no sostenible de recursos naturales, etc.

#### 4.4. EL PROCESO “ACE” EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS CONSTRUCTIVOS

Tal como se comentaba en el capítulo anterior, los conceptos de valor y riesgo, así como sus respectivos tratamientos matemáticos se articulan en un proceso metodológico denominado ACE en relación a las tres fases que lo componen: Análisis, Creatividad y Evaluación. En este caso, al estudiar la aplicación del proceso ACE en la gestión de proyectos constructivos únicamente se incidirá en aquellos aspectos que requieren una adaptación específica de la propuesta general, pues su descripción pormenorizada está recogida en el capítulo 3 de esta tesis. Por tanto, se entenderá que la aplicación de aquellos elementos no comentados es directa.

##### 4.4.1. La fase de análisis

###### *Preparación del estudio*

En lo concerniente a la fase de análisis tal como ha sido definida en el capítulo anterior, la preparación del estudio y la recopilación de información es un aspecto de capital importancia en los proyectos constructivos, dada la fuerte componente de incertidumbre que es común a todos ellos. Por tanto, será importante recoger, en la medida de lo posible, la información propia del proyecto considerado, así como todos los datos disponibles acerca de obras semejantes y las construcciones ubicadas en la misma zona, tales como informes de evaluación postocupacional<sup>4</sup>, proyectos constructivos, “as built”, etc. Para la recogida de información será útil seguir el esquema de los diversos planos identificados. Así, por ejemplo, y sin ánimo de ser exhaustivos, para el proyecto de un edificio industrial podría recogerse la siguiente información:

- *Plano económico*: aspectos financieros, aspectos contractuales, etc.
- *Plano temporal*: los condicionantes temporales
- *Plano funcional*: la organización del cliente, su tecnología, su personal, sus procesos, etc.
- *Plano social*: aspectos políticos, los propietarios de las parcelas del entorno, las personas involucradas e influyentes en el proyecto, los aspectos históricos, culturales que ejercen influencia, etc.
- *Plano medioambiental*: el entorno natural del proyecto, la posible contaminación del mismo, etc.

Además, a pesar de la singularidad de los proyectos constructivos, no debe desdeñarse la información relativa a otras obras semejantes o situadas en el entorno del proyecto. Por ello serán de gran interés los sistemas de información de las diversas organizaciones que intervienen.

No obstante, en muchos casos el problema residirá más bien en la existencia y disponibilidad de la información, pues en ocasiones será imposible obtener datos de todos los innumerables aspectos de influencia en el proyecto. Además, recoger esa información supondrá un coste o un esfuerzo que en ocasiones puede ser considerable.

---

<sup>4</sup> En terminología internacional se conoce este concepto como “POE Reports” (“Postoccupational Evaluation”)

Así, por ejemplo, la información relativa al terreno de emplazamiento del proyecto implicará la realización de un estudio geotécnico que supondrá un coste no desdeñable. Todo ello implica que en vistas a los condicionantes económicos, temporales, etc. del proyecto, deba plantearse en cada caso el grado de profundidad que se juzgue conveniente alcanzar en la información base del estudio.

### *La identificación de procesos*

La identificación de los procesos se llevará a cabo, en el caso de los proyectos de construcción, a lo largo de su ciclo de vida. Con ello se consigue un estudio sistemático de todas las actividades del proyecto para la correcta comprensión y evaluación del mismo. Con este propósito, se realizarán los mapas de procesos correspondientes a las cuatro etapas fundamentales del ciclo de vida del proyecto identificadas anteriormente, según el modelo adoptado (Aguado & Casanova, 1997), distinguiendo los tres tipos de procesos a los que se hacía referencia en el capítulo 3: claves, de soporte y estratégicos. Para la citada identificación se seguirán las pautas marcadas en los párrafos siguientes:

#### a) Procesos de planificación

Desde el punto de vista de la planificación, el citado mapa recogerá los procesos de la organización del cliente, de manera que el proyecto en cuestión se integre correctamente en la misma desde el punto de vista estratégico. En caso de ser un proyecto constructivo para una empresa, los procesos considerados serán los de la citada organización. Si, por otro lado, el cliente es un organismo público, el cliente es la sociedad a quien representa, por lo que los procesos a considerar deberían ser los correspondientes al conjunto de la sociedad. Lógicamente, si se trata de un edificio para el uso de un organismo público, el cliente no será la sociedad sino esa organización administrativa en concreto, y los procesos a considerar serán, por tanto, los correspondientes a esa entidad

A modo de comentario, valga decir que la correcta identificación del cliente es uno de los puntos clave de un análisis de este tipo, dado que es importante considerar que, por ejemplo, el cliente de una carretera no es la dirección general o el ministerio correspondiente, sino la sociedad, y la gestión integrada del proyecto debe llevarse a cabo en función de los requerimientos de esta, y no según los intereses particulares de un cierto organismo público. En cualquier caso, este no deja de ser un planteamiento teórico, dado que en la práctica entran en juego otro tipo de factores que trasladarían el objeto de la investigación hacia otros campos como la ética o el derecho.

#### b) Procesos de materialización

En la fase de materialización, el mapa de procesos englobará el diseño y construcción del edificio hasta su puesta en marcha. Comprenderá, por tanto, desde el proceso de proyecto y cálculo, la preparación y planificación de las obras, la obtención de licencias, la gestión de suministros, el proceso constructivo en sí y la implantación. Serán integrables técnicas como los diagramas de ensamblaje u otras semejantes, que servirán de base para el trazado de los diagramas de flujo de los procesos de construcción.

### c) Los procesos de uso

Los procesos de uso son los que tradicionalmente se han considerado en el contexto del diseño constructivo<sup>5</sup>. En general corresponderán a uno o varios de los procesos de la organización del cliente anteriormente identificados. En este sentido, es importante estudiar su posible interacción con el resto de las actividades de la organización.

### d) Los procesos de deconstrucción

Los procesos de deconstrucción describirán la reintegración del edificio: su posible reutilización total o parcial o su demolición nuevo aprovechamiento del espacio. Por su esencia, guardarán cierta simetría con los correspondientes a la materialización, y que tienen un sentido inverso.

Como ejemplo de lo explicado, en la tabla 4.3 se muestra una matriz de procesos correspondiente a la fase de análisis de un proyecto de un puerto deportivo, que refleja las consideraciones anteriores. Tal como se observa en la citada tabla, en la fase de concepción se incluyen los procesos relativos a la sociedad, que en este caso es el cliente de esta infraestructura. Por otro lado, los procesos de materialización comprenden el conjunto de tareas que hacen realidad la idea global del proyecto generada en la fase de concepción, desde el diseño y cálculo del mismo hasta su construcción y puesta en funcionamiento. En el ejemplo se adjuntan también los procesos relativos a la explotación o uso de la infraestructura y los relativos a su reintegración en el entorno. Tal como puede observarse, en el caso considerado en el ejemplo se prevé la demolición de la infraestructura al expirar el periodo de su vida útil.

Desde otro punto de vista, en la citada tabla se observa también la distinción entre procesos estratégicos, claves y de soporte. Así, por ejemplo, los procesos claves de uso de la infraestructura incluyen no sólo los relativos a las operaciones del tráfico de barcos, sino otros aspectos presentes en la mayoría de los equipamientos de este tipo, como el ocio o el comercio, los cuales se consideran también claves. Se adjuntan asimismo los procesos de soporte, relativos a la reparación de embarcaciones, suministro de combustible, etc. y los estratégicos, entre lo que se ha resaltado la dirección del puerto. La identificación y clasificación de estos procesos tiene también un componente de subjetividad, de modo que un cierto proceso podría ser considerado, por ejemplo, como clave o de soporte en función del proyecto concreto y de la persona que lo juzgue. Por consiguiente la solución no es única, dado que la citada identificación no pretende ser sino un esquema de análisis para el decisor.

---

<sup>5</sup> Baste considerar, por ejemplo, el uso diagrama FAST (Bytheway, 1965) que reproduce los usos u operaciones para los que se diseña el edificio. Esta técnica se comenta con detenimiento en los apéndices H e I.

	CONCEPCIÓN	MATERIALIZ.	UTILIZACIÓN	REINTEGRACIÓN
ESTR	Administración autonómica		Dirección del puerto	Gestión de residuos
CLAVE	Industria Agricultura Ganadería Comercio	Proyecto Licitación Licencias de construcción Planificación técnica Compras y contratación Construcción Implantación	Navegación deportiva Salida de barcos Entrada de barcos Atraque de barcos Ocio Comercio	Licencias de demolición Desconexión Desmantelamiento Desmontaje Demolición Derribo Desescombros
SOPORTE	Servicios públicos Suministros Transporte Equipamientos Servicios privados Ocio	Suministro de energía Mantenimiento de maquinaria Control de calidad	Reparación Suministro de combustible Enseñanza de navegación	Almacenamiento de residuos

**Tabla 4.3.** Ejemplo de identificación de procesos de un proyecto de un puerto deportivo

### *Identificación de requerimientos*

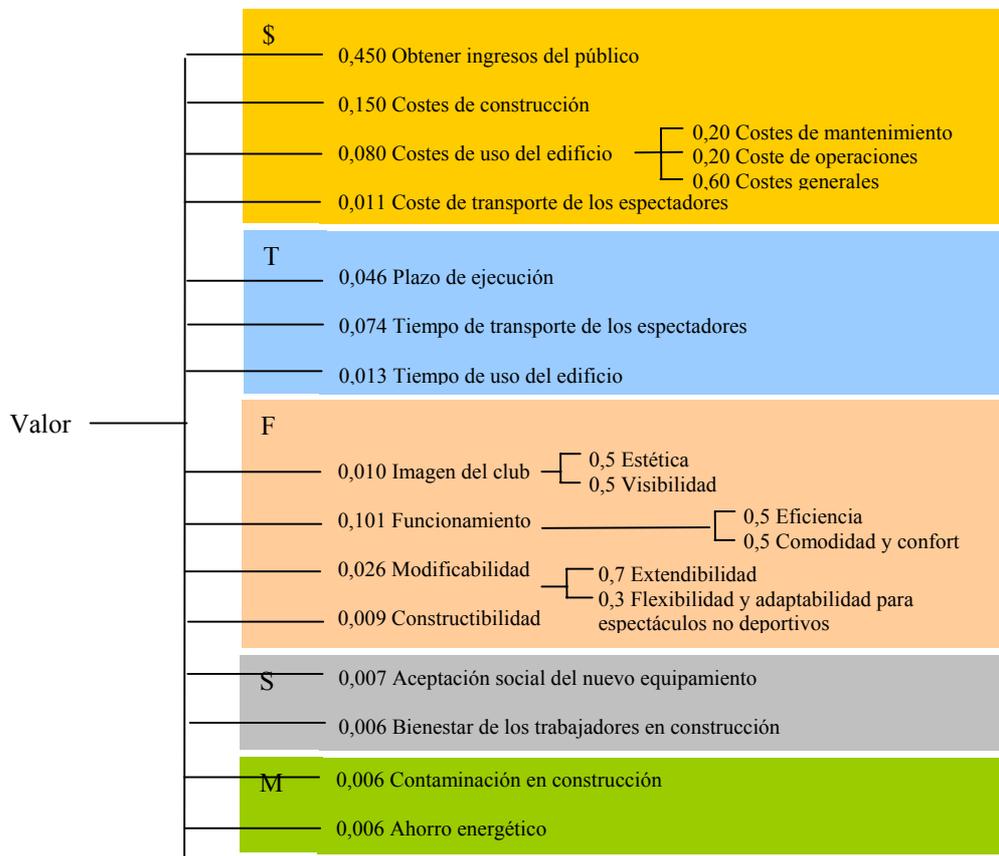
Según la descripción del proceso ACE introducida en el capítulo anterior, el siguiente paso a realizar en la fase de análisis es la identificación y la consiguiente construcción de la matriz de requerimientos. En el caso de la aplicación en el ámbito de los proyectos constructivos, los de primer orden se identificarán mediante un análisis matricial en base nuevamente al ciclo de vida del proyecto, considerando las cuatro etapas a las que anteriormente se hacía referencia.

Se consideran cinco niveles de requerimientos, en coherencia con los planos de estudio anteriormente explicados: económico (\$), temporal (T), funcional (F), social (S) y medioambiental (M). En la tabla 4.4 puede observarse un ejemplo de matriz de requerimientos del proyecto de un estadio deportivo. Tal como se observa, los requerimientos de la etapa de planificación o concepción tiene un carácter global y estratégico, mientras que el resto están asociados a una fase concreta del proyecto. Por otro lado, el enunciado de los requerimientos se recoge de forma sintética, quedando implícita su concreción. Así, por ejemplo, el requerimiento enunciado como “coste de construcción” podría concretarse en un cierto caso que este coste no supere los 5 millones de euros, o bien podría no existir una limitación explícita, de modo que el coste de construcción requerido fuese simplemente razonable. En la línea de lo comentado a lo largo del desarrollo del sistema IDS, esta identificación de requerimientos se plantea de forma flexible, es decir, la solución no es única, de modo que cada decisor construirá esta matriz a su manera. Por tanto, no implica ningún problema que una persona ubique un requerimiento en un determinado cuadrante y otra en otro, dado el componente subjetivo del concepto de valor. Como es obvio, si ambas personas tienen intereses en un mismo proyecto deberá buscarse el consenso.

	PLANIFICACIÓN	MATERIALIZ.	UTILIZACIÓN	DECONSTRUC.
<b>\$</b>	Obtener ingresos del público	Costes de construcción	Costes de uso Coste de transporte de los espectadores	Coste de deconstrucción
<b>T</b>	Tiempo de vida útil	Tiempo de construcción	Tiempo de transporte	Tiempo de deconstrucción
<b>F</b>	Alojar 100.000 espectadores Dar imagen al club Influir en el estado de ánimo de los jugadores	Constructibilidad	Eficiencia Comodidad y confort Modificabilidad Versatilidad	Deconstructibilidad
<b>S</b>	Aceptación social	Seguridad e higiene en construcción	Seguridad e higiene en uso	Seguridad e higiene en deconstrucción
<b>M</b>		Contaminación en construcción	Ahorro de recursos naturales Conservación del medio natural	Contaminación en deconstrucción Reintegrabilidad de materiales

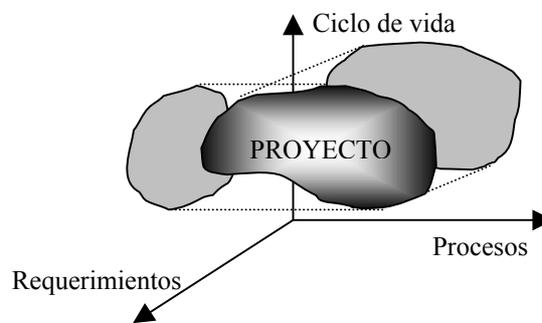
**Tabla 4.4.** Ejemplo de identificación de requerimientos del proyecto de un estadio deportivo

Estos requerimientos identificados se ordenarán en un árbol del modo descrito en el capítulo 3 de esta tesis. Este árbol definirá la estructura del problema y la base de la posterior evaluación del valor de las alternativas y de la severidad de los riesgos puros, según se explicaba en el capítulo 3. En la figura 4.7 se recoge la construcción del árbol de valor en base al ejemplo de la tabla 4.4. Tal como se observa en la citada figura, el árbol se construye obviando los requerimientos que se consideran de un peso irrelevante. Incluye asimismo la ponderación de los mismos, según lo comentado en el capítulo anterior, a través del método CIP.



**Figura 4.7.** Árbol de requerimientos del proyecto de un estadio deportivo

En definitiva, según se muestra en la figura 4.8, la identificación de procesos y requerimientos implica un análisis triaxial del proyecto: respecto al ciclo de vida, a los requerimientos del proyecto y sus procesos. La citada figura muestra la idea de que las matrices de requerimientos y procesos permiten describir el proyecto de modo análogo a como lo hacen las proyecciones de una figura en la geometría descriptiva. Así como en el sistema diédrico un cuerpo queda definido por dos de sus proyecciones sobre dos planos, en el sistema metodológico planteado un proyecto constructivo queda definido por estas dos matrices, cuya función es análoga a la de las proyecciones ortogonales del sistema de representación citado. Eventualmente podría considerarse otros ejes de análisis, como por ejemplo el correspondiente a los componentes, planteando otro análisis matricial como los anteriores. En cualquier caso, la cuestión queda abierta a posteriores desarrollos de la metodología, partiendo siempre de la base de que lo que se busca es un esquema de análisis para el decisor y no una estructuración rígida e inflexible del problema.



**Figura 4.8.** Esquema del análisis triaxial propuesto en la etapa de análisis del proceso ACE aplicado a proyectos constructivos

#### 4.4.2. Las fases de creatividad y evaluación

Así como la fase de análisis presenta singularidades importantes que hacen que sea conveniente una adaptación específica en el ámbito de la construcción, tal como se plantean en el capítulo 3 de esta tesis, las fases de creatividad y evaluación de alternativas del proceso ACE no requieren dicha adaptación, pues tienen un carácter general, independiente del tipo de problema tratado. Según se explicaba en el capítulo 3, la evaluación del valor y de las severidades de los riesgos puros se articulará mediante el árbol de requerimientos y las funciones de valor y severidad, y los riesgos especulativos se contemplarán en el tratamiento propuesto mediante matemática difusa.

## 4.5. EL CAMPO DE APLICABILIDAD DEL SISTEMA PROPUESTO

Para finalizar este capítulo, donde se ha llevado a cabo la particularización para proyectos de construcción del sistema IDS propuesto en el capítulo 3, se plantea en este apartado un estudio de los posibles puntos de aplicación a lo largo del ciclo de vida del proyecto encaminado a profundizar en la descripción del espectro de aplicación de la propuesta en este ámbito. Dicho análisis servirá también para introducir una serie de ideas y aportaciones relacionadas con la gestión de proyectos y la toma de decisión en este ámbito. Para mantener la coherencia, este estudio se realizará con base en el esquema adoptado de ciclo de vida del proyecto constructivo (Aguado & Casanova, 1997).

### 4.5.1. Concepción y planificación estratégica

Tal como se ha comentado en otras partes de esta tesis, en el inicio del proyecto es donde más proporción del valor está en juego, dado que a medida que aumenta la definición y el desarrollo de la obra, las oportunidades de mejora son decrecientes. En la figura 4.9 se refleja el decrecimiento de las oportunidades de mejorar el valor del proyecto conforme avanza el tiempo del ciclo de vida del mismo.

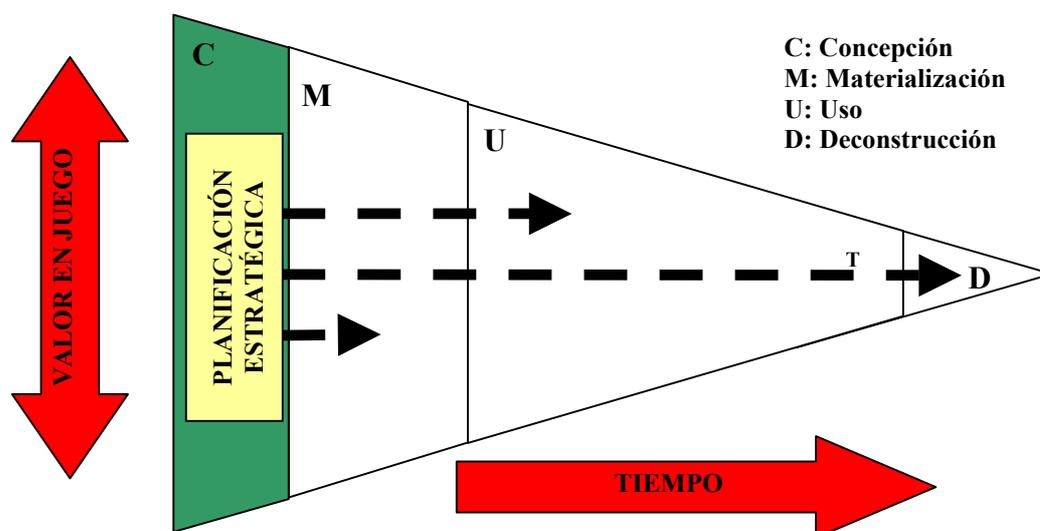


Figura 4.9. Esquema de una decisión en la etapa de planificación.

Por consiguiente, la etapa de concepción o planificación estratégica del proyecto se revela como la fase del mismo más trascendente pero a la vez la más compleja por el número de aspectos a considerar y el carácter difuso del problema. No obstante, a pesar de su importancia, paradójicamente en nuestro país se trata de un tema no muy estudiado desde el punto de vista teórico en los ámbitos de construcción, si bien existen ciertas aportaciones al respecto (Casals, 1997; Mestre et al., 2001). Aunque existen algunas herramientas de estimación y apoyo metodológico, son más bien pocas y con un nivel de desarrollo teórico muy desproporcionado con relación a la importancia y trascendencia de este aspecto. La razón de ello radica en las dificultades apuntadas anteriormente en torno a los problemas de gestión: el gran alcance de las decisiones, la

poca definición de las fronteras del mismo, la dificultad de cuantificación de ciertas variables, la complejidad en la estimación de otras, etc.

Como consecuencia de esto, los estudios de planificación se han restringido tradicionalmente a un análisis multicriterio o a un análisis coste-beneficio (Dasgupta et al., 1972; Mestre et al., 2001), que suponen estimaciones de un valor teórico limitado y describen el valor de una alternativa de una forma parcial y poco profunda, restringiéndose al plano meramente económico en el caso del análisis coste-beneficio o a ciertos criterios de carácter generalista cuya estimación es, sino burda, de un grado de precisión muy mejorable.

Es muy importante que la planificación del proyecto se realice de forma integrada, de manera que no intervengan criterios meramente económicos sino también ingenieriles, medioambientales, y sociales desde el punto de vista de la ejecución, uso y e incluso demolición. De este modo se potenciará el desempeño del proyecto a todos los niveles y se evitarán gran cantidad de problemas, tales como sobrecostes, retrasos, y otro tipo de acciones que muchas veces no son sino un parche a un error de planificación.

Esta reflexión adquiere mayor importancia al considerar que no pocas veces hemos sido testigos en este país de proyectos paralizados o abandonados por un error de planificación al no haber tenido en cuenta, por ejemplo, aspectos de tipo social que han acabado dando al traste con proyectos que desde el punto de vista económico eran viables. Por otro lado, muchas veces los condicionantes medioambientales pueden disparar los costes del proyecto, lo cual podría evitarse mediante un buen estudio integrado sobre aspectos como la localización del mismo.

Entre los aspectos o tipos de toma de decisión englobados en estos primeros momentos del ciclo de vida podemos citar algunos ejemplos:

- *El llevar a cabo o no el proyecto.* Es sin duda la decisión fundamental y de mayor importancia que puede tomarse a lo largo del ciclo de vida. Es una disyuntiva esencialmente estratégica y tomada en función del plan estratégico del cliente, ya sea privado o público. A menudo se trata de una decisión meramente económica, sin tener en cuenta que, en caso de ser integrada, aportaría una visión mucho más amplia y real de sus consecuencias.
- *El concepto del proyecto.* La pregunta ¿para qué hacer el proyecto? no es ninguna obviedad, y prueba de ello es el considerable número de obras que se llevan a cabo sin realizar un análisis profundo de los procesos para los que están diseñados. Ello conlleva un cúmulo de problemas e incongruencias fácilmente evitables en primeras etapas. El análisis del concepto del proyecto supone plantearse las líneas generales del mismo con la perspectiva del “para qué”. De este modo, por ejemplo, una vez de ha decidido llevar a cabo una infraestructura portuaria, se analizará si se realizará un puerto de gran tamaño o dos de menor magnitud en poblaciones diferentes, si se realizará un puerto eminentemente deportivo o con otros servicios como una zona lúdica aneja, un puerto con función comercial además de la deportiva, etc.

- *El alcance del proyecto.* La determinación del tamaño o magnitud del proyecto es otra decisión claramente estratégica, ya que hace referencia al concepto mismo de la obra. Así, al plantear la construcción de una vía de comunicación entre dos poblaciones, será necesario decidir la capacidad de la misma (número de carriles), o al abordar la construcción de un puerto se considerarán aspectos como el número de atraques
- *El emplazamiento del proyecto.* La localización de la obra es un punto importante de decisión, ya que de ella dependerá el futuro desempeño de la misma a todos los niveles y en todas las etapas de su ciclo de vida. Así por ejemplo, la localización del edificio de una empresa influirá de forma decisiva en los procesos de la misma e incluso en otros aspectos como la imagen corporativa. Está claro, por tanto, que se trata de una decisión de carácter estratégico.

#### 4.5.2. Materialización

La materialización del proyecto decidido supone hacer realidad ese concepto inicial, generado como fruto de la planificación estratégica de la obra. Ello se llevará a cabo mediante una primera etapa de diseño e ingeniería y una segunda de ejecución o puesta en obra, tal como se muestra en la figura 4.10. Como puede observarse en la citada figura, a medida que avanza el tiempo y el desarrollo del proyecto, la oportunidad de aumentar el valor de la obra disminuye.

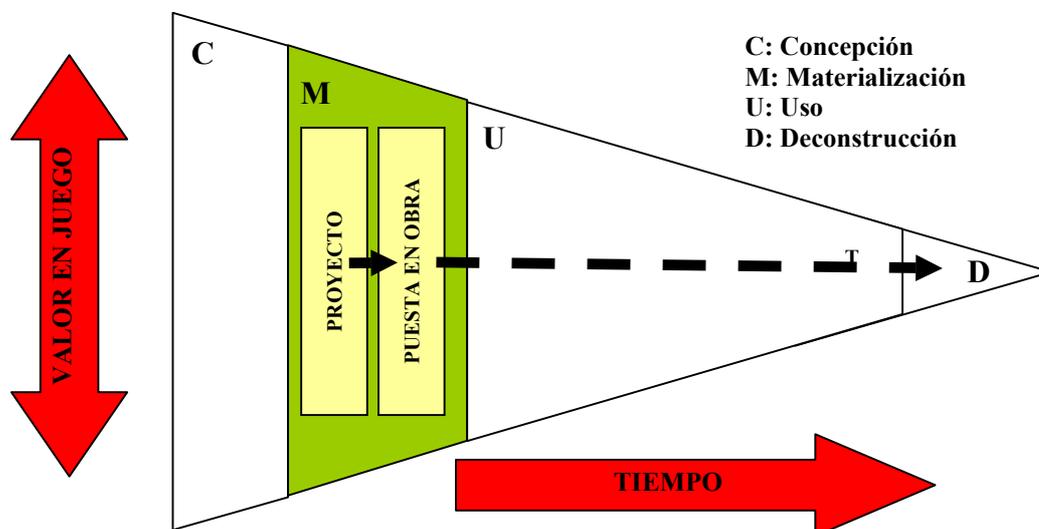


Figura 4.10. Esquema de una decisión en la etapa de materialización.

#### Diseño

Cada vez son más numerosas las voces que actualmente abogan por una mayor integración entre la fase de diseño y construcción (e.g. Heredia, 1995; Griffith & Sidwell, 1995). Conceptos como el de “constructibilidad” (Griffith & Sidwell, 1995) están alcanzando cada vez más difusión en los ámbitos de construcción, si bien con una velocidad moderada, marcada lógicamente por la gran inercia al cambio existente en el sector. Sin embargo, es difícil encontrar autores que vayan más allá y hablen de una

integración total, no sólo de dos etapas del proyecto sino del ciclo de vida en su totalidad.

- *Dimensionamiento de componentes.* Es indudable que la toma de decisión en etapas de diseño cuenta hoy en día con un gran número de herramientas de cálculo desarrolladas en ámbitos como el análisis estructural, la hidráulica, la ingeniería de costas o la geotécnica, con la ayuda del estudio de los materiales, el cálculo numérico y la matemática aplicada. Todas estas herramientas, que hoy en día poseen un alto grado de sofisticación, tratan problemas físicos de un alcance más bien limitado con relación al total del proyecto, y aportan resultados de parámetros físicos que indudablemente son de gran utilidad en las tomas de decisión relacionadas con aspectos de dimensionamiento de los componentes del proyecto. Por tanto, incluso estas decisiones de carácter eminentemente técnico deben hacerse con una cierta perspectiva, de modo que se consideren en un contexto más amplio, en el marco de referencia del proyecto.
- *Distribución de componentes.* Es interesante observar que el mayor nivel de desarrollo corresponde a las herramientas dirigidas a tipologías de toma de decisión relacionadas con el dimensionamiento y comprobación de componentes físicas concretas. En cambio, en torno a otras tipologías de toma de decisión como puede ser la distribución de espacios en planta y alzado en un edificio, el trazado de una carretera, el diseño en planta de un puerto, etc, existen algunas herramientas informáticas que permiten ciertos cálculos referentes a algunos parámetros de toma de decisión, (como es el caso de los programas de trazado de carreteras o de cálculo de redes, por ejemplo). No obstante, estas herramientas no llegan a abarcar todos los aspectos que pueden determinar el diseño, sino sólo algunos de carácter cuantitativo.

Ello implica que, en la práctica, en muchas ocasiones no se tiene en cuenta todo el alcance de una toma de decisión de este tipo. Por ejemplo, al decidir la distribución en planta de un edificio no sólo deben intervenir una gran cantidad de factores como pueden ser el coste y plazo de construcción, sino que también deberán considerarse otros aspectos como la facilidad constructiva, su adecuación a los procesos de uso (entre los que se incluyen algunos más tangenciales pero de gran importancia, como puede ser el mantenimiento), la seguridad laboral o los aspectos relacionados con la sostenibilidad.

- *Tipologías constructivas.* Una vez se ha decidido la distribución del proyecto en planta y alzado o incluso paralelamente o de forma iterativa, se procede a la elección de tipologías de los diversos elementos. Es una toma de decisión donde está en juego una parte considerable del valor. Por ello, es preciso tener en cuenta no sólo aspectos relacionados con el coste y el plazo de construcción, sino que conviene integrar criterios de tipo estético, de mantenimiento, de aislamiento, puesta en obra, etc.

### *Construcción*

Una vez ha finalizado la fase de proyecto, su valor está ya definido en su mayor parte, si bien todavía pueden llevarse a cabo mejoras importantes, dado que aún no existe ninguna realidad física que haga imposible su modificación.

Las oportunidades de mejora del valor más importantes en este periodo las encontraremos, por tanto, en el estudio del proyecto y la planificación de los trabajos. De hecho este planteamiento tiene cierto reflejo en la práctica actual si consideramos los proyectos modificados y complementarios dirigidos en su mayor parte a la reducción de costes, lo cual redundará en un aumento del valor.

En cualquier caso, estas actuaciones están poco sistematizadas y a menudo la única guía o estructura de trabajo es la experiencia o intuición del jefe de obra o responsable correspondiente. Se presta todavía poca atención al concepto de proyecto integrado en los diversos planos o niveles de estudio y a lo largo de todo el ciclo de vida. Muchas de las decisiones son a corto plazo y con una perspectiva más bien reducida.

Los tipos de toma de decisión que se consideran a este nivel de desarrollo del proyecto hacen referencia, entre otros, a aspectos como,

- La elección del contratista y dirección de obra (en caso de obra privada) y del tipo de contrato
- La elección de las tecnologías de ejecución a utilizar
- La elección de subcontratistas y suministradores
- La introducción o no de modificaciones y complementos en el proyecto

Una vez han comenzado los trabajos, el tipo de toma de decisión tendrá un carácter marcadamente específico y su repercusión sobre el valor del proyecto será menor, aunque no exenta de importancia.

#### **4.5.3. Utilización**

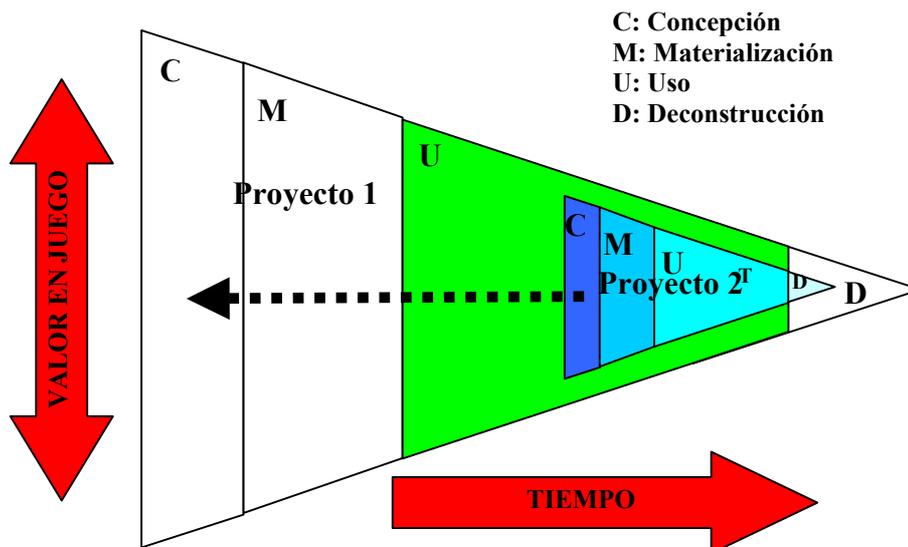
Puede plantearse incluso una ulterior oportunidad de mejora del valor una vez el edificio está en uso, aunque en este caso las condiciones de contorno del problema considerado serán mucho más prohibitivas y estrictas, y la magnitud del valor de las mejoras más limitado. Estas oportunidades de aumento del valor a las que se hace referencia no son otras que las mejoras y remodelaciones durante el uso del mismo, que engloban aspectos de mantenimiento, rehabilitación, ampliación, etc.

Obviamente, el considerar la posibilidad de introducir estos cambios en las primeras etapas del proyecto facilitará enormemente el trabajo a posteriori, y el valor a introducir será mucho mayor. Algunos de los puntos de toma de decisión en este periodo del ciclo de vida son:

- Ampliaciones; volumen de la misma, modo de integración con la obra ya existente.

- Rehabilitación de fachada
- Nueva bocana en un puerto

Como puede observarse, las actuaciones en fase de utilización suponen nuevos proyectos dentro del proyecto original, lo cual se visualiza en la figura 4.11. Por tanto, toda toma de decisión relacionada con una intervención de este tipo podrá tratarse como cualquier otra planteada en la etapa de concepción o materialización del proyecto anterior.



**Figura 4.11.** Esquema de una actuación en la etapa de uso como proyecto incluido en el primero inicialmente planteado.

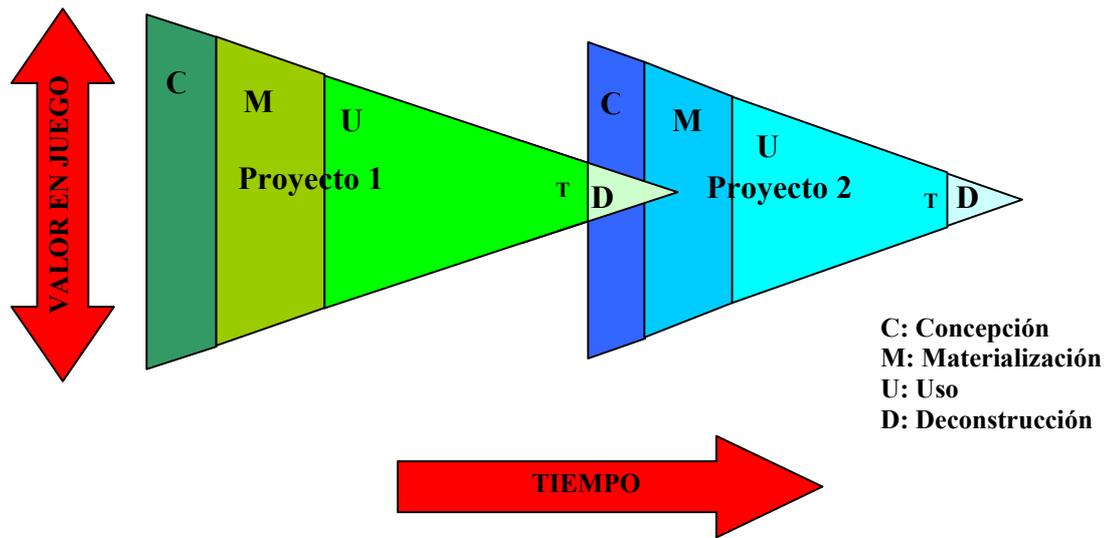
#### 4.5.4. Desconstrucción

La desconstrucción (Aguado & Casanova, 1997), constituye una de las fases menos estudiadas del ciclo de vida, pero no por eso es menos importante. Actualmente estamos siendo testigos de un espectacular aumento de los proyectos de reintegración de antiguos edificios u obras civiles. Por otro lado, los condicionantes medioambientales imponen un cuidado cada vez mayor del tratamiento de los residuos y del proceso de demolición. Todo esto induce a pensar que en un futuro la desconstrucción constituirá un aspecto de capital importancia e intensidad de estudio. En esta última fase se toman decisiones del tipo:

- Elección de la tecnología y maquinaria de derribo
- Tratamiento de los residuos o escombros; transporte a vertedero, reciclaje, etc.
- Alternativas de reutilización del espacio del proyecto o bien de sus materiales, componentes o del total o parte de la estructura.

En este sentido es importante considerar que la fase de desconstrucción constituye un solape entre dos proyectos sucesivos en el tiempo y referentes al mismo emplazamiento. Esta idea se representa en la figura 4.12. Tal como se observa en dicha figura, la desconstrucción de un proyecto forma parte de otro proyecto posterior, y debe

tenerse en cuenta tanto en la concepción como en la materialización del mismo. Baste pensar, por ejemplo, en un nuevo edificio a construir en el lugar donde ya existe otro. Obviamente, el derribo del primero entra dentro de la planificación del segundo y también de su materialización, como un primer paso. La misma consideración es aplicable al caso de reutilización, ya que esta, en todas sus variantes, constituye un nuevo proyecto donde se encuadrará la obra existente o sus restos. Por tanto, toda toma de decisión en la etapa de deconstrucción deberá analizarse y tratarse enmarcada en el futuro proyecto, (proyecto 2 en la figura 4.12), pues es lo que le da razón de ser.



**Figura 4.12.** Esquema de la inclusión de la etapa de deconstrucción como parte integrante de la concepción y materialización de un proyecto posterior

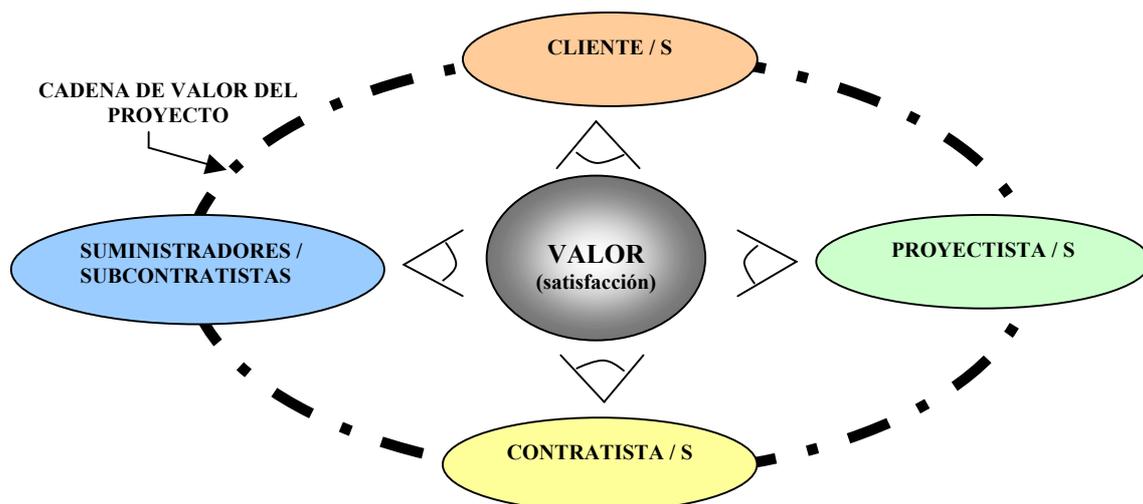
## 4.6. EL CARÁCTER OBJETIVO Y SUBJETIVO DEL VALOR DE UN PROYECTO CONSTRUCTIVO

### 4.6.1. El valor como satisfacción de los diversos agentes del proyecto

De la definición aportada sobre el valor como satisfacción de requerimientos se deduce que dicho concepto tiene parte de objetividad y subjetividad. De hecho, el paradigma integrador constituye un nexo de unión entre la concepción puramente objetiva y racionalista del valor (correspondiente al paradigma positivista) y el enfoque de subjetividad radical del paradigma posmodernista. Por tanto, en esta tesis se asume que el valor de un proyecto es una integración de aspectos objetivos y percepciones subjetivas.

Los aspectos objetivos son los considerados tradicionalmente en el ámbito de la ingeniería y la economía: el comportamiento de la estructura, la rentabilidad de la inversión, el plazo de ejecución, etc. En definitiva, está claro que estos factores no ofrecen lugar a discusión una vez se considera que su estimación es correcta.

Sin embargo, en lo que hace referencia a la vertiente subjetiva del concepto, según se visualiza en la figura 4.13<sup>6</sup>, en el ámbito de la construcción cabe distinguir diversas perspectivas al juzgar el valor de un proyecto. Así, por ejemplo, un proyecto tendrá valor para el cliente o accionistas cuando satisfaga sus requerimientos de coste, plazo, funcionalidad, etc. Sin embargo, puede que esas mismas condiciones impongan una serie de restricciones tan severas para contratistas y suministradores que no quieran intervenir en él. Por ejemplo, ciertos requerimientos de coste muy restrictivos pueden provocar que sea muy difícil, si no imposible, encontrar industriales que accedan a realizar los trabajos en condiciones económicas muy estrictas o arriesgadas. En definitiva, el proyecto no les aporta valor.



**Figura 4.13.** El carácter subjetivo del valor y la cadena de valor del proyecto

<sup>6</sup> Observando la figura 4.13 es interesante observar un cierto paralelismo con el esquema pentagonal que propone García Meseguer (2001) para visualizar el significado de la calidad para los distintos agentes del proyecto. En este sentido cabe comentar que el cliente podría ser el propietario, el usuario y/o la comunidad en la que se encuadra el proyecto.

Este planteamiento hace que pueda plantearse una concepción del valor de un proyecto constructivo como una satisfacción de todas las partes implicadas. Aunque, como es lógico, los intereses que prevalecerán serán en general los del cliente, debe llegarse a unas condiciones en las que todos los agentes y organizaciones que intervengan salgan ganando o, al menos, puedan extraer algún beneficio. Esta consideración es especialmente importante al considerar los numerosos conflictos que se dan a menudo en los proyectos constructivos.

En este sentido, es interesante observar la diversidad de agentes que existen en el ámbito de la construcción. En lo relativo a los clientes, por ejemplo, cabe identificar varios tipos, que presentan grandes diferencias. Así como el cliente de la edificación residencial suele ser un promotor, cuyo interés es esencialmente el financiero, en la edificación no residencial el cliente es, además de propietario, usuario, por lo que el concepto de valor para él se desplazará de modo importante hacia esta otra vertiente del valor. Por otro lado, en la obra civil el cliente inmediato suele ser la administración pública, si bien el verdadero cliente es la sociedad. En este último caso, además, no pocas veces existen varios clientes con intereses contrapuestos. Por ejemplo, en la realización de una obra pública con frecuencia se ven implicadas administraciones autonómicas, la administración central, varios ayuntamientos, etc.

En definitiva, y como conclusión cabe volver a incidir en que, a pesar de tener una parte objetivizable, el valor dependerá del punto de vista de cada sujeto. Ello no supone, como es lógico, que el proceso de cálculo descrito anteriormente deba realizarse tantas veces como agentes intervengan, lo cual sería inviable desde el punto de vista práctico. Sin embargo, sí debe considerarse este aspecto a la hora de estimar los pesos y construir las funciones del valor, de modo que se realice de una forma consensuada, en relación, como es obvio, con el peso relativo de cada agente en el proyecto y orientándolo principalmente al cliente. El objetivo es, por tanto, buscar la satisfacción de todas las partes en la medida de lo posible, y cuando no lo sea, al menos ser conscientes de que ello implica una disminución del valor del proyecto.

#### **4.6.2. El carácter objetivo y subjetivo del valor en la medición del valor del IDS**

En el contexto de lo expuesto anteriormente, cabría preguntarse cómo contempla el IDS esta doble vertiente del valor (objetiva y subjetiva), con el fin de dejar más patente la importancia de la aportación al conocimiento que pretende suponer en este ámbito.

En primer lugar, el aparato matemático para la medición del concepto de valor introducido por el sistema IDS permite contemplar su vertiente objetiva mediante los parámetros de respuesta de tipo cuantitativo. La información recogida por estos parámetros supone la introducción de un número objetivo (millones de euros, días de trabajo, minutos de resistencia al fuego, etc.).

Por el contrario, en el sistema IDS también se trata el carácter subjetivo del valor, mediante diversos elementos:

- i) *La función del valor*: Por un lado, las funciones del valor propuestas describen la satisfacción del sujeto respecto los posibles resultados. Por tanto, dicha función tiene un carácter subjetivo, y en general sería distinta para sujetos diferentes.
- ii) *Los pesos*: Los pesos de los requerimientos modelizan así mismo la percepción del proyecto relativa a cada sujeto.
- iii) *Los parámetros cualitativos*: los parámetros de tipo cualitativo introducen la medición mediante puntuación de las opiniones del decisor o decisores respecto a un aspecto determinado.

Aunque estos son los elementos fundamentales que reflejan el carácter subjetivo del valor, según se ha comentado a lo largo de la tesis todo el sistema está impregnado de un carácter subjetivo, que puede concretarse en la identificación de requerimientos, riesgos y procesos, al fijar el nivel deseado de estudio (NDE), o incluso a la hora de determinar los niveles de estudio a considerar.

Por tanto, matemática y teóricamente sería posible calcular un valor para cada sujeto mediante el IDS, personalizando los requerimientos, las funciones de valor, los pesos, etc, si bien en la práctica esto no sería viable por el esfuerzo que supone. Por tanto, de cara a la práctica se recomienda consensuar todos los valores y elementos anteriormente citados para llegar a una solución que produzca el máximo grado de satisfacción global que permitan las circunstancias.

Finalmente, cabe identificar otro aspecto de gran importancia que queda fuera del alcance de esta tesis: los aspectos éticos o morales. Así, por ejemplo, cabría plantear un caso en el que el decisor centre el peso del valor en los aspectos económicos, despreciando las consecuencias sociales o medioambientales del proyecto. Dependiendo del peso que asigne a los requerimientos y cómo construya las funciones del valor, el resultado numérico obtenido por esta persona al utilizar la metodología propuesta podría indicar como más satisfactoria una alternativa nociva para el medioambiente, que descuide la seguridad e higiene de los trabajadores, etc. Obviamente este tipo de cuestiones excede el alcance del método de evaluación del valor propuesto, el cual pretende ser un instrumento de trabajo, una herramienta. En cualquier caso, podrían introducirse restricciones de este tipo mediante la forma de la función de valor o imponiendo un peso mínimo para los requerimientos de carácter social o medioambiental.