

**CUADERNOS DE
INGENIERÍA DE PROYECTOS
II
DEL DISEÑO DE DETALLE
A LA REALIZACIÓN**

**Eliseo Gómez-Senent Martínez
Miguel Ángel Sánchez Romero
M^a Carmen González Cruz**

**EDITORIAL
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**

Eliseo Gómez-Senent Martínez
Miguel Ángel Sánchez Romero
M^a Carmen González Cruz

Cuadernos de Ingeniería de Proyectos II del diseño de detalle a la realización



http://tiny.cc/edUPV_rea

Colección *Académica*

Para referenciar esta publicación utilice la siguiente cita:
Gómez-Senent Martínez, Eliseo; Sánchez Romero, Miguel Ángel; González Cruz, M^a. Carmen.
(2000). Cuadernos de Ingeniería de Proyectos II del diseño de detalle a la realización.
Valencia: edUPV

© Todos los nombres comerciales, marcas o signos distintivos de cualquier clase contenidos
en la obra están protegidos por la Ley.

Autoría

© Eliseo Gómez-Senent Martínez
Miguel Ángel Sánchez Romero
M^a Carmen González Cruz

Editado por edUPV, 2023

www.editorial.upv.es / Ref.: 6584_01_01_01

ISBN: 978-84-1396-138-5

DOI: <https://doi.org/10.4995/REA.2023.658401>



Cuadernos de Ingeniería de Proyectos II del diseño de detalle a la realización / edUPV

Se permite la reutilización de los contenidos mediante la copia, distribución, exhibición y representación de la obra, así como la generación de obras derivadas siempre que se reconozca la autoría y se cite con la información bibliográfica completa. No se permite el uso comercial y las obras derivadas deberán distribuirse con la misma licencia que regula la obra original.

RESUMEN

Este libro es la continuación de "Cuadernos de Ingeniería de Proyectos I. Diseño básicos de plantas industriales". En aquel, se trataba la fase anteproyecto en el diseño de sistemas productivos y en este se trata la fase proyecto y la fase ejecución.

Se presenta un repaso de los conceptos fundamentales del diseño como ciencia. Después se describen los aspectos más importantes del diseño de detalle aplicado a los proyectos de construcción. Se enfoca la resolución de problemas desde el punto de vista del proyectista, no entrando en las cuestiones específicas de los problemas técnicos, pues se supone que estos conocimientos se adquieren con el estudio de otras materias. Se tratan también los Documentos del Proyecto, y se profundiza en la fase de transformación de lo ideado-diseñado en objeto real.

El libro se completa con una serie de Apéndices con temas complementarios tales como la numeración de capítulos y preparación de textos, las hojas de encargo, el decreto de contenidos mínimos en proyectos y la Ley de Contratos del Estado.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. LA TEORÍA Y LA PRÁCTICA EN PROYECTOS	9
1.1. INTRODUCCIÓN	11
1.2. DIMENSIONES: LOS CONCEPTOS BÁSICOS DE LA TEORÍA DE LAS DEL PROYECTO.....	12
1.3. TIPOLOGÍAS DE PROYECTOS	15
1.4. LAS FASES DEL PROYECTO.....	18
1.5. UNA PEQUEÑA REFLEXIÓN SOBRE ESTE LIBRO DESDE LA CIENCIA DEL PROYECTO	23
BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA.....	23
CAPÍTULO 2. EL DISEÑO DE DETALLE	25
2.1. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES.....	27
2.2. OBJETIVOS DE LA FASE DE DISEÑO DE DETALLE	30
2.3. ETAPAS DE LA FASE DE DISEÑO DE DETALLE.....	31
2.3.1. ETAPA 1: COMPROBACIÓN DE ESPECIFICACIONES	32
2.3.2. ETAPA 2: DEFINIR Y CALCULAR LAS PARTES	33
2.3.3. ETAPA 3: ENSAMBLAR Y COMPROBAR LAS PARTES.....	34
2.3.4. ETAPA 4: COMPROBAR DIMENSIONES Y RESULTADOS CON NORMAS	34
2.3.5. ETAPA 5: PREPARACIÓN, REVISIÓN Y CONFECCIÓN DE DOCUMENTOS	34
2.4. MICROESTRUCTURA BÁSICA DE LA FASE DE DISEÑO DE DETALLE.....	34
2.4.1. ESTUDIO DEL ENCARGO. PREPLANIFICACIÓN DE TAREAS.....	37
2.4.2. ANÁLISIS DE TRABAJOS PRECEDENTES.....	42
2.4.3. COMPROBACIÓN DE ESPECIFICACIONES Y PLANIFICACIÓN DE TAREAS	45
2.4.4. SUBDIVISIÓN DEL SISTEMA OBJETO EN SUBSISTEMAS	51
2.4.5. ESTUDIO Y CÁLCULO DE CADA SUBSISTEMA.....	54

2.4.6. LA INTEGRACIÓN DE LAS PARTES EN UN TODO	61
2.4.7. PLANIFICACIÓN DE LA REALIZACIÓN.....	64
2.4.8. DOCUMENTACIÓN Y COMUNICACIÓN	64
BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA.....	65
CAPÍTULO 3. LOS CÁLCULOS EN PROYECTOS	67
3.1. LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS Y EL PROYECTO	69
3.2. MODELOS DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS.....	71
3.3. ESTRATEGIA GENERAL DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS	72
3.4. METODOLOGÍA DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE INGENIERÍA	75
3.4.1. ESTUDIO DEL PROBLEMA.....	77
3.4.2. PLANIFICACIÓN	79
3.4.3. ELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN.....	79
3.4.4. ESTUDIO DE FACTORES.....	81
3.4.5. ELECCIÓN DEL MÉTODO DE RESOLUCIÓN.....	81
3.4.6. ELECCIÓN DE INSTRUMENTOS.....	82
3.4.7. MODELIZACIÓN	84
3.4.8. CÁLCULO.....	87
3.4.9. COMPROBACIÓN.....	88
3.4.10. CONCRECIÓN DE LA RESPUESTA	90
3.4.11. DOCUMENTAR - COMUNICAR.....	91
3.4.12. INTEGRACIÓN Y AJUSTES	92
3.5. UNA REFLEXIÓN.....	92
3.6. LA IMPORTANCIA DE LAS NORMAS EN EL DISEÑO DE DETALLE.....	93
BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA.....	96
CAPÍTULO 4. DOCUMENTOS DEL PROYECTO	97
4.1. INTRODUCCIÓN	99
4.2. LOS DOCUMENTOS TÉCNICOS	99
4.3. OTROS DOCUMENTOS DEL PROYECTO	101

4.4. LOS DOCUMENTOS CLÁSICOS DEL PROYECTO	102
4.5. DOCUMENTOS EN FUNCIÓN DE LAS CLASES DE PROYECTOS.....	104
4.6. CRITERIOS DE ORDENACIÓN DE LOS DOCUMENTOS.....	105
4.7. LA MEMORIA	107
4.7.1. MEMORIA DESCRIPTIVA	107
4.7.1.1. Criterios	109
4.7.1.2. Morfología.....	109
4.7.1.3. Índice de la memoria	110
4.7.2. ANEJOS.....	122
4.7.2.1. La Documentación.....	122
4.7.2.2. El terreno	123
4.7.2.3. El emplazamiento.....	123
4.7.2.4. La distribución en planta	124
4.7.2.5. Cálculos justificativos	124
4.7.2.5.1. Cálculo de estructuras.....	125
4.7.2.5.2. Cálculos eléctricos.....	125
4.7.2.5.3. Cálculo de cimentaciones y soleras.....	126
4.7.2.5.4. Cálculos hidráulicos.....	126
4.7.2.5.5. Otros cálculos.....	126
4.7.2.6. Seguridad e higiene en la construcción	127
4.7.2.7. Planificación, programación y control.....	127
4.7.2.8. Consideraciones teóricas	127
4.7.2.9. Estética y ecología.....	128
4.7.2.10. Modelos reducidos, plantas piloto, prototipo	128
4.7.2.11. Otros anejos	128
4.8. DOCUMENTO N° 2: LOS PLANOS	129
4.8.1. INTRODUCCIÓN	129
4.8.2. ACOTACIÓN.....	130
4.8.3. LÍNEAS	131
4.8.4. ESCALAS	132
4.8.5. FORMATOS Y REPRESENTACIÓN DE DIBUJOS TÉCNICOS	134

4.8.6. CLASIFICACIÓN DE LOS PLANOS.....	136
4.8.6.1. Plano de situación	138
4.8.6.2. Plano de emplazamiento	138
4.8.6.3. Planos Topográficos y de replanteo	138
4.8.6.4. Plano de distribución general y planos constructivos	139
4.8.6.4.1. Planos de distribución en planta	139
4.8.6.4.2. Plano de planta de cimientos y detalles	139
4.8.6.4.3. Planos de estructura	140
4.8.6.4.4. Plano de cubiertas.....	140
4.8.6.4.5. Planos de alzados de fachadas.....	140
4.8.6.4.6. Planos de detalles constructivos.....	141
4.8.6.4.7. Planos de secciones	141
4.8.6.5. Planos de instalaciones	141
4.9. DOCUMENTO N°3: PLIEGO DE CONDICIONES	142
4.9.1. DEFINICIÓN	142
4.9.2. EJEMPLO	143
4.10. DOCUMENTO N° 4: PRESUPUESTO	160
4.10.1. INTRODUCCIÓN	160
4.10.2. UNIDADES DE OBRA.....	162
4.10.3. ESTADO DE MEDICIONES.....	163
4.10.4. PRESUPUESTO	165
4.10.4.1. Cuadro de Precios n° 1: Precio de los jornales.....	165
4.10.4.2. Cuadro de Precios n° 2: Precio de los materiales.....	168
4.10.4.3. Cuadro de Precios n° 3: Precios unitarios	169
4.10.4.4. Cuadro de Precios n° 4: Precios Descompuestos	169
4.10.4.5. Presupuestos parciales.....	171
4.10.4.6. Presupuesto de Ejecución Material y por Contrata.....	172
BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA.....	173

CAPÍTULO 5. LA REALIZACIÓN	175
5.1. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES	177
5.2. HONORARIOS DE DIRECCIÓN DE OBRAS	178
5.3. MICROESTRUCTURA DE LA FASE DE REALIZACIÓN	180
5.4. DESDE EL ENCARGO DE LA DIRECCIÓN DE LAS OBRAS HASTA EL INICIO DE LAS MISMAS	182
5.4.1. <i>ESTUDIO DEL PROYECTO</i>	182
5.4.2. <i>CONTRATO ENTRE EL CLIENTE LA INGENIERÍA</i>	184
5.4.3. <i>PETICIÓN DE LICENCIAS</i>	186
5.4.4. <i>PETICIÓN DE OFERTAS</i>	191
5.4.5. <i>ESTUDIO DE OFERTAS</i>	191
5.4.6. <i>ADJUDICACIÓN DE OBRAS</i>	192
5.4.7. <i>CONTRATO DE OBRAS</i>	193
5.4.8. <i>PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE OBRAS</i>	194
5.4.9. <i>PERMISOS</i>	195
5.5. EL INICIO DE LAS OBRAS	195
5.5.1. <i>INICIO DE LAS OBRAS</i>	197
5.5.2. <i>ACTA DE REPLANTEO</i>	199
5.6. LA DIRECCIÓN DE CONSTRUCCIÓN	199
5.6.1. <i>PLANIFICACIÓN MENSUAL</i>	201
5.6.2. <i>LA VISITA DE OBRA</i>	201
5.6.3. <i>LA CERTIFICACIÓN DE OBRAS</i>	211
5.7. FIN DE LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN	218
5.8. PRUEBAS DE PUESTA EN MARCHA	219
5.9. PUESTA EN SERVICIO	221
5.10. RECEPCIÓN DEFINITIVA	221
5.11. UNA REFLEXIÓN	222
BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA	223
APÉNDICES	225
Apéndice I	227
Apéndice II	230
Apéndice III	231
Apéndice IV	241

INTRODUCCIÓN

Desde hace más de quince años, los profesores del área de conocimiento de Proyectos de Ingeniería venimos trabajando en la construcción de una estructura conceptual en torno al proyecto. Hoy, esa estructura está compuesta por una teoría (*Teoría de las Dimensiones del Proyecto*), por una *Estrategia General de Resolución de Problemas* y por metodologías y métodos originales derivados del esfuerzo común investigador de los profesores del área.

Pero, como es opinión general de los investigadores y estudiosos del proyecto, esta ciencia deja de tener razón de ser sin la *praxis*. Es por ello por lo que en 1997 creamos una pequeña colección de textos bajo la denominación común de *Cuadernos de Ingeniería de Proyectos*. En aquellas fechas, algunos profesores, con la colaboración externa de dos expertos en la materia, publicamos *Diseño Básico (Anteproyecto) de Plantas Industriales*.

El presente libro es continuación de aquél y por ello se ha titulado *Cuadernos de Ingeniería de Proyectos.2. Del Diseño de Detalle a la Realización*.

En el libro se ha pretendido recoger la experiencia de los autores y de otros compañeros que nos han sugerido ideas o anécdotas. De ahí que se haya huido de exponer conceptos unívocos. Antes bien, mediante el planteamiento de los hechos que puedan ocurrir en las fases de *diseño de detalle* y de *realización* se ha pretendido que el lector pueda *entender* qué es lo que pasa y lo que debe hacer durante el desarrollo de estas fases del proyecto.

El libro se ha estructurado en 5 capítulos y en varios Apéndices, que pueden servir de apoyo a los jóvenes proyectistas a los que va dirigido principalmente este *Cuaderno*.

El Capítulo 1, *La Teoría y la Práctica en Proyectos* representa un breve repaso de los conceptos fundamentales del diseño como ciencia y que son imprescindibles para comprender el resto del libro.

El Capítulo 2, *El Diseño de Detalle*, describe los aspectos más importantes de esta fase. Se hace hincapié sobre todo en la microestructura del diseño de detalle aplicada a la resolución de proyectos de construcción (plantas industriales).

El Capítulo 3, *Los Cálculos en Proyectos*, se centra en una de las actividades para las que mejor preparados están los ingenieros: la resolución de problemas tecnológicos y económicos. Por ello, en este capítulo se enfoca la resolución de problemas desde el punto de vista del proyectista, no entrando en las cuestiones específicas de los problemas técnicos, pues se supone que estos conocimientos se adquieren con el estudio de otras materias.

El Capítulo 4, *Los Documentos del Proyecto*, trata uno de los temas de más importancia práctica. Aunque la mayoría de los ejemplos y consideraciones del capítulo se basen en los proyectos de construcciones e instalaciones industriales, muchos de los criterios y hábitos de trabajo que se intenta transmitir son válidos para la mayoría de los proyectos con soporte documental.

El Capítulo 5, *La Realización*, profundiza en la fase de transformación de lo *ideado-diseñado* en *objeto real*. Se expone cada una de las etapas de la fase deteniéndose sobre todo en las *visitas de obra* y en las *certificaciones* resaltando la función de seguimiento y control que desarrolla la dirección facultativa.

El libro se completa con una serie de Apéndices, que pueden resultar muy útiles para algunos lectores pues tratan temas complementarios tales como la numeración de capítulos y preparación de textos, las hojas de encargo, el decreto de contenidos mínimos en proyectos y la Ley de Contratos del Estado.

Por otro lado, los autores agradecen a Pilar Pastor Stau la mecanografía de una parte importante del texto y a M^a Carmen Capuz Rizo la realización de las numerosas figuras que enriquecen este trabajo.

Deseamos que este texto pueda ser útil tanto a los alumnos de últimos cursos de las Escuelas de Ingeniería como a los profesionales del proyecto y estaremos muy agradecidos a cualquier sugerencia o corrección.

Valencia, febrero de 2000

Los Autores

CAPÍTULO 1

LA TEORÍA Y LA PRÁCTICA EN PROYECTOS

OBJETIVO

Después del estudio de este capítulo, el lector debería:

- Haber comprendido la dualidad teoría-práctica en proyectos.
- Entender un posible modelo del hecho de proyectar (la Teoría de las Dimensiones).
- Saber que existe una gran diversidad de tipologías de proyectos (construcción, software, consultoría, etc.); pero que en todos ellos se encuentran pautas comunes.
- Saber que en todos los proyectos se siguen unas fases que facilitan su resolución.

1.1. INTRODUCCIÓN

El proyecto es la ciencia de la creación intencionada de objetos materiales e inmateriales que se ponen a disposición de la sociedad o de parte de ella para satisfacer determinadas necesidades. En el estudio del proyecto han de contemplarse distintos niveles de abstracción para alcanzar un conocimiento completo lo más completo posible.

Estos niveles de abstracción pueden definirse, de mayor a menor, desde la teoría a las aplicaciones (la praxis) pasando por las metodologías y los métodos. Un conocimiento de los conceptos generales del proyecto y de los principios que lo rigen -la teoría-, un aprendizaje de la ordenación de las actividades a desarrollar -las metodologías- y un saber aplicar adecuadamente las técnicas más convenientes a la resolución de cada proyecto -los métodos- harán que los resultados -la aplicación- sean más conformes con lo deseado.

Todos estos niveles son imprescindibles para llegar a dominar la ciencia del proyecto (figura 1) y, con ella, alcanzar una alta profesionalidad que irán adquiriendo al sumarla a la siempre necesaria experiencia los nuevos titulados desde su incorporación al mundo del trabajo.

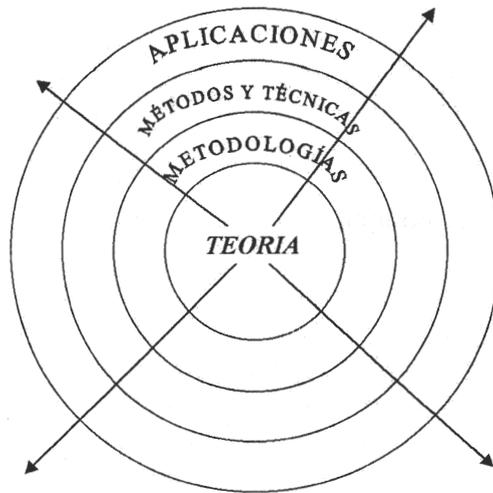


Figura 1. Distintos niveles de abstracción del proyecto

Sin un buen conocimiento de todos estos niveles que conforman la ciencia del proyecto, difícilmente se puede llegar a ser un buen proyectista, máxime en un ámbito proyectual cada vez más complejo tanto por la importancia de la mayoría de los proyectos como por la cantidad de factores y variables a tener en cuenta, la dificultad de seleccionar y aplicar las numerosas técnicas que cada proyecto lleva asociadas, la necesidad de conocer y usar adecuadamente los instrumentos de diseño disponibles, el constante intercambio de información entre todos los actores que intervienen en su devenir y, todo ello, condicionado a una continua toma de decisiones que debe estar refrendada con un porcentaje de aciertos casi total.

1.2. DIMENSIONES: LOS CONCEPTOS BÁSICOS DE LA TEORÍA DE LAS DEL PROYECTO

El presente texto arranca de la *Teoría de las Dimensiones del Proyecto*,¹ y se ha basado en ella para desarrollarlo. Pero como este texto se centra en las fases de diseño de detalle y de realización, únicamente recordaremos aquellos conceptos que son básicos para comprender mejor lo que sigue.

¹ Gómez-Senent, E. *El Proyecto. Diseño en Ingeniería*. SPUPV. Valencia 1997

La teoría de las dimensiones centra su razonamiento en que hay que contemplar seis dimensiones en todo proyecto. Cada una de ellas representa un conjunto coherente y homogéneo de actividades intelectuales, interactuando entre sí de modo que, entre todas, es posible alcanzar los objetivos marcados por cada proyecto. Responden a la pregunta "¿qué hace el que diseña cuando diseña?". Cada una de ellas representa un conjunto coherente y homogéneo de actividades intelectuales, interactuando entre sí de modo que, entre todas, es posible alcanzar los objetivos marcados por cada proyecto.

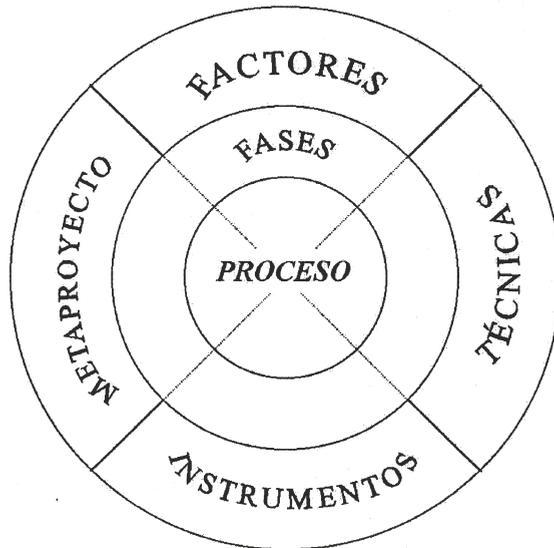


Figura 2. Las dimensiones del proyecto

Estas dimensiones son: el proceso, las fases, el metaproyecto, los factores, las técnicas y los instrumentos. El proceso deriva de la capacidad del ser humano para resolver problemas. Esta dimensión ha sido muy estudiada por la psicología (*problem solving*) y está recogida por todos los teóricos del proyecto desde que en 1962, M. Asimow desarrollara su *filosofía del proyecto*². Los procesos de análisis, síntesis y decisión y su realimentación son sus aspectos básicos. En las fases que se analizan en este libro, las decisiones adquieren un gran relieve pues el éxito o el fracaso dependen del acierto al tomarlas.

² Asimow, M. *Introduction to design*. Prentice Hall, Inc. Engle Wood Cliffs, N.J. 1962

En todo caso, el proceso está presente en todos y cada uno de los problemas y subproblemas que aparecen al desmenuzar el problema global -es decir, el proyecto- en otros más fácilmente resolubles.

Las fases es la dimensión que establece el orden en que hay que afrontar los diversos problemas que contiene el proyecto. Al estar relacionados, y muchos de ellos condicionados entre sí, la ordenación no resulta ser una tarea fácil pues exige un conocimiento previo -experiencia- de las características de otros proyectos similares y de las técnicas a aplicar. Esta dimensión conduce a la resolución de proyectos en fases, algunas de las cuales -el *diseño de detalle* y la *realización*- son eje central de este libro y se desarrollan ampliamente.

El metaproyecto es la dimensión que agrupa las actividades de coordinación y comunicación entre todos los sistemas humanos que participan -y son necesarios- en la ejecución del proyecto. La ingeniería, la organización cliente, los proveedores y contratistas, los potenciales usuarios y las administraciones públicas son los principales sistemas humanos que interactúan con el proyecto. El metaproyecto está presente en todas las fases aunque su importancia crece a medida que se avanza en el proyecto, adquiriendo un protagonismo destacado durante la *realización*, es decir, en las fases de transformación de la solución en realidad física o inmaterial.

Los factores es la dimensión que recoge las actividades de búsqueda -divergente- de todo lo que desde el exterior -entorno- afecta al proyecto. Se destaca así la importancia del análisis.

Las técnicas es la dimensión que representa todo el conocimiento estructurado -es decir, previamente elaborado- que contribuye a resolver los problemas implícitos en el proyecto. Esta dimensión tiene un carácter claramente sintético pues las actividades que entraña se dirigen a seleccionar, de entre todos los que existen, los métodos y técnicas más adecuados para aplicarlos a cada uno de los problemas que han de resolverse en el proyecto.

Los instrumentos es la dimensión que provee de ciertos sistemas físicos al proyecto dando apoyo a las otras cinco dimensiones para hacerlas totalmente operativas.

Las tres últimas dimensiones citadas -factores, técnicas e instrumentos- adquieren su mayor importancia en la fase de diseño de detalle dada la exigente precisión de todas las operaciones a realizar en ellas.

La teoría de las dimensiones se completa con nueve principios que la acotan y hacen más operativa. Estos principios -relacional, dualidad objeto-proyecto, interacción proyecto-objeto, transitoriedad, equilibrio en la decisión, máxima independencia, unidades elementales, óptimo circunstancial y semejanza- han sido desarrollados en otros libros y, aunque en éste no creemos necesario volver a explicar, haremos referencia a ellos cada vez que sea conveniente para aclarar algún concepto.

1.3. TIPOLOGÍAS DE PROYECTOS

El número de objetos diferentes creados -proyectados- por el ser humano es enorme. Pero, como establece el *principio de semejanza*, existen muchos objetos que, siendo diferentes, contienen componentes que, genéricamente, son idénticos o muy parecidos. Así, numerosas máquinas utilizan motores, engranajes, rodamientos y otros muchos componentes que realizan funciones semejantes en diferentes máquinas; todas las edificaciones precisan de estructuras, cimentaciones, cerramientos, etc.; todos los programas informáticos -que también son objetos (de proyectos informáticos)- contienen siempre sentencias para definir variables y parámetros, realizar bucles y derivaciones, operar, etc.

Cuando en lugar de fijarnos en los objetos, centramos nuestra atención en los proyectos que los han creado, el principio de semejanza sigue estando vigente, a veces, incluso, con mayor claridad. Por ello, aunque desde la perspectiva objetual una fábrica de helados y una de extracción de aceite pueden parecer muy diferentes, desde la perspectiva proyectual podemos encontrar apreciable semejanzas. Así, podemos casi asegurar que será necesario, en ambos casos, realizar estudios de mercado y de localización, resolver la distribución en planta, determinar la rentabilidad y muchas otras actividades que, como denomina H. A. Simon,³ vienen a resultar *redundantes* cuando no idénticas⁴.

Esta semejanza entre los diferentes objetos que se proyectan y entre los problemas que se han de resolver en muy distintos proyectos, hace posible establecer un número limitado de tipologías de proyectos para cada una de las cuales se puede utilizar una misma metodología de resolución. Entre las posibles clasificaciones de estas tipologías, analizamos a continuación las dos más importantes. La que se ordena por ramas de conocimiento y la que parte de las características del objeto a proyectar.

³ Simon, H.A. Las ciencias de lo artificial

⁴ Todo esto se debe a que, cuando un ser humano *inventa* o descubre algo nuevo, él mismo y otros muchos intentarán utilizar ese invento -ya sea un objeto, una idea o un método- en todos aquellos casos que piensan que puede ser útil para ellos, eludiendo tener que estar constantemente descubriendo cosas nuevas.

Establecer las tipologías de proyectos de acuerdo con las ramas de conocimiento resulta obvia pues no hay más que observar las *atribuciones* de cada profesión para determinarlas. El cuadro adjunto (figura 3) recoge algunas de las profesiones *técnicas* y las principales tipologías de proyectos que son capaces de llevar a cabo.

<i>PROFESIÓN</i>	<i>TIPOLOGÍA DE PROYECTOS</i>
ARQUITECTO	<i>Edificación</i> <i>Urbanismo</i>
INGENIERO AGRÓNOMO	<i>Explotaciones agrarias</i> <i>Explotaciones ganaderas</i> <i>Industrias agroalimentarias</i>
INGENIERO DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS	<i>Obras civiles e infraestructuras</i> <i>Urbanismo</i>
INGENIERO AERONAÚTICO	<i>Aeropuertos</i> <i>Aviación</i>
INGENIERO INDUSTRIAL	<i>Productos industriales</i> <i>Edificación industrial</i> <i>Instalaciones industriales y urbanas</i>
INGENIERO INFORMÁTICO	<i>Equipos informáticos ("hardware")</i> <i>programas informáticos ("software")</i>
INGENIERO DE MONTES	<i>Explotaciones forestales</i>
INGENIERO NAVAL	<i>Embarcaciones</i>
INGENIERO DE TELECOMUNICACIONES	<i>Telecomunicación</i> <i>Microinformática</i>

Figura 3. Profesiones técnicas y proyectos que llevan a cabo

Observando el cuadro encontramos dos inconvenientes a esta clasificación. La primera es que, solapándose algunos conocimientos (y las atribuciones profesionales) en distintas titulaciones, acaban por repetirse las mismas (o muy parecidas) tipologías. La segunda es que el número de tipologías se dispara, haciendo muy prolijo su estudio. A pesar de todo ello, esta clasificación es útil en el ámbito de la docencia ya que el número de tipologías que se estudia por titulación suele ser dos o, como máximo, tres.

Clasificar las tipologías de proyectos en función de las características del objeto tiene la ventaja de que en su inicio es muy sintética (se necesitan escasas subdivisiones) permitiendo, a su vez, dividir cada tipología en otras de ámbito más limitado. De esta forma, con la definición de muy pocas metodologías *macroestructurales* (primeros niveles de subdivisión) se abarca la totalidad de proyectos de ingeniería y, además, si se desean elaborar metodologías *microestructurales* éstas pueden partir de las macroestructurales, descomponiendo las principales etapas contempladas en éstas en las subetapas y pasos necesarios. Y todo ello, siguiendo una ordenación lógica y no dejando lagunas -tipologías- por considerar.

Analizando los proyectos por las características de los objetos a diseñar, éstos pueden diferenciarse, por su materialidad, en físicos (o materiales) e inmateriales. A su vez, cada objeto, tanto material como inmaterial, puede ser un *producto* múltiple o un *producto* único (figura 4).

		CANTIDAD DE OBJETOS	
		MÚLTIPLE	ÚNICO
CUALIDAD DEL OBJETO	MATERIAL	⇒ Bolígrafo ⇒ Automóvil ⇒ Calculadora ⇒ Antena	† Planta industrial † Carretera † Cantera † Urbanización † Barco † Explotación agrícola † Explotación minera
	INMATERIAL	⇒ Programa informático ("software")	† Estudio de viabilidad (técnica, económica y financiera) † Estudio de localización † Estudio de mercado † Organización de una empresa

Figura 4. Tipos de objetos del proyecto

Hecha esta clasificación, conviene realizar algunas matizaciones sobre estas cuatro tipologías de proyecto que hemos definido. Una de ellas es que hay *objetos* sobre los que existen dudas respecto a dónde deben situarse: así, hay objetos únicos que, en algunos casos, pueden *seriarse* (naves industriales, barcos, puentes...) pero suelen mantener, normalmente, las características de producto único. Otra matización es que todos los objetos inmateriales tienen alguna *materialidad*, que queda concretada en

en documentos de trabajo (por ejemplo, la planificación de la reordenación del sistema organizativo de una empresa), o precisan de un soporte material para ser utilizables, como sucede con los programas informáticos que necesitan de ordenadores para funcionar.

Contemplando de nuevo la figura 4, podemos observar que de ella se deducen cuatro tipologías, cada una de las cuales puede definirse mediante una única metodología que será válida para toda la gama de productos que representa. Ahora bien, esta validez se sitúa en un nivel macroestructural ya que si deseamos construir una metodología más específica, empezarán a aparecer diferencias entre el proyecto de unos objetos y otros, siendo necesario, entonces, ir a una mayor subdivisión tipológica. En efecto, la resolución de un proyecto de objeto material y múltiple, por ejemplo, será diferente cuando el número de objetos seriados es elevado que cuando es reducido. Aparecerán problemáticas distintas, también, si deben aplicarse diferentes tecnologías o si el *tamaño* y la dificultad varían entre los proyectos considerados.

Cabe hacer tres últimas reflexiones referidas a qué profesionales están capacitados para resolver proyectos de estas tipologías. La primera es que, aunque cada titulación -cada carrera- concede unas ciertas *atribuciones profesionales*, lo cierto es que hay que sumar la experiencia personal que se va adquiriendo a los conocimientos universitarios para definir qué proyectos es capaz de llevar a cabo cada técnico. La segunda es que la mayoría de proyectos son multidisciplinares por lo que es deseable que participen en ellos profesionales con conocimientos complementarios. La tercera, consecuencia, en parte, de las dos precedentes, es que, para llegar a ser un buen proyectista, lo más importante es aprender a resolver problemas con acierto, lo que se consigue con esfuerzo, seriedad, honradez y comportamiento ético.

1.4. LAS FASES DEL PROYECTO

El principio de *dualidad proyecto-objeto* establece una delimitación clara entre ambos conceptos. El proyecto es un conjunto de actividades intelectuales -inmaterial y con connotaciones no sistémicas- que resuelve un problema complejo. El objeto es la concreción en un sistema -físico o inmaterial- de la respuesta a dicho problema. Así pues, podemos decir que el proyecto abarca desde la aparición del deseo de satisfacer una necesidad hasta que se obtiene el objeto que la cumple mientras que el objeto tiene una vida propia desde que se *construye* hasta su retiro, es decir, hasta que deja de satisfacer las necesidades para las que fue ideado (figura 5).

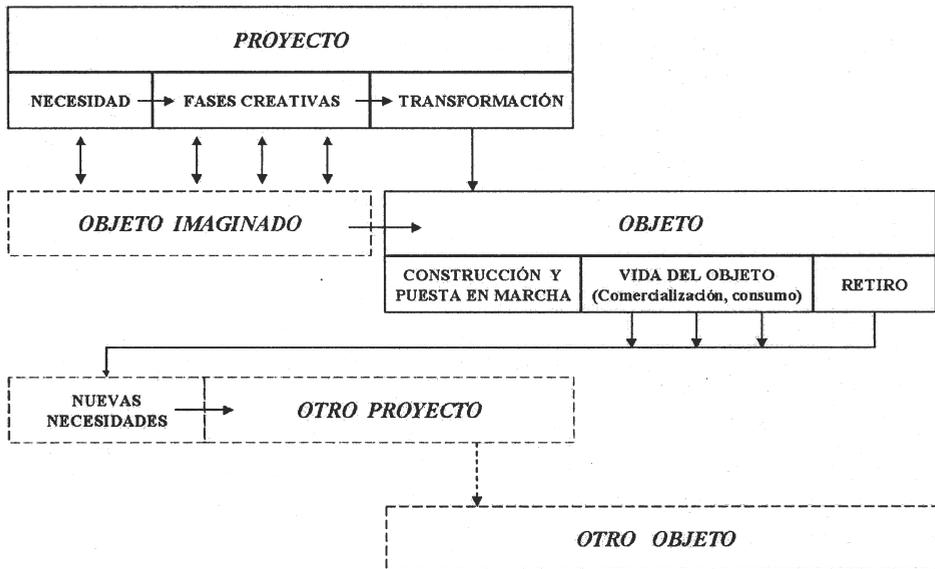


Figura 5. Vida del proyecto y vida del objeto del proyecto

Este principio es fundamental para conocer las actividades proyectuales y diferenciarlas del objeto, consecuencia de ellas⁵. Sin embargo, no puede despreciarse la importancia del principio de *interacción proyecto-objeto* que establece la influencia que ejercen el proyecto y el objeto -imaginado en la mente del proyectista- entre sí.

Contemplemos con más detalle la figura 5. El proyecto, como hemos dicho, abarca desde que alguien detecta una necesidad hasta que se llega a definir y *construir* el objeto que la satisface. El camino a recorrer es complejo y, necesariamente, comprende una serie de fases. Las que metodológicamente conducen a definir el objeto se denominan **fases creativas** y las que establecen cómo dirigir los trabajos para hacer realidad el objeto se denominan **fases de realización**.

Las **fases creativas** pueden, a su vez, subdividirse en la mayoría de proyectos en tres clases que, ordenadas temporalmente, pueden denominarse: *estudios previos* tiene un carácter claramente analítico (divergente)

⁵ Muchos autores incluyen el proceso de creación -es decir, el proyecto- del objeto dentro de su *ciclo de vida* pero, a nuestro entender, dicha postura únicamente induce a confundir esta doble realidad en una sola que ni tiene los mismos autores ni coinciden en el tiempo.

y representa una primera aproximación al proyecto, comprendiendo estudios de mercado y de alternativas e incluyendo un primer esbozo del objeto que permite -en un orden de magnitud estimativo- definir la viabilidad de las propuestas.

La fase de *diseño básico* conduce a establecer los aspectos (variables y parámetros, en definitiva) fundamentales del objeto. De carácter más sintético, exige una importante actividad intelectual de los actores que la desarrollan.

La fase de *diseño detallado* comprende todas las actividades que conducen a definir con total precisión -técnica, económica, organizativa, etc- cómo ha de ser el objeto. Aunque con actividades de análisis dentro de cada subproblema, esta fase acaba teniendo un carácter global de síntesis, requiriendo la participación de profesionales especialistas en las diferentes tecnologías implicadas en cada subproblema.

En las fases de **realización** se transforma el diseño en objeto por lo que las actividades intelectuales -proyectuales- que se llevan a cabo son de coordinación, planificación y control de la construcción y puesta en marcha del objeto.⁶ Las fases de realización pueden subdividirse, pues, en las fases de: *construcción y puesta en marcha*.

La fase de *construcción* es la que se encarga de la transformación de lo que se ha definido en los documentos del proyecto en una realidad.

La fase de *puesta en marcha* activa y controla las operaciones que permiten que el objeto realice las funciones para las que ha sido creado.

En muchas ocasiones, estas dos fases se agrupan genéricamente bajo la denominación de *dirección de construcción*.

Esta clasificación de las fases difiere en algunos aspectos según la tipología de proyectos que se está contemplando. Las diferencias más importantes se recogen resumidas en la figura 6, en la que la primera columna representa la estructura física que acabamos de definir y las otras cuatro las correspondientes a las tipologías de proyectos recogidas en el apartado 1.3. Debemos aclarar que el cuadro comparativo hace referencia a casos genéricos, puesto que siempre podrán aparecer proyectos que aconsejan unir dos o más fases o, por el contrario, subdividir alguna en dos o más.

⁶ Los términos *construcción y puesta en marcha* deben entenderse en sentido amplio por lo que en un proyecto inmaterial, la construcción y la puesta en marcha equivaldrán a los términos *implementación y puesta a punto* (o puesta en servicio).

En la figura citada pueden observarse ciertas diferencias en el número de fases, puesto que, en algunos casos, dos o más se agrupan en una sola.

ESTRUCTURA FÁSICA GENERAL	TIPOLOGÍAS DE PROYECTOS			
	OBJETO MATERIAL		OBJETO INMATERIAL	
	MÚLTIPLE	ÚNICO	MÚLTIPLE	ÚNICO
ESTUDIOS PREVIOS	ESTUDIOS PREVIOS	ESTUDIOS PREVIOS	ESTUDIO Y DISEÑO BÁSICO	ESTUDIOS PREVIOS
DISEÑO BÁSICO	DISEÑO BÁSICO	ANTEPROYECTO	DISEÑO DETALLADO,	DISEÑO DE LA APLICACIÓN
DISEÑO DETALLADO	DISEÑO DETALLADO	PROYECTO DEFINITIVO		
CONSTRUCCIÓN	CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO Y AJUSTES PARA PRODUCCIÓN	CONSTRUCCIÓN	IMPLEMENTACIÓN Y AJUSTES	IMPLEMENTACIÓN
PUESTA EN MARCHA		PUESTA EN MARCHA		Y CONTROL

Figura 6. Estructura fásica según el objeto del proyecto del que se trate

Analicemos a continuación cada una de las metodologías (únicamente, su estructura fásica, sin ninguna subdivisión en etapas y subetapas) asociada a las tipologías de proyectos según la clase de objeto.

Los proyectos de objetos materiales y múltiples -seriados-, objetos que pueden englobarse bajo la denominación de productos industriales, tienen un conjunto de características comunes que permite definir una metodología global para todos ellos. La mayoría de autores⁷ consideran necesarias las fases de estudios previos, diseño básico y diseño detallado quedando las de realización menos definidas por que el producto industrial se reproduce una serie de veces durante periodos de tiempo muy variables.

⁷ Puede verse, para profundizar en la estructura fásica, la comunicación: Gómez-Senent, E.; López, D.; Aragonés, P. *Análisis de la estructura fásica del proyecto*. IV Congreso Internacional de Ingeniería de proyectos. Córdoba. 7 a 9 de octubre de 1998.

Hay que tener en cuenta que en esta metodología suele existir una continuidad desde que se inicia el diseño de detalle hasta que el producto empieza a fabricarse por lo que no es extraño considerar una única fase en todas estas actividades. Por otra parte, el diseño de un producto exige, muchas veces, la realización de otros proyectos de muy diferente dificultad, relacionados con las instalaciones que han de modificarse o implantarse como nuevas para poder fabricar el producto. Estos otros *proyectos* pertenecen, normalmente, a la tipología de objeto único material.

Los proyectos de objetos materiales únicos -planta industrial, carretera, explotación agrícola, etc.- tienen una estructura muy similar a la que hemos tomado como genérica. Únicamente, algunos objetos no necesitan de la fase de puesta en marcha: es el caso de los proyectos de ingeniería civil⁸, por ejemplo. Otros proyectos, por su pequeña complejidad, aunque exijan actividades de puesta en marcha, éstas tienen tan poca entidad que suelen incluirse en la fase de construcción.

Los proyectos de objetos inmateriales múltiples -cuya tipología más clara es la de los programas informáticos- tienen una estructura fásica más simple pues suele ser suficiente establecer una fase de diseño básico y otra de diseño de detalle e implementación.

Los proyectos de objetos inmateriales únicos -estudios y auditorías, fundamentalmente- suelen subdividirse en tres fases: estudios previos, diseño de la aplicación (diseño básico+diseño detalle) e implementación (construcción y puesta en marcha).

En los siguientes capítulos desarrollaremos una metodología y los demás aspectos que ayudan a aprender a proyectar. Sin embargo, como hemos dedicado un libro al diseño básico de plantas industriales⁹, en éste nos centraremos en las fases de diseño de detalle y de realización aunque haremos referencia a las fases previas y de diseño básico cuantas veces sea necesario para una comprensión adecuada de cada uno de los temas tratados. La tipología que se utilizará como base será la de los proyectos de plantas industriales pero todos los conceptos que se vayan tratando tienen una aplicabilidad total a las otras tipologías de proyectos.

⁸ A veces, hay que hacer *pruebas de carga* antes de su puesta en servicio.

⁹ Gómez-Senent, E.; Gómez-Senent, D.; López, D.; Aragonés, P.; Sánchez, M.A. Cuadernos de Ingeniería de proyectos. 1. Diseño básico (Anteproyecto) de Plantas Industriales.S.P.UPV.

1.5. UNA PEQUEÑA REFLEXIÓN SOBRE ESTE LIBRO DESDE LA CIENCIA DEL PROYECTO

Últimamente, venimos defendiendo que la ciencia del proyecto es única pero que está constituida por dos *semiciencias*: la primera se orienta hacia la contemplación del proyectista como *creador* que resuelve problemas y puede enmarcarse bajo la denominación inglesa *Engineering Design*, mientras que la segunda se orienta hacia el campo de la gestión y la dirección del proyecto situándose, por tanto, en el ámbito del denominado *Project Management*.

En la Teoría de las Dimensiones del Proyecto hemos integrado ambas semiciencias -el concepto de dirección y gestión está recogido en la dimensión *metaproyecto*- por lo que en este libro los problemas proyectuales se enfocan tanto desde el *diseño* como desde la *gestión*.

BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

- **ASIMOW, M. (1968) Introducción al proyecto. Herrero Hnos. México. (versión original: "Introduction to design" Englewood Cliffs. NJ (1962))**

Este trabajo es, en muchos aspectos, el precursor de gran parte de la teorización sobre el fenómeno del proyecto y del diseño en ingeniería. Algunas de las ideas que se han mostrado en este capítulo proceden de él.

- **BLASCO, J. (1988) Comentarios al proyecto (De omni re scibile) Ed. Autor. Barcelona.**

El catedrático de Proyectos de la U.P. de Catalunya ha trabajado en el proyecto con propósitos parecidos a los nuestros, sirviéndonos en numerosas ocasiones de orientación.

- **HUBKA, V; EDER, W.E. (1996). Design Science. Springer. U.K.**

En este libro se trata la Ciencia del Diseño en Ingeniería desde el punto de vista de la teoría de los Sistemas Técnicos. Es el libro básico de referencia, especialmente en el campo del diseño de productos.

- **PAHL, G., BEITZ, W., (1996) Engineering design. A systematic approach. Springer. Londres**

Estos autores son los inspiradores de las normas de diseño sistemático de la VDI alemana, ampliamente difundidas en la ingeniería de aquel país.

- **SIMON, H.A., (1979). Las ciencias de lo artificial. MIT-ATE. Barcelona. (versión original: " Sciences of artificial" MIT press. Cambridge (1969))**

H.A. Simon (premio Nóbel de economía) también dedicó su atención al proyecto (La ciencia de creación de lo artificial). En este libro, que reúne varias conferencias sobre el tema, plantea la necesidad de su teorización y enseñanza.

CAPÍTULO 2

EL DISEÑO DE DETALLE

OBJETIVO

Después del estudio de este capítulo, el lector debería:

- Haber comprendido qué es el diseño de detalle o fase proyecto en un proyecto y cuál es su importancia.
- Conocer cuáles son sus objetivos y en qué etapas es recomendable dividirlo.
- Poder valorar el coste de la fase proyecto
- Saber dividir un diseño de detalle en problemas y subproblemas y aplicar una metodología adecuada a su resolución.

2.1. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

El **Diseño de Detalle** o **Proyecto Definitivo** es la fase en la que quedan definidos perfectamente todos y cada uno de los subsistemas, componentes y partes que conforman el **objeto del proyecto**, de tal manera que los documentos que los describen y desarrollan han de ser suficientes para llevarlo a la práctica -implementarlo-, ya sea bajo la dirección de los mismos proyectistas o por otro equipo de ingeniería diferente.

Esta fase siempre existe, siempre ha de considerarse, cualesquiera que sean las características del proyecto y del objeto que se persigue.

Únicamente, los proyectos que son sólo *parte de otro proyecto más global* pueden no necesitar contemplar esta fase en su totalidad. Así, por ejemplo, nos pueden encargar que desarrollemos un nuevo *layout* para una planta de producción. Esta etapa está situada en la fase de diseño básico de plantas industriales por lo que el *proyecto de layout* es, en sentido estricto, un anteproyecto o parte de él. Sin embargo, aunque el proyecto encargado no tenga fase de diseño de detalle -como es el caso del ejemplo-, el proyectista ha de hacer uso de algunas de las etapas que aparecen en ella, especialmente la de confección de documentos, en las que se debe alcanzar un nivel de *detalle*, como mínimo, suficiente¹⁰.

¹⁰ Ahora puede comprenderse mejor la figura 6 que, en su última columna (proyectos de objeto único inmaterial), agrupa las fases de diseño básico y de detalle puesto que normalmente se aplicarán juntas, con continuidad.

La fase de diseño de detalle se diferencia de las demás fases creativas porque, así como en aquéllas los objetivos eran los de analizar el problema y definir las soluciones más adecuadas, en ésta esas soluciones deben concretarse en repuestas únicas que han de describirse en su totalidad y con el detalle necesario para su posterior transformación -construcción o implementación- en objeto.

Aunque en las fases de estudios previos y de diseño básico la actividad creativa -búsqueda de nuevas soluciones- adquiere una importancia clave, ello no significa que en la de diseño de detalle los proyectistas no deban esforzarse por encontrar *nuevas soluciones* al proyecto. Lo que sucede es que, mientras que en las fases iniciales se alcanza a definir el futuro objeto en un nivel subsistémico, en ésta la creatividad debe aparecer en los niveles inferiores, ámbito en el que tecnológica y económicamente existen métodos de resolución de problemas- *problemas simples* -mucho más elaborados que en las fases precedentes. De ahí que la actividad intelectual suela apoyarse más en *relaciones ya establecidas* que en la búsqueda de *nuevas relaciones*. Aún así, en el diseño de detalle aparecen, siempre, situaciones que demandan una cierta dirección intelectual hacia lo novedoso: detalles constructivos de los que se desconoce su solución, acoplamiento entre partes y entre componentes, extrapolación del uso de técnicas aplicables a problemas concretos a otros, etc.

En la inmensa mayoría de proyectos, la fase de diseño de detalle es la que mayor importancia tiene entre las fases creativas, al menos si dicha importancia se mide por el coste, la duración y el error admisible en su ejecución. Así, aunque en las fases previas y de diseño básico queda *comprometido* un alto porcentaje de la inversión (puede llegar a ser del 85% del total) no es menos cierto que el coste de estas fases no suele sobrepasar el 35% de los honorarios -presupuesto- del proyecto. Por tanto, el coste del diseño de detalle puede estimarse comprendido, normalmente, entre el 65% y el 75% de los honorarios totales¹¹. Como, además, los honorarios del proyecto suelen representar entre un 2% y un 6% de la inversión¹² (construcción y puesta en marcha del objeto) se puede llegar a señalar que el coste del proyecto alcanzará, en proyectos grandes, cotas muy elevadas. Si el presupuesto del proyecto es importante -tanto para el cliente como, sobre todo, para la ingeniería- el equipo de diseño no deberá

¹¹ No se están contemplando aquí los honorarios de las fases de realización que, en muchos casos, equivalen a los de todas las fases creativas.

¹² Este porcentaje depende de diversas variables, entre las que cabe destacar la dificultad del objeto, el volumen de la inversión, la cualificación de la ingeniería y la cualificación del proyecto, es decir, la mayor o menor exigencia de innovación en él).

olvidar, tampoco, la necesidad de conseguir hacerlo rentable para la ingeniería, objetivo que deberá hacer compatible con la calidad y bondad de los resultados.

El tiempo que debe emplearse en el desarrollo de esta fase depende de varios factores. En primer lugar, han de contemplarse las exigencias del cliente pues éste puede necesitar tener en funcionamiento el objeto en una fecha determinada¹³ y, aunque no sea así, casi siempre establece plazos muy breves, sobre todo, después de haber decidido realizar la inversión, hecho que coincide prácticamente siempre con el inicio de la fase de diseño de detalle. En segundo lugar, la duración está en relación directa con la complejidad del proyecto pues cuantos más aspectos innovadores precisa, más recursos y mayor tiempo han de emplearse. En tercer lugar, la relación entre el tamaño de la ingeniería y el del proyecto condiciona el tiempo de ejecución. Así, las empresas de ingeniería grandes pueden poner en juego mayores recursos humanos y medios materiales para un mismo proyecto que las empresas pequeñas, por lo que tendrán más flexibilidad para cumplir plazos. En todo caso, el cumplimiento de los plazos de ejecución exige actuar, desde la planificación, en la programación, seguimiento y control del proyecto.

Las actividades de coordinación se hacen aún más complejas cuando las fases de realización se inician antes de finalizar la de diseño detalle (coexisten las dos fases en el tiempo). Ocurre así, a veces, en proyectos de ingeniería civil y de plantas industriales pues se puede, por ejemplo, comenzar la construcción antes de tener resuelto el diseño de detalle de todas las instalaciones.

Otro aspecto que diferencia la fase de diseño de detalle de las precedentes es la precisión que se le requiere. En esta fase se ha de trabajar con datos elaborados y con técnicas e instrumentos que proporcionen resultados lo más fiables posible. No se permiten, normalmente, errores importantes ni valores estimativos, aunque en ocasiones no es posible disponer de toda la información que garantice una elevada fiabilidad en los resultados a cada subproblema. En general, se puede considerar que un proyecto está bien calculado y diseñado en detalle cuando las desviaciones entre el presupuesto de inversión estimado en él y la inversión real que

¹³ Las industrias dedicadas a la manipulación de vegetales, por ejemplo, (cítrico, cereales, legumbres, etc) dependen mucho de los períodos de recolección del producto.

resulta tras la construcción del objeto no es superior al 5%¹⁴. Si en el ámbito económico se llega a permitir errores de esta magnitud, en otros pueden existir mayores exigencias.

En los cálculos y en los planos debe esperarse una precisión casi total, dentro, lógicamente, de las posibilidades de los instrumentos de diseño disponibles y de las características del objeto a diseñar.¹⁵

2.2. OBJETIVOS DE LA FASE DE DISEÑO DE DETALLE

El objetivo fundamental y global de esta fase es la de definir cómo ha de construirse -implementarse- el objeto para que satisfaga las prescripciones establecidas por el cliente al inicio del proyecto o a lo largo de su ejecución.

Para alcanzar este objetivo global deben cubrirse los siguientes objetivos específicos:

1. Comprobar y confirmar y, en su caso, modificar las hipótesis y soluciones del anteproyecto.
2. Suministrar toda la información técnica, económica, legal y de cualquier otro tipo al promotor o cliente.
3. Suministrar los datos técnicos, los detalles constructivos y operativos y las condiciones en que debe fabricarse, construirse o implementarse el objeto.
4. Servir de documento de gestión en aquellos casos en que el anteproyecto es insuficiente o no existe. Así, los documentos del proyecto -o parte de los mismos- pueden servir para solicitar licencia de obras, gestionar ayudas o préstamos en entidades públicas y privadas, dar de alta a la empresa en *Industria*, solicitar la licencia de actividad, pedir ofertas, etc.

Estos tres últimos objetivos se suelen conseguir a través de la estructura documental del proyecto, que se tratará en el capítulo 4.

¹⁴ Se entiende que, entre las fases de diseño y las de realización, el cliente o promotor no introduce ninguna consideración que pueda conducir a modificaciones presupuestarias apreciables ni que otras variables (disparo de la inflación por encima de lo previsto por el Gobierno, por ejemplo) produzcan efectos parecidos.

¹⁵ Las tolerancias en piezas de ajuste mecánico se miden con una precisión que es imposible alcanzar (y, además, no es necesario) en edificación o en obras de ingeniería agrónoma o civil.

2.3. ETAPAS DE LA FASE DE DISEÑO DE DETALLE

A modo de introducción a un desarrollo más amplio presentamos la *macroestructura* de la fase de diseño de detalle tal como se muestra en la figura 7¹⁶.

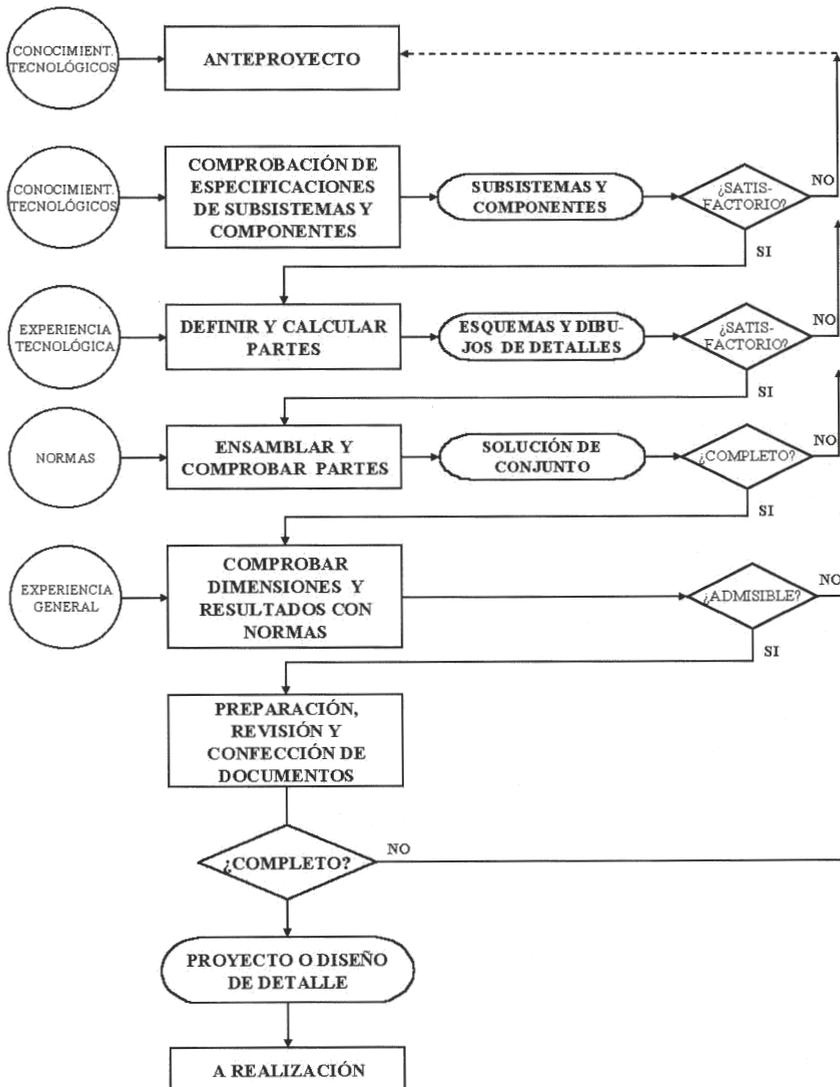


Figura 7. Macroestructura de la fase de diseño de detalle

¹⁶ Esta propuesta se basa en las elaboradas por M. Asimow y T.T. Woodson.

Cada una de las etapas en que dividimos la fase se describen en los subapartados siguientes:

2.3.1. ETAPA 1: COMPROBACIÓN DE ESPECIFICACIONES

La comprobación de las especificaciones de los subsistemas y componentes no es otra operación que la de revisar los estudios y el anteproyecto precedentes y ajustarlos al momento y circunstancias en que se encarga la realización del proyecto. Puede haber varios motivos que justifiquen esta actividad y, entre ellos, pueden citarse los siguientes:

- El hecho de que el tiempo transcurrido entre el anteproyecto y el proyecto puede haber modificado las condiciones del entorno. El proyectista debe ajustar las bases fijadas en el anteproyecto a las nuevas circunstancias.
- Los diferentes estudios previos realizados (estudio preliminar, estudio de mercados, estudio geotécnico, etc.) y el anteproyecto suelen realizarse por distintos técnicos de una misma ingeniería o, incluso, por diferentes ingenierías o consultorías. Es necesario, en estos casos, realizar una síntesis de las hipótesis y datos válidos antes de iniciar el diseño detallado.
- Motivos de carácter técnico, económico o legal pueden justificar la modificación del proyecto después de realizado el anteproyecto.

Es bastante habitual que el promotor -tras estudiar la información que le da el anteproyecto y el estudio de mercados y conociendo las posibilidades reales de financiación de la inversión- decida realizar el proyecto en dos o más periodos. Entonces, el ingeniero debe preparar el proyecto definitivo teniendo en cuenta este hecho. Por ejemplo, si el proyecto es de planta industrial, estudiará la distribución en planta para cada uno de esos periodos, considerando las ampliaciones previstas de modo que las transformaciones y ajustes de cada ampliación sean las mínimas en tiempo y coste; igualmente tendrá en cuenta esta circunstancia en el diseño y cálculo de las edificaciones, instalaciones y servicios necesarios; nótese que, si la inversión se escalona en períodos de tiempo relativamente dilatados (por ej.: de 5 años), la solución elegida debe ser muy flexible, pues es muy probable que las condiciones iniciales se modifiquen en ese lapso de tiempo.

Esta etapa incluye:

- La definición de los subsistemas (forma, materiales y características fundamentales).
- La fijación de la hipótesis de cálculo a considerar.
- La división de los subsistemas en componentes, su modelización y el cálculo y comprobación de cada uno de ellos.

Debe tenerse presente que, en ocasiones, no es posible realizar los cálculos de los componentes sin definir todas las etapas en que se subdividen. En estos casos, esta primera etapa y la siguiente se resuelven simultáneamente.

2.3.2. ETAPA 2: DEFINIR Y CALCULAR LAS PARTES

Las partes en que se divide cada componente debe ser tal que en la fase de fabricación no quede ningún aspecto constructivo sin definir. Todo detalle no resuelto en la fase de diseño puede llegar a significar un grave problema posterior. El proyectista confía muchas veces en el **buen hacer** de los suministradores y fabricantes y deja en sus manos la fijación de muchos detalles; esta actitud es, en general, peligrosa (incluso, temeraria), puesto que ni los fabricantes ni los suministradores están en posesión de todas las claves del problema y, además, tenderán a solucionarlo a veces para que su beneficio sea **máximo** y no para que el resultado sea **óptimo**.

Esta etapa incluye:

- La definición de las partes de cada componente y de las hipótesis de cálculo específicas.
- La modelización, el cálculo y el dimensionado de cada elemento.
- La consideración de que los elementos forman parte de un conjunto y que éste debe ser óptimo.
- El estudio y cálculo de los elementos de unión y piezas auxiliares, de control y de montaje.
- Los esquemas, dibujos y detalle constructivos de cada una de las partes.

2.3.3. ETAPA 3: ENSAMBLAR Y COMPROBAR PARTES

Esta etapa conduce a una primera solución de diseño completo del conjunto y comprende los procesos siguientes:

- Ensamblar partes en componentes y éstos en subsistemas.
- Dibujar el conjunto y detalles del ensamblaje.
- Cálculo de los elementos que no estaban definidos hasta ahora.

2.3.4. ETAPA 4: COMPROBAR DIMENSIONES Y RESULTADOS CON NORMAS

Una vez calculado el proyecto y definidas las dimensiones de conjunto y sus componentes es preciso contrastar y comprobar estos resultados de modo que cumplan las normas, leyes y reglamentos. Ello es necesario porque, aunque durante el diseño se tienen en cuenta, la resolución de los cálculos y dibujos puede modificar alguna de las condiciones iniciales y porque parte de la reglamentación no afecta directamente a los cálculos. En todo caso deben consultarse las normas con el fin de incluir en los planos y demás documentos todas las condiciones que es obligatorio citar.

2.3.5. ETAPA 5: PREPARACIÓN, REVISIÓN Y CONFECCIÓN DE DOCUMENTOS

Dado que la fase de proyecto es la fase definitiva de preparación antes de llevar a efecto una determinada obra o producto, los documentos deben ser completos y suficientes en sí mismos. El resultado de esta etapa se tratará detalladamente en el capítulo 4.

2.4. MICROESTRUCTURA BÁSICA DE LA FASE DE DISEÑO DE DETALLE

En el apartado anterior se han descrito las principales etapas de la fase de diseño de detalle de modo genérico -macroestructural- ya que la descomposición de la fase no ha pasado de su primer nivel de desmenuzamiento. Este primer nivel, aunque da una idea de las principales actividades a desarrollar en esta fase, es insuficiente para saber con exactitud **cómo** se ha de llevar a cabo el diseño de detalle. Para acercarnos más a ese **cómo**, ha de llegarse a mayores niveles de subdivisión -microes-

estructura-, pudiéndose alcanzar la precisión total en el nivel en que todos los *problemas simples* que comprende el proyecto están perfectamente definidos.

Sin embargo, las metodologías que corresponden a este último nivel son válidas para tipologías de proyectos muy concretas por lo que -como ya hemos señalado- suelen desarrollarlas las empresas de ingeniería y consultoría para los campos en que son especialistas. En un libro como éste, que pretende ser útil para cualquier proyectista, no llegaremos a esa subdivisión sino que nos quedaremos en que la metodología que se deduce de ella sea válida para una amplia tipología de proyectos. Por ello, hemos situado esta metodología dentro de una *microestructura básica*¹⁷.

La figura 8 muestra esquemáticamente la microestructura básica de la fase de diseño de detalle. Antes de entrar en su descripción pormenorizada debemos aclarar su contenido global y las simplificaciones introducidas en el diagrama en aras de su más fácil comprensión. En primer lugar, cabe señalar que se han incluido las actividades principales pero se ha obviado representar la mayoría de puntos de decisión -cuya forma simbólica es el rombo- que deberían aparecer al finalizar cada actividad. Únicamente, se recogen los símbolos de decisión de salto de un nivel a otro. En segundo lugar, tampoco se han representado las flechas de realimentación (*feed-back*), por lo que conviene aclarar que el proyectista *siempre* puede volver atrás, retroceder, cuando la situación lo aconseje. En tercer lugar, el esquema muestra una línea general del proceso, que representa el nivel en el que se contempla el proyecto en su conjunto, y dos esquemas complementarios que incluyen las actividades a desarrollar en los niveles inferiores, correspondientes a la subdivisión del sistema objeto en subsistemas, componentes y partes. Estas subdivisiones son, buscando una analogía con la programación informática, como *subrutinas encadenadas* (una dentro de otra) de las que se sale cuando todas las partes de un componente están resueltas (en el segundo nivel) y cuando todos los componentes de un subsistema se han proyectado (en el primer nivel). Cada uno de estos niveles comprende un conjunto de actividades encaminado a resolver problemas cada vez más específicos (desmenuzados) a medida que se desciende de nivel¹⁸.

¹⁷ Creemos que, con esta microestructura básica, cualquier proyectista experimentado podrá construir metodologías más específicas para los proyectos en que se especialice.

¹⁸ Aunque en el esquema de la figura 8 se ha llegado hasta la cuarta subdivisión, habrá subproblemas (y, por tanto, subsistemas del objeto imaginado) que necesiten un mayor o menor desmenuzamiento que el propuesto.

Conviene hacer, por último, una reflexión respecto a la dualidad objeto-proyecto y su reflejo en el esquema de la figura 8.

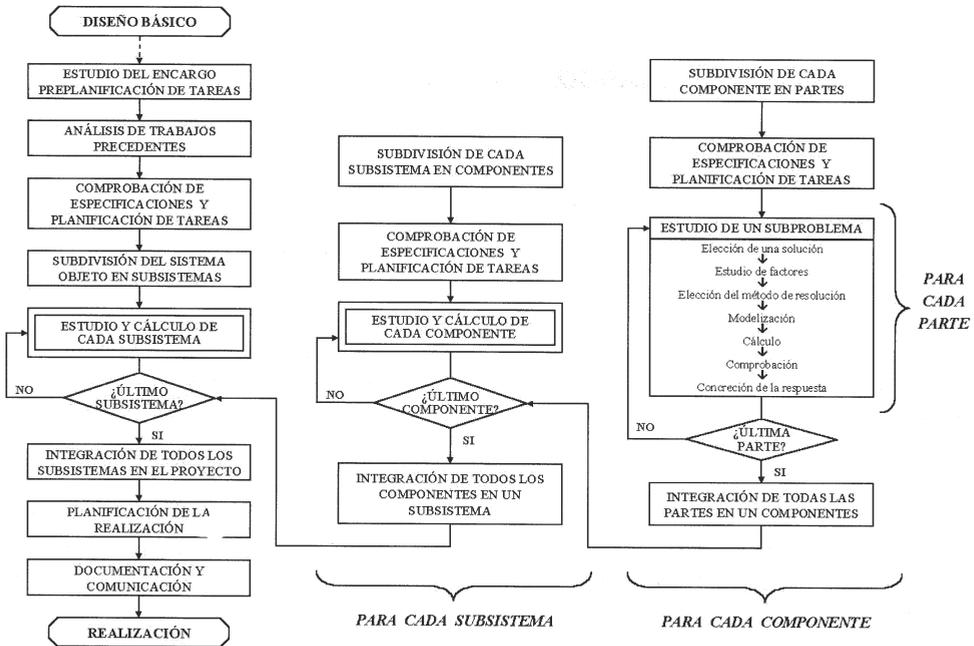


Figura 8. Subdivisión del proyecto en problemas y subproblemas

En la fase de diseño de detalle (última fase creativa) no existe aún el objeto del proyecto sino, únicamente, una *imagen* más o menos perfilada del mismo. Por eso, en sentido estricto no deberíamos hablar de *división* del sistema objeto en subsistemas, componentes y partes sino de división del proyecto en problemas y subproblemas hasta alcanzar el nivel de *problema simple*. Pero, teniendo presente el principio de interacción proyecto-objeto, también es cierto que, cuando se inicia esta fase, el proyectista ya tiene una idea bastante clara de cómo será el objeto (al menos hasta un nivel subsistémico) por lo que los problemas que ha de resolver consistirán en definir el objeto en todos sus niveles sistémicos. De ahí que pensemos que el esquema respeta tanto el principio de dualidad como el de interacción.

Vistas las características generales del esquema, pasemos a continuación a describir las principales actividades, ordenadas en el tiempo a modo de etapas y subetapas, que ha de desarrollar el proyectista en esta fase¹⁹.

2.4.1. ESTUDIO DEL ENCARGO. PREPLANIFICACIÓN DE TAREAS

Estas primeras etapas -puede decirse que hasta que se subdivide el sistema en subsistemas, componentes y partes y se inician los cálculos de detalle- adquieren una importancia muy variable dependiendo tanto de la importancia y características del proyecto como de otros aspectos que afectan a la dificultad de cada una de ellas.

Un proyecto complejo exigirá iniciativas metaproyectuales importantes pues demandará, sin duda, la aportación de numerosos recursos humanos y materiales y su coordinación y control durante un periodo de tiempo dilatado.

Si los estudios previos y el diseño básico han sido desarrollados por ingenierías o técnicos diferentes de los que reciben el encargo de llevar a cabo el diseño de detalle, el inicio del trabajo tendrá bastantes dificultades añadidas.

Si el tiempo transcurrido desde que se ejecutó el diseño básico hasta que se encarga el diseño de detalle es elevado, también se deberán tener un cuidado especial en analizar los trabajos precedentes ya que las variables y condiciones del entorno -tecnologías, costes, normas, etc- pueden haber sufrido cambios apreciables.

En las tres situaciones descritas, las etapas iniciales del diseño de detalle han de abordarse con cuidado y dedicando el esfuerzo y la atención necesarios.

En otros casos, la situación permitirá recorrerlas con rapidez sin que sea previsible que se produzcan errores graves en el planteamiento del proyecto. Un buen director de proyecto sabrá determinar en qué situación se encuentra y qué decisiones debe tomar.

¹⁹ En este esquema, también están presentes las seis dimensiones del proyecto que hemos descrito en el primer capítulo. Así, las decisiones se sitúan en la dimensión *proceso*, la ordenación de las actividades en la de *fases*, la planificación de tareas y la documentación y comunicación en la de *metaproyecto* y los *factores*, las *técnicas* y los *instrumentos* están presentes, explícita o implícitamente, en el desarrollo de cada actividad.

En todos los casos, y cualquiera que sea la situación, el director debe estudiar el encargo y no dejar de investigarlo hasta ser capaz de responder afirmativamente a la siguiente pregunta:

¿Está perfectamente definido el encargo?

Para poder responder adecuadamente, el director del proyecto debe:

- Conocer las propuestas definidas en el Diseño Básico y su alcance.
- Conocer los honorarios disponibles máximos para el desarrollo del Diseño de Detalle.
- Conocer las exigencias del cliente en cuanto se refiere a la calidad, el coste de la realización y los tiempos disponibles desde que se firma el encargo hasta la terminación tanto del proyecto como de su construcción o implementación.
- Conocer los recursos humanos y materiales que su ingeniería está dispuesta a proveerle para la realización de todos los trabajos.

Con la información que implica dar respuesta a la cuestión planteada, el director del proyecto puede asumir el encargo y continuar resolviendo otros problemas previos al inicio del proyecto. El siguiente paso será el de estimar una planificación aproximada (previa) de las tareas. Si tiene experiencia suficiente podrá hacer la estimación basándose en experiencias anteriores. En todo caso, una aproximación suficiente (en esta etapa) puede consistir en valorar las horas de trabajo de los técnicos que colaborarán con él en el proyecto, pues con estos datos puede estimar costes y tiempos. Veamos el siguiente ejemplo.

Ejemplo de estimación de recursos y tiempos de un proyecto.

El director de un proyecto conoce que los honorarios a percibir por el desarrollo de ese trabajo es de 18.000 euros de acuerdo con el contrato suscrito entre el cliente y la ingeniería. Sabe, también, que desde la fecha de contrato dispone de 12 meses para desarrollar el proyecto y la dirección de obras correspondiente. Debe averiguar, aproximadamente, de qué recursos y tiempo dispone para ejecutar el diseño de detalle. Sabe, además, que el coste medio por hora de un técnico es de 30 euros.

Razonamiento de la respuesta

El director sabe que está realizando una primera estimación, por lo que es consciente de que debe ser prudente. Por ello, considera que puede cometer un error de hasta un 20%. Por otra parte, cree que su ingeniería debería tener un mayor *beneficio* que el que está incluido ya en el precio por hora de técnico: considera que un 10% más de beneficio estaría bien (incluso podría repercutir sobre sus ingresos).

El estudio que realiza el director del proyecto es, pues, el siguiente:

Presupuesto total	=	18.000 €
10% Beneficio extra	=	1.800 €
Presupuesto bruto	=	16.200 €
20% Error posible	=	3.240 €
Presupuesto disponible	=	12.960 €

$$\text{Horas disponibles de trabajo} = \frac{12.960}{30} = 432 \text{ horas}$$

Suponiendo que necesita de cuatro especialistas para el estudio de los diferentes subsistemas que comprende el proyecto y conociendo que éstos deben atender otras tareas dentro de la organización estima que sólo pueda dedicar 90 horas/mes cada uno de ellos. De esta información deduce, suponiendo que cada uno de ellos, emplea el mismo tiempo en resolver su *subsistema*, lo siguiente:

$$\text{Horas por especialista} = \frac{432}{4} = 108 \text{ horas}$$

$$\text{Tiempo de duración} = \frac{108}{90} = 1,20 \text{ meses}$$

Toda vez que los cuatro subsistemas no puedan resolverse simultáneamente sino que uno sólo pueden iniciarse cuando el anterior está a la mitad de su resolución, el tiempo total será el de la figura 9.

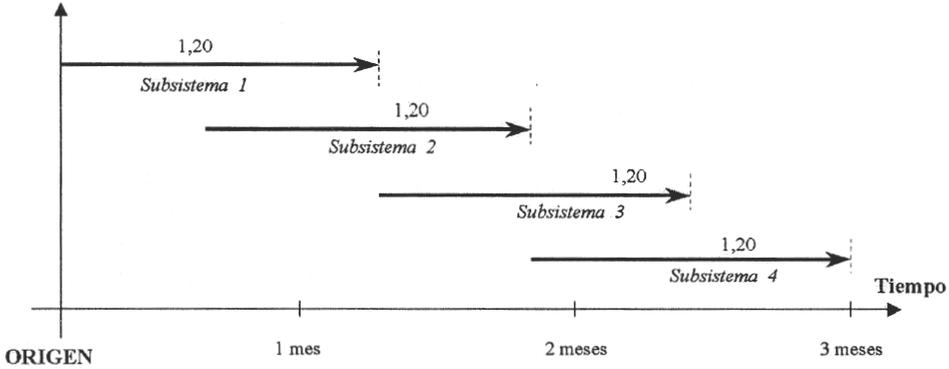


Figura 9. Resolución de los subsistemas. (Ejemplo)

Luego el tiempo estimado para el proyecto es de tres meses, quedando otros 9 meses para el desarrollo de la dirección de obra e implementación.

El estudio del encargo y la preplanificación de tareas son actividades que se simultanean pues el propio director del proyecto, a medida que va conociendo el proyecto, va comprendiendo su dificultad y los principales subsistemas que conforman el objeto del diseño. Esta información le va llevando a estimar los recursos humanos (incluso, empieza a considerar los nombres de sus posibles colaboradores) y materiales y el tiempo que necesitará emplear hasta alcanzar los objetivos deseados.

Ejemplo de preplanificación de tareas

Un ingeniero director ha recibido el encargo de dirigir el proyecto definitivo (diseño de detalle) de una planta industrial de elaboración de arroz cuya ubicación prevista corresponde a un polígono industrial situado en el término municipal de Sueca (Valencia). El diseño básico de dicha planta ha sido desarrollado por otro equipo de la misma ingeniería, estando definidos, entre otros problemas, el proceso, la localización, la producción, las características que deben tener las máquinas y los elementos de transporte y la distribución en planta.

Razonamientos del director del proyecto

El director del proyecto realiza entre sus primeras actividades la de reunirse con los responsables que han llevado a cabo el diseño básico para conocer, lo mejor posible, el alcance de dicho trabajo y discutir con ellos lo que está definido y lo que no lo está, lo que es inamovible y lo que puede mejorarse, las conversaciones con el cliente, las informaciones recibidas de diversos proveedores, etc.

De este primer contacto puede valorar el estado inicial del proyecto y preestablecer en un número pequeño de subsistemas cuáles son los que definen mejor la planta industrial origen del encargo. En este caso, el director estima, inicialmente, que la **organización** de la futura factoría tiene entidad suficiente como para considerarla como un subsistema (subsistema organizativo). En segundo lugar, deduce que en esta tipología de plantas industriales el **proceso** es muy complejo y debe considerarse como otro subsistema fundamental (subsistema proceso) pues, aunque ya se ha estudiado en el diseño básico, le corresponde a su equipo definir exhaustivamente cada una de las características de la máquinas y elementos, así como establecer el volumen de producción, los consumos y todos los demás datos inherentes a dicho proceso. En tercer lugar, no le cuesta mucho llegar a la conclusión de que todas las estructuras y cimentaciones (**obras de construcción**) representan un tercer subsistema (subsistema edificación) que, sin duda, cree que será el que más recursos exija. Por último, para proveer a las máquinas de energía debe fijar las **instalaciones** (eléctrica, de alumbrado y otras) como un último subsistema (subsistema instalaciones). Como muestra la figura:

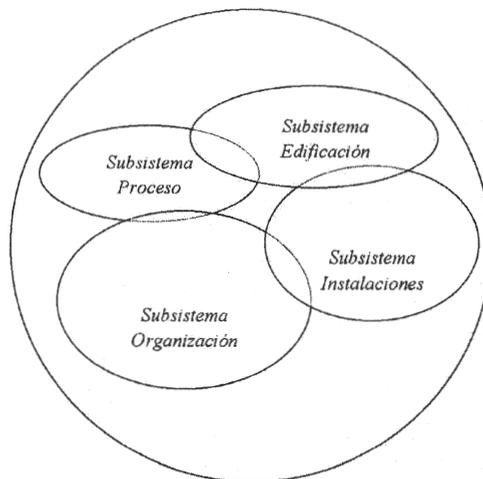


Figura 10. Subsistemas del objeto del proyecto. (Ejemplo)

Definidos los subsistemas básicos (el director sabe que, más adelante, deberá profundizar más sobre este asunto) puede establecer una preplanificación de las tareas con las siguientes reflexiones: Es imprescindible iniciar los trabajos definiendo el subsistema proceso pues de él dependen los de edificación e instalaciones. Igualmente, puede comenzar a definir el subsistema organizativo. A partir de ahí, construye el siguiente esquema de ordenación de tareas:

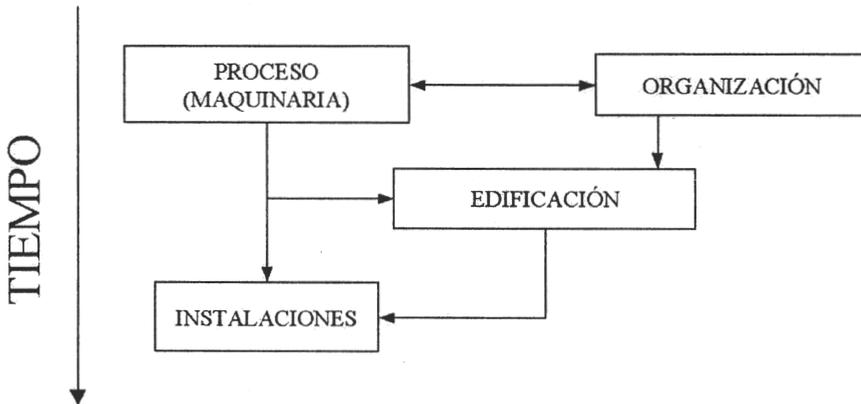


Figura 11. Esquema de ordenación de tareas. (Ejemplo)

2.4.2. ANÁLISIS DE TRABAJOS PRECEDENTES

El análisis de los trabajos precedentes se debe iniciar con una *recopilación de la información necesaria y cierta existente sobre el proyecto*, puesto que para dicho análisis es imprescindible recoger toda la información utilizada previamente. Pero no sólo hay que desarrollar esta actividad pues además hay que *seleccionar* únicamente aquella que es útil e imprescindible, desechando toda la que es inconsistente o que no hace más que embrollar el problema. Esta labor debe realizarse con cuidado sobre todo cuando las fases previas han sido llevadas a cabo por otras ingenierías o por la organización cliente. Debe tenerse en cuenta, también, que parte de la información que puede haber sido fundamental en las fases anteriores puede resultar innecesaria en la de diseño de detalle (por ejemplo, la correspondiente a problemas, como la localización, resueltos totalmente en el diseño básico).

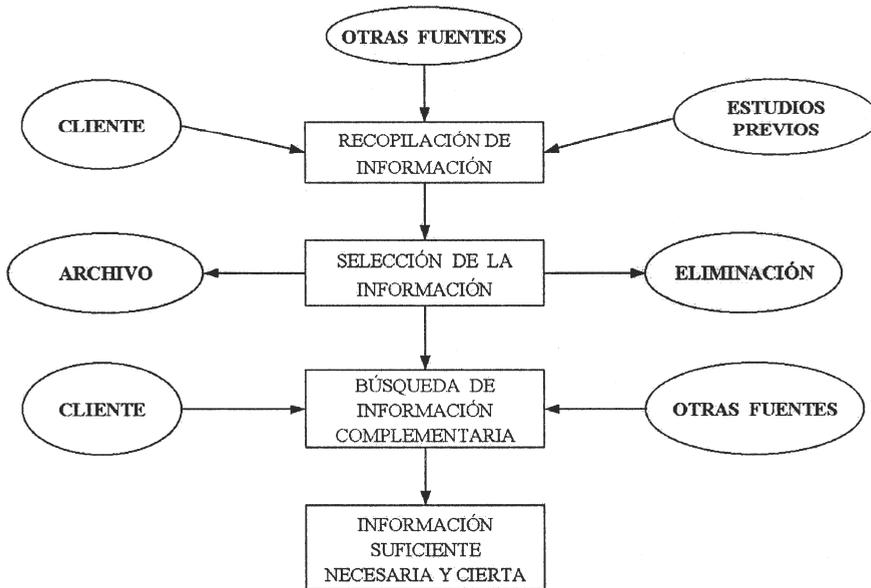


Figura 12. Recopilación de la información

La recopilación de información suele realizarse con cierta rapidez pues la fundamental debe estar documentada (estudios previos y diseño básico) o es fácil de conseguir a través de las personas que han participado (cliente, ingenierías y proveedores).

Tras esta recopilación, el director del proyecto debe ordenarla y seleccionar la que le será útil. En general, esta información útil estará en el diseño básico y en alguno de los estudios previos, si los hubo. De este análisis puede concluir que existen lagunas que debe cubrir. Normalmente, estas carencias podrá satisfacerlas la organización cliente o la propia ingeniería (especificaciones, datos del solar, de la maquinaria y otros) pues si no es así la dificultad puede ser mayor y la búsqueda más costosa.

El lector interesado en este tema puede consultar el apartado 2.2. del libro de esta misma serie "Cuadernos de ingeniería de proyectos I."

Ejemplo de análisis de trabajos precedentes

El director del proyecto de una planta de elaboración de arroz ha estudiado el encargo, tiene una visión aproximada de la magnitud y de la dificultad del proyecto pero necesita conocer el estado actual del trabajo.

Actuación del director del proyecto

Algunas de las cuestiones que ha de plantearse el director del proyecto, y a las cuales ha de procurar obtener respuesta a través de la información que va recibiendo, son las siguientes:

- ¿Cuál es la producción de la planta (Tm de arroz/año) y de las secciones principales (secado, descascarado, blanqueado, envasado)? Comprobar que esta información se puede obtener de la documentación recibida.
- ¿Qué proveedores han ofertado la maquinaria del proceso?. ¿Son adecuados y suficientes?
- ¿Qué organización se ha previsto para la nueva fábrica?
- ¿Qué nivel de automatización se ha previsto en la planta industrial?
- ¿Qué especificaciones viene marcando el cliente?. Entre otras, debe poder responderse a aquéllas que permitan fijar aspectos como: calidad, coste, tiempo, seguridad, impacto ambiental, etc.
- ¿Qué normas posee el polígono industrial?. Entre otros aspectos, se ha de poder definir la superficie construible, la volumetría, los retranqueos. exigidos, la altura permitida, etc.
- ¿Qué características tiene la maquinaria: producción, peso, dimensiones, potencia consumida, acciones sobre las edificaciones (peso, vibraciones), etc.?
- ¿Qué normas han de conocerse para desarrollar el proyecto?. Entre otras, en este caso, deberán recopilarse las que afectan a los cálculos de edificación y de instalaciones. Los datos anteriores deben hacer posible determinar las hipótesis de carga y el desarrollo de todos los cálculos.
- ¿Qué otros datos se necesitan para desarrollar todo el proyecto?
- ¿La ingeniería ha realizado anteriormente proyectos semejantes que puedan servir de ayuda?

2.4.3. COMPROBACIÓN DE ESPECIFICACIONES Y PLANIFICACIÓN DE TAREAS

El director del proyecto, en el caso de que pueda responder adecuadamente a las preguntas que se ha hecho en el apartado anterior (o a otras semejantes), ha de seguir avanzando en la definición de las actividades a desarrollar en el proyecto. Para ello, debe comprobar las especificaciones que acotan el proyecto, la mayoría de las cuales habrán aparecido al ir respondiendo a las citadas preguntas.

En este momento, en el que el director empieza a conocer y *sentirse a gusto* con el proyecto, es cuando conviene tener una primera entrevista con el cliente (entiéndase *cliente=organización cliente*). De la misma pueden surgir matizaciones y aclaraciones que corrijan las especificaciones y las dejen suficientemente definidas como para afrontar el trabajo con garantías de éxito. De esta reunión saldrán aclaraciones sobre otros factores y condiciones del diseño e, incluso, orientaciones sobre algunos aspectos más subjetivos, como la estética de las edificaciones, la imagen de marca y otros.

Con los datos recogidos y las conclusiones a las que se ha llegado, el director del proyecto debe reunirse formalmente (pueden haberse realizado otras reuniones o tenido conversaciones previas) con el director de la ingeniería para intercambiar opiniones, establecer plazos de ejecución y concretar el equipo de diseño que, bajo la supervisión del director del proyecto, se ha de hacer cargo de las tareas proyectuales que conduzcan a definir el proyecto en su totalidad. Esta o estas reuniones suelen ser fructíferas por cuanto se suma la experiencia del director de la ingeniería a la del director del proyecto produciéndose, normalmente, *sinergias* positivas que facilitan la organización, planificación y programación del proyecto.

En este punto, conviene señalar que, aunque el responsable máximo de la ingeniería es su director (debe responder de los resultados ante el Consejo de Administración), el responsable del proyecto es su director ejecutivo, al cual hemos venido denominando director del proyecto. Por ello, debe ser capaz de influir sobre el director de la ingeniería para que los colaboradores que se incorporan al proyecto sean excelentes profesionales y con cualidades humanas adecuadas al trabajo en equipo.

Para planificar las tareas a llevar a cabo en el proyecto, el director debe partir de dos realidades:

- a) La que deriva de las características del proyecto y que le permitirá dividir el mismo según los subsistemas y partes que hay que resolver;
- b) La que, partiendo de los recursos humanos y materiales, le ayudará a marcar las pautas y plazos del diseño en cada una de esas partes que lo componen.

Se presenta a continuación, para ayudar al director del proyecto a planificar las tareas, una metodología basada en la Teoría de las Dimensiones.

Estrategia general de resolución de problemas, basada en la teoría de las dimensiones del proyecto para planificar las tareas que conduzcan a su resolución.

La Estrategia General de Resolución de Problemas, que se ha explicado más ampliamente en otros textos²⁰, consiste en afrontar cualquier tipo de problema proyectual enfocándolo, sucesiva e iterativamente, desde cada una de las dimensiones del proyecto, hasta alcanzar la precisión en los resultados deseados. Para el caso que nos ocupa cada bucle se ha ordenado tal como se muestra en la figura 13. Conviene recordar al lector que esta ordenación no es rígida, sino que se propone simplemente porque para el autor le parece una buena estrategia factible. Cada lector puede, por tanto, adoptar cualquier otra ordenación que vea interesante.

Se inician las actividades con la dimensión Proceso (P)²¹ y dentro de ésta con procesos de análisis del sistema objeto. Los datos básicos de este sistema objeto (por ejemplo una arrocería) se han ido obteniendo en etapas precedentes, estableciendo una primera planificación de tareas (F) basada en una división del sistema en cuatro subsistemas. El proceso nos guía hacia el análisis factorial (A), el cual vamos a considerar desde dos perspectivas: a) desde el sistema objeto, y b) desde el proyecto. Desde el sistema objeto aparecen unos **factores extrínsecos** al proyecto que se pueden, básicamente, resumir en tres: calidad, coste y tiempo.

²⁰ Gómez-Senent, E. La Ciencia de la Creación de lo Artificial. Un paradigma para la resolución de problemas. Colección Ciencia e Ingeniería. S.P. UPV Valencia 1998

²¹ Para facilitar al lector la posibilidad de definir qué dimensión se activa en cada caso se coloca entre paréntesis la letra de cada una de ellas, de acuerdo con la figura 13.

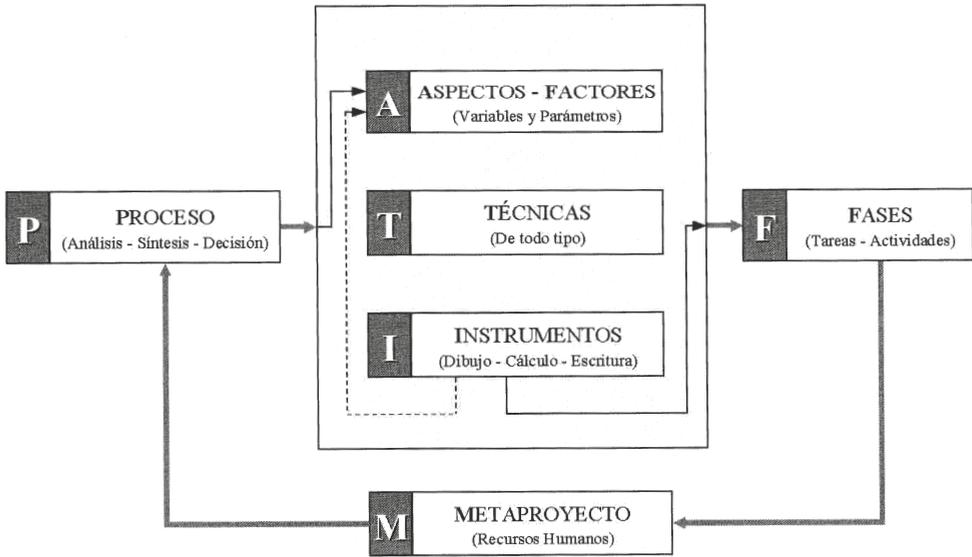


Figura 13. Ataque al problema desde cada una de las dimensiones del proyecto

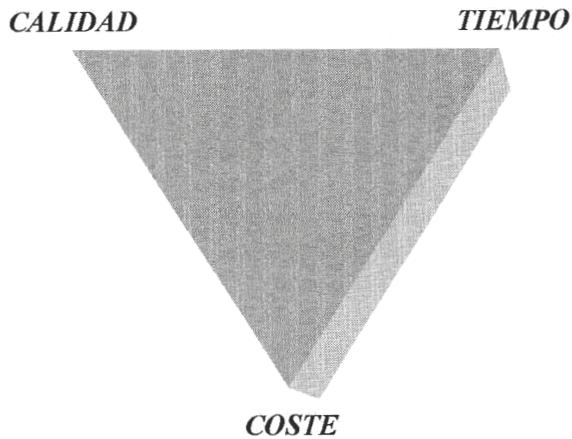


Figura 14. Factores extrínsecos: calidad, coste y tiempo

Desde el proyecto, por otra parte, se pueden definir otros tres factores intrínsecos básicos: tecnológico, económico y humano.

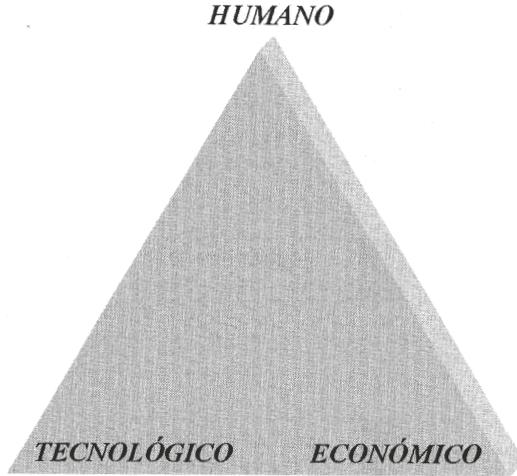


Figura 15. Factores intrínsecos: tecnológico, económico y humano

Los seis factores pueden integrarse en un todo tal como muestra la figura 16.

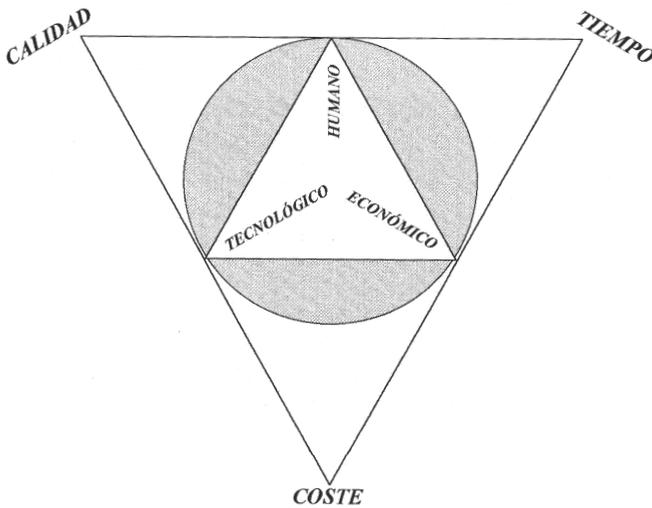


Figura 16. Integración de los factores que afectan al proyecto

El director del proyecto puede, a partir de estos factores, ir definiendo otros menos genéricos hasta alcanzar una concreción tal que cada uno de ellos quede especificado como variable, parámetro, condición o criterio. Para ir avanzando con mayor seguridad, debe ir asociado cada subsistema con los problemas proyectuales que encierra y éstos con las técnicas (T), si existen, que los resuelven. No deberá olvidar la disponibilidad de recursos humanos (M) y Materiales (I) que puede utilizar en el proyecto o que dispone la ingeniería. Como se ha representado en la figura 13 mediante líneas de trazos, el director del proyecto puede realizar varios bucles de aproximación con las dimensiones Factores (A), Técnicas (T) e Instrumentos (I) con el fin de ir definiendo las variables (A) que intervienen en los problemas y subproblemas del proyecto, las técnicas (T) más idóneas y los instrumentos (I) disponibles. Poco a poco podrá ir saliendo de este bucle interno e irá subdividiendo los subsistemas con precisión, asociando a cada uno de ellos un subproblema (con sus variables, técnicas e instrumentos). A medida que los subproblemas quedan suficientemente definidos, surge la necesidad de relacionarlos (P) y ordenarlos (F), asociando a ellos las personas (M) que han de resolverlos y los equipos y programas informáticos (I) en los que se han de apoyar.

Durante la primera etapa (subapartado 2.4.1) el director del proyecto había realizado una preplanificación de tareas de carácter estimativo. Ahora puede -y debe- perfilar mucho más las actividades a desarrollar, la dificultad de cada una de ellas, los recursos humanos y materiales a utilizar y el tiempo a emplear. Lógicamente, el coste del proyecto para la ingeniería podrá calcularse a partir de estos datos. La ordenación de las operaciones, y los posibles solapamientos entre ellas, se deducirán de la Estrategia General anteriormente aplicada y de la experiencia del director y su equipo. Si quedara alguna duda puede hacerse una planificación intermedia y realizar una programación detallada apoyándose en la subdivisión sistémica de la etapa siguiente. Quizá sea conveniente ahora recordar que el proyecto comprende también un *volver atrás* (feed-back) de modo que lo que va resolviéndose ayuda a definir etapas precedentes que precisan, para su total resolución, de datos y resultados de etapas posteriores²². El resumen del trabajo del director del proyecto, relacionado con la planificación de las tareas puede observarse en la figura 17, la cual muestra los subsistemas de la planta industrial, los problemas proyectuales asociados a ellos y la adjudicación de los trabajos a los diversos colaboradores que forman el equipo de diseño.

²² Como es prácticamente imposible reflejar en el papel todos los *feed-back* que lleva a cabo el proyectista, se ha optado por representar, en primer lugar, la planificación y programación de tareas aunque el lector podrá observar la fuerte relación entre esta etapa y la siguiente cuando lea el próximo subapartado.

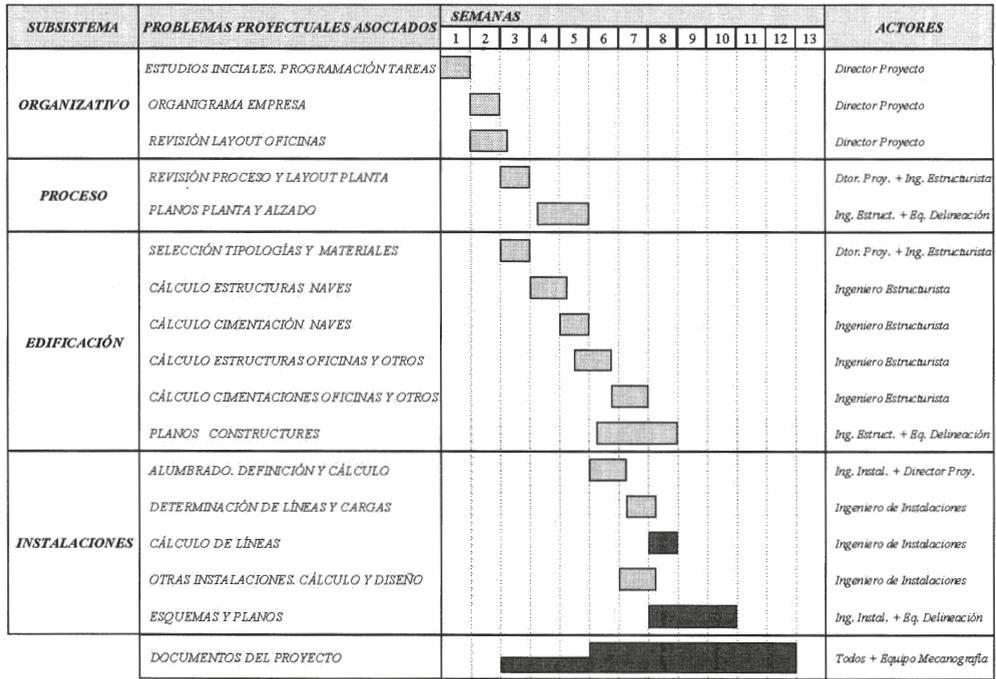


Figura 17. Resumen del trabajo del director del proyecto

Ahora pueden matizarse las diferentes actividades, su importancia y la responsabilidades de cada miembro del equipo.

Contemplando con detalle la figura 17, y comparándola con la preplanificación de tareas estimada anteriormente, pueden observarse algunas diferencias importantes. En primer lugar, el director del proyecto ha decidido participar directamente en el diseño y asumir funciones de ingeniero proyectista responsabilizándose de la definición del subsistema organizativo y colaborando con los otros técnicos en la selección de las soluciones constructivas más importantes. En segundo lugar, el número de especialistas se ha reducido a dos (aparte del propio director), uno especializando en edificación y el otro en instalaciones. En situaciones reales, lo más habitual es cada uno de estos ingenieros proyectistas (llamados, también, ingenieros de diseño o ingenieros *senior*) estén ayudados por otros técnicos en periodo de aprendizaje (ingenieros calculistas o ingenieros *junior*) que colaboran en la definición de hipótesis de cálculo, en la introducción de datos en el ordenador y en otros menesteres de más o menos responsabilidad. En estos casos, los plazos de diseño suelen poder ajustarse.

Hay que señalar, también, que en la figura 17 no aparecen referencias a las reuniones de equipo ni a la programación de actividades secundarias. Con referencia a las reuniones, el director ha de estar disponible ante cualquier duda que le pueda plantear su equipo (necesidad de información que no se ha recopilado en las etapas previas, dudas sobre la precisión de los cálculos, normativa a aplicar, etc.).

De la figura 17, el director puede estimar los costes de su proyecto. En resumen, suponiendo que a la vez están participando en otros proyectos o actividades, el coste estimado será:

Horas director	200	
Horas ing- estruct.	120	
Horas ing. instal.	70	
	<u>TOTAL 390</u>	x 30 €
		11.700
Delineación y mecanografía		2.000
Otros gastos		1.300
Total costes		<u>15.000 €</u>

2.4.4. SUBDIVISIÓN DEL SISTEMA OBJETO EN SUBSISTEMAS

Esta etapa podría haberse denominado *Subdivisión del problema-proyecto en subproblemas* por cuanto éste es el objetivo que se persigue. En realidad, dividimos el *sistema objeto imaginado* en subsistemas y, si es necesario, cada subsistema en componente, cada componente en partes y así sucesivamente hasta que la última participación pueda resolverse aplicando técnicas y métodos conocidos.

Dos son los criterios fundamentales para dividir un sistema en subsistemas, componentes y partes:

1. Cada subdivisión debe hacerse de tal manera que los enlaces (interacción entre las partes divididas) sean lo más débiles posible con el fin de poder modelizar cada parte como un problema que tenga el mínimo de condiciones externas.
2. Cada subdivisión debe hacerse de tal manera que se corresponda con una tecnología más específica, pues ello significa que pueden repartirse las tareas entre los especialistas que participen en el equipo de diseño.

Así, un sistema planta industrial puede dividirse en los subsistemas organizativo, proceso, edificación e instalaciones. El subsistema instalaciones puede dividirse en componentes tales como instalaciones eléctricas, instalaciones de fluidos, instalaciones de climatización e instalaciones de seguridad. Así mismo, las instalaciones eléctricas pueden subdividirse en alumbrado, líneas en baja tensión, transformador y protecciones.

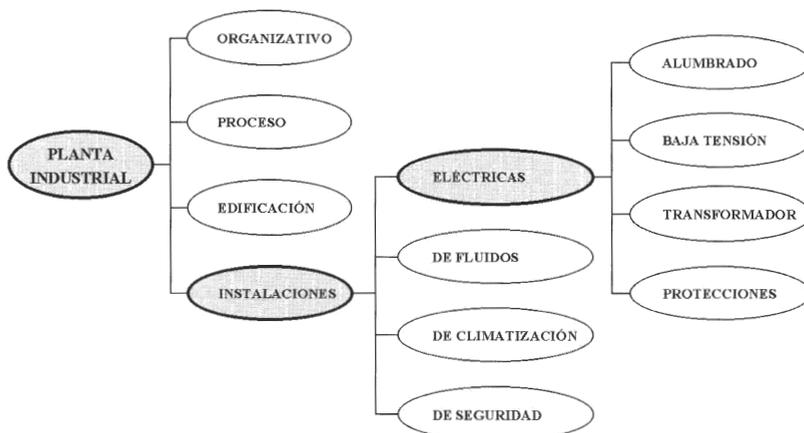


Figura 18. División en subsistemas del sistema planta industrial

Las divisiones que se muestran en la figura 18 es un ejemplo ya que, más adelante cuando nos centremos en el cálculo detallado, volveremos sobre ello.

Volvamos al nivel subsistémico y veamos lo que debe hacer el director del proyecto.

Ejemplo de análisis para definir el reparto y planificación de tareas.

El director del proyecto de una planta de elaboración de arroz (o de cualquier otra planta industrial) desea definir, a partir de los subsistemas básicos del proyecto que le ocupa los principales problemas que le han de ayudar a planificar, programar y repartir las tareas.

Actuación del director del proyecto

El director opta por realizar el trabajo partiendo del análisis de los subsistemas. Para ello, en un folio dibuja los cuatro subsistemas y va asociando a cada uno de ellos los problemas y subproblemas que la conciernen.

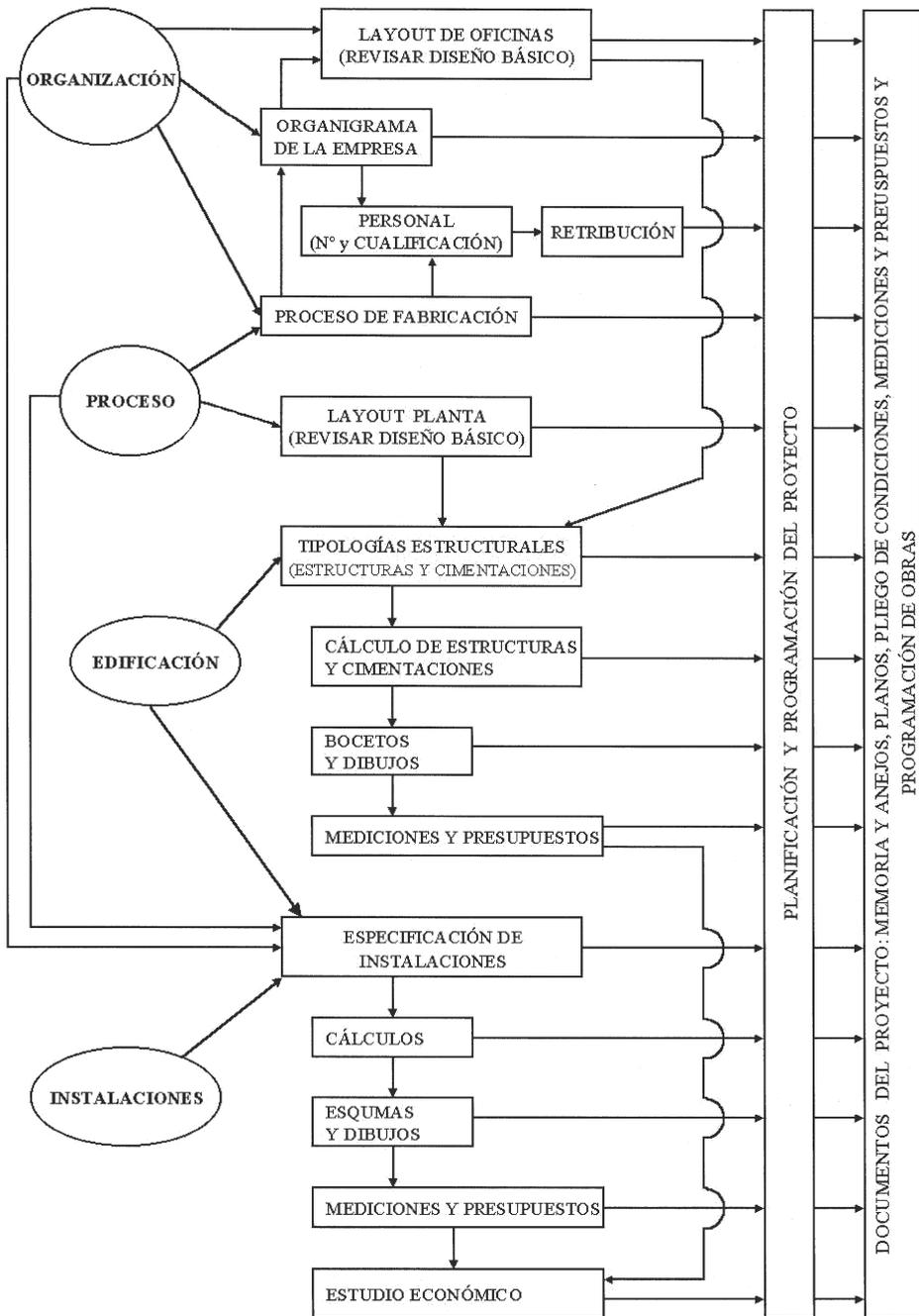


Figura 19. Subsistemas y problemas y subproblemas que les conciernen

Con el estudio se percata que algunos subproblemas dependen muy directamente de un único subsistema mientras que otros pueden tener dependencia doble o triple. Así va construyendo y esquematizando los conceptos fundamentales relacionados con cada subsistema. A partir de este esquema puede profundizar más a la hora de elaborar la planificación y programación del proyecto y el reparto de tareas entre los miembros de su equipo.

2.4.5. ESTUDIO Y CÁLCULO DE CADA SUBSISTEMA

Hasta esta etapa las principales actividades del proyecto han sido asumidas por su director. A partir de ahora, la responsabilidad del diseño y cálculo de cada subsistema recae sobre los ingenieros proyectistas encargado de su estudio.

Para analizar las actividades subsiguientes reproducimos en la figura 20 parte de lo que se mostraba en la figura 8.

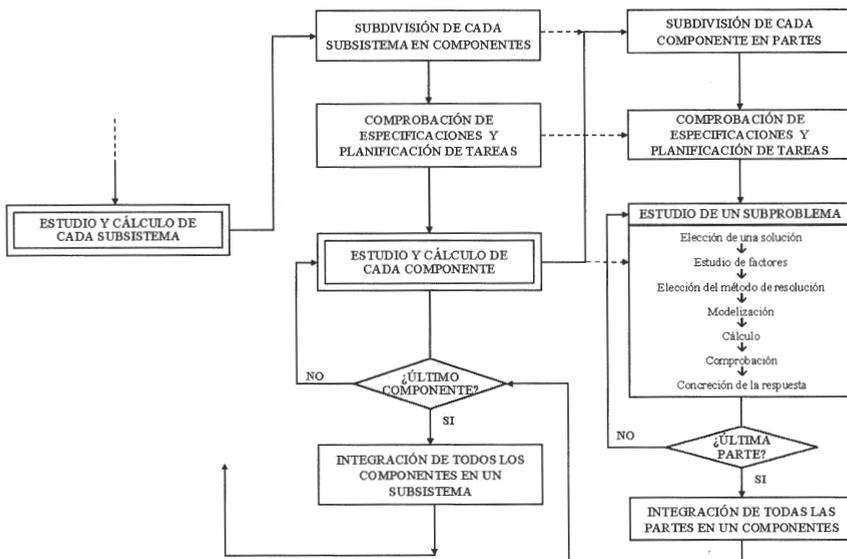


Figura 20. Detalle de la subdivisión del proyecto en problemas y subproblemas

Como hemos señalado anteriormente, del diseño y cálculo de un subsistema se responsabiliza un ingeniero proyectista, acompañado o no de un equipo de calculistas (casi siempre, técnicos jóvenes en formación) según la envergadura del trabajo. El esquema organizativo simplificado se muestra en la figura 21 en la que se observa que el director del proyecto es el responsable de la coordinación de las actividades de todos los ingenieros que trabajan para el proyecto.

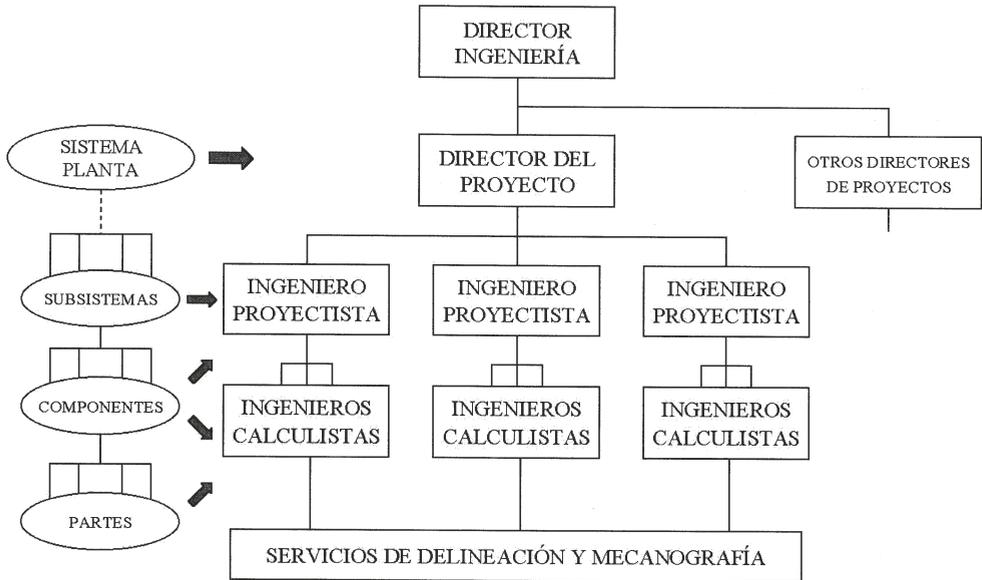


Figura 21. Actividades en el proyecto y responsabilidades

Otra estructura organizativa bastante habitual es la que se representa en la figura 22 en la que el director del proyecto -a través del director de la ingeniería o directamente- hace de coordinador pero la responsabilidad de cada parte o subsistema del proyecto pasa a depender funcionalmente de los ingenieros jefes de construcción, de proceso y de instalaciones, los cuales distribuyen los trabajos que los diferentes directores les encargan.

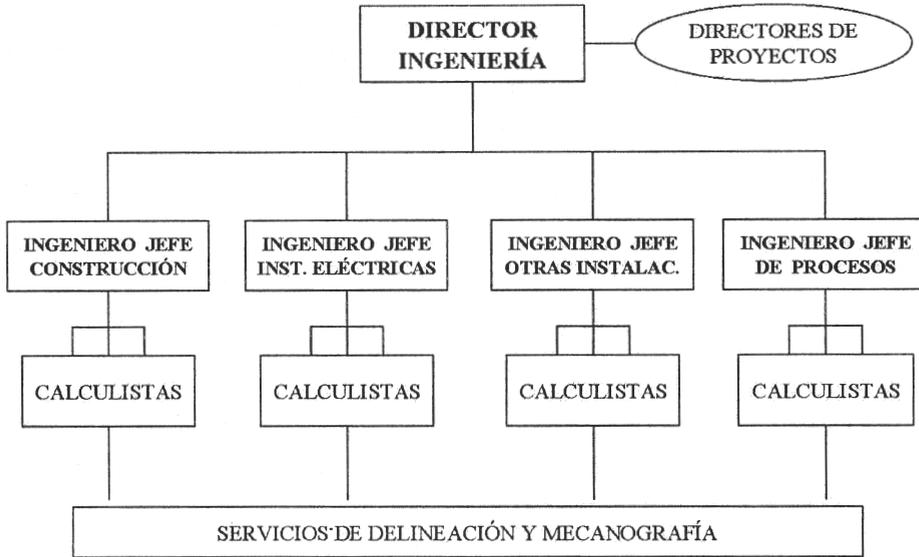


Figura 22. Organización material o de doble dependencia

Esta organización *material* (o de doble dependencia) se utiliza cada vez menos pues la organización *por proyectos* va ganado día a día más adeptos.

Volviendo a la figura 20 puede observarse que la primera subetapa que ha de realizar cada ingeniero jefe es la de **subdivisión de cada subsistema en componentes**. Sin embargo, si estos ingenieros poseen experiencia -o la posee la propia ingeniería- sobre proyectos semejantes, es posible que se decida realizar, también, la subdivisión de cada componente en partes hasta hacer coincidir cada subdivisión con un nivel en que existen métodos y técnicas para resolverlas. Veamos este caso con el ejemplo de la arrocería.

Ejemplo de subdivisión de cada subsistema

Los ingenieros jefes que han de diseñar cada subsistema se proponen subdividirlo en los niveles necesarios para poder calcular cada parte y poderla, posteriormente, integrar en un conjunto que representa al subsistema solución.

Actuación de cada ingeniero jefe

Cada ingeniero jefe debe realizar operaciones diferentes. Recordando la figura 18, en la que ya se ha subdividido el subsistema instalaciones veamos, ahora, las características y subdivisiones a llevar a cabo en los otros tres subsistemas: organizativo, proceso y edificación.

El ingeniero jefe encargado del subsistema organizativo²³ debe saber, si posee experiencia, que el subsistema se puede dividir en dos componentes: organigrama y distribución física (*Layout de oficinas*). El organigrama no es otra cosa que construir la estructura orgánica de las personas que han de trabajar para la nueva empresa, definiendo sus funciones y sus responsabilidades. Por lo tanto, la división del subsistema organizativo es, a su vez, la resolución de este problema proyectual. La componente *distribución física* se basará en alguna técnica de *layout* que domine la ingeniería. Como puede deducirse de la figura 23, el organigrama y el layout son una misma cosa vista desde perspectivas diferentes.

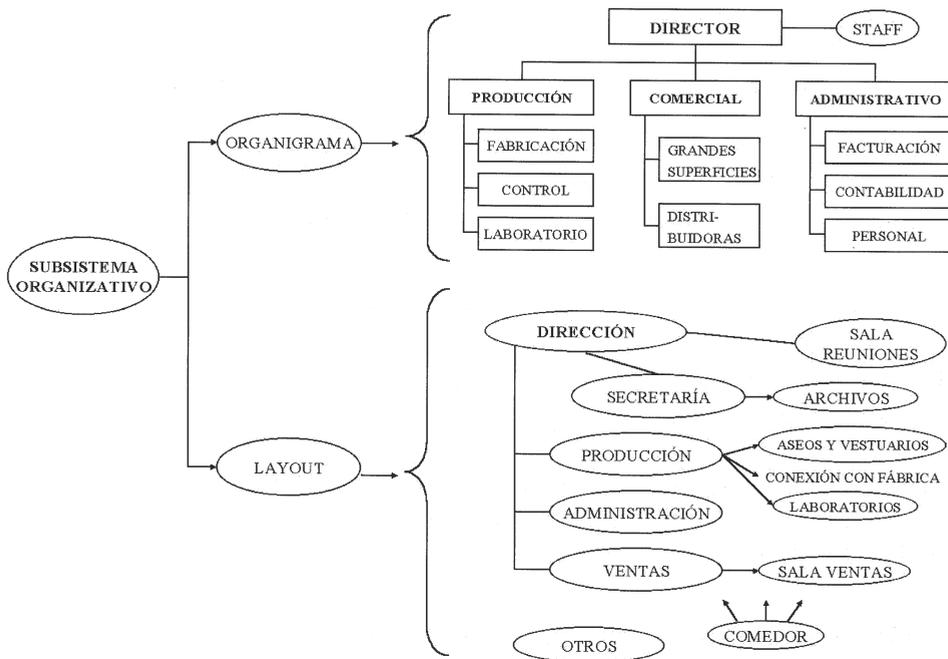


Figura 23. El doble aspecto del mismo problema: organigrama y distribución en planta

²³ Recuérdese que esta función, en el caso de la arrocería, había sido asumida por el propio director del proyecto.

El ingeniero jefe encargado del subsistema proceso debe contemplar dos componentes: el proceso de fabricación y el layout de la planta. Como estos componentes han sido resueltos en la fase de diseño, ahora corresponde únicamente comprobar que aquellos trabajos proyectuales se efectuaron con meticulosidad y seriedad y que los resultados obtenidos siguen siendo válidos.

Con los resultados obtenidos de los subsistemas organizativo y de proceso puede redactarse algunos de los capítulos más importantes de la Memoria Descriptiva. Además, de estos estudios se obtendrán datos técnicos y económicos necesarios para los otros subsistemas y para otros capítulos de la Memoria.

El ingeniero jefe encargado del subsistema edificación es el que más actividad ha de desarrollar en la fase de diseño de detalle. Si posee experiencia construirá una división que probablemente comprenda más niveles que en los casos vistos hasta ahora. La figura 24 recoge una posible subdivisión que le permitirá repartir tareas entre los ingenieros especialistas que dependan de él.

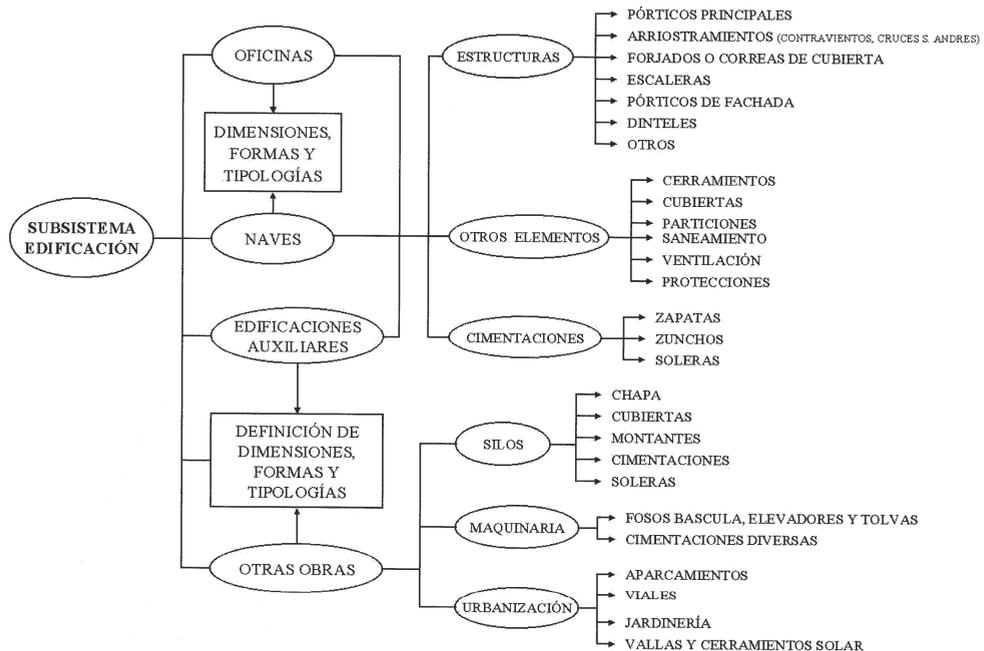


Figura 24. Posible subdivisión de reparto de tarea entre los ingenieros especialistas

La siguiente subetapa que ha de realizar cada ingeniero jefe es la de **comprobación de especificaciones y planificación de tareas**. Las comprobaciones consistirán en verificar que las que se han establecido para el sistema son suficientes para cada componente o parte. Si no es así, el ingeniero jefe y su equipo deben trabajar en perfilar dichas especificaciones. En cuanto a la planificación de tareas es habitual que el director del proyecto (recuérdese, por ejemplo, la figura 17) haya marcado unos plazos genéricos para cada subsistema, en definitiva, para cada ingeniero jefe pero serán éstos los que desmenucen las tareas para poderles repartir entre los ingenieros especialistas de su equipo. Así, si el director del proyecto había planificado por *semanas*, el ingeniero jefe deberá hacerlo por días y utilizando actividades más concretas. Proponemos al lector que realice un esfuerzo e intente resolver el siguiente problema antes de leer la solución que se propone a continuación.

Problema 1

Construya un diagrama de barras para programar el subsistema edificación de acuerdo con los tiempos establecidos en la figura 17 para este subsistema y basándose en la división que aparece en la figura 24. Además, debe trabajar bajo la hipótesis de que el ingeniero jefe (de nombre, Juan) tiene experiencia en el diseño de fachadas, en selección de tipologías estructurales, en urbanizaciones y en cálculo de estructuras. Los dos ingenieros especialistas que van a colaborar con él se llaman Carmen y Miguel. Carmen se ha especializado en cálculo de estructuras y cimentaciones de naves mientras que Miguel conoce bien el Eurocódigo 1. Parte IV de cálculo de silos defendiéndose con habilidad en el cálculo de pórticos planos y en cimentaciones especiales.

Solución al problema 1

Las subdivisiones que aparecen en la última columna de la figura 24 son excesivas para nuestro objetivo (muchas se realizan sin discontinuidades y por el mismo especialista) por lo que se agruparán hasta dejar entre diez y quince actividades. Los tiempos estimados se obtienen de la experiencia y suponiendo que no existen problemas (estructurales, de cimentación, etc) que exijan una dedicación fuera de la normal ya que no es extraño encontrar, a veces, problemas singulares que demandan esfuerzos adicionales. La figura 25 muestra la programación considerando un intervalo de tiempo útil de 30 días hábiles (tomados de la figura 17).

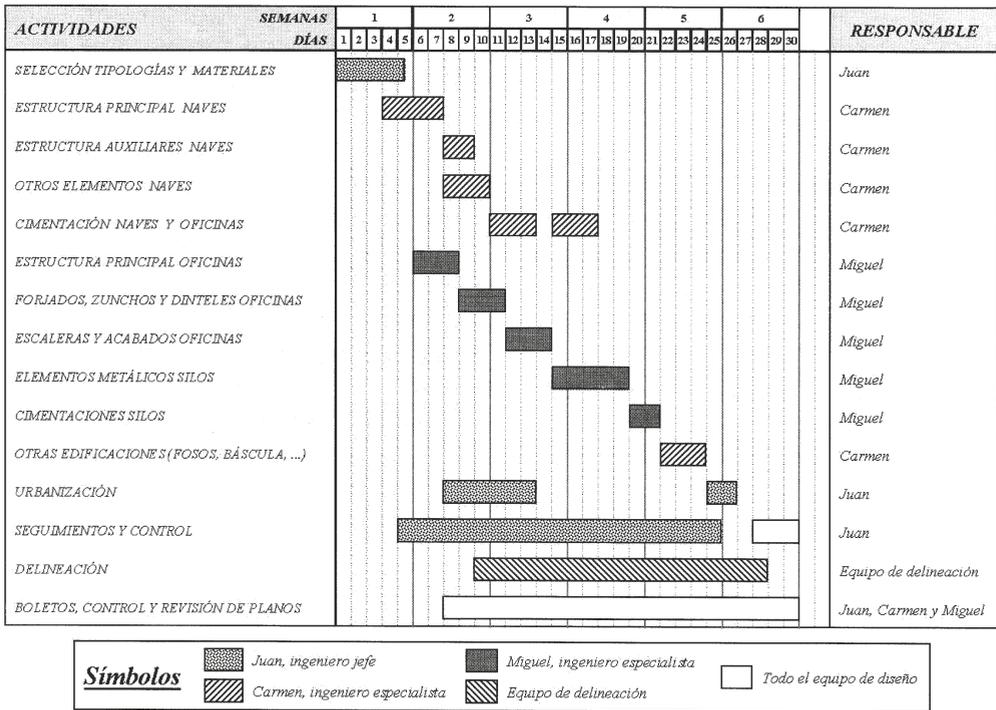


Figura 25. Programación. (Problema)

Sobre la figura 25 (que recomendamos al lector que la estudie con detenimiento y la compare con su propia solución, si la ha desarrollado) conviene realizar algunas aclaraciones. La primera es que el reparto de tareas debe procurar hacerse siempre para aprovechar las cualidades del equipo de diseño. La segunda es una limitación de la anterior porque debe procurarse, a la vez, un equilibrio en el tiempo que ha de emplear cada miembro del equipo en llevar a cabo las tareas que se le han encomendado; es por ello, por lo que se ha previsto que el propio ingeniero jefe, Juan, efectúe labores de ingeniero especialista. La tercera es que existen numerosas soluciones correctas; algunas, incluso, podrían significar una reducción o ampliación de los plazos (sin embargo, la solución propuesta respeta los plazos establecidos por el director del proyecto).

Por otra parte, cabe reflexionar aunque sólo sea brevemente, sobre la técnica empleada, tanto en la figura 17 como en la figura 25, para realizar la planificación y programación de las tareas. Dicha técnica diagramática fue desarrollada por Gantt a principios del siglo XX (fue empleada durante la Primera Guerra Mundial) y es muy útil en proyectos de pequeña o me-

diana entidad y dificultad. En proyectos grandes, de larga duración y con numerosas actividades (macroproyectos), y sobre todo cuando participan varias ingenierías pro medio de una Unión Temporal de Empresas (UTE), es más conveniente utilizar técnicas más sofisticadas e informatizadas basadas en los métodos PERT, CPM o similares pues todos ellos permiten ajustar los plazos (PERT-TIEMPOS, por ejemplo) e, incluso, optimizar los costes y los recursos humanos a emplear (PERT-COSTES y PERT-RECURSOS, por ejemplo). En cualquier caso, se aplique unas u otras técnicas, se maneja sobre todo el diagrama de barras que ideó Gantt.

El siguiente paso que ha de activarse es el del **estudio, cálculo y resolución de cada subproblema**. Dada su importancia y la necesidad de reflexionar sobre ello, pues la tarea de muchos ingenieros (ingenieros especialistas e ingenieros calculistas sobre todo) se centra en dichas actividades, se tratará en el capítulo siguiente.

2.4.6. LA INTEGRACIÓN DE LAS PARTES EN UN TODO

Hechas las divisiones necesarias y la planificación y programación de tareas, tal como se ha estudiado en el apartado anterior (apartado 2.4.5) y realizados también los cálculos, tal como se verá en el próximo capítulo (capítulo 3), la siguiente actividad a desarrollar (véanse figuras 8 y 20) tiene un claro carácter sintético pues consiste, fundamentalmente, en ir integrando las soluciones obtenidas para cada subproblema (problema simple de acuerdo con el *principio de unidades elementales*) en conjuntos más grandes.

Si las divisiones realizadas se han hecho de tal manera que los enlaces (las interrelaciones o influencias) entre subsistemas, entre componentes y entre partes (subproblemas) son débiles (baja relación) la integración no resultará, normalmente, difícil. La dificultad crecerá proporcionalmente con la importancia de esos enlaces llegando, esta situación, a convertirse en problemas que pueden representar cierta complejidad pues puede significar una vuelta atrás (*feed-back*) y, por tanto, tener que volver a calcular o modificar algunas de las soluciones adoptadas.

La integración no puede realizarse de una sola vez porque no todos los problemas se resuelven simultáneamente (en general, unos dependen de otros) y porque los responsables de la integración son diferentes según el nivel de subdivisión en que se esté.

Así pues, la integración se inicia en los niveles de mayor descomposición, es decir, en el estudio en el que cada parte en que se ha dividido el sistema objeto se corresponde con un problema proyectual simple (resoluble mediante una técnica específica).

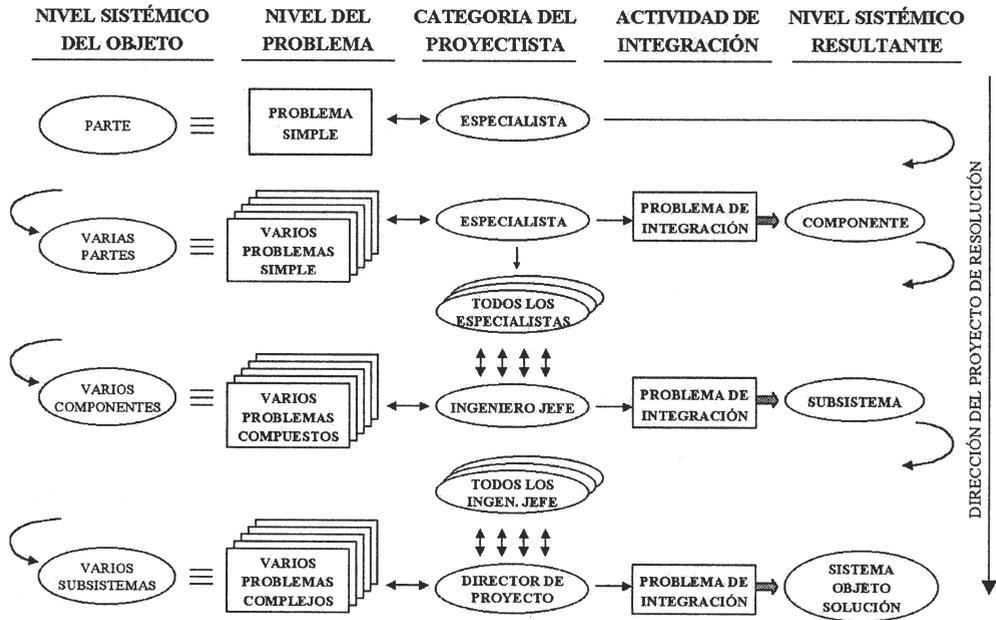


Figura 26. Integración de las soluciones

En este nivel, quienes realizan la integración son los ingenieros especialistas o calculistas. Cada uno de ellos se encarga de integrar las partes que va calculando y resolviendo; a medida que realiza esta tarea puede ir apareciendo alguna inconsistencia o incompatibilidad, lo que le obligará a volver atrás y reconsiderar alguna hipótesis de las que adoptó al empezar los cálculos.

En el siguiente nivel de integración el ingeniero jefe es el responsable de analizar si lo diseñado por cada ingeniero especialista puede acoplarse con los componentes de los otros ingenieros y conformar subsistemas coherentes.

Por último, es el director del proyecto el responsable de integrar los subsistemas en un todo armónico. Para ello, junto con sus colaboradores revisará los problemas que aparecen al integrar unos subsistemas con otros.

Los problemas que surgen al integrar las partes pueden plantearse antes de haberse finalizado los cálculos, sobre todo cuando funcionan correctamente las actividades de seguimiento y control. El riesgo de falta de integración se reduce mucho cuando todo el equipo proyectual, y sobre todo los que asumen mayores responsabilidades, tiene experiencia en proyectos semejantes.

La integración es un problema derivado de los propios problemas proyectuales al ir resolviéndose éstos. No existe una técnica específica para resolverlo más que, cuando aparece un defecto de integración, debe volverse atrás y reajustar los problemas ya resueltos que han producido esas inconsistencias. Se pueden reducir los problemas de integración si todo el equipo de diseño adopte algunas precauciones. He aquí algunas recomendaciones:

1. Procurar que exista coherencia en las hipótesis, trabajando los problemas bajo las mismas condiciones. Todo el equipo debe saber, por tanto, cuáles son las especificaciones de diseño.
2. Utilizar materiales para el diseño que sean compatibles con las condiciones del entorno.
3. Emplear métodos de cálculo compatibles y con precisión similar.
4. Emplear instrumentos fiables y semejantes en precisión para resolver cada uno de los problemas.
5. Procurar una fiabilidad semejante para cada componente.
6. Mantener una comunicación fluida y constante entre todo el equipo.
7. Poseer un nivel de conocimientos compatible, es decir, que aunque unos miembros sepan más que otros, la colaboración entre todos reduzca la importancia con que las posibles carencias de alguno puede influir en la calidad final del proyecto.

En esta etapa de integración sucede, a veces, que los posibles desajustes o las dificultades de acoplamiento o funcionamiento entre partes no pueden resolverse volviendo atrás y reconsiderando los problemas ya resueltos sino que dichas inconsistencias se deben a la falta de exactitud de los métodos existentes o de las propias partes del sistema. Entonces, la solución sólo puede pasar por una etapa de **experimentación** en la que, mediante técnicas de *ensayo y error*, se corrijan los defectos y se ajuste el sistema.

Algunos problemas proyectuales no pueden resolverse hasta que la etapa de integración está resuelta. Esos problemas (planificación de la realización, estudio económico, presentación documental del proyecto, etc) se irán viendo en los apartados y capítulos siguientes.

2.4.7. PLANIFICACIÓN DE LA REALIZACIÓN

Una ingeniería debe planificar la fase de realización -en la que participa asumiendo funciones de dirección de obra, coordinando las actividades que conducen a transformar la solución obtenida en el proyecto en una realidad física, organizativa u operativa que dé respuesta a los requerimientos y especificaciones establecidos por el cliente- poco antes de iniciar dicha fase. Sin embargo, en algunas tipologías de proyectos, en concreto en la mayoría de proyectos de construcción, es una exigencia legal el planificar las obras e incluir dicha documentación con el resto de documentos del proyecto. Como se verá en el capítulo dedicado a la fase de realización, el ejercicio de planificar las obras en la fase de diseño de detalle es un problema puesto que se desconoce, normalmente, qué contratistas y proveedores van a implementarlas por lo que no se tienen datos de los posibles recursos disponibles ni la fecha de comienzo e, incluso, puede no saberse quienes van a formar el equipo de dirección del proyecto. Por ello remitimos al lector al capítulo 4 (Documentos) y sobre todo al capítulo 5 (Realización) para tratar más ampliamente este tema.

2.4.8. DOCUMENTACIÓN Y COMUNICACIÓN

Durante todo el diseño de detalle se realizan actividades **metaproyectuales**²⁴. Es indudable que si no hubiera comunicación entre los actores del proyecto (cliente-proyectistas, proyectista-proyectista, proyectista-administración, etc) éste no podría llevarse a cabo y se paralizaría nada más empezar.

²⁴ Recordamos al lector que el *metaproyecto* es lo que está antes de que se haya iniciado el proyecto y después de que se haya acabado: la organización y el conjunto de recursos que lo han resuelto.

Si esta comunicación es importante durante el desarrollo del diseño adquiere una relevancia especial en las etapas finales pues es cuando hace de presentarse los resultados ante el cliente y ante otras instancias. Ello exige, en la gran mayoría de proyectos, elaborar una serie de documentos que, en su conjunto, permitan entender tanto las respuestas a los problemas proyectuales planteados como la forma en que se ha llegado a ellos. Tan importante es esta etapa que algunas definiciones de Proyecto comienzan con la frase: *Proyecto es el conjunto de documentos.*²⁵

Por este motivo, y porque la propia estructura documental puede servir de guía para resolver un proyecto, en este libro le dedicaremos el capítulo 4 a tratar la forma de presentar y elaborar los Documentos del Proyecto.

BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

- **DE COS, M. (1997)**“Teoría general del proyecto. Volumen II. Project Engineering”. Síntesis. Madrid.

Este libro del catedrático de Proyectos de la U.P. de Madrid es altamente recomendable, especialmente, para aquellos que vayan a dedicarse al diseño de grandes plantas o instalaciones.

- **DIXON, J.R. (1970). Diseño en ingeniería (inventiva, análisis y toma de decisiones). Limusa. México.**

Se trata de un libro clásico que trata el tema del diseño de detalle desde diversos puntos de vista.

- **KRICK, E. (1979), Fundamentos de ingeniería, métodos, conceptos y resultados. Limusa. México**

Como el anterior, explica muy bien diversos aspectos del diseño de detalle con un enfoque claramente proyectual. Su único inconveniente es que quizá sea demasiado descriptivo en algunos momentos.

²⁵ Así lo recoge el Instituto de Ingenieros Civiles de España y algunos diccionarios y enciclopedias.

CAPÍTULO 3

LOS CÁLCULOS EN PROYECTOS

OBJETIVO

Después del estudio de este capítulo, el lector debería:

- Haber comprendido qué son los cálculos en proyectos y cuál es su importancia.
- Conocer cuáles son los objetivos de los cálculos.
- Distinguir entre un problema tecnológico y un problema proyectual.
- Interpretar el proyecto como un problema complejo descomponible en problemas más simples.
- Conocer la importancia del ordenador, de la modelización y de la documentación en los cálculos en proyectos.
- Conocer la importancia de las normas en los cálculos.

3.1. LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS Y EL PROYECTO

En este libro y en otros anteriores en los que los autores han participado²⁶, hemos diferenciado el concepto de *problema tecnológico* del de *problema proyectual*. Analicemos estas diferencias. Decimos que un problema es tecnológico cuando:

- 1 Existe un planteamiento del mismo en el que, de forma más o menos clara, están definidas las condiciones de funcionamiento y formales de un objeto. Así, por ejemplo, si el problema es calcular una nave industrial, están definidas sus dimensiones (luz, altura y longitud e, incluso, separación entre pórticos) y se dan otros datos que permitan resolver el problema.
- 2 Existe y se conoce una técnica o un método de cálculo, y se dispone de instrumentos (ordenador y programas), que permiten su resolución.
- 3 Suele haber una única respuesta válida.

Esta clase de problemas se enseña y aplica, durante los estudios de ingeniería, en la gran mayoría de asignaturas básicas y tecnológicas de la carrera. Sin embargo, los problemas reales que se le presentan a un inge-

²⁶ Gómez-Senent, E. *Introducción al Proyecto*. SPUPV. Valencia 1988

niero en su actividad profesional difieren apreciablemente de esta situación porque estos problemas reales son proyectuales y, en ellos:

- 1 Es el proyectista el que debe definir las condiciones del problema, extrayendo de diversas fuentes la información y los datos que necesita para resolverlo.
- 2 Es el proyectista el que selecciona la técnica más adecuada y la aplica con los instrumentos más idóneos (de entre los que dispone).
- 3 Puede suceder que la respuesta no sea única y deba, el proyectista, decidir entre varias.

En este capítulo se verá que no pocas veces es más importante saber plantear un problema que conocer únicamente la técnica que permite encontrar una solución.

La figura 27 muestra las diferencias entre un problema tecnológico y un problema proyectual.

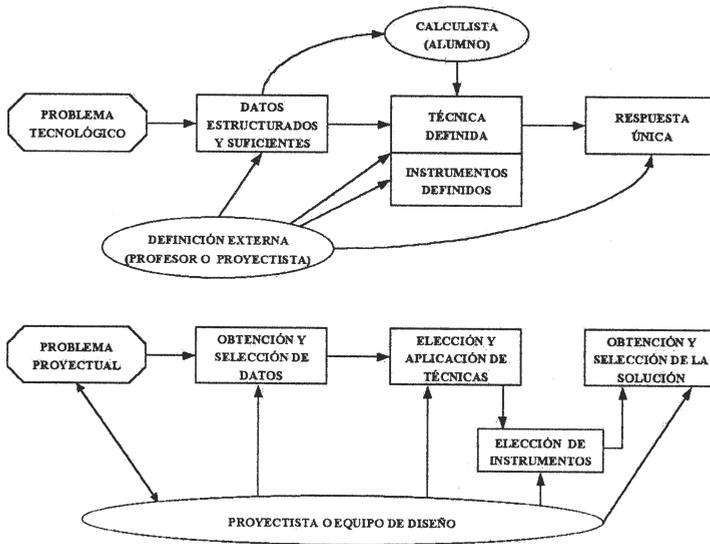


Figura 27. Diferencias entre un problema tecnológico y un problema proyectual

Cómo se ve, en el primer caso, el calculista no puede inferir prácticamente nada en el proceso de resolución, mientras que el proyectista interactúa con el problema proyectual desde el inicio hasta la obtención y definición de la respuesta. Como conclusión a esta breve disquisición puede

decirse que un problema tecnológico está formado por un pequeño número de etapas, las cuales forman parte de todo el conjunto de etapas que es necesario recorrer en un problema proyectual.

Por otra parte, cabe recordar que antes de ponerse a plantear, calcular y resolver un problema, el proyectista lo ha ido descomponiendo en subproblemas (y éstos en *subsubproblemas*) hasta un desmenuzamiento tal que cada parte se ha convertido en un problema simple, que es aquél para el que existen métodos y técnicas que permiten su resolución.

3.2. MODELOS DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Hace ya mucho tiempo que, desde el ámbito de la psicología y desde otros campos, se ha venido investigando cómo el ser humano resuelve problemas. Desde los inicios del siglo XX estas investigaciones se han desarrollado más y han conducido a conocer mejor cómo pensamos. Ello ha hecho que diversos autores hayan propuesto modelos del pensamiento humano.

De todos estos modelos, el que más éxito ha tenido tanto en el entorno de la ingeniería como en el del proyecto es el que se basa en lo que J.C. Jones²⁷ llama *caja transparente* y que puede describirse mediante las operaciones de *análisis-síntesis-evaluación-decisión-realimentación*. Este modelo se fundamenta en la parte consciente del ser humano y utiliza el conocimiento adquirido y la memoria como elementos determinantes en la resolución de problemas. No es de extrañar, pues, que este modelo preconice el uso tanto de *relaciones ya percibidas* (conocidas) como el método tan habitual de *ensayo y error*.

Algunos autores, sin negar la importancia de este modelo, propugnan otro complementario que justificaría la capacidad de crear cosas nuevas que todos poseemos en mayor o menor medida. Las operaciones implícitas en este modelo de creatividad o innovación (de *caja negra*, según Jones) son, según la propuesta de Wallas²⁸, *preparación-incubación-iluminación-elaboración*. Este modelo se fundamenta en que existe una parte no controlada de la mente humana (subconsciente o inconsciente) que, mediante analogías, acaba encontrando *nuevas relaciones*, nuevas creaciones.

²⁷ Jones, J.C. Métodos de diseño.

²⁸ Véase: Mayer, R.E. Pensamiento, Resolución de Problemas y Cognición. Paidós. Madrid 1986

Por otra parte, y derivada de nuestras investigaciones sobre el proyecto -que se han plasmado en una propuesta de teoría (*Teoría de las Dimensiones del Proyecto*) y en la definición de los *Principios* que la acotan-, hemos elaborado un modelo de resolución de problemas²⁹ (un *paradigma*) al que se ha denominado *Estrategia General de Resolución de Problemas*. Esta Estrategia es un intento de integración de los modelos, el de caja transparente y el de caja negra, en uno solo pues cabe la resolución lógica y consciente de un problema, por lo que difícilmente se pueden separar ni en el tiempo ni conceptualmente ambos modelos.

Vamos a basarnos en esta estrategia para construir una metodología de resolución de problemas proyectuales de carácter general.

3.3. ESTRATEGIA GENERAL DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Este paradigma se basa en el hecho de que, si para resolver cualquier problema, las actividades intelectuales puestas en juego se pueden agrupar en seis dimensiones (proceso, fases, metaproyecto, factores, técnicas e instrumentos) no existirá mejor modelo de resolución que aquel que garantice que todo avance intelectual se realiza armónicamente mediante la activación iterativa de todas y cada una de esas dimensiones.

Intentemos mostrar la estrategia de resolución de problemas de forma simbólica. Para ello imaginemos que un problema cualquiera se puede representar mediante una esfera. Si dicha esfera está llena supondremos que el problema está resuelto, si está vacía es que lo desconocemos todo de él y si está parcialmente llena es que tenemos un conocimiento parcial del mismo.

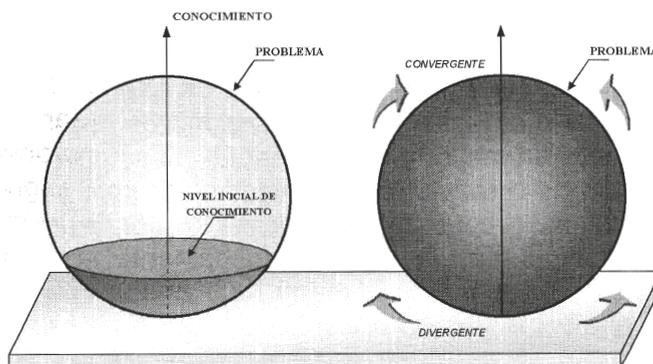


Figura 28. Representación del conocimiento que tenemos sobre un problema

²⁹ Gómez-Senent, E. La Ciencia de la Creación de lo Artificial. Un paradigma para la resolución de problemas. Colección Ciencia e Ingeniería. SPUPV. Valencia. 1998.

El avance en el conocimiento se supone que es en la dirección de abajo arriba y se expresa que, para avanzar armónicamente, el nivel de conocimiento debe permanecer equilibrado entre las seis dimensiones.

Insertemos, ahora, dentro de la esfera la estrategia general de resolución de problemas. Para ello, dividamos en primer lugar la esfera mediante seis meridianos equidistante de modo que cada sector (*gajo*) resultante represente una de las seis dimensiones. Insertemos, en segundo lugar, un cilindro cuyo eje coincida con el eje vertical de la esfera y permitamos que este cilindro pueda girar respecto a dicho eje en un sentido o en otro. Dicho cilindro está comandado por la dimensión proceso, la cual toma, en cada momento, la decisión que parece más adecuada, activando **una u otra dimensión**.

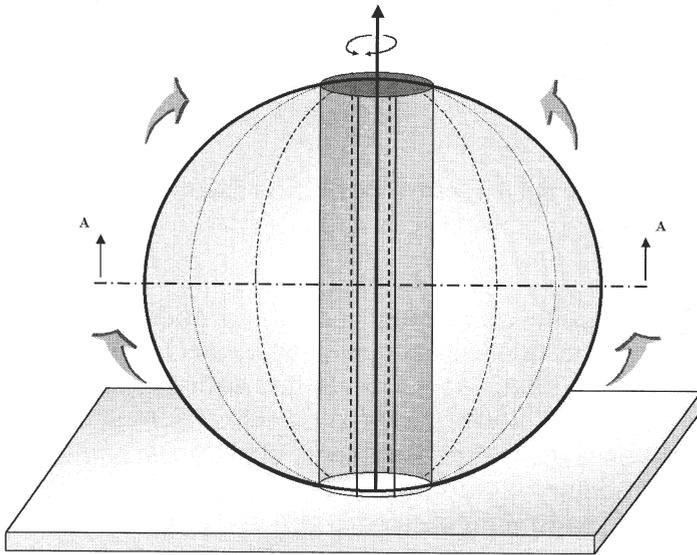


Figura 29. Las dimensiones del proyecto en la resolución de un problema

En un momento cualquiera de la resolución del problema el nivel de conocimiento del mismo estará situado en una posición tal que corta la esfera y el cilindro en un determinado plano. Dibujando la sección A-A correspondiente se obtiene la figura 30. Las seis dimensiones aparecen representadas tanto en la esfera como en el cilindro aunque no necesariamente están encaradas. Sin embargo, todo inicio de una actividad exige que cada sector de la esfera coincida con su homólogo en el cilindro.

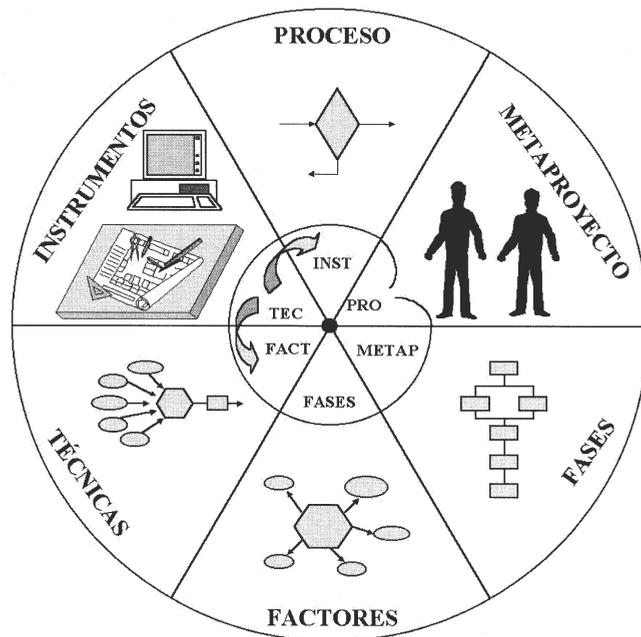


Figura 30. Dimensiones del proyecto (sector de la esfera de conocimiento y del cilindro)

La dimensión **proceso** es la más importante dado que, al asumir la función de decidir, es la que active cualquier operación (seguir adelante, volver atrás, cambiar de dirección,...). Es la que activa el cilindro haciéndolo girar hasta posicionar el sector proceso del cilindro frente al sector de la esfera que se desea activar. La dimensión elegida es sobre la que el proyectista debe trabajar interactuando el binomio dimensión-problema. Cuando este trabajo se termina, el cilindro gira en la dirección que le marca proceso con la única condición de que no puede cambiar de nivel mientras no se haya trabajado en los seis binomios que se establecen entre el problema y cada una de las dimensiones.

La dimensión **metaproyecto** es la que se encarga de las actividades encaminadas a establecer una coordinación adecuada entre los actores o agentes que participan en el proyecto: cliente, usuarios, proveedores e ingeniería y, dentro de ésta, todos los participantes del proyecto (director de la ingeniería, director del proyecto, ingenieros-jefe, especialistas o calculistas, delineantes, personal de los servicios administrativos..). Esta coordinación depende en gran parte de la habilidad en fijar unos buenos cauces de comunicación.

La dimensión **fases** asume las actividades encaminadas a ordenar cada una de las operaciones (etapas, subetapas y pasos) de la manera mejor para llegar a resolver el problema. Íntimamente ligada al proceso, conforman entre las dos las que hemos llamado dimensiones intrínsecas.

La dimensión **factores** es la que se ocupa de las actividades de análisis, necesarias en cualquier problema para poderlo resolver con acierto. Al activar el binomio problema-factores debe llegarse a definir los factores (variables, parámetros y condiciones) que influyen en la solución. Muy relacionada con las dimensiones *técnicas* e *instrumentos*, se ayuda de ellas para definir todos los factores influyentes.

La dimensión **técnicas**, con un claro carácter sintético, desarrolla las actividades encaminadas a seleccionar los métodos y técnicas adecuadas para resolver un problema, atendiendo a la información que se ha adquirido en el diseño o que ya se poseía.

La dimensión **instrumentos** agrupa las actividades que se apoyan en instrumentos de diseño (ordenador, tablero de dibujo, calculadoras, etc) para aplicar las técnicas elegidas de acuerdo con la calidad, el coste y el tiempo que se le exige al equipo de diseño.

Aplicada esta Estrategia a la resolución de problemas de ingeniería se ha obtenido una metodología para su resolución, que ya se apuntó en las figuras 8 y 20 y que se presenta completa a continuación.

3.4. METODOLOGÍA DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE INGENIERÍA

Cuando hablamos de problemas de ingeniería nos referimos a cualquier problema -tecnológico o no- que se le pueda presentar a un técnico en el ejercicio de su profesión pero que, conceptualmente, es un *problema simple* porque procede de la descomposición de un problema complejo (proyecto) en otros más concretos a los que pueden aplicarse técnicas específicas.

La figura 31 muestra esquemáticamente la estructura metodológica genérica que debe seguirse en el estudio y resolución de cualquier problema de ingeniería *simple*.

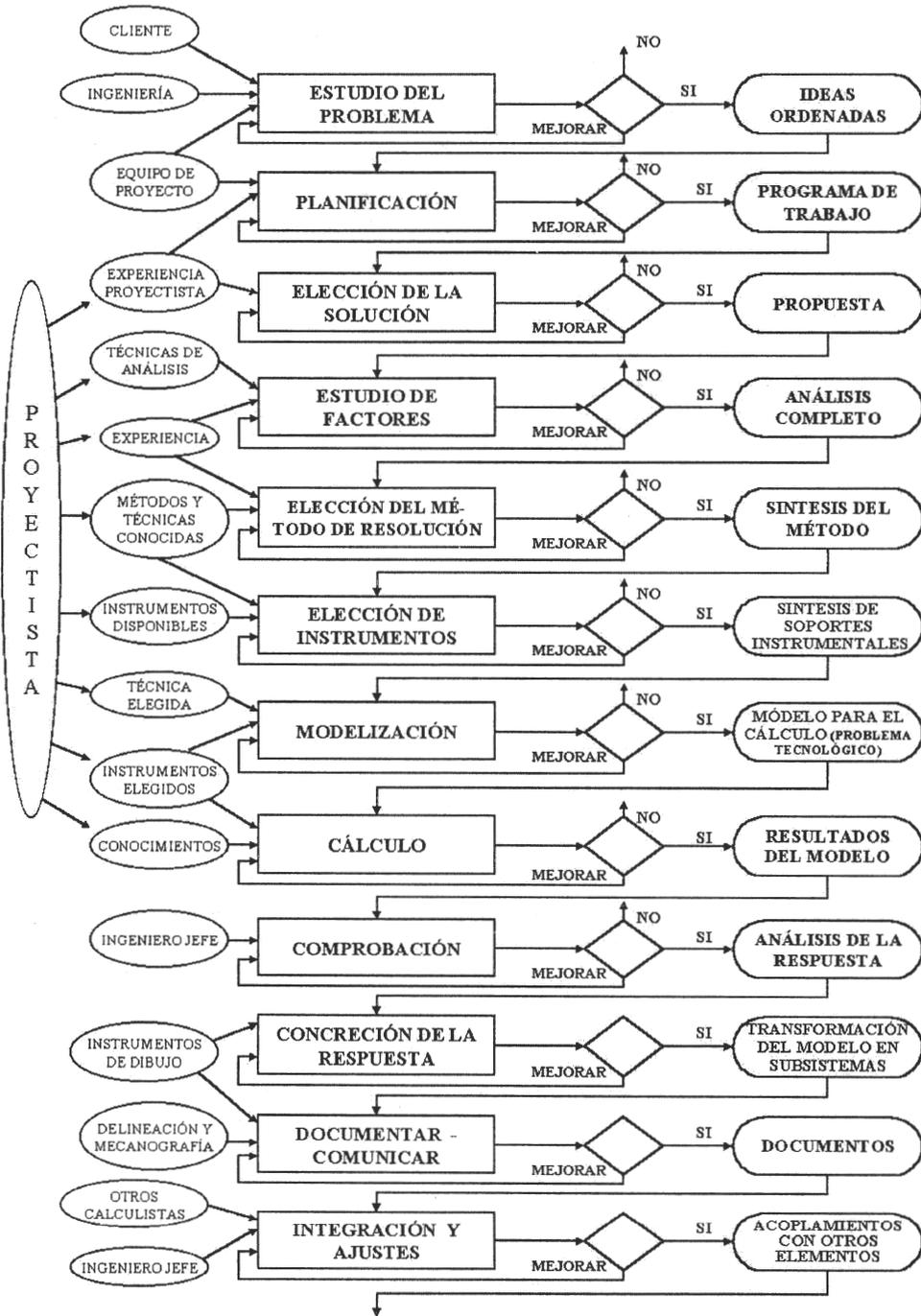


Figura 31. Metodología para la resolución de problemas de ingeniería

En los subapartados siguientes se comenta el contenido de cada una de las etapas, haciendo hincapié en los aspectos más importantes que debe conocer y desarrollar un buen proyectista.

Antes de comenzar con esta descripción conviene resaltar que lo que se presenta (el esquema de la figura 31 y las descripciones subsiguientes) es el resultado de la aplicación de la Estrategia General de Resolución de Problemas al *problema* de definir una metodología pero no una explicación de todos los pasos llevados a cabo en esa aplicación. El lector debe, pues, saber que cada etapa ha exigido contemplarla desde todas las dimensiones, aunque en algunas de ellas predomine apreciablemente, una dimensión sobre las demás. Así, algunas tienen un carácter analítico (*factores*), otras se apoyan en la síntesis (*técnicas*), las hay en las que dominan cuestiones de coordinación (*metaproyecto*) o de ordenación (*fases*) y en todas, las decisiones (*proceso*) hacen siempre acto de presencia y marcan la evolución y avance del problema hacia su resolución final.

3.4.1. ESTUDIO DEL PROBLEMA

El director del proyecto, condicionado por las pautas marcadas por el cliente y la propia ingeniería, debe haber estudiado el problema en el contexto global del proyecto y habrá establecido algunos criterios que cada ingeniero jefe debe desarrollar para fijar más estrictamente las condiciones de diseño de su subsistema (construcción, instalaciones, proceso...) y de cada uno de los problemas que conducen a su definición.

Así pues, el ingeniero jefe se reunirá con su equipo de proyectistas-calculistas para coordinar las diferentes partes que se les encomiende, distribuyendo las tareas de acuerdo con la experiencia y conocimientos de cada uno.

Sin embargo, lo más importante es *unificar criterios* para conseguir la máxima compatibilidad y coherencia con el trabajo que se va a emprender.

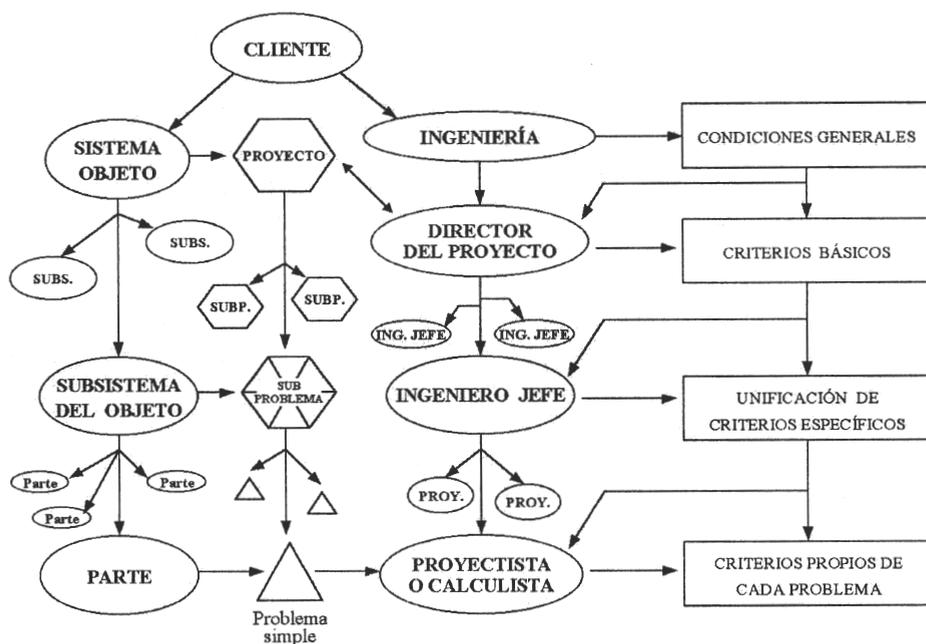


Figura 32. Estudio del problema. (Unificación de criterios)

Así, por ejemplo, si se trata de estudiar y calcular la estructura de unas naves se debe intentar tener definidas:

- Las dimensiones de las edificaciones.
- Las acciones que pueden producir otros subsistemas (instalaciones, máquinas...)
- La precisión de los métodos de cálculo para que sea análoga a otros problemas.
- Las hipótesis de cálculo para que sean coherentes con otros problemas (no parece lógico, por ejemplo, considerar la hipótesis de un grado sísmico determinado para el pórtico principal y no adoptar esta hipótesis en otras partes de la estructura).
- Los materiales (calidad, peso, características...) de las edificaciones.
- Los enlaces con otros subsistemas: por ejemplo, qué sistema de unión (empotramiento, articulación) se establece entre la base de los pilares y la cimentación.

3.4.2. PLANIFICACIÓN

La tarea de planificación en estos niveles tan concretos en los que cada problema lo debe resolver, normalmente, uno o dos calculistas es relativamente sencilla y suele consistir en medir mentalmente el tiempo que va a emplear en resolverlo. Para ello, si se van a seguir las pautas establecidas en la figura 31, el orden que fija dicho esquema ya marca la programación y únicamente hay que estimar el tiempo a consumir en cada actividad o etapa simple.

3.4.3 ELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN

La elección de la (o de una) solución no debe entenderse en el sentido de que ya se ha de determinar la respuesta definitiva sino que lo que debe hacerse en esta etapa es elegir qué materiales se van a emplear y qué tipología es la más adecuada para las condiciones de diseño establecidas previamente o que deben completarse en la siguiente etapa (estudio de factores). A veces, no se elige la solución para un problema simple (por ejemplo, el cálculo de las correas de la cubierta de una nave) sino para un problema más complejo (por ejemplo, el cálculo y diseño de la estructura de una nave) ya que, en casos como el de este ejemplo, la interrelación entre las partes es tan grande que la elección de la solución es más lógico hacerlo en este nivel por lo que cuando se llega al problema simple los materiales y la tipología está definida para el calculista. Veamos, sin embargo, el ejemplo de las correas de una nave.

Elegir la solución para las correas de una nave

Un proyectista debe calcular las correas de una nave sabiendo que:

- a) La separación entre pórticos es de 5m.
- b) La pendiente de la cubierta es del 10%
- c) El material de la cubierta es de chapa galvanizada de sección trapezoidal y permite una separación entre apoyos de 2,3 m. Como máximo
- d) La luz de la nave es de 20 m. Y el material del pórtico que se ha elegido es acero de construcción A 42-b

Razonamiento del proyectista

Los materiales que pueden emplearse para las correas de cubierta son el hormigón o el acero. Como en el resto de la estructura el material elegido es el acero, si no existen otras condiciones que no lo hagan aconsejable, se decidirá utilizar acero. Con este material, los perfiles que existen en el mercado son:

- a) Perfiles laminados en caliente (I,U)
- b) Perfiles conformados en frío (Z, C, U, etc)
- c) Perfiles aligerados compuestos (de varios perfiles)

Con su experiencia, el ingeniero va razonando del modo siguiente: los perfiles aligerados suelen pesar menos pero su coste por kg. Es algo mayor; además, para una luz de 5 m. No parece justificado (quizá, para luces de 8 m. o más podría contemplarse esta alternativa); por tanto, se desecha. Los perfiles laminados en frío se comportan adecuadamente en planos inclinados como es nuestro caso aunque para una luz de 5 m. el perfil de la chapa a emplear será de 2 ó 3 mm. Por lo que en un ambiente algo agresivo (alta humedad, vapores de productos químicos) debemos ser prudentes en su utilización. Aunque de menor peso que los perfiles laminados su coste por kg. es algo superior. Esta solución podría ser válida. Veamos la otra solución: los perfiles laminados en caliente no se comportan mal para las condiciones de diseño (luz de 5m., pendiente del 10%), son fácilmente soldables y tienen las mismas características que el resto de la estructura. Por todo ello, el proyectista decide elegir la solución con acero laminado en caliente de calidad A 42-b³⁰, dejando para la etapa de cálculo la decisión de si utilizará un perfil **IPN** (doble T), un perfil **UPN** o un perfil **IPE** (doble T europeo).

(Dejamos para el lector la siguiente pregunta para que medite: ¿sería esta solución la mejor si el riesgo si el riesgo de incendio fuera elevado?).

Una última reflexión: ¿se percata el lector de la cantidad de decisiones (siempre de una cierta importancia) que ha de tomar el proyectista a lo largo del proyecto?; qué difícil es enseñar a proyectar y qué difícil es aprender a proyectar correctamente.

³⁰ Obsérvese que haber elegido otras soluciones de las propuestas no puede considerarse, objetivamente, como erróneo pues, muchas veces, decantarse hacia una u otra solución depende de la experiencia del proyectista.

3.4.4. ESTUDIO DE FACTORES

En el capítulo 2 se ha señalado que los factores extrínsecos básicos son la calidad, el coste y el tiempo y que los intrínsecos básicos son el tecnológico, el económico y el humano. De éstos derivan todos los demás.

Quando se trata de problemas simples los factores extrínsecos tienen una menor importancia directa. Aún así, algunos más específicos que los básicos deben tenerse presentes. La versatilidad y la flexibilidad (por ejemplo, las estructuras metálicas suelen considerarse más *flexibles* porque suelen permitir una actuación sobre ellas que hacen fácil la mayoría de reformas), la precisión en los cálculos o el tiempo empleado en el diseño y en la construcción son factores a tener en cuenta. Sin embargo, son los factores intrínsecos los que adquieren toda su importancia cuando se plantea la resolución de un problema simple pues los factores básicos se desdoblán hasta convertirse en variables y condiciones del diseño. Estos factores se pueden obtener de diversas formas. Una de ellas consiste en aplicar el método de Krick de *planteamiento de un problema*. Este método, explicado en otros textos³¹, consiste en establecer, para un determinado problema, las variables de entrada, de salida y de solución y los criterios y restricciones a tener en cuenta. Otra consiste en estudiar las **normas** aplicables al problema en estudio y de ellas obtener qué datos se necesitan y qué hipótesis deben tenerse en cuenta. La última consiste en analizar los métodos de cálculo aplicables al problema e ir respondiendo a los datos que se necesita conocer para poderlos aplicar. Casi siempre, entre el estudio de las normas y de los métodos de cálculo pueden fijarse todos los datos de entrada mientras que los propios métodos nos darán la solución.

3.4.5. ELECCIÓN DEL MÉTODO DE RESOLUCIÓN

Un problema que casi siempre hay que resolver en los proyectos de ingeniería es el estudio de rentabilidad. Normalmente, uno de los métodos permitidos es el estudio del diagrama de equilibrio. Este método tiene sus limitaciones por cuanto calcula la rentabilidad de una inversión para un instante determinado. Otro método muy empleado es el estudio de los flujos de caja de una empresa para un período de tiempo extenso (10 ó 15 años, normalmente). El primer método es muy simple, necesita pocos datos y sus resultados, aunque no son totalmente fiables, suelen ser aceptables. El segundo método es más laborioso, necesita muchos más datos, si bien sus resultados pueden considerarse más fiables (sobre todo si los datos de entrada se han estimado correctamente).

³¹ Gómez-Senent, E. *El Proyecto. Diseño en Ingeniería*. SPUPV. Valencia. 1997.

La mayoría de problemas simples que se le plantean a un proyectista pueden resolverse con más de un método. De ahí que está obligado a seleccionar el más conveniente para el caso que tiene que resolver. Veamos algunos de los aspectos que debe tener en cuenta el proyectista y que le pueden ayudar a tomar la decisión más adecuada.

En primer lugar, hay que definir la **calidad** del trabajo. La calidad va asociada con la propia precisión del método pero también con la precisión con la que se han elaborado los datos de entrada y con la precisión que se exige a los resultados. Es obvio que con datos aproximados no se pueden obtener resultados exactos, por lo que si éstos han de serlo tendrá que trabajarse sobre aquéllos hasta afinarlos suficientemente.

En segundo lugar, el **coste** condicionará el método y los instrumentos utilizables. Por ello, es importante, cuando se contrata un proyecto, que estén definidos los servicios que comprende el trabajo y la calidad asociada a ellos.

En tercer lugar, el **tiempo** es otro aspecto a considerar pues unos métodos exigirán un mayor tiempo de resolución que otros.

En cuarto lugar, y no por ello menor importante, los **conocimientos** que posee el proyectista (o, en su defecto, la ingeniería) pueden limitar el uso de unos u otros métodos si no se dominan todos.

Considerando estos aspectos con criterios objetivos puede evitarse casi siempre una elección equivocada de un método de resolución.

3.4.6. ELECCIÓN DE INSTRUMENTOS

Íntimamente ligados a cada método están los instrumentos que han de emplearse para su resolución.

La elección de los instrumentos debe ser tal que la posible incorporación de inconsistencias (errores, imprecisiones, etc) sea la menor posible.

Los instrumentos que usan fundamentalmente los proyectistas son de dos clases:

- a) Instrumentos de comunicación y
- b) Instrumentos de cálculo.

Los instrumentos de comunicación (de escritura y dibujo, sobre todo) sirven de apoyo para formular, plantear y realizar bocetos, esquemas y cuadros útiles para preparar los cálculos.

Los instrumentos de cálculo -desde las operaciones manuales sobre papel o con una simple calculadora hasta el empleo del ordenador más potente y avanzado- son imprescindibles para que el proyectista pueda resolver cada uno de los problemas que se le presenten.

Tomado de una antigua norma de estructuras de hormigón, veamos las precauciones que debe adoptar el proyectista cuando utiliza el ordenador para resolver problemas.

Cálculos con ordenador

Cuando se efectúen los cálculos con ayuda de ordenadores se recomienda separar en anejos especiales cada una de las etapas del cálculo resuelto con ordenador, debiendo dichos anejos constituir por sí mismos unidades completas y ordenadas.

Cada anejo deberá contener en sus hojas iniciales:

- Las simplificaciones efectuadas sobre la estructura real al asimilarla a otra apta para su tratamiento en ordenador; la posible repercusión de dichas simplificaciones en los resultados; y las correcciones que deban efectuarse en los mismos, en su caso, para tener en cuenta estos efectos.
- Las propiedades supuestas para los materiales, como diagramas tensión-deformación, módulos de elasticidad, resistencias y tensiones admisibles, coeficientes de retracción, fluencia y térmicos, capacidad de carga y deformabilidad del terrero, etc.
- La descripción detallada de la estructura ideal calculada, acompañada de croquis siempre que sea conveniente, incluyendo dimensiones, áreas e inercias de las secciones necesarias, tipos de conexiones en los nudos y condiciones de sustentación.
- Las acciones consideradas, las posibles combinaciones y los coeficientes de seguridad a tener en cuenta en cada caso.
- Cualquier otro dato incluido en el cálculo, especificando siempre unidades y signos.

- Nombre del programa; tipo de ordenador y centro de cálculo utilizado.
- Método de cálculo utilizado en el programa y especialmente las bases del mismo y sus posibles simplificaciones, indicando referencias y las publicaciones consultadas si la formulación y la marcha del cálculo no son habituales.
- Métodos, aproximaciones y simplificaciones empleados en la programación.
- Resultados de cálculo, especificando unidades y signos.
- Análisis de dichos resultados, acompañando siempre que sea conveniente diagramas de esfuerzos o tensiones, e incluyendo, si es posible, la comprobación con resultados obtenidos por métodos simplificados.
- Utilización posterior de los resultados, en especial correcciones efectuadas sobre los mismos y obtención, a partir de ellos, de otros resultados que vayan a emplearse posteriormente.

Hemos de recordar, por último, dos aspectos que no debe perder de vista el proyectista:

1. Que emplear programas y equipos muy avanzados no mejoran la precisión de los resultados si los datos de entrada son sólo aproximados. De ahí la importancia del *estudio de factores* y su ponderación.
2. Aunque los listados de ordenador suministran muchas veces resultados con un alto número de decimales no debe olvidarse que no todos son válidos y, aunque lo sean, muchas veces no tienen utilidad práctica.

3.4.7. MODELIZACIÓN

Todos sabemos que un pilar o una viga de una estructura (metálica, de hormigón, de madera) tiene *volumen*, es decir, tres dimensiones físicas. Sin embargo, para calcular estos elementos el proyectista los sustituye por rectas (o curvas) de tal modo que la unión de las dos piezas se produzca en un punto.

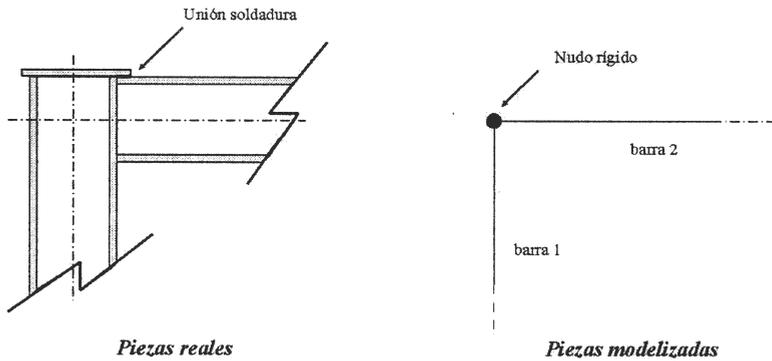


Figura 33. Modelización

Más aún, el proyectista establece, además, otras características. Así, en la unión de las dos piezas metálicas ha previsto una unión soldada por lo que la representación (y la hipótesis correspondiente) será mediante un nudo rígido.

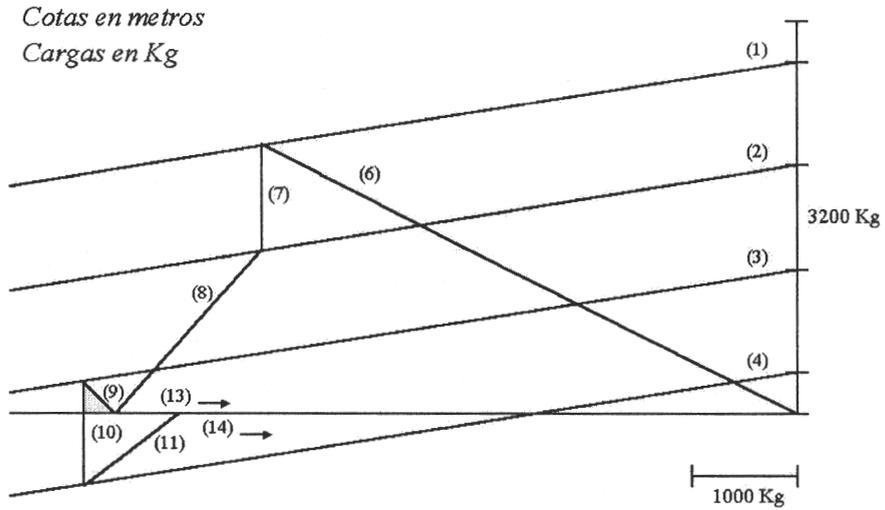
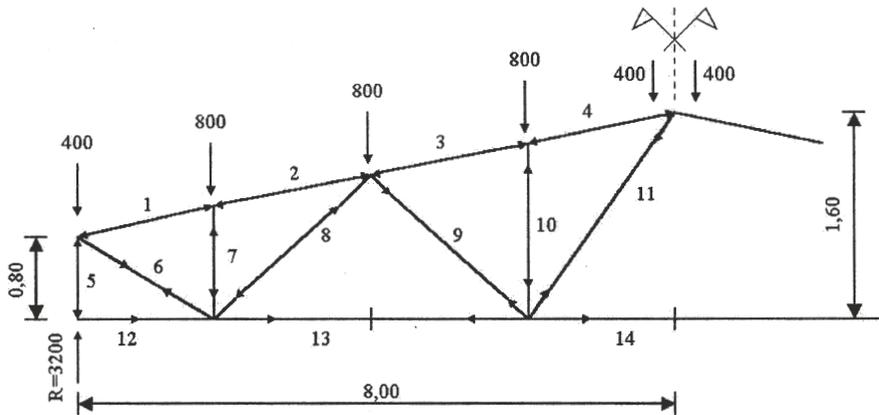
Este ejemplo es un caso típico de **modelización** de una estructura.

Así, pues, *modelizar es representar simplificada un subsistema real para que pueda ser calculado mediante técnicas e instrumentos disponibles.*

Se modeliza en prácticamente todos los problemas de ingeniería, utilizándose, según definió T. T. Woodson³², tres tipos de modelos: icónicos o gráficos, analógicos y simbólicos, llegandose a utilizar dos de ellos o los tres simultáneamente.

Los modelos icónicos se basan en la representación gráfica. El modelo icónico más utilizado es la representación a **escala** de cualquier pieza o elemento. Estos modelos sirven, también, para resolver problemas geométricos y se han venido aplicando para resolver problemas técnicos, siendo uno de los más conocidos el *método de Cremona* que se utilizaba para determinar los esfuerzos en estructuras reticulares articuladas, como es el caso del ejemplo mostrado en la figura 34 en el que se calculan los esfuerzos en una cercha (o cuchillo) de una nave industrial de la que se conocen las dimensiones y las cargas en los nudos.

³² Woodson, T. T., *Introduction to Engineering Design*. McGraw Hill. New York. 1966



BARRAS	CARGA (Kg) COMPRESIÓN	CARGA (Kg) TRACCIÓN
1 y 2	5200	
3 y 4	7100	
5	3200	
6		5500
7	800	
8	2100	
9		200
10	800	
11		1000
12	0	0
13		6800
14		6300

RESUMEN DE CARGAS
(C = COMPRESIÓN ; T = TRACCIÓN)

Figura 34. Modelo Icónico.(método de Cremona)

En este ejemplo aparecen, también, elementos propios de los modelos analógicos como, por ejemplo, representar una fuerza mediante una recta proporcional al esfuerzo o carga que soporta y con una flecha dirigida hacia el nudo cuando la carga es de compresión y alejándose del nudo cuando es de tracción.

Un reloj de saetas es un modelo analógico como lo era también la obsoleto regla de cálculo, la cual, mediante dos reglas con escalas logarítmicas que deslizan una sobre otra convertía una suma en producto. Los modelos analógicos precisan de la homogeneidad dimensional y del cumplimiento de reglas de semejanza entre el conjunto que ha de resolverse y el modelo.

Los modelos simbólicos son las representaciones matemáticas de los problemas. Toda fórmula o función expresada con símbolos o expresiones es un modelo simbólico. Por lo tanto, la mayoría de técnicas y métodos en ingeniería se apoyan en esta clase de modelos.

3.4.8. CÁLCULO

Imaginemos que el problema simple con el que se enfrenta un proyectista es el cálculo de la zapata de un pilar de una nave industrial.

En la etapa de *estudio de factores* habrá obtenido una serie de datos imprescindibles en el cálculo de zapatas como son las acciones que transmite el pilar de la estructura en la base y que se concretan en los valores de la compresión, los momentos flectores y el esfuerzo cortante. También, procedente de otros estudios, debe estar en posesión de las características del terreno (resistencia, compacidad, nivel freático, etc) que son necesarias para el cálculo.

Aún estando en posesión de estos datos y habiendo seleccionado el método y los instrumentos a aplicar se dará cuenta de que necesita más información, ésta derivada de las características físicas del objeto a calcular (es decir, la zapata). Pero este objeto aún no está definido, por lo que el proyectista debe estimar el resultado antes de desarrollar el cálculo puesto que, en el caso en estudio, las dimensiones de la zapata (anchura, longitud y altura), su posición relativa respecto al eje del pilar (zapata centrada o excéntrica) y su peso propio son datos que intervienen en la formulación y resolución del problema. Al no conocerse estos datos con exactitud (pues si se supieran el problema estaría resuelto) el proyectista debe **predimensionar** el objeto. El predimensionamiento depende bastante de la experiencia y, si se acierta en él se reduce el tiempo y los recursos a utilizar. El

predimensionamiento es una necesidad que aparece en numeroso cálculos de ingeniería. La capacidad de intuir rápidamente el orden de magnitud o la primera iteración para la búsqueda de la solución es una de las características que distingue a los buenos profesionales.

En muchos casos, también, la propia técnica no permite obtener la respuesta directamente si no que se llega a ella mediante aproximaciones sucesivas, labor que muchos programas informáticos hace mucho más llevadera que cuando tenía que operarse manualmente o con instrumentos poco sofisticados, lentos e imprecisos.

Para el proyectista, lo más importante a la hora de iniciar el cálculo es saber el nivel de precisión y fiabilidad de los datos de entrada, de la técnica o técnicas a emplear y de los instrumentos de aplicación. Este conocimiento le permitirá conocer, con bastante aproximación, la calidad de los resultados que se obtengan.

El otro aspecto importante surge al introducir y al operar con los datos de entrada (y con los resultados intermedios que se produzcan) pues un error en ellos se traduce en respuestas incorrectas que numerosas veces son difíciles de obtener. Por ello, es conveniente que el proyectista:

1. Compruebe todos y cada uno de los datos de entrada y pueda afirmar que son correctos.
2. Compruebe la homogeneidad de las unidades empleadas en todo el problema y su compatibilidad con la formulación a emplear.
3. Compruebe que los instrumentos funcionan bien.

3.4.9. COMPROBACIÓN

Una vez obtenidos los resultados es necesario, a pesar de haber tomado todas las precauciones en la etapa anterior, analizar con meticulosidad la respuesta y comprobar que ésta no difiere excesivamente de lo *esperado*. Obsérvese aquí la importancia de la experiencia del proyectista pues cuanto mayor sea más fácilmente podrá detectar posibles inconsistencias (resultados incompatibles con los datos de entrada).

Con mayor o menor experiencia, el proyectista puede encontrar formas indirectas de comprobar la fiabilidad de los resultados. Un buen método es intentar determinar el intervalo de valores admisibles para un resultado si ello es posible.

Comprobación de una estructura

Se ha calculado una estructura de pórticos planos tal como la que se muestra en la figura 35 con nudos rígidos y cargas uniformes y se desea comprobar que los resultados en las vigas son correctos.

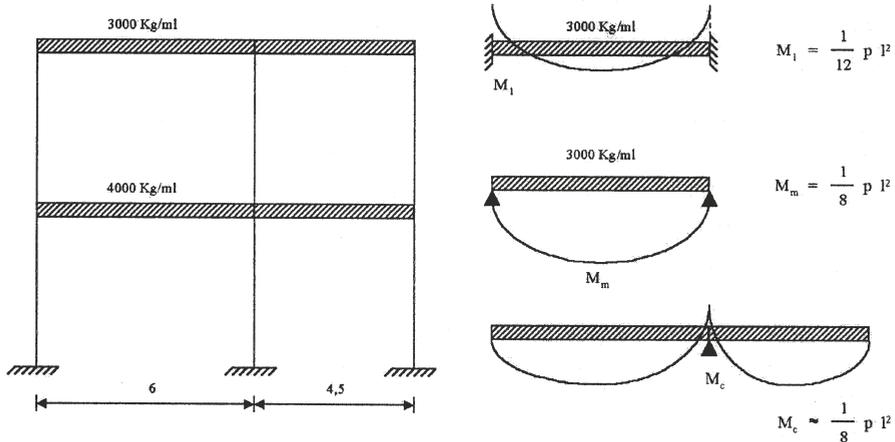


Figura 35. Esquema de estructura formada por pórticos planos

Solución

Un proyectista sabe que una viga simple biempotrada tiene su máximo momento flector en el empotramiento; sabe, también, que si la viga está simplemente apoyada el mayor momento flector está en el centro del vano; por último, en una viga continua de dos vanos el máximo momento aparece en el apoyo central. Las fórmulas se han escrito en la figura 35. Con estas operaciones simples, el proyectista puede estimar con bastante aproximación los márgenes en los que se moverán los momentos máximos en los nudos y en los vanos obtenidos del cálculo, que no deben ser mayores que los obtenidos por las fórmulas de la figura 35.

Entre la etapa de cálculo y la de comprobación se suele producir más de una realimentación (*feed-back*) bien porque al comprobar surgen dudas sobre la precisión o validez de los resultados, bien porque la propia técnica exige llegar a los resultados finales mediante aproximaciones sucesivas.

3.4.10. CONCRECIÓN DE LA RESPUESTA

Esta etapa comprende las operaciones mediante las cuales el proyectista transforma los resultados del modelo en objetos, piezas o elementos del mundo real. Así, una viga, que se había modelizado como una pieza recta que llevaba asociada una serie de características (sección, momento de inercia, momento resistente, módulo elasticidad, etc) debe convertirse en una pieza tridimensional, de un material existente en el mercado o que se pueda fabricar; el proyectista ha de decidir si esa viga será una IPE 200 (de acero A-42b) o de hormigón armado (con una sección, una armadura y una calidad del hormigón) que cumpla los resultados del modelo.

Esta transformación (o desmodelización) es una tarea que enlaza lo tecnológico con lo creativo y lo lógico. El proyectista, que ha actuado como calculista (es decir, como un técnico frío, matemático, objetivo, preciso) en las etapas de cálculo y comprobación pase a ser una persona que debe tener en cuenta otros aspectos más cualitativos y de más difícil cuantificación lo que en definitiva va a hacerle actuar con una cierta carga de subjetividad. Veamos algunos ejemplos para que, a partir de ellos, el lector pueda entender mejor a qué nos referimos.

Supongamos que hemos calculado una tubería (de hormigón) para desaguar aguas pluviales y se ha establecido una pendiente para la tubería del 0,5%. Si de los cálculos obtenemos que el diámetro debe ser de 195 mm. Como mínimo, está claro que, al no existir dicho diámetro comercialmente deberá adoptarse el inmediato superior (en este caso, 200 mm). Pero imaginemos que la planta industrial debe ubicarse en algún lugar de la costa mediterránea en donde la pluviometría es muy variable y pueden llegarse a producir lluvias torrenciales que superen (aunque sólo sea en periodos breves de tiempo) los adoptados en el cálculo. El proyectista puede decidir, ante esta eventualidad, incrementar el diámetro de la tubería para proporcionar mayor seguridad a las instalaciones. En este caso deben medir el incremento de coste y compararlo con el incremento de seguridad. Téngase en cuenta que sólo varía el coste del material (tubería) mientras que prácticamente permanecerían estables el coste de la excavación, de la solera, de las arquetas, del relleno y compactación y de la mano de obra.

Supongamos ahora que hemos calculado una línea en baja tensión para suministrar electricidad a un despacho y que la sección de cobre necesaria es de $1,5 \text{ mm}^2$. A parte de que esta sección puede no estar admitida por las normas correspondientes, presupone que ese despacho puede cambiar de uso con el tiempo o que puede necesitar consumir más energía

dentro de unas años, hace que el buen proyectista se plantee ese futuro y adopte una mayor sección (2,5 ó 4 mm², por ejemplo). El razonamiento sobre el incremento de coste es muy parecido al caso anterior pues sólo cambia el precio del material.

Estos ejemplos, podrían ampliarse a otros muchos que, a veces, es difícil de cuantificar exactamente. El buen criterio del proyectista es, en estos casos, tan importante como su experiencia.

En todo caso, estas consideraciones deberían tenerse en cuenta siempre que:

1. Es previsible una ampliación futura de las instalaciones.
2. Es previsible el aumento de personal y de producción.
3. Es probable que en el futuro se fabriquen elementos de mayor volumen y peso.
4. Es posible el cambio de uso de las instalaciones.

En los ejemplos que se han puesto el proyectista decidía incrementar los valores de los resultados. Pero no siempre es así porque existen ocasiones en que el proyectista debe optar por ajustar las soluciones en el sentido de reducir los valores por causas económicas (excesivo coste), por estética o por cuestiones de ajuste técnico entre problemas. Estas posibles reducciones exigen, normalmente, un gran cuidado por parte del proyectista para que el elemento reajustado siga cumpliendo las condiciones de diseño, lo que puede llegarse a conseguir ajustando los datos de entrada y utilizando las técnicas con la máxima precisión posible.

3.4.11. DOCUMENTAR - COMUNICAR

Todo problema simple resuelto debe documentarse y comunicarse.

Documentarse en forma de anexo de cálculo, que se incorporará a los Anexos a la Memoria del Proyecto. El proyectista debe, además, archivar estos cálculos para poder analizarlos en cualquier momento posterior o para poderlos modificar si así se le exige como consecuencia de la aparición de problema de acoplamiento en las etapas de integración con otros componentes.

Comunicarse con las personas que tienen algo que ver con el problema resuelto. Básicamente, la comunicación se producirá entre el proyectista y el ingeniero-jefe para que éste dé el visto bueno al trabajo, y entre el proyectista y el equipo de delineación para que la respuesta se traslade a los planos correspondientes en forma de solución. Ello exige que el proyectista realice algunos bocetos o esquemas de la solución obtenida.

3.4.12. INTEGRACIÓN Y AJUSTES

Esta última etapa está en cierto modo fuera de problema de cálculo pero la hemos incluido por su influencia en él. En efecto cuando los resultados obtenidos se intentan integrar con otros elementos y componentes del diseño pueden volver a surgir otros problemas no contemplados previamente, como consecuencia de que dicho acoplamiento no resulte perfecto y aparezca la necesidad de modificar la solución del problema. Este *feed-back*, aunque no deseable, no puede evitarse siempre y puede llegar a significar el modificar hasta las condiciones de entrada del problema.

Sin embargo, la mayoría de las veces sólo significa realizar pequeños cambios formales que no exigen realizar nuevos cálculos sino, únicamente, algunas comprobaciones para verificar que dichos cambios cumplen las mismas condiciones que la propuesta inicial.

3.5. UNA REFLEXIÓN

De un modo totalmente consciente y premeditado los autores han omitido desarrollar métodos y técnicas asociados a los cálculos de ingeniería. Solamente se ha hecho referencia a problemas sencillos como ayuda para fijar y esclarecer conceptos. Ello se ha hecho por dos motivos.

En primer lugar, porque se quería presentar una estrategia general de resolución de problemas independientemente de la tecnología que, lógicamente, debe aplicarse en cada problema concreto. Así, pues, esta estrategia o metodología puede ser aplicada a cualquier rama de la ingeniería que cada proyectista tenga que aplicar en el proyecto concreto que le ha tocado resolver.

En segundo lugar, porque si incluíamos algunas técnicas este libro podría haber acabado siendo una enciclopedia de métodos y técnicas específicas, tarea de enseñanza que no corresponde intrínsecamente al profesorado de Proyectos de Ingeniería sino a los docentes integrados en las diversas ramas tecnológicas y económicas del saber.

3.6. LA IMPORTANCIA DE LAS NORMAS EN EL DISEÑO DE DETALLE

Tal y como se ha indicado en este mismo capítulo, en el apartado relativo al estudio de factores, una de las formas de identificación de los mismos es a través del estudio de las normas aplicables al problema en cuestión. Las normas y reglamentos constituyen, por tanto, una fuente de información importante por la influencia en los criterios y restricciones del diseño.

La Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria, (B.O.E. nº 176, 23 de julio de 1992), regula de forma general la actividad industrial, convirtiéndose en el marco legal completo bajo el que se fijan los diversos aspectos que atañen a la misma.

Los objetivos de esta Ley de Industria son:

- Establecer las normas básicas de ordenación de las actividades industriales por las Administraciones Públicas.
- Fijar los medios y los procedimientos para coordinar las competencias en materia de industria de dichas administraciones.
- Regular la actuación de la Administración del Estado en relación con el sector industrial y sus proyectos.

Resulta conveniente, en este sentido, definir aquellos conceptos relativos a la normativa existente en el ámbito de proyectos, por los condicionantes que desde el punto de vista legal imprimen en el mismo.

En esta ley, en el Título III, quedan definidos una serie de conceptos relativos a la normativa existente en el ámbito de proyectos, algunos de los cuales conviene definir por los condicionantes, que desde el punto legal, imprimen al proyecto: especificación técnica, norma y reglamento técnico.

Una especificación técnica es un documento donde se establecen las características de un producto o servicio, tales como el nivel de calidad, funcionamiento o comportamiento, seguridad o dimensiones. Puede incluir prescripciones referentes a terminología, símbolos, ensayos y métodos de análisis, etc.

Una norma es una especificación técnica repetitiva o continuada, relativa a productos, procesos o instalaciones industriales, establecida por acuerdo de representantes de todas las partes interesadas y aprobada por un Organismo reconocido, a nivel nacional o internacional, por su actividad normativa, y cuya observancia no es obligatoria.

Un reglamento técnico es una especificación técnica de obligado cumplimiento, relativa a productos, procesos o instalaciones industriales, y queda definida, por acuerdo o no, por la Administración. Puede hacer referencias a normas o a otras especificaciones técnicas.

Teniendo en cuenta estas definiciones, se puede decir que un proyectista es libre de usar una norma o no. En general, suele ser recomendable, pero en el momento en que la legislación, por ejemplo un reglamento técnico, especifique su uso para un determinado tipo de proyecto, esta norma pasa a tener carácter obligatorio.

Al mismo tiempo, es necesario también señalar la estructura jerárquica existente en torno a la legislación. Por ejemplo, existe una legislación a nivel Europeo, establecida en las *Directrices europeas*, a nivel estatal, donde se dictan leyes, reales decretos, y ordenes ministeriales, a nivel autonómico, estableciendo leyes autonómicas, decretos y órdenes de Consejerías, y a nivel municipal, donde se dictan las ordenanzas municipales.

Por tanto, se puede decir que la legislación que nos afecta como ciudadanos en general, y como proyectistas en particular, tiene una estructura jerárquica, que va de las instancias más alejadas a las más cercanas, siendo más restrictiva cuanto más cercana. En este sentido, en el primer nivel, de la Unión Europea, las comisiones dependientes de ésta, generan directrices que orientan cómo debe ser en líneas generales la legislación de los países que conforman la Unión. Así, por ejemplo, puede haber directrices que afecten a determinadas actividades proyectuales que, hasta no verse reflejadas en las legislaciones nacionales, no afectan de forma obligatoria.

A nivel estatal, las Leyes Ordinarias regulan materias no previstas en la Constitución Española, que es la Ley que regula el orden político fundamental del estado. Mucha de la legislación que afecta al Proyecto procede de leyes ordinarias, especialmente la Ley de Industria.

Las Órdenes Ministeriales son las disposiciones que emanan de cada Ministerio y regulan cuestiones propias de cada uno de ellos. Gran parte de la legislación que afecte a los proyectos eléctricos, procederá de Órdenes Ministeriales del Ministerio de Industria y Energía, así como gran parte de la legislación que afecte a los proyectos agronómicos procederá de Órdenes Ministeriales del Ministerio de Agricultura.

En relación a lo ya descrito en los párrafos anteriores, se puede también indicar que la diversa normativa de carácter industrial adopta las diferentes formas legales (Orden Ministerial, Decreto, Decreto-Ley, o Ley) de

acuerdo con la importancia de sus elementos y en proporción directa a ellos, está la dificultad de modificarlas. Por ejemplo, en un Reglamento se dan los criterios y disposiciones de carácter general, y por tanto altamente inmutables, bajo la forma de Decreto. Una Instrucción Técnica Complementaria (ITC), bajo la forma de Orden Ministerial es mucho más fácil de cambiar, corregir o sustituir, puesto que se trata de disposiciones o criterios que pueden ir variando con el avance de la técnica o nuevos condicionantes socioeconómicos.

En la tabla 1 y tabla 2, se dan ejemplos de diferentes legislaciones de carácter estatal y autonómico, respectivamente, que afectan a algunas tipologías de proyectos.

NORMA O LEY	CARÁCTER DE LA LEGISLACIÓN	PROCEDENCIA
Instrucción para la recepción de cementos RC-93	Real Decreto 823/1993	Ministerio de Relaciones con las Cortes
Norma Básica en la Edificación NBE-CA-81	Real Decreto 1909/1981	Ministerio de Industria y Energía
Desarrollo de la seguridad del material eléctrico	Orden Ministerial 6-6-1989	Ministerio de Industria y Energía

Tabla 1. Ejemplos de legislaciones de carácter estatal

NORMA O LEY	CARÁCTER DE LA LEGISLACIÓN	PROCEDENCIA
Ley de seguridad de las instalaciones industriales	Ley 13/1987 de 9-7 (Cataluña)	Cataluña
Reglamento para la aplicación de la Ley de actividades clasificadas	Decreto 159/94 (Castilla y León)	Castilla y León
Estudios de afecciones medioambientales de los planes y proyectos a realizar en el medio natural	Decreto Foral 229/93	Navarra

Tabla 2. Ejemplos de legislaciones de carácter autonómico

Aún teniendo en cuenta su conveniencia por todo lo expuesto, se puede concluir indicando las ventajas que la utilización de las normas aportan en el ámbito proyectual. Estas son:

- La *estandarización*, puesto que restringen y condicionan las soluciones del proyecto. Existen normas que reducen el trabajo del proyectista al acotar legalmente el problema proyectual entre límites bien definidos.
- La *seguridad*, en su relación con la legislación y normalización, al agrupar todas las condiciones técnicas y humanas que debe reunir el proyecto.
- Su influencia en el *cálculo*, puesto que las normas, de una forma muy estricta, condicionan los cálculos y las soluciones.
- La *difusión de la tecnología*.
- La *unificación del lenguaje*.
- La *disminución de costes*, entre otras.

Los inconvenientes radican fundamentalmente en su obsolescencia, y en que coartan la libertad de diseño en numerosas ocasiones.

BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

- **DE COS, M. (1997)**“Teoría general del proyecto. Volumen II. Project Engineering”. Síntesis. Madrid.

Volvemos a recomendar este libro en lo referente a los cálculos en proyectos, especialmente, sus partes I y II

- **KRICK, E. (1979), Fundamentos de ingeniería, métodos, conceptos y resultados. Limusa. México**

Krick explica los proyectos como problemas complejos, en el mismo sentido que se ha tratado aquí. Es por ello que volvemos a recomendar este libro.

CAPÍTULO 4

LOS DOCUMENTOS DEL PROYECTO

OBJETIVO

Después del estudio de este capítulo, el lector debería:

- Haber comprendido cuáles son los documentos en proyectos y cuál es su importancia.
- Ser capaz de generar la documentación necesaria para que sea implantado o construido su diseño de detalle.
- Ser capaz de generar la documentación necesaria para realizar trámites oficiales en sus proyectos profesionales.

4.1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de los capítulos anteriores, se ha podido ir viendo la importancia de los documentos del proyecto. De hecho, la enseñanza de Proyectos en muchas escuelas de distintas ramas de la ingeniería está muy centrada en este tema. Es por todo ello que necesariamente dedicamos un capítulo al asunto.

Situaremos los documentos del proyecto dentro de un marco más general como documentos técnicos que son. Después profundizaremos en los llamados documentos clásicos. Por coherencia con el resto del volumen, la mayoría de los ejemplos hacen referencia a documentos de proyectos constructivos y de instalaciones en plantas industriales, pero muchos de los criterios y consejos que se aportan son válidos para cualquier tipología de proyectos.

4.2. LOS DOCUMENTOS TÉCNICOS

Un documento es un escrito que acredita algo. Como indica el profesor De Cos, un documento puede incluir todas o alguna de las características siguientes:

- Ser una instrucción.
- Servir de aviso y consejo.
- Servir para ilustrar.
- Servir para comprobar.
- Ser prueba contra quien lo escribe.
- Acreditar hechos y su fecha.

El profesional no debe olvidar estas características, pues a lo largo de su carrera va a generar multitud de documentos y en tanto que lo que queda escrito es lo que permanece en muchos casos, debe ser absolutamente consciente de lo que fija en ellos.

De entre la variedad enorme de documentos técnicos, se puede establecer la siguiente clasificación³³:

Cartas	Oferta de servicios. Presentación e introducción. Reclamaciones. Respuesta a reclamaciones
Comunicados	Tarjetas. Telegramas. Comunicados internos. Memorándums. Saludas, Circulares. Avisos. Notas informativas.
De carácter semi-oficial.	Instancias y memoriales Curriculum vitae. Certificados.
Informes	Periódicos. De reuniones. Personales y comerciales.
Relativos a la propiedad industrial.	Solicitudes de patente.
Documentos del proyecto.	Documentos clásicos. Otros documentos.

³³ Adaptación propia sobre el trabajo de Lozano Apolo. "Curso de preparación y presentación de documentos..." Gijón, 1995.

Nuestro interés se centra en este último grupo: los documentos del proyecto. Aunque habitualmente se dice: “los documentos del proyecto son cuatro: memoria, planos, presupuesto y pliego de condiciones”, existen otros que describiremos en el siguiente apartado.

4.3. OTROS DOCUMENTOS DEL PROYECTO

Los documentos del proyecto podrían ser clasificados de muy diferentes maneras:

- Según su función.
- Según su origen y destinatario, etc.

Pero atendiendo a las actividades del proyecto a las que hagan referencia, se pueden³⁴ clasificar en:

- Documentos de dirección y coordinación. Son los que genera la alta dirección.
- Documentos de planificación y programación.
- Documentos de ingeniería de proceso, como son los Diagramas de flujo, los balances de masa y energía, los diagramas mecánicos preliminares (llamados P&IDs en el campo de la Ingeniería Química), etc.
- Documentos referentes a costes y a su control.
- Instrucciones de montaje, etc.

Cuando el lector estudie el capítulo siguiente sobre la fase de realización o construcción comprenderá la gran importancia que pueden llegar a tener algunos de estos documentos. Sus nombres y características pueden variar según el tamaño del proyecto o la tecnología de la que se trate.

Mención aparte merece la hoja de encargo y el libro de órdenes. La hoja de encargo (ver apéndice II) es el contrato entre el promotor y la ingeniería que da salida al proyecto. El libro de órdenes es un documento

³⁴ Basado en De Cos (1997). “Teoría general del proyecto. Volumen II. Project Engineering”. Síntesis. Madrid.

oficial y vinculante que debe estar presente en la construcción y sirve para recoger y dar fé de las distintas instrucciones, modificaciones sobre el proyecto original y órdenes de la dirección facultativa, así como los acuerdos al respecto de las circunstancias inesperadas que hayan podido aparecer en la obra.

4.4. LOS DOCUMENTOS CLÁSICOS DEL PROYECTO

Como ya se ha dicho en anteriores capítulos, el instituto de Ingenieros Civiles de España, considera el proyecto "como la serie de documentos" que definen la obra, en tal forma que un facultativo distinto del autor pueda dirigir con arreglo a los mismos las obras o trabajos correspondientes

Esta forma de definir el proyecto se ajusta a su contenido final, es decir, a su aspecto morfológico. De la definición cabe deducir dos aspectos. El primero es que el proyecto está formado por una serie o conjunto de documentos. El segundo es que estos documentos deben ser inteligibles e interpretables por otros técnicos y, en general, por todas las personas interesadas en el proyecto.

En este capítulo, se estudian y se definen los documentos que integran el proyecto, así como su estructura, contenido y ordenación. Muchos proyectistas consideran poco importante la presentación formal del proyecto. Sin embargo, una documentación adecuada bien estructurada y ordenada adecuadamente facilita su interpretación, reduce el tiempo de búsqueda y de consulta de datos y prácticamente el riesgo de error o de rechazo por defectos formales. Además en los proyectos para la Administración pública y en todos aquellos que deben presentarse ante alguna entidad pública o privada para su aprobación o para petición de ayudas, este aspecto debe cuidarse aún más, ya que la falta de datos en la presentación de la documentación requerida suele significar la denegación automática de la solicitud.

Una vez planteado, desarrollado y resuelto el proyecto, el ingeniero ha de ser capaz de transmitir unívocamente ese conjunto de ideas y soluciones. Dos caminos claramente convergentes ha de seguir para obtener un proyecto legible y coherente:

- La estructuración de documentos, perfectamente diferenciados y complementarios.
- La ordenación del contenido de cada uno de ellos.

Por otra parte, el proyectista ha de ajustar la presentación formal con las características del propio proyecto pues estas influirán en gran medida en la presentación y ordenación de los documentos.

Los documentos del proyecto son, como mínimo: cuatro: Memoria, Planos, Pliego de condiciones y Presupuesto.

En el caso de obras del estado o de sus organismos autónomos, el proyecto deberá contener los cuatro documentos citados, cualquiera que sea su cuantía o presupuesto, pero debiendo comprender además, un quinto documento denominado: Programa del posible desarrollo de las obras en tiempo y coste óptimo, de carácter indicativo.

Este quinto documento, así como los que puedan exigirse en un caso general, se considerarán en lo que sigue como pertenecientes a uno de los señalados antes, que coinciden con la denominación y estructuración que da el Instituto de Ingenieros Civiles de España.

La Memoria es el documento en el que se describe el proyecto, desde la génesis y objeto del mismo hasta el estudio de las necesidades a satisfacer y los factores de todo orden tenidos para llevarlo a cabo.

Es, normalmente, el documento que se culmina en último lugar puesto que recoge todas las incidencias producidas en su elaboración y que se programan para su ejecución.

Los planos son la representación gráfica del proyecto. Serán de conjunto y de detalle, y tantos como sea necesario para que la obra quede perfectamente definida.

El Pliego de Condiciones Técnicas y Facultativas debe describir los elementos materiales que integran la obra y regulan su ejecución.

El Presupuesto señala el coste de las obras y se compone de uno o varios presupuestos parciales. También se expresan los precios unitarios y los descompuestos, el estado de mediciones o cubicaciones y los detalles precisos para su valoración.

En el caso particular en que los documentos a redactar correspondan a un anteproyecto, estudio, trabajo especial o proyecto de obras de reparación menores y de obras de conservación, el proyectista puede simplificarlos tanto en su número como en su contenido, acoplándolos a las cir-

cunstancias de cada problema. En todo caso, será imprescindible que el proyecto quede definido en forma tal que otro facultativo con titulación suficiente pueda interpretar o dirigir con arreglo al mismo los trabajos correspondientes.

En la redacción de un documento se hará referencia cualquiera de los otros cuando así convenga para la interpretación completa de un proyecto.

Los siguientes apartados analizan estos aspectos: las distintas clases de proyectos y los criterios generales de ordenación de los mismos y luego se particularizar en cada uno de los documentos.

4.5. DOCUMENTOS EN FUNCIÓN DE LAS CLASES DE PROYECTOS

Tres tipos de proyectos se pueden contemplar con arreglo a la estructuración definitiva del mismo y que dependen de quién lo encarga o de su fin último. Son:

- Los proyectos de utilidad pública.
- Los proyectos de iniciativa privada.
- Los proyectos fin de carrera.

Los proyectos de utilidad pública están promovidos por la administración y tienen, en general, una estructura rígida, definida por un pliego de condiciones estipulado en las bases iniciales del correspondiente conjunto o subasta.

Tienen predefinidos los documentos que debe contener, los modelos de impresos a utilizar, exigen la inclusión de la planificación de las obras y la fórmula de revisión de precios y, en numerosos casos, dejan limitada la libertad del ingeniero para proponer una determinada solución porque llegan a fijar aspectos del diseño básico y de detalle que no pueden ser modificados.

Son ejemplos claros los proyectos promovidos por los distintos Ministerios, por las Comunidades Autónomas, por las administraciones locales, etc...

Los proyectos de iniciativa privada tienen como característica principal la que tienden a la funcionalidad. Dan mayor libertad al proyectista, que procura sintetizar al máximo el contenido de todos los documentos. Este hecho no debe significar, en absoluto, que la calidad del proyecto sea menor sino que la documentación que se presenta es la mínima necesaria para llevar a cabo su realización.

Así, es práctica habitual incluir en el presupuesto tanto el Estado de Mediciones como el Cuadro de aplicación de precios omitiéndose, sin embargo, los precios descompuestos, los precios unitarios, etc. También es usual incluir anejos de cálculo poco desarrollados (muchas veces, únicamente se cita la metodología de cálculo y los resultados) y redactar memorias descriptivas concisas y breves.

Solamente en las partes del proyecto que han de presentarse preceptivamente a la administración para su aprobación, se ajustan exactamente a lo establecido por ella. En definitiva, persiguen la mayor efectividad.

El Proyecto Fin de Carrera es fundamentalmente un ejercicio académico que permite confirmar que el autor ha adquirido y sabe aplicar los conocimientos específicos de una carrera. Por ello, es fundamental expresar con claridad tanto la justificación como el cálculo de las soluciones adoptadas; cabe señalar la conveniencia de aplicar la normativa de presentación formal a la hora de confeccionar los documentos del proyecto.

La mayoría de escuelas de ingenieros, arquitectos y proyectistas poseen una normativa a la que deben ajustarse los alumnos que realizan el Proyecto Fin de Carrera y que contempla aspectos sobre el contenido, organización y forma del trabajo. El Proyecto Fin de Carrera es la demostración de que el egresado ha alcanzado suficiente nivel para poder enfrentarse a problemas reales como titulado. Por ello, ha de demostrar en ese documento un nivel elevado de conocimientos y justificación de todas las decisiones.

Se han visto las diferencias entre los tipos de proyectos existentes según quién lo encarga. Sin embargo, los documentos varían su contenido si atendemos a una clasificación de proyectos dependiente de otros criterios. En efecto, existen variaciones en los contenidos de los proyectos de productos, de plantas industriales, de explotaciones agrícolas, de obras públicas, de telecomunicaciones, de ingeniería naval, etc... Y, dentro de cada uno de ellos, se aprecian, en ocasiones, importantes diferencias. Sin embargo, a partir del análisis de algunas clases de proyectos se pueden inferir las características que deben reunir los demás.

4.6. CRITERIOS DE ORDENACIÓN DE LOS DOCUMENTOS

Antes de entrar en la descripción detallada de cada uno de los documentos del proyecto conviene fijar los criterios que deben regir en la ordenación de su contenido.

Estos criterios tienen validez prácticamente universal, excepto el 2º criterio para los anejos de cálculo, por lo que son una guía sencilla y eficaz para el proyectista cualquiera que sea el trabajo que está llevando a cabo.

- Ordenar de lo general a lo particular y de lo abstracto a lo concreto.
- Cuando existe confusión o duda, explicar claramente el problema primero y explicar claramente después la solución propuesta y sus razones.
- Dado que los documentos del proyecto sirven de base para la realización de la obra, la ordenación interna de cada uno de ellos debe amoldarse a la señalada para la planificación de los trabajos. Es excepción la ordenación de cada Anejo de Cálculo, que debe organizarse siguiendo el mismo camino que el utilizado por el calculista.
- Cada documento debe ser completo en sí mismo.
- Cada documento se dividirá en tantas partes o capítulos como contratistas o suministradores distintos se prevea han de ejecutar los trabajos. Cada una de estas partes deberá tener sentido en sí misma y en relación con el conjunto.
- Es conveniente seguir una clasificación decimal, de tal manera que aunque se incluyan apartados nuevos, planos nuevos o anejos nuevos, no haya que modificar la numeración de lo ya existente.

En el caso concreto de los planos, existen multitud de formas distintas de numerarlos, según la organización de la que se trate. Sería aconsejable, según De Cos, que en la numeración decimal del plano aparecieran reflejados los siguientes conceptos:

- Indicativo de dimensión.
- Número de proyecto.

- Código de área.
- Símbolo del departamento o especialidad de ingeniería.
- Número específico del plano, dentro del área o departamento.
- Número de revisión.

Se ha añadido el apéndice I, al final del libro con instrucciones y consejos más concretos sobre la numeración de capítulos y la preparación de textos en los proyectos.

4.7. LA MEMORIA

La memoria está formada por dos partes claramente diferenciadas:

- La memoria descriptiva o memoria propiamente descriptiva
- Los anejos a la memoria.

4.7.1. MEMORIA DESCRIPTIVA

Es un documento informativo que debe contener la descripción y justificación de las soluciones adoptadas, con tantos capítulos y apartados como divisiones y subdivisiones se hayan adoptado para su realización. Como capítulos finales, debe contener un resumen de las características del producto o sistema diseñado y el estudio económico que permita conocer su rentabilidad.

Dentro de la memoria de cualquier proyecto de sistema productivo o planta industrial deberían incluirse, en general, la mayoría de los conceptos siguientes:

- Antecedentes.
- Definiciones.
- Planteamiento.
- Generalidades.
- Descripción general del proceso técnico.

- Balances de masas y energías. Esquemas.
- Personal. Organización.
- Productos. Estudio de mercados.
- Transporte interior y exterior.
- Situación geográfica. Descripción y estudio.
- Cuestiones comerciales: compras, ventas, precios.
- Cuestiones oficiales: constitución, tramitación, sindicación, cupos, patentes, modelos de utilidad.
- Presupuesto de primera instalación.
- Capital: emisiones, financiación.
- Costos. Balance anual. Beneficios. Punto de equilibrio.
- Aspectos de diseño. Optimización. Estética.
- Programación de la realización.
- Resumen.

Existen trabajos especiales e informes específicos pero no necesariamente de menor entidad que la de un proyecto. Su estructuración es distinta pero los conceptos generales a aplicar son los mismos. Como ejemplos cabe citar, entre otros:

- Optimización energética o de recursos (humanos, materiales, financieros).
- Estudios de viabilidad técnica.
- Estudios de implantación.
- Estudios de seguridad integrada.
- Planificación y control de grandes proyectos

Propios todos ellos de las oficinas de ingeniería y arquitectura.

4.7.1.1. Criterios

De la lectura de la Memoria debe obtenerse claramente (sin necesidad de consultar los restantes documentos) una idea concreta de lo que el proyecto representa. Por ello, debe contener antecedentes e información suficiente para proporcionar un conocimiento completo de la justificación adoptada, la forma en que se ha de llevar a cabo, la cuantía de la inversión y todo lo relacionado con su evaluación. La Memoria es el eje o línea central que sirve de base para el desarrollo del proyecto; por ello:

- Debe reflejar los acontecimientos en un orden lógico temporal tanto en las fases de planteamiento como en el proceso productivo (si lo hay).
- Debe hacerse referencia cuantas veces sea preciso al resto de documentos (fundamentalmente, anexos y planos), con el fin de facilitar al lector la búsqueda de la información necesaria.

4.7.1.2. Morfología

La extensión de la Memoria debe ser tal cual que su lectura sea clara concisa, directa y completa. Así pues, tendrá preferencia total la exposición de la línea fundamental del proyecto intentando eliminar la relación excesivamente detallada y pormenorizada que dificulte la correcta ilación del proyecto.

Esos pormenores y pequeños detalles podrán contemplarse (si se desea) en los Planos y los Anejos.

Conviene recordar que el tamaño del papel será el indicado por las normas UNE, es decir, UNE A4 vertical, de dimensiones 297X210 mm y que en caso de emplear algún otro tamaño, porque así sea preciso (gráficos, tablas, listados, etc.), su plegado será el normalizado por UNE.

Deben evitarse cualesquiera errores ortográficos o mecanográficos, efectuando las revisiones convenientes, pues toda responsabilidad del proyecto corresponde a su autor.

No debe hacerse referencia directa a marcas concretas o a nombres de casas comerciales, salvo en aquellos casos en los que la falta de especificación pueda repercutir negativamente en la calidad final del objeto proyectado.

La Memoria se estructurará en tantos capítulos como sea necesario para describir los apartados en los que se ha dividido el proyecto. Por ello conviene iniciar cualquier proyecto redactando el índice de la memoria y el de sus anejos aunque la organización de los trabajos no coincida en el tiempo y en la subordinación con al especificado en los índices.

4.7.1.3. Índice de la memoria

Partiendo de la premisa de que cada proyecto se estructurará de acuerdo a sus características, se señala a continuación un índice genérico de la memoria de un proyecto de planta industrial, explicando el contenido de cada apartado. Es evidente que cuando se hable de emplazamiento, este apartado no aparecerá en los proyectos de producto, destacando en éstos algunos aspectos de diseño que en esta clase de proyectos suele ser más importante que en los de plantas industriales.

Algunos de los temas que se tratan en la Memoria pueden haberse estudiado en profundidad en el Anteproyecto correspondiente o en algún otro estudio previo, pero aún así es práctica habitual incluirlos o citarlos en el proyecto definitivo, haciéndose necesario en casos como los que se citan:

- Si el autor del proyecto es distinto del autor del anteproyecto.
- Si el proyecto es para la Administración.
- Si se trata de un proyecto fin de carrera.
- Si el anteproyecto definitivo ha modificado las conclusiones provisionales del anteproyecto.
- Cuando de la separación en el tiempo del anteproyecto al proyecto viene una variación de las hipótesis y resultados de aquel.

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES.

Un proyecto viene precedido en general por estudios y anteproyectos y condicionado por el entorno. Estos antecedentes permitirán una justificación completa del proyecto como consecuencia de una serie de factores de todo orden (técnicos, comerciales, sociológicos, etc.) que dan lugar a la necesidad del proyecto.

Por ello conviene resaltar dos puntos de vista diferenciados: los antecedentes de tipo general y los de tipo local.

1.1. Antecedentes generales.

Descripción de los estudios previos y anteproyectos realizados, analizando la documentación existente e indicando las hipótesis y planteamientos allí contenidos así como todos aquellos que permitan entender claramente los problemas a resolver. Se incluirán, también, si ha lugar:

- El pliego de bases del concurso del proyecto (aunque es más usual incluirlo en un anexo).
- La legislación general.

1.2. Antecedentes locales.

Comprende el análisis de la incidencia del proyecto en el ámbito local, destacando:

- Si influye en el desarrollo de la zona, comarca o región.
- Plan General, Especial, o Parcial de la zona.
- Datos históricos.
- Referencias de proyectos redactados por el autor y que tengan relación con el que se presenta (también incluible en un anexo).
- Estado actual de la zona del proyecto.

CAPÍTULO 2. OBJETO DEL PROYECTO Y JUSTIFICACIÓN.

2.1. Objeto del proyecto.

Debe constituir en una breve, pero completa, explicación del conjunto de aplicaciones a que se destina el proyecto.

Un ejemplo sencillo sería:

"El presente proyecto tiene por objeto la realización de las obras e instalaciones necesarias para la puesta en marcha de una industria de con una producción de (T/año, ptas./año) a situar en la localidad de, provincia de, por encargo de la sociedad"

2.2. Justificación.

Deben indicarse las necesidades que el proyecto viene a cubrir. En concreto, la justificación será del tipo económico-funcional; y principalmente, se derivará de alguno de los conceptos siguientes:

- Necesidad del mercado (déficit del producto).
- Mejoras tecnológicas.
- Necesidad de ampliación.
- Traslado necesario por cambios legales o variaciones del mercado.
- Producto nuevo.
- Conveniencia social o administrativa.

En el caso de los proyectos Fin de Carrera deberá existir una justificación al menos académica, como por ejemplo:

- Desarrollo de nuevas tecnologías.
- Nuevas aplicaciones.
- Trabajos propios de los departamentos e institutos tecnológicos.

CAPÍTULO 3. VIABILIDAD DEL PROYECTO.

Contempla este capítulo una justificación objetiva, desde el punto de vista del proyectista del desarrollo de todo el proyecto. Este capítulo precede casi en su integridad del anteproyecto realizado con anterioridad. Habitualmente, comprende los siguientes apartados

3.1. Viabilidad industrial (tecnológica).

Debe analizar y justificar la solución proyectada desde el punto de vista técnico, destacando, fundamentalmente:

- la mejora de procesos y productos.
- La existencia de tecnología adecuada o la solución a las nuevas propuestas técnicas.
- Los rendimientos

3.2. Viabilidad legal y laboral.

Señalará que no hay impedimento legal para realizar el proyecto, indicando, además, las ventajas legales si existen (beneficios legales o de otro tipo). Por otra parte, se analizarán los condicionamientos laborales que implica el proyecto y las soluciones -si se precisan- que se proponen. Se analizará la existencia o no de mano de obra adecuada, las repercusiones de una eventual reducción de esta o las acciones a tomar para la formación de personal o la reconversión de puestos de trabajo.

CAPÍTULO 4. UBICACIÓN O EMPLAZAMIENTO.

Debe analizar y explicar razonadamente todos los aspectos considerados para situar el emplazamiento de la industria, desarrollando completamente lo ya estudiado en el anteproyecto referente al estudio de mercados.

Un ejemplo de esquema puede ser el siguiente:

4.1 Mercados.

Procedente del anteproyecto, debe completarse el análisis de mercados para justificar su ubicación, señalando:

4.1.1. Materias primas: descripción, origen, volumen e incidencia de las mismas en el proceso productivo y en la localización de la industria.

4.1.2. Productos terminados: descripción, destino (mercados), volumen e incidencia en la localización de la industria.

4.1.3. Subproductos (productos semiterminados, desechos, chatarras, etc.) descripción, importancia y posible incidencia en la localización.

4.2. Comunicaciones y transportes.

Este apartado tiene una importancia muy variable según las características de las materias primas y productos que se fabriquen, llegando en algunos casos a ser el único factor determinante de la ubicación de una industria. Su tratamiento en cada proyecto dependerá de esa importancia, precisando en su caso de un anejo de cálculos para justificar el emplazamiento por centros de gravedad, mediante investigación operativa o cualquier otro método matemático. En todo caso, se describirán las comunicaciones existentes, su importancia y los medios de transporte previstos de utilización de las materias primas y productos, justificando la idoneidad de los mismos.

4.3. Terrenos.

Descripción del terreno, señalando su situación geográfica exacta y las correspondientes referencias a planos y sus características más importantes desde el punto de vista técnico. En general, debe comprender el tratamiento de los siguientes subapartados:

4.3.1. Aspectos climatológicos:

- Temperaturas extremas y medias.
- Velocidad del viento, vientos dominantes.
- Régimen de precipitaciones.
- Acciones sísmicas.

4.3.2. Aspectos técnicos.:

- Topografía.
- Resistencia admisible del terreno.
- Nivel freático.
- Características físico-químicas.
- Sondeos realizados

4.3.3. Administrativos.

- Expropiaciones.
- Servidumbres de paso.

4.4. Ordenación legal.

De obligado cumplimiento, en muchos proyectos se incluye como capítulo independiente a continuación de Objeto y Justificación, comprendiendo entonces una relación de la normativa aplicada para la realización del proyecto.

Con la presente estructura, la ordenación legal que debe relacionarse contempla los condicionamientos que a nivel estatal, comarcal, municipal o local se han considerado en su ubicación, tales como:

- Plan General de Ordenación Urbana.
- Calificación del suelo.
- Plan Parcial.
- Volumetría admisible, altura y retranqueos.
- Niveles de contaminación.
- Usos y actividades.

4.5. Ambientación.

Debe considerarse la incidencia del proyecto en el entorno social, explicando su influencia en:

- La tradición local.
- La demografía
- La concentración industrial.

4.6. Servicios.

Se debe señalar y justificar la importancia de los servicios que precisa la industria, siendo los más habituales:

4.6.1. Disponibilidades de agua: Especificando las características de la existientem caudal y consumo previsto, etc.

4.6.2. Energía eléctrica: Caracterísiticas del suministro y potencia disponible de la red en relación con la instalada.

4.6.3. Carbón, gas, etc: Características del suministro.

4.6.4. Otros servicios: Telefonía, seguridad, etc.

4.7. Eliminación de residuos.

Hay que señalar las reglamentaciones legales exigidas y las soluciones propuestas, indicando la existencia o no de alcantarillado, servicios o sistemas de eliminación de residuos, etc.

4.8. Condiciones sobre seguridad, sanidad e higiene.

Legislación y soluciones propuestas para prevención de incendios, robo, etc.

CAPÍTULO 5. PROCESO DE FABRICACIÓN

Debe realizarse una descripción completa del proceso. Los apartados más importantes de este capítulo pueden ser:

5.1. Elección del proceso.

Se señalarán los distintos tipos de proceso que pueden aplicarse justificando la solución adoptada.

5.2. Diagrama de flujo. Esquema del proceso.

Debe comprender tanto la simbología como la densidad de flujo cuando sea posible y conveniente, incluyendo, como es obvio, el esquema o esquemas correspondientes.

5.3. Propiedad industrial.

Especificar las partes del proceso que estén protegidas legalmente: registro de la Propiedad Industrial, patentes propias o pertenecientes a terceros, know-how, elección de ingeniería llave en mano, modelos de utilidad, etc.

Nota importante: Cuando se haya utilizado algún método de implantación, tal como el S.L.P. de R. Muther o se usen programas de ordenador (ALDEP, CORRELAP, CRAFT, etc.) para resolver un layout, en todo lo que sigue convenirá ajustar la ilación con arreglo a dicho método señalándose las ventajas y limitaciones del mismo e incluyendo las consideraciones que, como mínimo, se contemplan en los capítulos 6,7,8 y 9.

CAPÍTULO 6. PRIMERAS MATERIAS.

Descripción de cada una de las materias primas que intervienen en el proceso, indicando entre otros los siguientes aspectos que pueden recogerse en apartados:

6.1. Materias primas principales

6.1.1. Características físico-químicas.

6.1.2. Consumo.

6.1.2.1. Cantidad.

6.1.2.2. Tipo

6.1.2.3. Clase.

6.1.2.4. Ritmo.

6.1.2.5. Cupos.

6.1.3. Competencia de consumo.

6.1.4. Especificación técnica y comercial.

6.2. Materias primas auxiliares.

Incluir los conceptos que sean precisos y que se han indicado en el apartado 6.1.

CAPÍTULO 7. EQUIPO INDUSTRIAL

Descripción completa de todo el equipo industrial, especificando las características técnicas de las máquinas, tales como:

- Producción.
- Potencia.
- Tensión de trabajo.
- Protección.

Sin indicar marca o modelo. Se puede ordenar su descripción respecto a su importancia de acuerdo a la división siguiente:

7.1. Maquinaria principal.

7.2. Maquinaria auxiliar.

7.3. Elementos auxiliares.

7.4. Herramientas.

Como en algunos casos, puede interesar al proyectista orientar o definir la maquinaria al máximo para garantizar los supuestos del proyecto, es correcto entonces definir la maquinaria de un modo indirecto, como por ejemplo:

" Máquina para..... con una producción de, potencia, tensión de"

Ha de darse un resumen total de la potencia instalada, índice de simultaneidad y potencia del transformador.

CAPÍTULO 8. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA E INSTALACIONES.

Es una descripción estática (fotográfica) de la planta industrial.

Un índice general podría ser el siguiente:

8.1. Terrenos y accesos.

Se describirá la forma de la parcela o parcelas del conjunto industrial, los accesos, calles interiores, sentidos circulatorios, zonas de aparcamiento, iluminación exterior, control de entrada y salida, báscula, zonas previstas para posibles ampliaciones, etc. justificando cada una de las propuestas (o dando referencia a anejos, planos). Por ejemplo: intensidad de iluminación, nº de plazas de aparcamiento según operarios y normativa municipal, etc.

8.2. Edificios.

Descripción de las edificaciones: naves industriales, edificio representativo y estructuras auxiliares (por ejemplo, sala de calderas) incluyendo sus características técnicas, formas, dimensiones, materiales elegidos, compartimentación y su justificación funcional.

En la descripción de los sistemas constructivos deben indicarse los datos previos considerados, los métodos de cálculo empleados y la reglamentación aplicada.

Se consultarán en los reglamentos y normas correspondientes los apartados que tratan de la redacción de la memoria y anejos para ajustarse en el proyecto a lo que manda cada uno de ellos, tanto en lo que se refiere a edificios como instalaciones, ordenanzas de usos e instalaciones, higiene y seguridad, etc.

Quedarán definidos los siguientes elementos estructurales:

- Cimentación.
- Estructura de naves, oficinas y otras construcciones (depósitos, silos, subestación transformadora, etc.)
- Cerramientos laterales y de cubierta, particiones.
- Puertas, ventanas y vallas.
- Soleras, forjados y acabados superficiales.

8.3. Servicios.

Se describirán en general, los siguientes servicios:

8.3.1. Redes de agua. Características del suministro o consumo.

8.3.2. Instalación eléctrica. Descripción de la instalación eléctrica.

8.3.3. Iluminación natural y artificial.

Y cualquier otra instalación que esté presente en el proyecto. Vale la pena recordar que seguramente la ingeniería tendrá que preparar proyectos específicos de estas instalaciones a efectos de legalizaciones. La preparación de un buen índice y de una buena estructura documental puede permitir a la ingeniería ahorrar trabajo.

Capítulo 9. Seguridad y sanidad ambiental.

Descripción desde el punto de vista de la sanidad ambiental y de la seguridad, de la posible repercusión de: Humos, gases, vapores, polvos, olores, ruidos, vibraciones, residuos sólidos, aguas residuales, etc. Se incluirán los siguientes apartados:

9.1. Medidas correctoras y de seguridad contra incendios.

9.1.1. Normas, reglamentos y ordenanzas aplicados.

9.1.3. Detección y extinción. Prevención.

9.2. Medidas correctoras y de seguridad contra ruidos y vibraciones.

9.2.1. Normas y ordenanzas contemplados.

9.2.2. Máquinas y elementos productores de ruido y vibraciones.

9.2.3. Sistemas de amortiguación. Nivel máximo resultante.

9.3. Tratamiento de aguas residuales.

9.3.1. Normas y reglamentos contemplados.

9.3.2. Tipos de vertido.

9.3.3. Sistemas de tratamiento adoptados. Justificación.

9.4. Tratamiento de residuos sólidos.

9.4.1. Reglamentos y ordenanzas aplicados.

9.4.2. Tipos de residuos.

9.4.3. Sistemas de eliminación. Justificación.

CAPÍTULO 10. RÉGIMEN DE FABRICACIÓN.

Es una descripción dinámica (cinematográfica) de la planta industrial. Un esquema válido podría ser el siguiente:

10.1. Funcional.

Se describirá todo el sistema productivo que se relaciona con los materiales y su proceso.

10.1.1. Primeras materias.

- 10.1.1.1. Recepción.
- 10.1.1.2. Control.
- 10.1.1.3. Almacenamiento.
- 10.1.1.4. Distribución a fabricación.

10.1.2. Programas de fabricación.

10.1.3. Organización del trabajo.

10.1.4. Productos.

- 10.1.4.1. Recepción.
- 10.1.4.2. Control.
- 10.1.4.3. Almacenamiento.
- 10.1.4.4. Expedición.

10.1.5. Comercio (dirección comercial de ventas).

- 10.1.5.1. Organización. Red de ventas.
- 10.1.5.2. Publicidad.

10.1.6. Investigación y oficina técnica.

- 10.1.6.1. Organización.
- 10.1.6.2. Medios y posibilidades de futuro.

10.2. Laboral.

Se describirá la composición de la empresa señalando el número total de empleados.

10.2.1. Composición. (categoría dentro de la empresa y categoría profesional).

- 10.2.1.1. Personal directivo.
- 10.2.1.2. Personal técnico y auxiliar técnico (por ejemplo, delineantes).
- 10.2.1.3. Personal administrativo y auxiliar administrativo.
- 10.2.1.4. Personal de producción (jefes de sección, obreros especialistas, peonaje).

10.2.2. Régimen de trabajo.

10.2.2.1 Jornada laboral. Turnos, Convenio colectivo.

10.2.2.2. Sistemas de retiroción.

10.2.3. Servicios auxiliares.

10.2.3.1 Seguridad y asistencia médica.

10.2.3.2. Enseñanza y deportes.

10.2.3.3. Comedores y otros servicios.

CAPÍTULO 11. EJECUCIÓN DEL PROYECTO Y EXPLOTACIÓN.

11.1. Plan general.

11.2. Etapas de realización.

11.2.1. Plazos de ejecución previstos.

11.2.2. Importes.

11.2.3. Diagrama de barras de la realización.

Capítulo 12. Estudio económico.

(Es importante no confundirlo con un documento distinto, el Presupuesto, porque el presupuesto es *lo que vale* el proyecto, mientras que el estudio económico es, teniendo en cuenta lo que vale, *la previsión de lo que puede generar*).

12.1. Presupuesto total de la construcción. (Resumen de sus totales).

12.2. Presupuesto total de las instalaciones. (Resumen de sus totales).

12.3. Estudio económico.

12.3.1. Inversiones. -

12.3.2. Gastos de explotación.

12.3.3. Amortizaciones.

12.3.4. Financiación.

12.3.5. Gastos anuales.

12.3.6. Ingresos anuales.

12.3.7. Beneficios.

12.3.8. Productividad y rentabilidad. Ratios.

12.3.9. Tasa interna de rentabilidad. Gráficos.

Capítulo 13. Bibliografía y consultas realizadas.

Se trata de una relación de libros, artículos, monografías, catálogos, etc. más importantes que se hayan utilizado y referenciado a lo largo de la memoria descriptiva. Deben ir numerados y ordenados alfabéticamente por autores.

Las referencias pueden ser estructuradas de distintas formas, por ejemplo:

- 13.1. Libros: n° de orden, autor, título, editorial, año de publicación, n° de edición, ciudad.**
- 13.2. Artículos: n° de orden, autor, título, nombre de la revista, páginas, editorial, mes y año de publicación, n° de edición, ciudad.**
- 13.3. Catálogos: n° de orden, título, empresa, año de publicación, ciudad.**
- 13.4. Empresas: n° de orden, nombre de empresa, dirección.**
- 13.5. Consultas a través de internet: dirección.**

4.7.2. ANEJOS

Los anejos son el soporte de la Memoria Descriptiva. Los anejos recogen las hipótesis y métodos empleados para resolver el proyecto y sirven en base para la comprobación de la validez de las soluciones.

Reunidos en grupos se señalan a continuación los anejos que pueden componer la segunda parte de la memoria de un proyecto de ingeniería.

4.7.2.1. La Documentación

Pueden incluirse en este grupo de anejos, cuando su interés así lo requiera, temas como:

El pliego de bases del Concurso del proyecto.

La legislación general que afecta al Proyecto, incluyendo aquellos artículos que hayan sido básicos en el desarrollo del Proyecto. Por ejemplo: Artículos del Plan Parcial sobre los que se ha basado un determinado Proyecto de Urbanización.

Estudios previos de viabilidad.

Anteproyecto o sumario básico del que se ha partido para que se constate todo lo que se ha tenido en cuenta y las modificaciones aportadas en el proyecto definitivo.

Curriculum del proyectista o de la ingeniería.

4.7.2.2. El terreno

Relacionados con el terreno sobre el que se ha de asentar la industria, los anejos más importantes son:

- El levantamiento topográfico del terreno, que ha servido de base para el replanteo. Cuando el levantamiento topográfico es complejo, suele realizarse por un técnico o equipo especializado.
- El estudio geotécnico. En la práctica totalidad de los proyectos de construcción es preciso conocer la resistencia del terreno, el nivel freático, el tipo de suelo, y todos aquellos datos que para realizar la implantación y los cálculos de cimentación necesita conocer el proyectista.
- El estudio del comportamiento reológico de las cimentaciones, cuando las normas así lo exijan.

4.7.2.3. El emplazamiento

Justificación del emplazamiento adoptado:

- Datos recopilados y cálculos relacionados con el transporte de materias primas y la distribución de productos.
- Estudio de las comunicaciones presentes y durante el tiempo de vida de la industria.
- Datos sobre la mano de obra del entorno.
- Legislación laboral de la zona.
- Calificación del suelo. Volumetría, retranqueos, etc.

4.7.2.4. La distribución en planta

Recogerá este anejo -o anejos- las distintas alternativas estudiadas del layout de la planta o del producto, los datos recopilados (dimensión de la maquinaria y componentes, espacios de manutención y enlace, zonas de almacenaje) y una justificación funcional y económica de la solución adoptada y, fundamentalmente:

- Optimización de recorridos.
- Optimización de actividades.
- Productos – cantidades.
- Flexibilidad.
- Determinación de espacios.
- Fiabilidad del sistema.

4.7.2.5. Cálculos justificativos

Se estructurarán en tantos capítulos como sean necesarios. En el caso general, deberán relacionarse en cada uno de ellos:

- Las hipótesis o bases de partida para el cálculo.
- Las normas y reglamentos utilizados.
- La formulación aplicada.
- La bibliografía consultada.
- El desarrollo completo que ha conducido a las soluciones finalmente adoptadas.
- Las simplificaciones asumidas.
- Los instrumentos de cálculo empleados, tales como ábacos, tablas, programa de cálculo y ordenador utilizado, etc.
- El sistema de unidades.

Es muy probable que la mayor parte de estos cálculos hayan sido realizados con la ayuda del más importante de los instrumentos: el ordenador. Sobre la manera de presentarlos, ya se ha hablado en el capítulo anterior.

De todos los cálculos que pueden encontrarse en un proyecto de ingeniería, destacan los siguientes.

4.7.2.5.1. Cálculo de estructuras

Se indicarán claramente los motivos por los que se ha elegido un determinado tipo de estructura resaltando los aspectos funcionales, económicos o estéticos que han conducido a esa elección.

Deberá quedar constancia no sólo de los cálculos de los elementos principales (pórticos, correas, forjados, etc.) sino también de los elementos secundarios que completan la estructura (arriostramientos, dinteles, anclajes, cordones de soldadura, etc.).

Si el proyectista asume, en algún momento, la responsabilidad de calcular sin cumplir determinada norma (p.e.: modificar una hipótesis de carga) deberá justificar exhaustivamente esta acción.

4.7.2.5.2. Cálculos eléctricos

En los proyectos que tratan estos temas pueden aparecer cálculos sobre:

- La línea de acometida (de Media tensión en general) desde el punto de toma hasta la subestación transformadora de la planta.
- La subestación transformadora (tensiones de entrada y salida, nº y potencia de los transformadores, celdas de medida y protección, etc.).
- Las líneas de distribución en baja, definiendo el tipo de conductor y el sistema de transporte (canalizaciones subterráneas, en bandeja, empotrada, etc.).
- El alumbrado (tipo de lámparas y luminarias, intensidad luminosa adoptada, distribución, protección, etc.).
- El esquema unifilar de la instalación y los elementos de protección calculados.
- Tomas de tierra de la instalación, maquinaria y elementos metálicos de la obra.

4.7.2.5.3. Cálculo de cimentaciones y soleras

A la vista de los datos del terreno y las cargas determinadas en el cálculo de estructuras, se incluirá:

- Tipo o tipos de cimentación adoptados y su justificación.
- Carga admisible del terreno y profundidad mínima de los cimientos.
- Hipótesis de carga y calidad de hormigones y aceros.
- Cálculo de zapatas y zunchos de atado.
- Cimentaciones de máquinas.
- Definición de las soleras: armadura, acabado superficial, compactado de las zahorras, etc.
- Otros cálculos: muros de contención, depósitos enterrados, etc.

4.7.2.5.4. Cálculos hidráulicos

En general, comprenderán:

- Diseño y cálculo de canalones, bajantes y red de desagües de aguas pluviales: determinación del caudal de lluvia por unidad de superficie, materiales utilizados, secciones y pendientes mínimas.
- Red de saneamiento de aguas negras y residuos industriales. Tratamiento y depuración de residuos.
- Cálculo del abastecimiento de agua.

4.7.2.5.5. Otros cálculos

Entre los muchos cálculos que pueden precisarse en un proyecto conviene destacar:

- Circuito de aire comprimido: sala de compresores, de distribución, valvulería, etc.
- Ventilación, aireación y aspiración de polvo.
- Transporte neumático.

- Depósitos de combustible y de materias primas o productos terminados.
- Refrigeración de aire acondicionado.
- Aislamiento acústico y térmico.
- Sistemas de protección contra incendios: hidratantes, bocas de agua, rociadores, distribución de extintores, etc.

4.7.2.6. Seguridad e higiene en la construcción

Por imperativo legal, todos los proyectos constructivos deben llevar con ellos un proyecto específico que prevea y corrija los posibles riesgos que pueden tener lugar durante la fase de realización (construcción), que además presupueste y defina totalmente las medidas correctoras.

Este proyecto específico puede ser considerado un anexo de la memoria o bien, proyecto aparte, en función, como ya se ha ido diciendo más arriba de su destino.

4.7.2.7. Planificación, programación y control

En este anejo se estudian todos los datos relativos al proceso constructivo de las obras proyectadas, al montaje de las instalaciones y de la maquinaria y a su puesta en marcha; por tanto, se planifican programas y se instrumentan los medios de control de la realización en cuanto se refiere a los plazos de ejecución –y su coordinación- y a las inversiones necesarias.

Su representación definitiva suele plasmarse mediante gráficos de barras (Gantt) aunque el método de cálculo más ampliamente utilizado es el P.E.R.T.-TIEMPOS, que define el inicio y fin de cada actividad y sus márgenes de maniobra, o bien el P.E.R.T-RECURSOS, que optimiza el uso de medios para el tiempo de ejecución previsto.

4.7.2.8. Consideraciones teóricas

Se incluirá un anejo especial de consideraciones teóricas cuando se expongan teorías o conceptos originales (o poco conocidos) y cuando deban justificarse soluciones que no cumplan determinadas normas, o éstas no existan.

4.7.2.9. Estética y ecología

Estos anejos deberán reflejar el esfuerzo que el proyectista ha desarrollado para integrar el proyecto en su entorno, tanto desde el punto de vista estético como en el ecológico.

Si el proyecto se refiere a un producto industrial, se incluirá el análisis realizado sobre:

- La forma del producto (estética).
- La ergonomía (relación sujeto-objeto).
- El color.
- Otras características (tacto, materiales, etc.).

4.7.2.10. Modelos reducidos, plantas piloto, prototipo.

Muchos de los proyectos de la ingeniería hidráulica precisan para su resolución de su estudio por medio de modelos reducidos. Será preciso, entonces, describir el modelo, la escala utilizada, los ensayos realizados y las modificaciones que este estudio haya introducido en el proyecto.

Por otra parte, en proyectos de ingeniería de procesos (ingeniería química, fundamentalmente), es habitual realizar una planta piloto que permita definir determinados parámetros y magnitudes. Deberán, igualmente, describirse los ensayos y los resultados obtenidos, incluyéndose esquemas y fotografías de la instalación.

Para el estudio de la implantación de grandes industrias se utiliza en ocasiones la representación, en dos o tres dimensiones, del layout mediante maquetas, debiéndose exponer los trabajos realizados.

En proyectos de productos es también habitual la realización de maquetas o la construcción de prototipos, debiéndose en estos casos especificar la forma de realizarlos, el número y características de estos prototipos y describirse, también, los ensayos y los resultados de los mismos.

4.7.2.11. Otros anejos

Aún habiéndose expuesto un amplio número de anejos, habrá proyectos que exijan otros estudios específicos, tales como:

- Sistema de organización del personal.
- Estudio de vibraciones en una máquina.

- Estudio de temperaturas.
- Sistemas de seguridad integrada.
- Estudios económicos y financieros.
- Condicionantes legales.
- Sistema de mantenimiento.
- Sistemas electrónicos.
- En el caso de proyectos de software: manual de usuario y manual de programador.
- En el caso de planes de mantenimiento: procedimientos, etc.

4.8. DOCUMENTO N° 2: LOS PLANOS

4.8.1. INTRODUCCIÓN

Los planos son la representación gráfica del proyecto y lo definen exhaustivamente en su aspecto constructivo.

Los Planos, junto con el Pliego de Condiciones forman los documentos que tienen carácter vinculante ya que pasan a formar parte del Contrato de Obras entre la Propiedad y el Contratista. Los planos son el documento que se utiliza más ampliamente durante la ejecución de los trabajos de taller y de montaje. Así pues, el contenido de los planos debe ser tal que permita llevar a cabo todo el proyecto.

En general, los planos son una representación reducida o ampliada en dos dimensiones del conjunto de elementos tridimensionales que componen un objeto u obra. Cada uno de estos elementos precisará de más de una vista para quedar perfectamente definido.

La génesis de los planos suele ser lenta; se inician casi a la vez que el propio proyecto. El proyectista comienza realizando bocetos y croquis sobre los que se basan los trabajos de definición, desarrollo y cálculo del proyecto. Los propios cálculos van ayudando a acotar cada uno de los elementos componentes y, por tanto, contribuyen a mejorar los croquis y bocetos iniciales hasta dejar perfectamente definido todo el conjunto. En muchas ocasiones, el dibujo de los planos permite observar los posibles defectos de un diseño y, en muchas otras, será el propio dibujo el que solventará los detalles constructivos difícilmente resolubles pro el cálculo.

El dibujo definitivo de los planos corre a cargo, la mayoría de las veces, de un equipo de delineación. Sin embargo, el visto bueno definitivo corresponde al proyectista que debe repasar todo el dibujo: líneas, cotas, escalas y anotaciones. Un error en un plano puede significar una obra mal realizada. Imagínese, por ejemplo, que al dibujar un molde para realizar piezas de plástico por inyección se ha interpretado mal la idea del proyectista o se ha cometido un error de acotación. Si no se observa a tiempo, el molde realizado puede precisar de costosas reparaciones, o incluso tenerse que repetir. La responsabilidad de éste y de otros casos similares es totalmente del proyectista por lo que le compete hacer frente a los gastos y daños que se hayan producido, además del desprestigio que ello acarrea.

Así pues, las obras, máquinas y elementos a realizar como consecuencia del proyecto, una vez definidas y calculadas, se han de representar en planos, utilizando para ello –de acuerdo con las normas UNE- los formatos y escalas adecuados al grado de detalle que exige su correcta interpretación y ejecución. Deben contener, además, la máxima información útil.

Con el uso de ordenadores y de programas de C.A.D.³⁵ cada vez más potentes, las posibilidades de la representación gráfica se hacen enormes: renderizados, trabajo en 3D, planos permanentemente actualizados mediante *groupware*, etc. Esta irrupción de los ordenadores ha cambiado totalmente la manera de trabajar y representar gráficamente, hasta el punto de que algunos aspectos de la normalización están siendo revisados.

En todo caso hay una serie de conceptos generales que siguen teniendo plena vigencia.

4.8.2. ACOTACIÓN

Se llama cota al valor de la altura de un punto o de una curva respecto a un plano fijo. En la representación gráfica, se llama también cota a la medida de cualquier dimensión reflejada en los planos.

La acotación se realiza mediante las líneas de referencia y las líneas de cota.

³⁵ En la ingeniería y arquitectura de nuestro ámbito el programa *Autocad* ha logrado una posición de gran dominancia, pero hay que tener en cuenta otros, como *Microstation*, *Medusa*, *Moss*, *Cartomap*, etc.

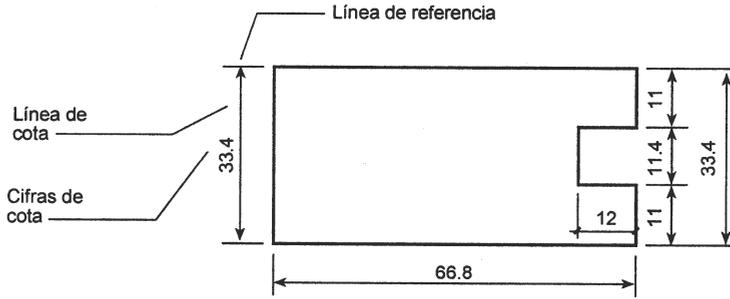


Figura 36. Acotación

Las líneas de referencia son la prolongación de las del dibujo cuya cota se quiere definir.

Las líneas de cota suelen ser perpendiculares a las de referencia y señalan la medida del elemento. El valor de la cota se escribirá encima de la línea de manera que pueda leerse desde la posición normal o desde la derecha del propio dibujo. Las líneas de referencia y cota se dibujan con menor espesor que las del dibujo para distinguirlas de éste.

Las cotas suelen expresarse en las unidades más adecuadas al tamaño del objeto a medir. El milímetro y el metro son las unidades más utilizadas para acotar longitudes y los grados sexagesimales para ángulos.

4.8.3. LÍNEAS

Las líneas y su distinto espesor y trazado permiten destacar dentro de un plano las propias figuras y su definición.

En el cuadro de la figura adjunta se han indicado los tipos de líneas usuales y su aplicación a la representación gráfica.

LINEAS	DESIGNACIÓN	APLICACIONES
	LLENA GRUESA	Contornos y aristas vistas.
	LLENA FINA	Cotas, rayados, ejes cortos, vistas ficticias.
	LLENA FINA A MANO ALZADA	Límites de vistas, cortes parciales.
	GRUESA DE TRAZOS	Contornos y aristas ocultas.
	FINA DE TRAZOS	Contornos y aristas ocultas.
	FINA DE TRAZOS Y PUNTOS	Ejes, trayectorias, planos de simetría.
	FINA DE TRAZOS Y PUNTOS PERO GRUESA EN EXTREMOS Y CAMBIOS DE DIRECCIÓN.	Trazos de planos de corte.

Figura 37. Tipos de líneas y aplicaciones

El ancho o espesor de las líneas debe amoldarse a las características del dibujo, estando normalizados los siguientes espesores (en mm.):

FINA		GRUESA				
0,18	0,25	0,35	0,7	1	1,4	2

Tabla 3. Grosos.

4.8.4. ESCALAS

La escala de un plano es la proporción entre la dimensión que toma un elemento en el plano y la dimensión que tiene en la realidad. Así, por ejemplo, cuando en un plano se indique que está dibujado a escala 1:50 significará que cada centímetro medido en el plano corresponderá a 50 cm. en la realidad.

En relación con la escala o escalas a utilizar, un plano debe dibujarse de manera que:

- Permita diferenciar claramente unos elementos de otros.
- El tamaño del plano resultante sea lo más manejable posible.
- La escala corresponda a una de las normalizadas.
- La escala se acomode a las usadas habitualmente en cada caso.
- Se pueda realizar la medición de las distintas unidades del proyecto que aparecen en el plano.

Cuando el plano de un conjunto no permite distinguir con claridad -o es imposible dibujar con precisión- algunos detalles determinados, éstos se deben señalar expresamente en las vistas de conjunto, dibujándose a una escala más grande de forma que queden perfectamente definidos.

La escala utilizada en los planos debe indicarse en el cajetín o rótulo del plano. Si en el mismo plano existen detalles a distinta escala se señala en el cajetín en caracteres grandes la escala principal y, en caracteres menores, las otras escalas empleadas.

Cuando, por necesidad o conveniencia, algunas de las cotas del plano se dibujan fuera de escala éstas se subrayarán.

Un fallo común que cometen los estudiantes de ingeniería es pensar que con la simple mención de la escala ya se puede medir. Además de que resta comodidad, esto no tiene por qué tiene que ser así: el plano ha podido ser ampliado o reducido. Es decir, siempre es conveniente fijar las cotas principales o más significativas, además de la escala (o usar una escala gráfica).

En la figura adjunta, se indican las escalas normalizadas que se admiten para el dibujo según el tipo de proyecto o trabajo al que se dirigen. Se agrupan, por un lado, las escalas de uso habitual, y por otro, aquellas que se admiten si es preciso pero que no es recomendable su uso.

PRODUCTOS	FABRICACION E	CONSTRUCCIONES		TOPOGRAFIA	URBANISMO
	INSTALACIONES	CIVILES			
5:1	1:2.5	1:5		1:100	1:500
2:1	1:5	1:10		1:200	1:2000
1:1	1:10	1:20		1:500	1:5000
1:2	1:20	1:50		1:1000	1:25000
1:5	1:50	1:100		1:2000	1:50000
1:10	1:100	1:200		1:5000	
1:20	1:200	1:500		1:10000	
1:50	1:1000	1:25000			
		1:50000			
NO USUALES					
	1:2	1:25	1:250	1:2500	1:1000
AMPLIACIONES					
2:1	5:1		10:1		

Figura 38. Escalas normalizadas

4.8.5. FORMATOS Y REPRESENTACIÓN DE DIBUJOS TÉCNICOS

La normalización de formatos está justificada porque facilita la manipulación, plegado y archivado posterior de los documentos.

El formato origen parte de una superficie de 1 m^2 y una relación de semejanza entre los lados de $\sqrt{2}$; es decir:

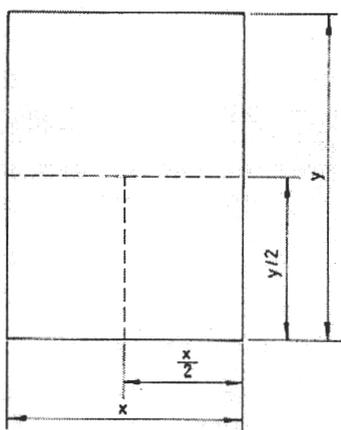
$$y \cdot x = 1 \text{ m}^2 \quad ; \quad y/x = \sqrt{2}$$

luego:

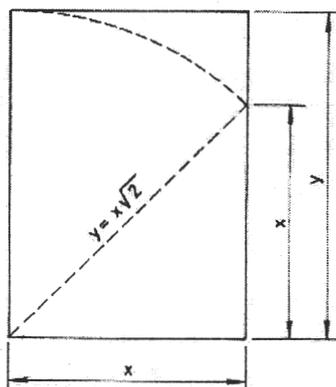
$$x = 841 \text{ mm.}$$

$$y = 1189 \text{ mm.}$$

valores que corresponden al formato origen UNE-A0.



REGLA DE DIVISION



REGLA DE SEMEJANZA

Figura 39. Origen del formato UNE

Del formato origen derivan todos los demás por división de aquel partiendo por la mitad la dimensión mayor o por aumento al doble de la dimensión menor. De esta manera se crean los formatos de la tabla adjunta:

FORMATOS UNE DE LA SERIE PRINCIPAL A	
Designación	Medidas (mm)
4A0	1682 X 2378
2A0	1189 X 1682
A0	841 X 1189
A1	594 X 841
A2	420 X 594
A3	297 X 420
A4	210 X 297
A5	148 X 210
A6	105 X 148

Tabla 4. Formatos UNE

Los formatos 4A0 y 2A0 son muy poco manejables por lo que deben utilizarse únicamente en casos excepcionales.

A veces, por las características del dibujo, se hace preciso utilizar formatos de poca altura y muy anchos. En estos casos es posible sumar dos o más hojas normalizadas para componer un formato alargado, manteniendo la altura del formato del que se ha partido. Es el caso, por ejemplo, de los planos de los Planes Urbanísticos.

Para la representación de dibujos técnicos se utiliza fundamentalmente el método de proyección del primer diedro (sistema europeo) tal como se indica en la figura .

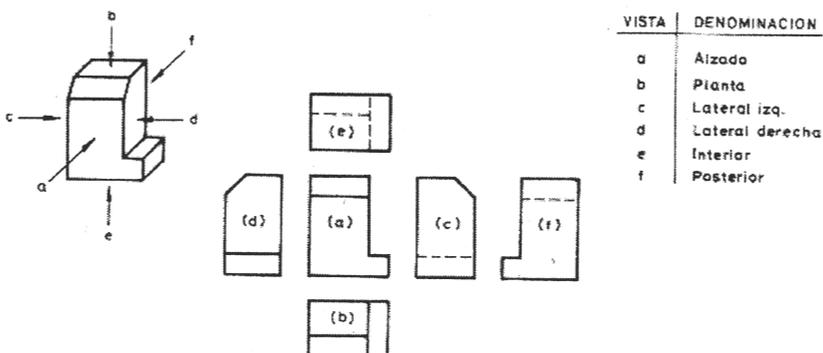


Figura 40. Sistema de proyección

En las siguiente figura se indica el posible contenido de la rotulación de los planos.

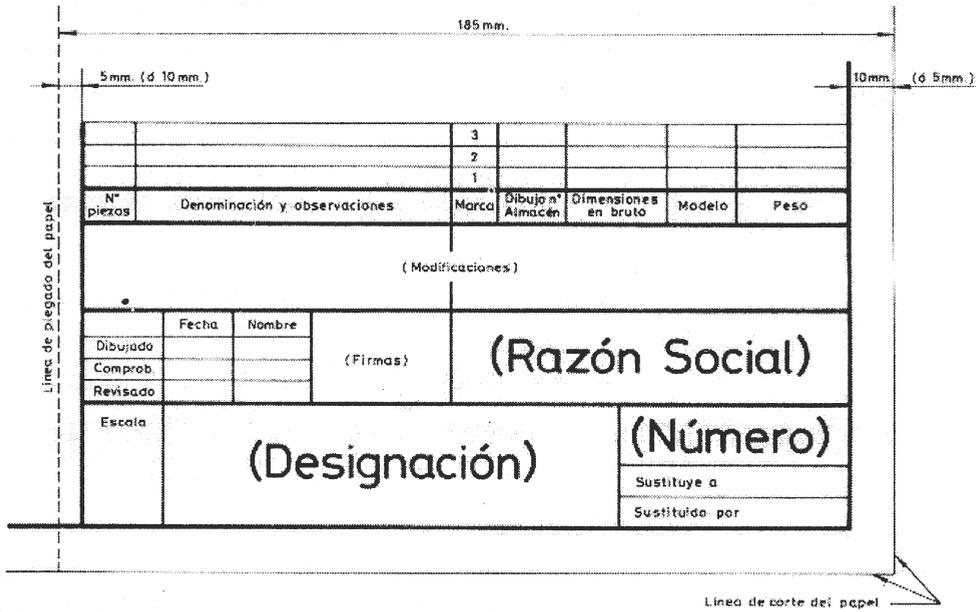


Figura 41. Posible rotulación

4.8.6. CLASIFICACIÓN DE LOS PLANOS

Se llama Vista a la proyección sobre un plano de lo que ve un observador, situado en el infinito y mirando en dirección perpendicular a este plano, de un edificio o de un elemento.

Plano es la representación de una vista.

Sección es la vista de las partes contenidas en una superficie secante, más la vista de las partes situadas detrás.

Planta es la sección horizontal de un objeto, a una altura determinada, visto por encima. También se llama planta a la vista horizontal de un terreno, edificio, obra o elemento.

Alzado es la vista vertical de un edificio, máquina o componente.

En una primera clasificación de planos, se distinguen los planos o diseños preliminares y los planos de ejecución.

Los planos o diseños preliminares -tales como croquis, esbozos, etc.- son dibujos que sirven de base para realizar otros más completos y evidencian la idea general del proyectista.

Un esquema es un dibujo -a escala o no- que proporciona una visión simplificada de los procesos e instalaciones, así como de su funcionamiento.

Los planos de ejecución son el conjunto de dibujos elaborados para llevar a cabo el proyecto. Se dibujan a escala y deben contener todos los detalles necesarios para poder ejecutar los trabajos.

Los planos de ejecución pueden ser, a su vez, planos Generales y planos de Componentes.

Los planos Generales dan una visión de conjunto del proyecto, mientras que los planos de componentes realizan el despiece permitiendo ver con detalle cada una de las partes de la obra.

Los planos Generales reciben denominaciones especiales según la función de definición que realizan. Así, suelen llamarse Planos de Masa aquéllos que permiten identificar el emplazamiento y la localización de las obras respecto a los planos urbanísticos. Se llama Plano de Situación aquél que localiza el edificio respecto al lugar de ubicación, a los medios de acceso o a la configuración del terreno; contiene, normalmente, información sobre algunos servicios, canalizaciones, etc. Se llaman Planos de Distribución General los que indican: el reparto de espacios en los edificios, el emplazamiento de las diferentes obras y maquinaria y los detalles de conjunto.

En muchos casos el Plano de Masa se denomina Plano de Situación, recibiendo entonces éste el nombre de Plano de Emplazamiento.

Los Planos de Componentes se clasifican en Planos de Serie y de Detalle.

Los Planos de Serie indican las dimensiones básicas, los sistemas de referencia y las características de un grupo de elementos.

Los Planos de Detalle presentan las indicaciones necesarias para la fabricación y construcción de los elementos y materiales que lo componen.

A continuación se da una referencia de los planos que intervienen en el proyecto de una planta industrial dándose una breve información del contenido de cada uno de ellos.

4.8.6.1. Plano de situación

Permite conocer el entorno de la planta industrial: municipios cercanos; carreteras, ferrocarriles y otros medios de transporte existentes; ubicación de otras industrias suministradoras de materias primas o comunicadoras; etc. Escalas usuales: 1/10000 y 1/50000.

Suelen utilizarse como base los Planos del Instituto Geográfico y Catastral, mapas de carretera, etc.

4.8.6.2. Plano de emplazamiento

Debe definir el emplazamiento exacto de la parcela, referenciando los edificios o solares colindantes, las calles o carreteras de acceso, el norte geográfico, etc. La escala utilizada varía según el tamaño del proyecto, aunque es habitual utilizar alguna de las comprendidas entre 1:200 y 1:2000.

4.8.6.3. Planos Topográficos y de replanteo

Cuando el terreno original precisa de movimientos de tierra en volúmenes considerables para su nivelación es necesario incluir un plano topográfico del terreno en donde figuren las curvas de nivel así como las secciones longitudinales y transversales precisas para determinar los volúmenes de excavación y relleno a efectuar en obra. Estos planos deberán fijar la cota ± 0.00 de la obra referida a algún punto inamovible del terreno. Las escalas usuales van de 1/100 a 1/500.

El plano de replanteo tiene por misión el definir los ejes principales de las obras respecto a los lindes del terreno y debe permitir situar y marcar en obra todos los ejes de pilares de las estructuras tanto de los edificios

principales como de las auxiliares. El plano de replanteo debe dejar claramente señaladas las distancias entre las edificaciones y los lindes de tal manera que en todo momento pueda comprobarse que se están cumpliendo las normas y reglamentos que regulan los retranqueos de fachada y laterales. Escalas usuales: de 1:100 a 1:500.

4.8.6.4. Plano de distribución general y planos constructivos

La serie de planos que comprende este apartado debe ser suficiente para definir la obra en todos sus aspectos constructivos. Se inicia esta serie de planos con el de distribución general en el que deben quedar especificados el conjunto de edificaciones, los accesos, aparcamientos, zonas verdes, zonas reservadas para posibles ampliaciones, edificios auxiliares, etc. Escala usual: 1:200 y 1:500.

4.8.6.4.1. Planos de distribución en planta

Especifican la distribución en planta de la maquinaria así como de las diferentes dependencias que encierra cada edificio. Escalas usuales: 1:50 y 1:100.

4.8.6.4.2. Plano de planta de cimientos y detalles

Incluyen la planta de cimentación, zunchos de atado y desagües, así como detalles de las zapatas y zunchos (secciones en planta y alzado para cada tipo de zapata y zuncho con especificación de la calidad y cantidad de acero y hormigones).

- En estos planos debe incluirse también:
- Referenciar las zapatas respecto a ejes de pilares.
- Definir la profundidad mínima de las zapatas respecto a la cota de referencia.
- Señalar la pendiente mínima de los desagües, el diámetro de las canalizaciones, la situación de las arquetas y detalles constructivos de todo ello.
- Un cuadro de las características de aceros y hormigones, así como el nivel de control exigido y los coeficientes de seguridad aplicados en el cálculo.
- Despiece de armaduras y detalles de unión.

La escala empleada en la planta de cimientos suele ser 1:50 o 1:100. Para los detalles se emplea, generalmente, la escala 1:10 o la escala 1:20.

4.8.6.4.3. Planos de estructura

Comprenderán, al menos, los siguientes:

- Plano de replanteo de pilares.
- Alzados de cada uno de los tipos de pórtico proyectado (transversal y longitudinal), incluyendo muros piñón.
- Cuadros de pilares y vigas.
- Detalles de unión.
- Cuadro de calidades y control de los materiales empleados.

Las escalas utilizadas coinciden con las del anterior apartado.

4.8.6.4.4. Plano de cubiertas

Se indicará en este plano al menos:

- La pendiente de las cubiertas y de los canalones.
- La situación de las placas translúcidas, lucernarios y sistemas de ventilación.
- Detalles de montaje del canalón y su diámetro.
- Situación de bajantes y diámetro.

La escala o escalas más usuales se corresponden con las de los dos apartados anteriores.

4.8.6.4.5. Planos de alzados de fachadas

Deberán reflejarse todas las fachadas de los edificios, siendo las escalas más comúnmente utilizadas la 1:50 y la 1:100.

4.8.6.4.6. Planos de detalles constructivos

Han de representarse todos aquellos detalles necesarios para definir la obra:

- Secciones de cerramientos y su situación respecto a la estructura.
- Componentes de los cerramientos: enlucidos, bloques o ladrillos, aislamientos, etc.
- Detalles de dinteles, vierteaguas, aleros, etc.
- Dimensiones de puertas y ventanas.

4.8.6.4.7. Planos de secciones

Se realizarán tantos como sea necesario. Es preceptivo, además, incluir una sección por escaleras y patios, especificando el número de peldaños y sus dimensiones, así como cotas intermedias y totales. Escalas usuales 1:50 y 1:100.

4.8.6.5. Planos de instalaciones

En distintas capas del plano de distribución en planta, se representan, de forma esquemática las líneas de distribución de las diferentes instalaciones proyectadas. Es habitual que aparezcan, al menos:

- La red de agua.
- El sistema de protección contra incendios: red de incendios, bocas de agua, hidratantes, extintores, etc.
- El sistema de alumbrado, señalando la ubicación, cantidad y tipo de aparatos de alumbrado (lámparas y luminarias), y las líneas de distribución.
- La red de fuerza motriz.
- Esquemas unifilares de la instalación eléctrica.
- Subestación transformadora.
- La red de vapor: sala de calderas y distribución de la red, calorificación, etc.
- Sistema de aire comprimido, ventilación, etc.

La simbología empleada en la representación de las instalaciones está recogida en las normas UNE, aunque muchas oficinas de ingeniería, usan simbologías más o menos claras. Recomendamos al lector use la simbología normalizada en su trabajo.

4.9. DOCUMENTO Nº 3: PLIEGO DE CONDICIONES

4.9.1. DEFINICIÓN

El Pliego de Condiciones es el documento que recoge las exigencias de índole técnica y legal que han de regir para la ejecución del proyecto. En el ámbito de la construcción y de las instalaciones industriales suele recibir el nombre de Pliego de Condiciones, pero también se pueden encontrar documentos llamados especificaciones, condiciones de compra o de servicio, bases de diseño, etc. que tienen la misma función.

La importancia de este documento radica en que, junto con el de Planos, es vinculante en las relaciones entre la Propiedad y el Constructor ya que se incorpora al contrato entre ambos para la ejecución de las obras, adquiriendo durante la misma su verdadera importancia.

En otras tipologías de proyectos, el autor debería recordar la importancia de fijar mediante el pliego u otro documento parecido, hasta donde ha llegado su responsabilidad como diseñador, qué es lo que el sistema que ha diseñado puede hacer, qué es lo que no puede hacer, etc.

El pliego de Condiciones no debe contradecir las leyes, normas y ordenanzas nacionales o locales, sino complementarlas en aquellos aspectos específicos del proyecto a juicio de su autor.

Debe, además, prever lo imprevisto, como por ejemplo, la aparición de unidades de obra no contempladas en el proyecto, las penalizaciones por retraso en la ejecución, etc.

Es habitual que el proyectista incluya una introducción que describa el alcance y objeto del Pliego, así como una relación de las leyes y normas que se han tenido en cuenta en su redacción.

Cualquier omisión del Pliego puede generar conflictos o dificultades para la ejecución del proyecto, por lo que es siempre más recomendable repetir un mismo concepto en capítulos distintos que el omitirlo allí donde sea necesario. A pesar de esto, la concisión y claridad en la exposición es, en el Pliego de Condiciones, más importante aún que en ningún otro documento.

Apoyarse en otros Pliegos redactados con anterioridad facilita la confección del nuevo aunque se ha de tener siempre en cuenta las peculiaridades de cada proyecto.

Se apunta como posibilidad, la conveniencia en algunos casos de consultar con profesionales del Derecho cuando las características y condiciones especiales del proyecto así lo aconsejen.

Es recomendable seguir un orden de redacción del Pliego, similar al de los demás documentos del proyecto; es decir: de lo general a lo particular, por fases de ejecución y por unidades de obra.

Un Pliego de Condiciones suele dividirse en tres apartados o capítulos:

- Descripción de la obra o proyecto.
- Condiciones generales.
- Condiciones particulares.

4.9.2. EJEMPLO

Aunque la exposición que sigue está orientada a un Pliego de Condiciones de un proyecto de planta industrial, el lector podrá aplicar con facilidad los criterios expuestos al caso concreto que le interese desarrollar.

CAPÍTULO 1. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA O PROYECTO

Se inicia este capítulo con una definición del alcance y ámbito de aplicación del Pliego.

Cada vez es más usual el incluir en un apartado todas las normas, reglamentos y ordenanzas que afectan a los materiales y obras a ejecutar.

En este capítulo se describen en apartados separados cada una de las unidades constructivas así como una relación de las máquinas, equipos e instalaciones principales que la componen, de manera que el proyecto quede perfectamente determinado en sus aspectos constructivos y de localización.

Así pues, este capítulo describirá las construcciones, maquinaria e instalaciones de obras tales como:

- Muros.
- Parque de materiales, silos, etc.
- Depósitos de combustibles.
- Almacenes.
- Naves de fabricación.
- Nave de servicios.
- Estación de transformación.
- Sala de calderas.
- Edificio de oficinas
- Viviendas.
- Báscula y construcciones auxiliares.
- Estación depuradora, fosa séptica.
- Urbanización , accesos y vallas.
- Etc.

El Pliego deberá estructurarse en tanto documentos independientes como contratistas principales vaya a intervenir en la fase ejecutiva del proyecto.

CAPÍTULO 2. CONDICIONES GENERALES

En este capítulo se especifican con claridad las condiciones de índole facultativa, económica y legal que regirán en el desarrollo de las obras.

Como modelo general se expone un índice de materias a tratar y una explicación del contenido de cada apartado.

2.1. Condiciones generales facultativas.

Describe y regula las relaciones entre la Contrata y la Dirección Facultativa derivadas de la ejecución técnica de las obras.

2.1.1. Obligaciones y derechos del Contratista.

En general son las que dimanar del propio Pliego y del Contrato de obras.

Obligaciones:

- Conocer las leyes.
- Conocer el proyecto en todas sus partes.
- No iniciar una unidad de obra sin la autorización de la Dirección.
- Cumplir las indicaciones del libro de órdenes.
- Poner los medios adecuados para realizar el proyecto.
- Etc.

Derechos:

- Exigir un ejemplar completo del proyecto.
- Se les suministran los materiales, maquinaria, etc. que están a cargo de la Propiedad, en el plazo y condiciones estipuladas.
- Recibir solución a los problemas técnicos no previstos en el proyecto que aparezcan durante la ejecución de las obras y no imputables a una mala ejecución de las mismas.

2.1.2. Facultades de la Dirección de Obras.

Al ser el máximo responsable de la ejecución del proyecto, se confieren al Director de Obras ampliar facultades para decidir sobre comienzo, ritmo y calidad de los trabajos, debiendo velar por su cumplimiento y por las condiciones de seguridad del personal adscrito a las obras.

2.1.3. Libro de órdenes.

Es preceptiva la existencia, a pie de obra, de un Libro de Órdenes e Incidencias, visado por los Colegios Profesionales correspondientes, en donde se recojan todas y cada una de las órdenes y modificaciones que se dicten en cada momento.

2.1.4. Replanteo y preparación.

Definición de la cota de referencia, limpieza y preparación del terreno, puntos y líneas que deben marcarse para situar los ejes principales de las obras. La Dirección Facultativa, una vez comprobado el replantero, dará su visto bueno, tras lo cual se realiza la firma por la Propiedad, Contrata y Dirección de Obras del Acta de Replanteo que sirve, además, como fecha oficial de comienzo de las obras.

2.1.5. Comienzo, ritmo, plazo y condiciones generales de la ejecución de los trabajos.

Se especifican todos los aspectos que afectan a la ejecución de las obras. En general se representa mediante un diagrama de barras (Gault) la duración, comienzo y fin de cada actividad principal, juntándose la vigilancia y señalando la competencia del Ingeniero Director a exigir la modificación de los ritmos de trabajo cuando éstos no sean los adecuados.

2.1.6. Controles de calidad y ensayos.

Se describen todos los ensayos, pruebas y controles que han de realizarse, y en qué condiciones, periodicidad y cantidad, así como las normas en las que se basan.

2.1.7. Obras defectuosas y modificaciones por causa de fuerza mayor.

Se señala la responsabilidad del Contratista de reponer a su costa todas las obras que a juicio de la Dirección Facultativa no están correctamente ejecutadas, extendiéndose dicha responsabilidad a aquellos defectos no detectados pero existentes (vicios ocultos). Se regula también, en este apartado, la obligación del Contratista de realizar las modificaciones no imputables a defectos de ejecución especificándose a quien corresponde el gasto.

2.1.8. Partidas alzadas que figuran en el Presupuesto.

Se denominan partidas alzadas aquellas partidas del presupuesto que en su momento el Proyectista no pudo medir o valorar exactamente pero que se sabía aparecerían durante la ejecución de las obras. Son habituales las partidas alzadas de Demoliciones y las de Ayudas de Albañilería a Instalaciones, por ejemplo. Es conveniente indicar la forma definitiva de medición y valoración: por administración, a precio fijo, etc.

2.1.9. Recepción provisional de las obras e instalaciones.

Una vez finalizadas las obras por la Contrata, se realiza una inspección completa de las mismas, señalando la Dirección Facultativa los defectos observados - si los hay- y marcándose los plazos de reparación. Una vez subsanados, se dan por recibidas provisionalmente las obras, comenzando a contar el plazo de garantía o período de prueba.

2.1.10. Período de prueba.

Es el plazo de garantía que se reserva la Propiedad y que permite comprobar si existen vicios ocultos no observados en las obras antes de su puesta en marcha. Conlleva una retención económica (fianza y retenciones).

El período de prueba oscila entre los 6 y los 12 meses en la construcción de plantas industriales siendo más variable en los otros tipos de proyectos.

2.1.11. Recepción definitiva.

Una vez transcurrido el período de prueba, se realiza una nueva inspección de las obras e instalaciones y, si se han reparado los posibles defectos aparecidos en ese período, se procede a la firma de la recepción definitiva descontándose de la fianza los gastos de reparación habidos.

2.2. Condiciones generales económicas.

Describe y regula las relaciones económicas entre la Propiedad y la Contrata y la función de control que cumple la Dirección Facultativa.

2.2.1. Fianza. Ejecución de trabajos con cargo a la Fianza y Devolución de la misma.

La Fianza es el porcentaje sobre el valor total de las obras que debe depositar la Contrata a la firma del contrato como garantía.

Con cargo a esa fianza se aplican:

- Las penalizaciones a que hubiese lugar por demoras.
- Las reparaciones que tenga que abonar la Propiedad y sean con cargo a la Contrata.
- El abandono de las obras por el Contratista.
- Etc.

La fianza que se establece suele ser del 4% del importe total de las obras y, en general, se instrumenta mediante aval bancario. En muchos Pliegos se incluye, además o en lugar de la fianza, una retención sobre las certificaciones que se van librando en el transcurso de las obras y que vienen a cubrir los mismos objetivos. Estas retenciones oscilan entre un 5 y un 10% del importe de cada certificación.

La devolución de estas retenciones y de la fianza se realiza tras la firma del Acta de Recepción Definitiva.

2.2.2. Composición de precios unitarios de ejecución material y por contrata.

Debe explicarse la forma de componer los precios de cada partida a partir de unos precios unitarios así como los porcentajes de medios auxiliares, gastos generales, impuestos y beneficio industrial que se han de aplicar para obtener los precios de ejecución material y por Contrata. En el Capítulo de Mediciones y Presupuesto se expone cada uno de los cuadros de Precios y la forma de componerlos.

2.2.3. Precios contradictorios.

Se llaman así aquellos precios de las partidas no presupuestadas en el proyecto original y que aparecen durante la ejecución de las obras. En este apartado se expone la forma de composición de estos precios a partir de los precios unitarios y de los porcentajes definidos en el apartado anterior. Se indica, igualmente, la necesidad de su aprobación por la Dirección Facultativa para que dichos precios contradictorios se puedan ejecutar.

2.2.4. Mejoras y modificaciones de obras, instalaciones y maquinaria..

Se ordena en este apartado el sistema de valoración de las mejoras o modificaciones que van surgiendo y que se produzcan por deseo de la Propiedad o por necesidad constructiva. Se especifica, igualmente, que las mejoras propuestas por la Contrata no generan aumento del importe de las obras o instalaciones.

2.2.5. Revisión de precios y fórmula polinómica.

La revisión de precios se acepta en los Pliegos de obras cuya realización en el tiempo puede ser prolongada y se esperan modificaciones en el coste de los materiales y mano de obra que la Contrata va aportando. Si se incluye algún sistema de revisión de precios es habitual que se realice en base a la aplicación de una determinada fórmula polinómica que se incluye en este apartado y que corresponde a alguna de las propuestas en la ley de Contratos del Estado. La cláusula de revisión de precios se aplica, normalmente, en cada certificación mensual tomando los índices de coste iniciales los correspondientes a la fecha de licitación y los índices de coste finales los de la fecha de certificación.

Los índices de coste de la mano de obra y de los materiales se publican periódicamente para cada mes en el Boletín Oficial del Estado. La simbología y las fórmulas-tipo se han incluido en el Apéndice IV-

2.2.6. Valoración, medición y abono de los trabajos.

Se desarrolla en este apartado la instrumentación del pago de los trabajos realizados. En general, se especifica:

- La valoración, es decir, que precios se han de aplicar a cada una de las partidas y que porcentajes lleva incluidos y cuáles se deben añadir. Se supone siempre que el precio de una partida es completo y que, por tanto, incluye los materiales, la mano de obra, la maquinaria, los medios auxiliares y la parte de mano de obra indirecta que se precisan para realizarla. Cuando se suma la certificación, se indican los porcentajes de Gastos Generales y Beneficio Industrial pactados para el proyecto.
- La forma de medición; como por ejemplo: a cinta corrida, con o sin descontar huecos, etc.
- Quién ha de realizar la medición, que corresponde a la Dirección Facultativa debiendo estar presente la Contrata; en la práctica, suele hacerse una medición conjunta entre ambas partes, lo que elimina la mayoría de reclamaciones.
- Cuando se realiza la medición, qué tiempo disfruta la Dirección Facultativa para revisar la Certificación y dar su visto bueno y en qué plazo abonará la Propiedad su importe a la Contrata.

2.2.7. Penalizaciones.

Suelen estipularse dos tipos penalizaciones.

- Penalización por demora en los tiempos de ejecución. En este caso, se especifica la cuantía por día de retraso; dicha cuantía se define atendiendo a la mayor o menor gravedad que un determinado retraso repercute en los legítimos intereses de la propiedad; no se computan los días perdidos por causa de fuerza mayor: huelgas legales, catástrofes, guerras, o causas administrativas. En algunas ocasiones se pactan bonificaciones por adelanto en la finalización de las obras, sobre todo cuando ese adelanto produce beneficios considerables a la Propiedad.
- Penalización por incumplimiento del Contrato, ya sea por mala ejecución de los trabajos o por incumplimiento de algún requisito legal o laboral.

2.2.8. Seguros y conservación de la obra, maquinaria e instalaciones.

Se obliga a la Contrata a suscribir los seguros necesarios para garantizar los posibles daños en las obras, maquinaria e instalaciones que se produjeran por causa de las mismas obras. Se exige también a la Contrata que establezca los recintos y el sistema de vigilancia precisos para evitar robos o daños producidos por terceras personas. Se exige a la Contrata el estar en posesión de un Seguro de Responsabilidad Civil.

2.2.9. Condiciones de pago de la maquinaria, equipos e instalaciones.

El abono de estos trabajos se rige en muchos casos de forma diferente al que se pacta para la construcción, en especial cuando se contrata con otros suministradores directamente. Una posible forma de pago es como sigue:

- Un 10-20% a la firma del contrato.
- Uno o varios abonos para la entrega de los materiales o equipos en obra y para las distintas fases de montaje.
- Un 10-20% a la puesta en marcha.
- Un 10% a los 6 o 12 meses de la puesta en marcha (garantía).

Si el proyectista sabe que la intención de la Propiedad es la de contratar la maquinaria y equipos mediante operaciones especiales de leasing o bienes de equipo, es conveniente hacer referencia a ellos sin especificar más detalles.

2.3. Condiciones generales legales.

Fija las condiciones de tipo legal que ha de cumplir el contratista y el tipo de contrato y de adjudicación que han de regir.

2.3.1. Contratista.

Especifica la categoría y características que debe reunir el Contratista. Si la obra es por encargo de la Administración Pública, la categoría del Contratista viene definida en la Ley de Contratos del Estado y depende por un lado del importe total de las obras y, por otro, del tipo y características de las obras e instalaciones que comprende el proyecto.

2.3.2. Contrato.

Se pueden definir varios tipos de contrato. Los más habituales son:

- Contrato a precio alzado: se estipula una cantidad determinada para las obras que no se modificará por motivo alguno, aunque el volumen de obra realizado sea diferente del de proyecto. Este tipo de contrato funciona correctamente en obras pequeñas pero de forma deficiente en obras complejas y de larga duración.
- Contrato por unidades de obra: es el más ampliamente utilizado y su forma se ha expuesto en las Condiciones Generales Económicas.

- Contrato por administración: este sistema consiste en una valoración de las obras sin partir de un presupuesto y de unas mediciones previas. Es decir, a medida que se van realizando los trabajos, se anotan los jornales, materiales, consumos y medios auxiliares utilizados aplicándose los precios unitarios convenidos a cada concepto. Este tipo de contrato exige la existencia permanente en obra de personal dependiente de la Propiedad o de la Dirección facultativa (listeros) que registren todos los consumos que se produzcan. Este sistema sirve a veces como complemento del de valoración por unidades de obra.

2.3.3. Adjudicación.

Las formas de adjudicación son: Subasta, concurso y por adjudicación directa. En las obras de la Administración Pública el tipo de licitación se realiza con frecuencia a la baja, es decir, se adjudican las obras al Contratista que realiza un mayor descuento sobre el precio de partida marcado por la Administración. En las obras de entidades privadas la selección de la mejor oferta debe condicionarse a otros aspectos como: seriedad y solvencia de la Contrata, plazos de ejecución propuestos en cada oferta, etc.

2.3.4. Arbitraje y jurisdicción competente.

Se fijan las Instalaciones a las que se ha de recurrir por las partes en caso de litigio o desavenencia. Para solventar posiciones encontradas de la Propiedad y la Contrata se recurre en primer lugar al arbitraje de la Dirección Facultativa. Si este arbitraje no surte efecto, se instrumenta la posibilidad de que cada una de las partes nombre un perito, sometiéndose al acuerdo entre éstos. Si este acuerdo no se produce o no es posible, las partes se someten a lo que dicten los tribunales de una determinada ciudad, con renuncia expresa a cualquier otro fuero que las corresponda.

2.3.5. Responsabilidades del Contratista.

Se definen en este apartado las responsabilidades que ha de asumir el contratista durante la vigencia del contrato: La solvencia económica; el pago de los jornales, materiales y demás gastos que se deriven de las obras; la buena calidad de ejecución; situación legal y laboral del personal; etc.

2.3.7. Impuestos.

Se exige a la Contrata el cumplimiento del pago de impuestos especificándose cuáles, de los derivados de las obras, son a su cargo.

2.3.8. Accidentes de trabajo.

Se exige el cumplimiento de la Ordenación de Higiene y Seguridad en el Trabajo y de todas aquellas órdenes que regulan la ejecución de las obras del proyecto: uso de casco, cinturón de seguridad, gafas y trajes protectores, botiquín, etc. Se exponen las condiciones legales que ha de cumplir la Contrata con el personal de obra: estar al día en el pago de salarios, seguros sociales e impuestos sobre rendimiento de las personas físicas (I.R.P.F.), ETC.

2.3.9. Daños a terceros.

El Contratista es responsable de los posibles daños a terceros teniendo la obligación de abonar los gastos que aquellos produjeran.

2.3.10. Causas de rescisión del contrato.

Se desarrollan los motivos por los que la Propiedad puede rescindir el Contrato y en qué casos tendrá derecho el Contratista a la devolución de la fianza y al cobro de las obras realizadas hasta el momento de la rescisión. Las principales causas son:

- Por un retraso excesivo en la ejecución de las obras.
- Por abandono de las obras sin causa justificada.
- Por fallecimiento del Contratista.
- Por causas administrativas.

CAPÍTULO 3. CONDICIONES PARTICULARES

En este capítulo se dan las normas que han de cumplir los materiales, maquinaria y equipos que intervienen en las obras y cómo se realizan. En la mayoría de los casos existen normas legales que regulan el empleo de los materiales y su ejecución; si así sucede, es suficiente elegir un material de los especificados en la norma correspondiente e indica que ese material la ha de cumplir.

Una relación de las normas y reglamentos vigentes más importantes y de uso habitual en los proyectos de ingeniería, se han incluido en un anejo.

La aplicación y referencia a las normas reduce y simplifica la redacción de este capítulo del Pliego. Así, por ejemplo, para especificar las características de un determinado hormigón, bastará indicar que se ajusta a las normas vigentes y, además:

- Su resistencia característica.
- El tipo, clase y categoría del cemento.
- El nivel de control.
- La calidad del agua.
- El tipo, clase y tamaño de los áridos.

Si en algún caso no existe norma española pero se ha hecho uso de una extranjera, ésta se traducirá y se acoplará a las medidas y unidades normalizadas españolas.

Para facilitar su lectura este capítulo se estructura en muchas ocasiones siguiendo el mismo orden contenido en el documento de predicciones y Presupuesto. Si se organiza así, se incluyen generalmente en cada apartado las condiciones de los materiales que intervienen en él:

Una clasificación, a modo de índice, se incluye a continuación.

3.1. Movimiento de tierras.

3.1.1. Preparación del terreno.

3.1.2. Replanteo y nivelación.

3.1.3. Preparación de los trabajos.

3.1.4. Sondeo y catas en el terreno.

3.1.5. Relleno y compactación. Calidad de los materiales.

3.1.6. Apertura de zanjas y pozos.

3.1.7. Trabajos de entibación y agotamiento.

3.1.8. Demoliciones, voladuras.

3.1.9. Mediciones y valoración.

3.2. Obras de saneamiento.

3.2.1. Reconocimiento del terreno y fijación de pendiente.

3.2.2. Tuberías (hormigón, fibrocemento, PVC, hierro...).

3.2.3. Solera y anillado de las canalizaciones.

3.2.4. Relleno y nivel de compactación.

3.2.5. Arquetas de registro. Materiales, dimensiones y ejecución.

3.2.6. Medición y valoración de las obras de saneamiento.

3.3. Cimentaciones.

3.3.1. Resistencia del terreno y coeficientes de seguridad.

3.3.2. Cimentaciones adecuadas al terreno.

3.3.3. Cimentaciones ordinarias. Zapatas aisladas y zunchos de atado.

3.3.4. Hormigones. Dosificación y fabricación. Encofrado y cimbras. Desencofrado. Materiales que los componen; resistencia característica; vertido y vibrado; ensayos y controles.

3.3.5. Cimentaciones especiales. Losas continuas o pilotaje y encepados; descripción de los materiales, sus características y puesta en obra; maquinaria adecuada; control.

3.3.6. Acero para armaduras. Características de los aceros: resistencia, adherencia, soldabilidad. Ensayos y control.

3.3.7. Medición y valoración de los trabajos.

3.4. Estructuras.

3.4.1. Estructuras metálicas. Calidad de los aceros. Preparación y montaje. Uniones. Protección del material. Limpieza e imprimación antioxidante. Ensayos de control

3.4.2. Estructuras de hormigón armado. Calidad, dosificación y preparación. Materiales y puesta en obra. Control. Encofrado y desencofrado. Curado del hormigón.

3.4.3. Otras estructuras: fábricas de ladrillo o muros de mampostería, estructuras mixtas o prefabricadas. Materiales, ejecución y control.

3.4.4. Medición y valoración de las estructuras.

3.5. Albañilería.

3.5.1. Materiales. Descripción, características, calidad.

3.5.2. Morteros. Dosificación y preparación. Morteros de cal y de cemento. Aditivos hidrófugos.

3.5.3. Yesos y escayolas. Composición.

3.5.4. Ejecución y acabado de enlucidos, enfoscados y revocos (tirolésa, pétreos, etc.). Acabados: a buena vista; a vistas vivas; mestreado.

3.5.5. Fábricas de ladrillo. Dimensiones, calidad, tipo, forma de colocación. Acabado y utilización. (Soga, soga-tizón, sardinel, etc.). Ladrillo macizo y perforado.

3.5.6. Tabiquería. Ladrillos huecos. Calidad del mortero. Colocación y dimensiones. Forma de ejecutar las regatas.

3.5.7. Obras complementarias y especiales.

3.5.8. Medios auxiliares.

3.5.9. Medición y valoración de la albañilería

3.6. Soleras y aplacados.

3.6.1. Soleras de hormigón. Calidad. Vertido. Vibrado. Tratamiento de superficies: fratasado, endurecedores de superficie, colorantes. Juntas de dilatación: ejecución, dimensiones, materiales de junta. Armadura de retracción y resistente. Curado del hormigón.

3.6.2. Chapados de azulejos. Materiales: descripción, características, calidad. Forma de ejecución: material de agarre, relleno de juntas, limpieza.

3.6.3. Solados. Baldosas, baldosín hidráulico, plaquetas, cerámicas, gres, terrazo, etc. Colocación y acabado. Materiales. Pulido, abriollantado y vitrificado de solados de terrazo. Color y tamaño.

3.6.4. Otros aplacados. Mármoles, granitos, piedra. Calidades, sistemas de sujeción, dimensiones, acabados superficiales.

3.6.5. Medición y valoración de los trabajos.

3.7. Cerrajería y Carpintería metálica.

3.7.1. Materiales.

3.7.2. Normas, dimensiones, montaje y estanqueidad.

3.7.3. Pinturas y sistemas de protección: lacado, anodizado, galvanizado, etc.

3.7.4. Ejecución de los trabajos de cerrajería y carpintería.

3.7.5. Herrajes.

3.7.6. Control de calidad, medición y valoración.

3.8. Carpintería y madera.

3.8.1. Materiales.

3.8.2. Preparación y colocación de marcos en obra.

3.8.3. Calidad de las maderas nobles.

3.8.4. Ejecución de los trabajos de carpintería. Forrado de marcos, can-teado de hojas, tapajuntas, herrajes y mecanismos.

3.8.5. Pintura, lijado y pulimentado.

3.8.6. Medición y valoración de la carpintería de madera.

3.9. Cubiertas de edificios.

3.9.1. Cubierta de teja o pizarra. Materiales. Colocación.

3.9.2. Formación de pendientes.

3.9.3. Impermeabilización de cubiertas.

3.9.4. Cubiertas de fibrocemento o metálicas. Acabado superficial. Sistema de colocación y sujeción. Estanqueidad.

3.9.5. Canalones y bajantes. Sujeción. Pendiente mínima.

3.9.6. Medición y valoración.

3.10. Aislamientos.

3.10.1. Aislamiento acústico. Materiales, espesor, calidad, colocación.

3.10.2. Aislamiento contra vibraciones. Normas, materiales, colocación.

3.10.3. Aislamientos térmicos. Normas, materiales, espesor, colocación.

3.10.4. Protecciones antihumedad.

3.10. Medición y valoración.

3.11. Vidriería.

3.11.1. Materiales. Calidad. Resistencia. Dimensiones.

3.11.2. Transporte y almacenamiento en obra.

3.11.3. Colocación y estanqueidad.

3.11.4. Medición y valoración.

3.12. Instalaciones eléctricas y de alumbrado.

3.12.1. Condiciones generales de las instalaciones.

3.12.2. Materiales. Canalizaciones. Conductores. Tipo y secciones.

3.12.3. Normas y reglamentos.

3.12.4. Sistemas de protección. Cuadros de control y mando.

3.12.5. Lámparas y luminarias. Potencia. Iluminación media, tipos. Control de calidad.

3.12.6. Tomas de tierra y pararrayos.

3.12.7. Subestación transformadora. Celdas, protecciones, pasamuros, transformadores, contadores.

3.12.8. Ejecución de las instalaciones.

3.12.9. Medición y valoración de las instalaciones.

3.13. Instalaciones de fontanería y saneamiento.

3.12.1. Materiales. Tubos, codos, derivaciones, válvulas, llaves, grifería y aparatos sanitarios. Calidad. Control y almacenamiento.

3.13.2. Ejecución de las instalaciones y montaje de los aparatos.

3.13.3. Instalaciones de agua caliente. Calderas. Condiciones del proyecto. Ejecución de la instalación. Descalcificador. Instalación de bombeo.

3.13.4. Medición y valoración de las obras.

3.14. Instalaciones de gas, vapor y aire comprimido.

3.14.1. Materiales. Tuberías. Valvulería. Sistemas de seguridad.

3.14.2. Depósitos de combustible. Obra civil. Distancias de seguridad. Sistemas de seguridad y alarma.

3.14.3. Calderas. Compresores. Protección, montaje y ejecución.

3.14.4. Pruebas de estanqueidad.

3.14.5. Otros combustibles. Carbón, gasóleo, etc. Almacenamiento y manipulación.

3.14.6. Mediciones y valoración de las instalaciones.

3.15. Maquinaria.

3.15.1. Recepción y almacenamiento.

3.15.2. Normas y exigencias de calidad. Pruebas y ensayos.

3.15.3. Condiciones de ejecución y montaje de la maquinaria.

3.15.4. Seguridad. Protección contra accidentes, tomas de tierra, etc.

3.15.5. Condiciones de puesta en marcha.

3.15.6. Mediciones y valoración.

3.16. Instalaciones de protección contra incendios.

3.16.1. Características de la instalación y condiciones del proyecto.

3.16.2. Número de extintores, contenido y distribución.

3.16.3. Otras instalaciones de protección contra incendios. Rociadores, sistemas de detección y alarma, bocas de agua, depósito de reserva, etc.

3.16.4. Pruebas de puesta en marcha.

3.16.5. Medición y valoración.

3.17. Otras instalaciones.

3.17.1. Instalaciones de acondicionamiento de aire. Materiales, ejecución. Aislamiento. Estanqueidad. Maquinaria. Protección. Mediciones y valoración.

3.17.2. Instalaciones de automatización. Máquinas herramientas de Control numérico. Robótica. Células de fabricación flexible. Microprocesadores. Componentes electrónicos. Protección, manipulación, montaje. Medición y valoración.

3.17.3. Instalaciones de ventilación. Ventilación natural. Ventilación forzada. Aspiración de polvo y partículas. Ciclones. Ventiladores. Insonorización. Medición y valoración de la instalación.

3.17.4. Instalaciones de depuración. Decantadores. Fosas sépticas. Evacuación o incineración de residuos sólidos. Depuración de agua. Materiales y características técnicas de ejecución. Medición y valoración.

3.17.5. Instalaciones de transporte. Cintas transportadoras, transporte de rodillos, cadenas de transporte, elevadores, transportadores horizontales, puentes-grúa, pórticos-grúa, transporte neumático, etc. Materiales, características técnicas de los aparatos y su ejecución. Protecciones. Mediciones y valoración.

4.10. DOCUMENTO Nº 4 : PRESUPUESTO

4.10.1. INTRODUCCIÓN

El Presupuesto es el documento que refleja el coste del proyecto, es decir, la inversión necesaria para llevarlo a cabo, formará parte del capital fijo de la nueva unidad de producción creada al realizar el proyecto. Sin embargo, no comprende los gastos de explotación que generará la nueva industria una vez construida; este estudio, así como el de la amortización de la propia inversión y el del análisis de rentabilidad, corresponden al capítulo de la Memoria que analiza los aspectos económicos del proyecto y que es donde se desarrolla el Estudio Económico.

Para obtener el presupuesto de un proyecto es preciso realizar, por un lado, las mediciones de las distintas unidades de obra que lo componen y, por otro lado, la determinación del precio unitario de cada una de ellas de manera que, aplicados dichos precios sobre aquellas cantidades, se obtenga el coste total del proyecto.

Aunque parece obvia la importancia que tiene una correcta evaluación del proyecto, son de destacar dos posibles fallos excesivamente presentes en los presupuestos de proyectos:

En primer lugar, deficiencias graves en las Mediciones tanto por omisión de partidas que intervienen en el proyecto como por defectuosa medición de las unidades de obra.

En segundo lugar, defectuosa determinación de los precios unitarios fundamentalmente debida a la falta de actualización de los precios de los jornales y de los materiales.

Para evitar estos errores deben fijarse los siguientes criterios previos de valoración de presupuesto:

Definición de tantos presupuestos parciales como unidades constructivas o funcionales tenga el proyecto.

Definición de todas las unidades de obra que componen el proyecto.

Actualización de los precios de los jornales y de los materiales que intervienen en las obras.

El esquema de la figura 42 muestra los pasos a seguir para la confección del presupuesto de un proyecto. Aunque alguno de ellos puede dejar de incluirse físicamente en proyectos de iniciativa particular -como es el caso de los Cuadros de Precios- lo cierto es que, al menos en "borrador", deben cumplimentarse siempre para asegurar un presupuesto de elevada exactitud.

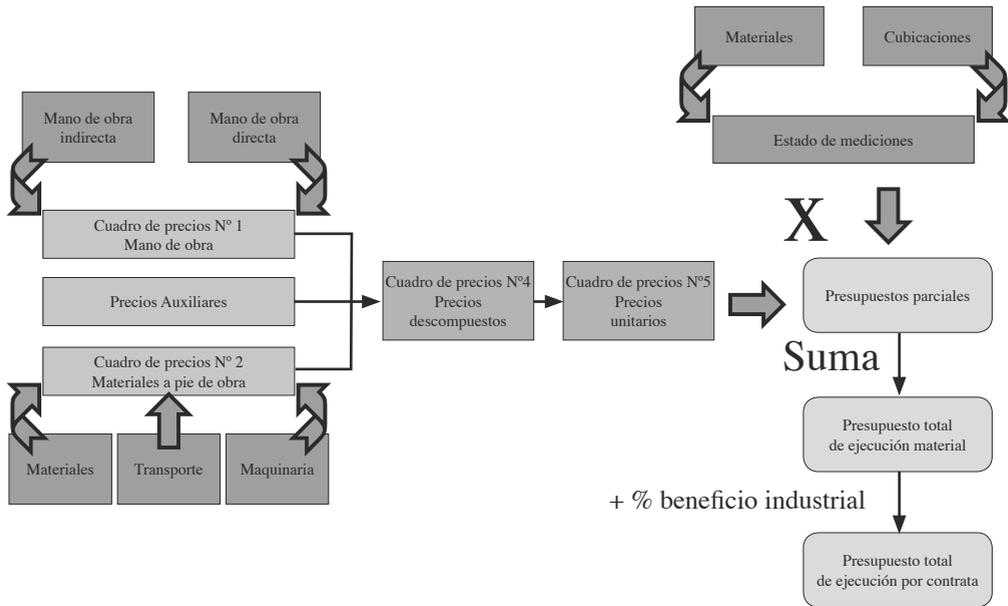


Figura 42. Confección del presupuesto

De la figura 42 se puede deducir la cantidad de tiempo que arrastra un presupuesto bien realizado. De ahí que se esté implantado la realización de presupuestos con la ayuda de programas específicos de ordenador³⁶, que reducen el trabajo de gabinete a la confección de las mediciones de obra y a la actualización de los precios de los materiales y de la mano de obra. Estos programas de confección de presupuestos no son más que hojas de cálculo sofisticadas y especializadas que permiten la captura de información en bases de datos de precios.

³⁶ Por ejemplo, PRESTO, ARQUIMEDES, CYPE, etc.

4.10.2. UNIDADES DE OBRA

Unidad de obra es cada una de las partes distintas en que puede dividirse un proyecto y que puede medirse. Una unidad de obra estará formada, en general, por diversos materiales que habrán precisado de un aporte de mano de obra y la utilización de utensilios y maquinaria para su elaboración. La Unidad de obra debe contener la magnitud física medible (m, m², m³, unidades, etc.) y la descripción lo más detallada posible de lo que contabilice. No debe ser una unidad de obra demasiado genérica ("Unidad de planta industrial") ni demasiado concreta ("Unidad de ladrillo").

Es de gran importancia definir correctamente las unidades de obra y quizás es la labor más comprometida del proyectista. Cada unidad de obra debe concretarse de manera que no quede la menor duda de lo que se está definiendo. Algunos ejemplos ayudarían a resaltar la importancia de este hecho.

Al determinar la unidad de Obra de Excavación en Zanjas del Capítulo: Movimiento de Tierras, se ha de definir:

- Si la excavación se realizará por medios mecánicos o manuales.
- Si el terreno es flojo, compacto o rocoso.
- La profundidad máxima de la excavación.

Por lo tanto, la unidad de obra podría quedar:

- "M³ excavación mecánica de zanjas, en terreno compacto, hasta una profundidad máxima de dos metros."

Si se ha previsto que el cerramiento exterior de una nave industrial sea de bloques de hormigón de 20 cm. de espesor, será preciso indicar, además, el material de agarre e, incluso, si posteriormente este cerramiento se ha de enfoscar. Así, la unidad de obra podría expresarse del modo siguiente:

- "M³ Fábrica de bloques de hormigón ligero de 20 cm. de espesor, con mortero de 250 kg. de cemento y arena de río, para enfoscar y guarnecer."

Una unidad de obra de la Red Vertical de Saneamiento podrá expresarse como sigue:

- Ml. de tubería de fibrocemento de 15 cm. de diámetro en bajantes, incluso parte proporcional de piezas especiales, con tubos de 2,5 m., instalada.

Para evitar posible omisiones y errores en la definición de las unidades de obra conviene apoyarse en:

- Otros presupuestos anteriores.
- Publicaciones especializadas.
- Los suministradores.

4.10.3. ESTADO DE MEDICIONES

El Estado de Mediciones es el conjunto de operaciones que se realiza sobre cada unidad de obra para obtener su cantidad.

La Medición consiste en la determinación de las dimensiones de cada unidad de Obra.

La Cubicación es la determinación de los volúmenes de las unidades de obra. Por extensión, se entiende por cubicación la determinación de las cantidades de cada unidad de obra aunque muchas de ellas no se expresen como volúmenes. En efecto, en muchas unidades de obra se utilizan valores superficiales, lineales, de peso o, incluso, de cantidad para obtener su medición.

Así, los solados y alicatados, los encofrados, forjados, etc., se miden en metros cuadrados; las tuberías, conducciones y vierteaguas, p.ej., se miden en metros lineales; los aceros estructurales y para armar se miden en Kg.: y las arquetas de registro, aparatos sanitarios, etc. se especifican en unidades.

Siempre que sea posible, la medición de las obras de un proyecto se realizará sobre copias de los planos definitivos.

Las mediciones suelen dividirse en capítulos de manera que cada uno de ellos tenga la máxima coherencia. El orden en que se estructuran sigue el mismo criterio que en los demás documentos del proyecto, es decir, de acuerdo con la planificación de los trabajos del proyecto.

La clasificación utilizada es la decimal. La numeración de cada unidad de obra se respetará en todos los demás apartados del Presupuesto donde aparezca.

Los capítulos que intervienen en el proyecto de una planta industrial pueden variar de unos casos a otros, pero los capítulos más habituales se clasificarían como sigue:

- Demoliciones.
- Movimiento de tierras.
- Red horizontal de saneamiento.
- Cimentaciones.
- Estructuras y forjados.
- Albañilería
- Cubiertas.
- Solados y alicatados.
- Aislamientos y acondicionamiento.
- Carpintería metálica y de taller.
- Carpintería de madera.
- Instalación de fontanería y aparatos sanitarios.
- Instalación eléctrica.
- Otras instalaciones.
- Vidriería
- Pintura.
- Urbanización y Varios.

Las mediciones de un proyecto deben hacerse sobre los planos debidamente acotados, evitando, en lo posible, el uso de escalímetros que son causa de errores acumulativos.

Todas las mediciones deben realizarse y comprobarse al menos por dos personas distintas, con el fin de eliminar posibles omisiones.

Algunas unidades de obra son difícilmente medibles en fase de proyecto y, por tanto, su valoración exacta no se puede determinar con facilidad. Es el caso de las ayudas de albañilería a los diferentes instaladores: fontaneros, electricistas, etc. Para valorar, al menos aproximadamente, estas unidades de obras se definen una serie de Partidas Alzadas que se utilizan para dejar constancia de una serie de gastos que se van a producir durante la ejecución del proyecto, aunque sea difícil fijar el costo final exacto de esas unidades de obra.

Las Partidas Alzadas deben evitarse en lo posible, y las que es preciso incluir en un presupuesto deben valorarse y definirse basándose en anteriores experiencias o consultando a contratistas e instaladores, de forma que el coste de estas partidas alzadas sea lo más próximo a la realidad.

4.10.4. PRESUPUESTO

Para obtener los distintos presupuestos de un proyecto han de definirse previamente los precios unitarios de cada unidad de obra. Pero, para definir el coste de cada precio unitario, ha de componerse cada uno de ellos con las cantidades de materiales y con la mano de obra que intervienen en su elaboración. De ahí que sea preciso conocer -como se ha visto en la figura- una serie de cuadros de precios que llevan a determinar el precio de cada unidad de obra. Estos son:

- Cuadro de Precios nº 1: Precios de los jornales (mano de obra).
- Cuadro de Precios nº 2: Precios de los materiales.
- Cuadro de Precios nº 3: Precios unitarios.
- Cuadro de Precios nº 4: Precios descompuestos.

Se analizan a continuación cada uno de estos cuadros de Precios.

4.10.4.1. Cuadro de Precios nº 1: Precio de los jornales

Consiste en la determinación del coste del jornal de cada uno de los posibles operarios que han de intervenir en la ejecución del proyecto así como del coste de los distintos equipos o cuadrillas que participarán en la realización de las unidades de obra previstas. Para la determinación del precio de los jornales, no solamente ha de tenerse en cuenta la mano de obra directa que ha de ejecutar cada uno de los trabajos sino que ha de

considerarse un porcentaje debido al personal en obra que no realiza una actividad productiva directa, como es el caso del encargado o los capataces y listeros, y que reciben la denominación de mano de obra indirecta. Es habitual repercutir un porcentaje del 10% sobre el coste de la mano de obra directa en concepto de mano de obra indirecta.

Para obtener el salario por día trabajado se parten de todos los conceptos retributivos que afectan a cada categoría de operario y que son diferentes de unas Comunidades Autónomas a otras, e incluso a nivel provincial. Un ejemplo de tipo general se plantea a continuación, siendo aplicable a cualquier caso ajustando los valores dados a los que correspondan en cada momento y lugar a los aprobados por el convenio Colectivo vigente en cada Comunidad.

Bases de partida (valores aproximados y solamente con valor didáctico)

- Días festivos anuales: 15.
- Horas trabajadas a la semana: 40.
- Salario base (de 365 días del año): 10,84 €/día.
- Plus de Convenio: 7,22 € por día trabajado
- Plus de distancia medio: 2,71 € por día trabajado
- Plus de transporte medio: 2,71 € por día trabajado
- Dos pagas extras anuales equivalentes a un mes de salario base más el Plus de Convenio y una paga de Beneficios igual a media paga extra.
- Vacaciones: 30 días al año
- La base de cotización se compone de todas las partidas señaladas, salvo el Plus de distancia.
- La Seguridad Social equivale al 33% de la base de cotización.
- El Seguro de Accidentes equivale al 10% de la base de cotización.
- El Seguro de desempleo, el fondo de garantía salarial, el fondo de promoción del empleo y las posibilidades indemnizaciones, equivalen a un 7% de la base de cotización.
- Los trienios, y otras ayudas se estiman en un 8% de la base de cotización.

A partir de estos datos se puede obtener el coste horario de este operario:

- a) Días de año: 365
- b) Sábados, domingos y festivos (2x48+15): 111
- c) Vacaciones: 30
- d) Días trabajados: a-b-c: 224
- e) Horas trabajadas: 224 x 8: 1.792

Coste anual de la mano de obra:

- f) Salario base: 365 x 10,84: 3956,6
- g) Plus convenio: 224 x 7,22 1617,3
- h) Dos pagas extras: $2x(f+g)/12$: 929
- i) Paga beneficios: 232,4
- j) Base cotización (f+g+h+i): 6735,3
- k) Plus distancia 2,71 x 224: 607
- l) Plus transporte 2,71 x 224: 607
- m) Seguridad Social (0,33 x j) 2222,6
- n) Seguro accidentes (0,1 x j) 673,9
- o) Seguro desempleo, etc (0,07 x j): 471,7
- p) Trienios y otros (0,08 x j) 539,1
- q) Coste total anual (j+k+l+m+n+o+p): 11862,1
- r) Coste horario (q/e): 6,62 €/h

Coste horario incluyendo M.O. indirecta (r x 1,10): 7,28 €/h

El precio por hora de la mano de obra se deberá obtener para cada una de las categorías de operarios que intervendrán en los trabajos de acuerdo con los datos vigentes de cada Comunidad o Provincia. Igualmente se determinarán los costes horarios de las diferentes cuadrillas, que se citan a continuación:

Cuadrilla A, formada por:	Un oficial primera
	Un ayudante
	½ peón
	M/O Indirecta 10%
Cuadrilla B, formada por:	Un oficial segunda
	Un peón especializado
	½ peón
	M/O Indirecta 10%
Cuadrilla C, formada por:	Un ayudante
	Un peón especializado
	½ peón
	M/O Indirecta 10%

4.10.4.2. Cuadro de Precios nº 2: Precio de los materiales

Los precios de los materiales que forman el Cuadro de Precios nº 2 se componen teniendo en cuenta el coste de los materiales en almacén, incrementado con los gastos de transporte, carga y descarga en obra y las pérdidas -por rotura u otras causas- o mermas que pueden producirse en esta manipulación.

La información sobre los precios de los materiales puede obtenerse de publicaciones especializadas o de los propios almacenistas y distribuidores.

4.10.4.3. Cuadro de Precios nº 3: Precios unitarios.

Como se ha podido ver en el esquema que representa el orden de preparación de los distintos cuadros de precios, los Precios Unitarios se confeccionan a partir de los precios descompuestos (Cuadro de Precios nº 4).

El Cuadro de Precios nº 3 no es más que una relación de los precios de las Unidades de Obra (Precios Unitarios) expresados en letra y en cifras. Cada una de las hojas que forman este cuadro de Precios debe ir firmada por el proyectista.

4.10.4.4. Cuadro de Precios nº 4: Precios Descompuestos

Los Precios Descompuestos son los mismos precios unitarios definidos en el Cuadro de Precios nº 3 pero indicando cada una de las cantidades de materiales y los tiempos empleados de maquinaria y mano de obra de que se componen aquellos.

Se llaman, pues, “descompuestos” porque siguen en orden de exposición a los precios unitarios, si bien la labor del proyectista es inversa: define los materiales y la mano de obra que interviene en cada unidad y “compone” los precios unitarios.

Realizar este Cuadro de Precios sin ningún apoyo es muy difícil. Por ello, es recomendable consultar publicaciones y revistas especializadas que ofrecen un amplio abanico de precios descompuestos. Entre las publicaciones más completas que existen cabe citar, entre otras: la del Instituto Valenciano de la Edificación, I.V.E., de periodicidad anual (o la equivalente de otras Comunidades); la revista “EME DOS”, trimestral, etc. Actualmente, algunas publicaciones especializadas -como es el caso del I.V.E.- editan todos los años estos cuadros de precios tanto en versión impresa como en versión informática de modo que, con el programa adecuado pueda realizarse todo el documento Presupuesto con ayuda del ordenador. El inconveniente de algunas de estas bases de datos es que están más dedicadas a la arquitectura que a la ingeniería y por lo general, no proporcionan todas las unidades de obra que pueden aparecer en un proyecto industrial.

Los primeros Precios Descompuestos que deben confeccionarse son los llamados Precios Auxiliares y se denominan así porque pasan a formar parte de muchos otros precios descompuestos. Son de destacar: las pastas y morteros, los hormigones, los trabajos de carga y descarga, el transporte y la maquinaria.

El proyectista debe tener en cuenta que los precios a aplicar a cada unidad de obra pueden variar no solamente en razón del tiempo. En efecto, muchas partidas se ven afectadas por la cantidad que se precisa de ellas en obra. Si la cantidad es pequeña, en general se encarecerá su transporte y, por tanto, el precio total de la Unidad. Otro condicionante que afecta al precio de los materiales o de la mano de obra es el emplazamiento de la nueva planta respecto a los centros de suministro y de poblaciones puesto que hace variar el coste del transporte. Por último, es de señalar que una misma unidad de obra puede tener un coste distinto atendiendo a las características de la propia construcción; así, por ejemplo, un edificio industrial de gran altura tendrá un coste mayor que uno de pequeña altura ya que verá incrementado el coste de Unidades de Obra tales como los cerramientos, cubiertas o el alumbrado interior, puesto que precisarán de mayores medios auxiliares (andamios, grúas, etc.) y mayor tiempo de puesta en obra.

Todos estos aspectos que pueden incidir en el precio de las unidades, han de preverse antes de iniciar la aplicación de precios estimando la mayor o menor dificultad del conjunto de la obra y de cada una de las partidas que la componen.

A continuación se exponen algunos precios descompuestos:

M³ Excavación mecánica en zanjas, en terreno compacto, según NTE/ADZ-4

0,15 h Retroexcavadora FORD 550	18,37	3,08
0,15 h peón ordinario	6,78	1,02
0,02 medios auxiliares	4,10	0,01
0,03 costes indirectos	4,18	0,13
TOTAL		4,31 €

M³ Puesta en obra de hormigón para armar H-175, con árido machacado de tamaño máximo 40 mm., vertido y vibrado, en pozos y zapatas, si incluir encofrados ni armaduras.

1,15 m ³ hormigón H-175, árido 40	38,81	44,63
0,7 h oficial de 1ª.	7,28	5,10
1,05 h peón especializado	6,81	7,16
2% M/A sobre	56,88	1,14
3% Costes indirectos	58,02	1,74
	TOTAL	59,76 €

M³ Tabicón de 9 cm. de espesor con ladrillo hueco doble, recibido con mortero de cemento y arena de río.

33 Ud ladrillos doble 25 x 12 x 9 cm.	0,10	3,38
0,014 m ³ mortero 1:6	48,53	0,68
0,54 h oficial 1ª	7,28	3,93
0,27 h peón especializado	6,82	1,84
2% M/A sobre	9,15	0,19
3% Costes indirectos	10,01	0,30
	TOTAL	10,34 €

4.10.4.5. Presupuestos parciales

Un presupuesto parcial representa el coste o presupuesto de una unidad constructiva. Los presupuestos parciales suelen dividirse en capítulos, al igual que se hizo con las Mediciones, que comprenda cada uno de ellos todas las unidades de obra afines. De ahí que, generalmente, aparezcan capítulos como: Movimiento de tierras, cimentaciones, estructuras, albañilería, instalación eléctrica, saneamiento, etc.

En ocasiones en que el volumen de obras no es considerable ni muy complejo o cuando se presupone que habrá un único contratista para realizarla, no se confeccionan presupuestos parciales sino, directamente, el presupuesto general.

A los Presupuestos Parciales -y en su caso, al Presupuesto General- se les denomina también Cuadro de Aplicación de Precios, dado que la función que realizan es la de aplicar sobre el número de unidades de una Unidad de Obra, deducido en el Estado de Mediciones, el Precio Unitario del Cuadro de Precios nº 3.

4.10.4.6. Presupuesto de Ejecución Material y por Contrata

La suma de los Presupuestos parciales recibe el nombre de Presupuesto Total de Ejecución Material y representa el coste de las obras.

Si el Presupuesto de Ejecución Material es el precio que le cuesta al contratista ejecutar las obras, sobre ese importe el proyectista deberá estimar los gastos generales, los impuestos y el beneficio industrial que el Contratista ha de imputar al Presupuesto de Ejecución Material. El valor resultante recibe el nombre de Presupuesto de Ejecución por Contrata.

El porcentaje en concepto de gastos generales, gastos financieros y cargas fiscales puede variar entre un 12 y un 20%, aplicándose un 6% en concepto de Beneficio Industrial del Contratista.

Un ejemplo del Resumen General de Presupuestos se incluye a continuación.

Presupuesto de Ejecución Material	1.000.000€.-
20% Gastos Generales y cargas fiscales	200.000€.-
SUMA	1.200.000€.-
6% Beneficio Industrial	72.000€.-
TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	1.272.000€.-
7% Proyecto y Dirección de Obras	89.040€.-
Presupuesto Total de Obras	<u>1.361.040 €.-</u>

A esta cantidad habría que añadir el I.V.A. (16%).

En el capítulo siguiente (La realización) volverá a aparecer este tema.

BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

Aunque existen mucha bibliografía sobre los documentos del proyecto, se puede consultar la siguiente:

- **LOZANO APOLO et al. (1995) "Curso de preparación de documentos técnicos...." Ed. Consultores T.C.**

Aunque no trata solamente los documentos del proyecto, sino que se extiende a otros documentos, este libro es muy recomendable: proporciona una orientación muy buena sobre los documentos en ingeniería industrial.

- **PIQUER, J. (1983) "El proyecto en ingeniería y arquitectura". CEAC. Barcelona.**

Se trata de un libro muy bien editado, que se centra especialmente en la ingeniería civil, de la que presenta numerosos ejemplos.

- **PRECIADO, C. (1995) "Oficina técnica. Teoría y tecnología del proyecto". UNEX. Extremadura.**

Es un libro de texto para asignaturas de Oficina Técnica, que presenta los documentos del proyecto de proyectos industriales de pequeño tamaño.

CAPÍTULO 5

LA REALIZACIÓN

5.1. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

La fase de Realización comprende las actividades proyectuales que transforman la solución, obtenida en las fases creativas y plasmada en los documentos del proyecto, en una realidad (física o inmaterial) que es capaz de ejecutar las funciones para las que fue creada.

Cuando un profesional desarrolla un proyecto en sus fases creativas siente una satisfacción cada vez que resuelve uno de los subproblemas que encierra. Pero si es grande la satisfacción de resolver un proyecto, aún puede resultar más gratificante ver emerger -de unas simples prescripciones, de unos planos bidimensionales y de unos cálculos- una obra tridimensional que hasta ese momento sólo nuestros conocimientos y nuestra inteligencia espacial habían imaginado, concebido. El ver que las piezas encajan como en un *meccano* o que las formas aparecen en armónica proporción hace que el proyectista se siente, de alguna manera, autorrealizado.

Sin embargo, todo esto no significa que la fase de realización sea un plácido paseo en barca. En esta fase aparecen dificultades importantes, unas veces porque el proyecto contiene indefiniciones y otras porque en la propia ejecución surgen inconvenientes, imposibles de prever en las fases creativas, que se convierten en *problemas proyectuales de ejecución* que también hay que resolver, en no pocas ocasiones en plazos de tiempo muy breves.

En este capítulo, nos vamos a centrar en la fase de realización de los proyectos de construcción por cuanto en las otras tipologías de proyectos (de productos, de I+D, de software o de consultoría y auditoría esta fase depende, normalmente, menos de las ingenierías de proyectos y más de otras organizaciones (organización cliente, sobre todo) y, en algunos casos, la fase se confunde con algunas de las fases creativas (caso de los proyectos de software y de consultoría, por ejemplo). El lector puede consultar otros textos que traten estas tipologías³⁷. En todo caso, gran parte de las actividades que desarrolla el director de obra de un proyecto de construcción pueden transponerse a otras tipologías.

La característica fundamental de la fase de Realización, que la distingue de las demás, es que mientras en las fases creativas el equipo de proyectos es el autor y protagonista de su desarrollo, en esta nueva fase el

³⁷ Véase, por ejemplo: Gómez-Senent, E. y Capuz, S. (Ed.). *El Proyecto y su Dirección y Gestión*. Cursos On-line, CFP-UPV. Valencia 1999.

equipo de proyectos asume las funciones de seguimiento y control de la ejecución de las obras por lo que pasa a denominarse equipo director de obras o dirección facultativa. El autor material, es decir, el que lleva a cabo las obras, es la Contrata.

La Contrata es quien ejecuta las obras y puede estar formada por una empresa constructora, que subcontrata parte de las actividades a otros proveedores (*subcontratistas*), o por una agrupación de empresas (U.T.E.) en el caso de obras importantes por su volumen o complejidad.

Otros aspectos destacados que caracterizan la fase de Realización son los siguientes:

- La calidad de la ejecución y de los resultados.
- El control del coste para que no se desvíe de lo previsto en el proyecto.
- El tiempo de realización para que se ajuste a lo establecido.
- La relación y dependencia entre las actividades y su ordenación en el tiempo.
- Los recursos puestos en juego.
- Los imprevistos que surgen durante la ejecución y la necesaria rapidez con que se deben resolver.
- El elevado riesgo de accidentes y las medidas preventivas para evitarlos.

5.2. HONORARIOS DE DIRECCIÓN DE OBRAS

Hemos comentado ya en el capítulo 2 que lo que perciben las empresas de ingeniería en concepto de *dirección de obras* viene a representar unos honorarios iguales o semejantes a los correspondientes al conjunto de fases creativas (proyecto).

Aunque en un primer momento pueda parecer que las fases creativas representan un mayor esfuerzo y cualificación profesional también es cierto que la fase de Realización tiene casi siempre mucha mayor duración temporal y exige, al menos, que algunos miembros del equipo de dirección de

obras tengan experiencia en las diferentes partes del sistema objeto: edificación, instalaciones eléctricas, instalaciones de fluidos, maquinaria y procesos de fabricación, etc.

Veamos ahora, una estimación de los costes de una dirección de obras a llevar a cabo por una ingeniería y los honorarios que debe proponer, siguiendo un ejemplo paralelo al que se ha descrito en el subapartado 2.4.1.

Ejemplo de estimación de honorarios de una dirección de obra

Partiendo del mismo ejemplo descrito en 2.4.1. calcular los honorarios de la dirección de obras suponiendo que debe durar no más de 9 meses, que se han percibido 18.000 € por el proyecto y que el coste horario medio de un técnico es de 30€. La distancia de las oficinas de la ingeniería a las obras es de 20 km.

Razonamiento de la respuesta

Se puede trabajar con la hipótesis de que el director de obra realizará una visita semanal y que otro tanto realizarán los técnicos especialistas en instalaciones (lógicamente, concentrados en los periodos de montaje de las mismas). Si las obras van a durar 9 meses pueden calcularse 36 semanas útiles y una duración total por visita (incluido el desplazamiento) de 4 horas. A partir de estos datos podemos realizar los siguientes cálculos:

Total horas de visita	$(36 + 36) \times 4 = 288 \text{ h.}$
Horas de trabajo en gabinete (cálculos y revisiones)	$= 62 \text{ h.}$
Imprevistos (10% total de horas)	$= 35 \text{ h}$
	Total horas 385 h.

Costes:

Horas : 385 x 30	$= 11.550 \text{ €}$
Viajes 80 x 10	$= 800 \text{ €}$
Dietas (estimación)	$= 450 \text{ €}$

Total gastos = 12.800 €

Como puede observarse, esta cantidad (12.800 €) es casi igual que la obtenida para el proyecto (12.960 €) por lo que es correcto (dada la cantidad de imprevistos que se producen en una obra) proponer unos honorarios de dirección de obras de 18.000 €. Quedaría, incluso, un margen de negociación (hasta un 10% de descuento) con el cliente. Otro gasto que debe tenerse en cuenta es el derivado del **visado** de la dirección de obras por el Colegio Profesional correspondiente y que puede representar entre un 5% y un 10% según los casos. Aunque este gasto no se ha contemplado en 2.4.1. el visado del proyecto, si es preceptivo, tiene un coste equivalente en porcentaje en ambos casos.

5.3. MICROESTRUCTURA DE LA FASE DE REALIZACIÓN

La ejecución de una obra es diferente para cada uno de los actores que intervienen, directa o indirectamente, en ella y que, sistémicamente, son tres: el cliente, la contrata y la dirección facultativa.

Para el Cliente, que es quien **encarga** la obra, es una inversión que pone en marcha porque espera obtener una determinada rentabilidad (económica, social o de imagen).

Para la Contrata, que es quien **ejecuta** (construye) la obra, es un encargo que debe realizar intentando optimizar los factores de calidad, coste y tiempo.

Para la Dirección Facultativa, que es quien **dirige** la obra, es un encargo cuyo objetivo es que la contrata realice todas las operaciones de acuerdo con los documentos del proyecto.

La fase de Realización puede verse desde estas tres perspectivas distintas. En el presente apartado se enfoca la Realización desde el punto de vista de la Dirección Facultativa haciendo referencia a los otros actores en relación con las actividades de seguimiento y control que llevan a cabo los ingenieros que la forman.

La figura 43 muestra esquemáticamente las principales etapas que comprende la fase de Realización y que se describen a continuación. Se hace mayor hincapié en los temas relacionados con la dirección que con la gestión toda vez que esta última se realiza en parte por la organización cliente y, además, varía mucho tanto de una localidad a otra como con el tiempo. Todo ello se comentará en los próximos apartados. En todo caso, rogamos al lector joven que se detenga ante la figura 43 y la estudie y analice con interés pues comprenderá mucho mejor todo lo que sigue.

5.4. DESDE EL ENCARGO DE LA DIRECCIÓN DE LAS OBRAS HASTA EL INICIO DE LAS MISMAS

Antes de iniciarse las obras, han de cubrirse una serie de etapas previas que son condición ineludible y que pueden representar un plazo de tiempo considerable englobando, además, una serie de actividades de gabinete de muy diversa índole. Veamos las características principales de estas etapas.

5.4.1. ESTUDIO DEL PROYECTO

Pueden producirse diversas situaciones de arranque derivadas de si el proyecto ha sido realizado o no por la misma ingeniería a la que se le encarga la dirección de obras y de si el tiempo transcurrido entre la finalización de las fases creativas y el inicio de la de realización ha sido corto o largo. Analicemos las diferentes situaciones que pueden presentarse.

Cuando un cliente encarga la dirección de obras a la misma ingeniería que ha realizado el proyecto -situación que suele ser la habitual- el paso de unas fases a otras se produce con mayor facilidad y armonía dado que:

- El cliente y la ingeniería ya se conocen.
- La ingeniería conoce el proyecto tanto en sus aspectos explícitos (documentos) como en los más escondidos (alternativas desechadas, cálculos intermedios, etc).

Así pues, en este caso, el estudio del proyecto resulta más fácil, máxime cuando normalmente la ingeniería -si no hay impedimentos- nombrará para formar la dirección facultativa al mismo equipo que desarrolló el proyecto.

Cuando un cliente cambia de ingeniería para realizar la dirección de obras no siempre es porque las relaciones cliente-ingeniería se han deteriorado. Se plantea a veces una situación que aconseja el encargo de la dirección de obras a otra ingeniería. Supongamos que el cliente y la ingeniería tienen su sede social en la misma población (p. ej.: Valencia) pero el proyecto ha de construirse en la provincia de Sevilla. Si la ingeniería no tiene implantación de ámbito nacional, el coste de la dirección de obra se dispara. En un caso como éste suele buscarse una ingeniería con sede en Sevilla, quedando la ingeniería de Valencia como consultora que supervisa las obras sólo en ocasiones señaladas.

Cuando un cliente cambia de ingeniería porque las relaciones se han deteriorado, la nueva ingeniería debe tomar las máximas precauciones para evitar que se produzcan situaciones económica, legal o deontológicamente incorrectas. En efecto:

- El cliente puede tener pendiente de pago parte de los honorarios de la ingeniería que llevó a cabo el proyecto.
- Puede existir un contrato vigente (o denunciado) incluso de dirección de obras.
- La nueva ingeniería no debe participar hasta que los hechos anteriores se clarifiquen totalmente.

La otra situación se relaciona con el tiempo transcurrido entre la finalización del proyecto y el inicio de las obras pues si es dilatado no es de extrañar que haya que realizar reformas en el proyecto debido sobre todo a tres razones:

1. Que en ese periodo haya cambiado alguna normativa (del polígono, de cálculo, de seguridad, de medio ambiente, etc) que exija modificaciones en los documentos elaborados en su día.
2. Que en ese periodo se hayan producido mejoras apreciables que puedan repercutir en el diseño. Por ejemplo: aparición de bienes de equipo con mejores características que las de los proyectados (mayor rendimiento, menor consumo, más reciclables, etc).
3. Que en ese periodo hayan cambiado algunas de las expectativas del cliente (cambios en el mercado, en las posibilidades de financiación, etc).

Todos estos aspectos deberán tenerse en cuenta cuando se estudie el proyecto (normativa actual, avances tecnológicos o cambios económicos, objetivos del cliente). Además, en todos los casos, este estudio debe ser tal que la dirección facultativa se haga una idea clara de:

- Las soluciones constructivas adoptadas por los proyectistas³⁸

³⁸ Existe una cierta tendencia, cuando la dirección facultativa no está formada por los mismos técnicos que realizaron el proyecto, a que la primera critique las soluciones del proyecto e intente introducir soluciones diferentes a las de ésta (*cada maestrillo tiene su brillo*). Esto debe evitarse, salvo en muy contados casos, porque se *desprestigia* a los proyectistas y porque, en no pocas ocasiones, la justificación de una solución no está totalmente explicada en los documentos, lo que puede conducir a que lo que parece mejor no resulte serlo en la realidad.

- La dificultad que entraña cada actividad
- El orden en que deberán ejecutarse las diferentes partidas
- Las partes que no han quedado definidas en el proyecto, quizá porque no hubo posibilidad material de obtener los datos necesarios para aclarar o calcular esas partes.

5.4.2. CONTRATO ENTRE EL CLIENTE LA INGENIERÍA

Toda prestación de servicios -que no otra cosa es un proyecto o una dirección de obras- debe estar protegida por una relación contractual en la que queden definidos los deberes y obligaciones a los que se comprometan las partes.

Cuando el volumen y la entidad de los trabajos a desarrollar son pequeños y de corta duración es normalmente suficiente suscribir un contrato *estándar* entre el cliente y la ingeniería. El contrato de este tipo más usual es el llamado *Hoja de Encargo* constituida por un folio a dos caras en el que en la cara anterior se anotan los datos identificativos de las partes, en qué consiste la prestación de servicios y el importe y la forma de pago de los trabajos. En la cara posterior se incluyen las cláusulas³⁹ por las que se rige el contrato⁴⁰ En prestaciones de servicio de muy pequeña entidad y que no necesiten visado colegial, sobre todo si existe una relación comercial antigua entre el cliente y la ingeniería⁴¹ puede obviarse la firma de cualquier tipo de contrato: la ingeniería desarrolla el encargo y, una vez finalizado, presenta la correspondiente factura al cliente, el cual suele abonar la misma con celeridad y sin ningún tipo de problema.

Cuando la prestación de servicios es importante el contrato debe ser elaborado por la ingeniería (asesorada adecuadamente por sus servicios jurídicos) y revisado por la organización cliente (con el correspondiente asesoramiento jurídico). Un contrato bien redactado protege equilibrada-

³⁹ La mayoría de Colegios Profesionales disponen de un modelo de *Hoja de Encargo*. La ventaja añadida de este tipo de contrato es que, como una copia queda en poder del Colegio Profesional, en caso de litigio entre las partes (casi siempre, por falta de pago del cliente a la ingeniería) el Colegio puede actuar (y suele hacerlo) en defensa de los intereses de sus colegiados.

⁴⁰ Un modelo de *Hoja de Encargo* puede verse en los ANEXOS.

⁴¹ Es bastante habitual que un cliente trabaje siempre con la misma ingeniería. Entonces, se dice que el cliente forma parte de la *Cartera de Clientes* de la ingeniería. Poseer una buena *cartera de clientes* es fundamental para consolidar cualquier ingeniería.

mente a las partes y evita discusiones posteriores que no conducen más que a crear situaciones tensas deteriorando las relaciones con los consiguientes perjuicios para todos.

Todo contrato debe contener, como mínimo, las siguientes descripciones:

1. La fecha del contrato y la localidad en la que se suscribe.
2. Los datos de las partes que permitan definir las totalmente: denominación de las empresas contratantes, domicilio social, escritura de constitución, escritura de poderes de las personas físicas que suscriben el contrato, etc.
3. Alcance de los trabajos (estudio, proyecto, proyecto y dirección de obra, u otros)
4. Plazos de ejecución y equipo básico que va a intervenir (al menos, su cualificación).
5. Honorarios a facturar (precio fijo, porcentaje sobre la inversión, por administración), especificando si se incluyen todos los gastos o no (viajes especiales, dietas, otros).
6. Forma de pago (en varias etapas, a la entrega de los trabajos, como porcentaje de la ejecución de obras cada mes junto con la certificación, etc).
7. Formas de actuar (reuniones cliente-ingeniería, decisiones a tomar y otras)
8. Cláusulas de rescisión del contrato y penalización por incumplimiento (retraso en los trabajos, renuncia del cliente o de la ingeniería sin justificación causal).
9. Otras cláusulas legales, como por ejemplo, a qué instancias hay que dirigirse si una de las partes incumple o se producen desavenencias por interpretación no concordante de las cláusulas⁴².

⁴² Es más importante de lo que parece el procurar por parte de la ingeniería que el cliente renuncie a sus fueros y se someta a la jurisdicción de los tribunales de la localidad dónde tiene su sede la ingeniería ya que, en caso de litigio, las incomodidades y los costes de desplazamiento y de los servicios jurídicos se incrementan apreciablemente.

Cabe señalar que, muchas veces, el contrato entre cliente e ingeniería se produce antes de iniciar el proyecto, existiendo en estos casos un único contrato para el proyecto y la dirección de obras. Otras veces, se hacen contratos por partes: estudios previos, anteproyecto, proyecto y dirección de obras. Esto se produce cuando el cliente no tiene inicialmente decidido si acomete el proyecto en su totalidad o cuando se prefiere que cada parte sea desarrollada por ingenierías diferentes.

Por último se debe aclarar que el *estudio del proyecto* y el *contrato* suelen coincidir parcialmente en el tiempo. Lo más habitual es que se estudie el proyecto hasta conocer su alcance, se firme el contrato a continuación y se siga con el estudio más detallado del proyecto.

5.4.3. PETICIÓN DE LICENCIAS

La licencia que tiene mayor trascendencia es la *Licencia de Obras*. El solicitante legal es el cliente o promotor pero suele estar asesorado por la dirección facultativa ya que la concesión o no de los permisos correspondientes se fundamenta en cuestiones técnicas (volumetría de las edificaciones, retranqueos, etc) como veremos un poco más adelante en

este mismo subapartado. Sin licencia -al menos, teóricamente- no pueden iniciarse las obras, aunque el pago de la misma suele exigirse por adelantado (es decir, en el momento de hacer la solicitud).

La petición de licencia consiste en:

- Rellenar los formularios establecidos por el ayuntamiento donde han de ubicarse las obras e instalaciones.
- Entregar la documentación exigida por las diferentes instituciones (ayuntamiento, parque de bomberos, consejerías de industria y de medio ambiente, etc) así como las copias que se demandan (entre tres y cinco, normalmente).
- Realizar un seguimiento de la marcha de la petición para evitar que se paralice en algún despacho.
- Abonar el importe de la licencia. Este importe varía de unos lugares a otros (pueden existir subvenciones o exenciones incluso totales cuando se pretende promocionar alguna comarca o comunidad) pero suele situarse alrededor del 4% de la inversión prevista.
- Hacer entrega de otras exigencias, como pueden ser la cesión de zonas verdes o de viales al ayuntamiento.

Para intentar evitar la denegación o devolución de la petición de licencia de obras por defectos de forma u otros motivos, la ingeniería (si es posible, con el cliente) debe realizar alguna visita previa para averiguar todo lo que necesitan saber las instituciones afectadas. Los técnicos del ayuntamiento y de los demás organismos suelen colaborar honestamente en estos menesteres, aunque en alguna ocasión adoptan actitudes en exceso legalistas, casi intransigentes, dificultando la comunicación siempre deseable.

Algunos de los aspectos que más debe cuidar la dirección facultativa para evitar problemas con la licencia de obras, a parte de lo que le señalen los distintos interlocutores técnicos de los organismos implicados, son los siguientes:

- Cumplimentar todo el protocolo que exigen los diferentes organismos.
- Evitar que la industria esté clasificada -como nociva o peligrosa, por ejemplo- y tenga restringida o prohibida su implantación en el solar elegido. En el caso de que esté restringida su implantación deben presentarse todas las medidas correctoras que exigen los reglamentos correspondientes.
- Presentar completos todos los planos necesarios (de situación, de parcela, de replanteo con sus correspondientes cotas de retranqueo, alzados y secciones de planta) para que puedan comprobarse que las edificaciones cumplen las normas del reglamento del polígono, entre las cuales las más importantes son la superficie del solar, las distancias de las edificaciones a las fachadas y a los otros lindes, la altura de las edificaciones, la superficie a construir, el volumen total de edificación, nivel de referencia (cota de las naves respecto a la calzada), etc.
- Cumplir toda la reglamentación de incendios, medioambiental y cualquier otra que le afecte (situación del depósito de combustible, o de la estación transformadora, por ejemplo).
- Mantener unas relaciones correctas con los técnicos (arquitectos, ingenieros, etc) de todos los organismos.

Aún así, el tiempo que puede transcurrir entre la petición y la concesión de la licencia de obras difícilmente es menor de dos o tres meses por lo que no es extraño ver iniciar unas obras sin la licencia (aunque si se

habrá abonado su importe) correspondiente⁴³, aunque lógicamente es una situación nunca deseable porque, ante cualquier incidencia grave, se carece de defensa legal. No es de extrañar, pues, que cuando es posible la solicitud de licencia de obras se lleve a cabo durante la fase de diseño de detalle (realmente, una vez finalizado el diseño básico) para ganar tiempo.

5.4.4. PETICIÓN DE OFERTAS

La figura 44 muestra de forma esquemática los diferentes tipos de ofertas que se pueden presentar así como otras características diferenciadoras que se irán comentando a continuación.

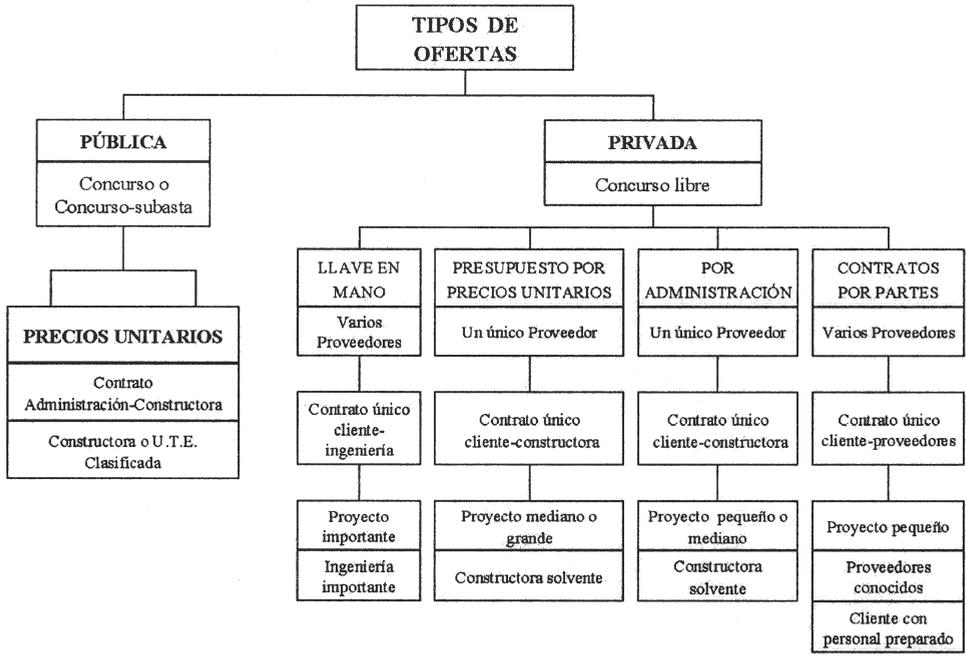


Figura 44. Tipos de ofertas y características generales

El cliente puede ser un organismo de la Administración Pública o una empresa privada. Cuando un presupuesto excede de 5.000.000.- ptas. (30.050.- €) ninguna administración pública puede adjudicar directamente una obra. Así pues, excepto en obras muy pequeñas (de reforma, sobre

⁴³ De hecho, hemos llegado a ver que se concedía la licencia de obras el mismo día de la inauguración de las obras e instalaciones.

todo) la administración pública realiza la petición de ofertas mediante concurso público (cualquier empresa puede, en principio, licitar) que se comunica a través de periódicos oficiales (BOE, diarios oficiales de la Administración Autónoma o Provincial). Para licitar sólo existen dos condiciones:

1. Estar en posesión de la correspondiente *clasificación* que autoriza a la constructora a realizar ese tipo de obras y por un importe igual o mayor al de la oferta, y
2. Estar al día en el pago de sus obligaciones fiscales y laborales (impuestos y cotizaciones a la Seguridad Social).

La licitación es siempre a la baja, es decir, la oferta ha de ser igual o inferior al presupuesto que aparece en el concurso. El concurso lleva unido un pliego de condiciones y los documentos necesarios para elaborar la oferta.

El estudio de las diferentes ofertas no difiere mucho de lo que se hace en el caso de proyectos privados. Sin embargo, la selección se realiza entre las ofertas más bajas, aunque se suele huir de las que pueden considerarse *bajas temerarias* (descuentos superiores al 25% o al 30%).

Cuando el proyecto es muy importante, es habitual que dos constructoras oferten conjuntamente el proyecto, formando lo que se llama una Unión Temporal de Empresas (U.T.E.).

En el caso de que las obras a ofertar sean para una empresa privada el concurso suele ser libre. Si la importancia del proyecto es grande es habitual hacer publicidad en prensa para que puedan ofertar empresas grandes. En los demás casos, la empresa promotora y la ingeniería suelen invitar a diversas constructoras que se consideren adecuadas (por tamaño y cualificación) para llevar a cabo las obras. En ningún caso, se debe pedir oferta a menos de tres constructoras entre otros motivos para evitar que pudieran ponerse de acuerdo en contra de los intereses del cliente.

Algunas veces la oferta se realiza por la modalidad *llave en mano*, modalidad que significa que una ingeniería o una UTE ingeniería-constructora oferte el proyecto y la ejecución como un todo por un precio cerrado (fijo). Esta empresa asume todos los riesgos pues se suscribe un contrato único para el desarrollo de todas las actividades. Esta modalidad se emplea normalmente en el caso de proyectos importantes y con ingenierías de ámbito nacional o internacional.

La forma más habitual de concurso libre es que el proyecto y la dirección facultativa sean responsabilidad de una ingeniería y las empresas constructoras oferten la realización de las obras sobre la base de los documentos del proyecto, fijando precios a cada una de las unidades de obra y, de acuerdo con las mediciones que aparecen en los documentos, construir la oferta correspondiente.

Alguna vez, en obras muy especiales o de tamaño pequeño, puede ofertarse la construcción por la modalidad de *administración*, la cual consiste en valorar las horas trabajadas, los materiales empleados y los gastos indirectos. La facturación se hará de acuerdo a *lo que salga*. Es por ello, que esta modalidad sólo se utilice en el caso de obras pequeñas (de reforma sobre todo).

Por último, algunos cliente prefieren contratar las obras a diversos proveedores: las obras de albañilería por un lado, la estructura a un *estructurista*, las instalaciones a electricistas y fontaneros, etc. Esta solución, que puede resultar más barata, sólo puede tener su razón de ser en obras pequeñas y adolece casi siempre de coordinación y de falta de responsabilidad clara (*Es que el albañil ha hecho esto mal, es que el electricista no ha marcado las regatas...*, etc).

Una cuestión a tener en cuenta a la hora de preseleccionar empresas constructoras es su tamaño porque ***es muy importante que el tamaño de la empresa constructora sea acorde con el del proyecto.***

Así, una constructora pequeña se verá en apuros para resolver una obra grande porque le faltarán recursos humanos y materiales. Pero el caso contrario tampoco es conveniente porque una constructora grande realizando las obras de un proyecto pequeño tendrá dificultades en obtener beneficios (se le *comerán* los gastos generales) y acabará, casi siempre, presionando al cliente para aumentar la facturación, con el riesgo añadido de una paralización de las obras (y el consiguiente perjuicio para el cliente).

La documentación que se presenta como mínimo para que las empresas puedan ofertar son:

- Todos los planos que conciernen a las obras a ofertar
- El pliego de condiciones que afecta a las partidas a ofertar.

- Las mediciones de las obras a ofertar, pero no así la aplicación de precios que no conviene en casi ningún caso que las constructoras conozcan.
- Las partes de la memoria y de los anejos de cálculo que puedan ayudar a confeccionar mejor la oferta.

Aparte de esta documentación se le suele comentar a cada constructora la forma de pago que se va a realizar (certificaciones mensuales y pago a 90 días, por ejemplo), la fecha de inicio, la duración de las obras según el criterio de la ingeniería y los intereses del cliente y otros datos (penalizaciones, retenciones) relacionados con el posible contrato de obras, si ha lugar. Esta reunión previa entre la ingeniería y las distintas constructoras suele ser útil para que éstas muestren sus características y cualidades y la ingeniería pueda obtener referencias de otras obras ejecutadas anteriormente por los ofertantes.

5.4.5. ESTUDIO DE OFERTAS

El estudio de las ofertas presentadas por las diversas constructoras concursantes suele realizarlo la dirección facultativa, la cual, conociendo como conoce el proyecto, puede detectar cualquier anomalía (errores o *deslices*⁴⁴) y corregirla.

Los aspectos más importantes a la hora de valorar y comparar las ofertas pueden ajustarse a los factores técnico, económico y humano o a una mezcla de dos de ellos.

En el aspecto técnico hay que valorar los recursos materiales de que dispone cada constructora (grúas, excavadoras, hormigoneras, etc) o, aunque no sean propios, la facilidad con que puede subcontratarlos.

En el aspecto técnico-humano debe ponderarse la calidad y entidad de otros trabajos realizados así como la cualificación profesional (titulación, experiencia, capacidad de organización) del equipo técnico de cada constructora (director de obra, jefe de obra, encargados...) y de los operarios (si se conoce de trabajos anteriores).

⁴⁴ Aunque siempre hay que partir, *a priori*, de la honestidad y buen hacer de las constructoras puede suceder que alguna de ellas intente aprovechar algún error en las mediciones o en los planos para introducir algún precio que vaya en su beneficio futuro. Así, si una constructora detecta que las mediciones de las zapatas están muy por debajo de las reales, puede proponer un precio elevado (que no se notará casi en la oferta) para esta unidad porque sabe que al medir la realidad, el valor de facturación (y de beneficio) subirá.

En el aspecto humano debe estimarse (y valorarse positivamente, en su caso) cuál ha sido el comportamiento ético de la constructora en ocasiones anteriores.

El aspecto que influye, normalmente, más en la selección de la mejor oferta suele ser el económico. En el aspecto técnico-económico nos encontramos con el estudio comparativo de las propuestas económicas. Aquí ha de estudiarse y compararse partida a partida, unidad de obra a unidad de obra, teniendo en cuenta si la valoración está comprendida entre una gama admisible de precios o se producen fuertes desviaciones (estas desviaciones deben considerarse como aspectos negativos de una oferta). Debe observarse con cuidado que un precio más bajo de los ofertados no sea debido a un cambio en la descripción de las unidades (por ejemplo: si en el presupuesto de la ingeniería se ha previsto un cristal de 8mm. para las ventanas y una constructora oferta de 5 mm). Después de contemplar todos estos hechos pueden compararse económicamente todas las ofertas.

Otro aspecto a tener en cuenta es conocer si las empresas constructoras están en una posición económica saneada (buenas referencias bancarias, estar al tanto del pago de impuestos y de cargas sociales,...) así como las posibilidades de financiación del pago de las obras que ofertan al cliente.

Queremos dar una última recomendación. Se debe procurar eliminar la oferta más cara y la más barata sobre todo si las desviaciones respecto a la oferta media son grandes. En todo caso, si se ponderan adecuadamente todos los aspectos citados anteriormente la empresa seleccionada suele situarse casi siempre un poco por debajo del valor medio. Debemos insistir en que el cliente tiende a preferir la oferta más económica pero hay que hacerle ver -dentro de los límites que una ingeniería debe asumir como asesora- los inconvenientes de una decisión de este tipo.

5.4.6. ADJUDICACIÓN DE OBRAS

Una vez seleccionada una oferta, se procede a la adjudicación de las obras aunque este acto no se realiza de forma automática sino que se lleva a cabo después de una o de varias reuniones entre el cliente, la contrata y la ingeniería. En estas reuniones se discuten temas como:

- El precio final acordado (el cliente intenta conseguir siempre un descuento sobre lo ofertado).

- El momento de inicio de las obras y la duración de las mismas.
- La forma de certificación y de pago.
- La fórmula polinómica de revisión de precios (si la duración de la obra es importante).
- Otros aspectos técnicos (recursos humanos y materiales que se van a poner al servicios de las obras).

Una vez aclarados estos conceptos se habla del contrato entre las partes.

5.4.7. CONTRATO DE OBRAS

Aunque un contrato de obras ata económicamente al cliente y la contrata, suele suscribirlo también la ingeniería, dado que suele hacer de *juez* ante situaciones de disconformidad de las partes. De ahí la importancia que tiene el que la dirección facultativa actúe en todo momento guiado por un comportamiento ético, postura que no resulta fácil porque, por una parte, el cliente quiere que la ingeniería defienda siempre sus intereses (lógico, mientras estos *intereses* no sean espúreos) y, por otra parte, la constructora hará todo lo posible por reducir sus costes o incrementar sus beneficios (lo que, tampoco, en todos los casos es defendible).

En 5.4.2., al hablar del contrato entre cliente e ingeniería, se han apuntado los aspectos que debe contener un documento que obliga a dos o más partes a determinadas prestaciones y contraprestaciones. La mayor diferencia entre aquel tipo de contrato y uno de obras es el importe económico en juego pues suele ser del orden de veinte veces (o más) superior, por lo que los riesgos asumidos por las partes son mucho mayores y los perjuicios que puede acarrear el incumplimiento de este contrato son también mucho más importantes.

A parte de incluir los aspectos citados en 5.4.2 en el contrato de obras se hace hincapié en el cumplimiento de los plazos y en las penalizaciones a las que se somete la constructora en el caso de retraso de las obras⁴⁵.

⁴⁵ Suelen incluirse bonificaciones por adelanto en las obras.

Otro aspecto fundamental es la firma por el cliente, la contrata y la ingeniería de todas y cada una de las hojas de, al menos, dos de los documentos del proyecto, en concreto: el documento Planos (todos y cada uno) y el documento Pliego de Condiciones (todas las páginas). Estos dos documentos tienen carácter contractual aunque, a veces, también se firma la Memoria y las Mediciones.

Suele firmarse, además, la oferta final de la constructora, en especial las hojas que recogen los precios unitarios y los precios descompuestos⁴⁶.

Cuando se produce alguna discusión entre la contrata y el cliente se acude casi siempre, en primera instancia, al criterio de la dirección facultativa y, sólo en el caso de que no se llegue a ningún acuerdo, se acude a instancias superiores (abogados de ambas partes o juzgados).

5.4.8. PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE OBRAS

En 2.4.7 se ha comentado lo difícil que es realizar una programación detallada de las obras en la fase de diseño de detalle, dado que se desconoce, sobre todo, qué constructora se hará cargo de las mismas.

Ahora es el momento adecuado para realizar la programación de las obras. Esta actividad debe llevarla a cabo la empresa constructora asesorada por la ingeniería.

Lo más importante de la programación de las obras no es construir un diagrama de barras fijando el inicio y final de cada actividad sino el seguimiento activo y vivo a lo largo de las obras, corrigiendo y modificando fechas y sirviendo de ayuda para establecer si se deben poner más recursos para acelerar los trabajos o, por el contrario, el ritmo es bueno.

Otro aspecto por el cual la programación de obras es importante es porque permite planificar los gastos de la constructora (de acuerdo con las actividades que se van ejecutando), y, por tanto, planificar los pagos que debe realizar el cliente.

La programación se puede hacer más o menos detallada. En general, se opta por contar como actividad un capítulo de las mediciones (por ejemplo: movimiento de tierras) o bien un conjunto de unidades homogéneas (por ejemplo: excavación en zapatas, zunchos y zanjas), siendo muy

⁴⁶ Véase el capítulo 4.

raro hacer coincidir cada actividad con una unidad de obra, toda vez que en este caso el número de actividades se dispara y hace muy laboriosa la programación y muy farragoso el seguimiento y control de las obras.

Hoy en día existen en el mercado programas informáticos para implementar una programación que son fáciles de utilizar y muy flexibles a la hora de introducir modificaciones.

Dado, además, que en las empresas constructoras y en las ingenierías siempre hay personal técnico con experiencia en programación, la fijación de los tiempos de ejecución de cada actividad no suele representar problemas importantes aunque, lógicamente, exige un cierto tiempo en su elaboración.

Al existir numerosa bibliografía sobre planificación y programación de proyectos remitimos al lector a estas fuentes de consulta.

5.4.9. PERMISOS

Mientras la constructora, en colaboración con la ingeniería, prepara el inicio de las obras, deben realizarse algunas gestiones administrativas que es imprescindible tener resueltas antes de comenzar los trabajos.

Nos referimos a que, para cualquier trabajo de construcción, se ha de disponer en la parcela de agua y de energía eléctrica. Para ello es necesario solicitar permisos provisionales de estos suministros *auxiliares de obra* que, como es lógico, no son definitivos sino válidos para llevar a cabo las obras.

Muchas veces estos permisos se conceden de modo inmediato (caso de polígonos industriales con infraestructuras y servicios completos) pero existen ocasiones en las que pueden tener un coste apreciable (por ejemplo, si la línea eléctrica más próxima está a más de un kilómetro y hay que pagar una línea de acometida y un transformador) y un plazo de resolución no inmediato que, en todos los casos, debe considerarse.

5.5. EL INICIO DE LAS OBRAS

Ante el inicio de las obras, los tres actores principales (cliente, contrata e ingeniería) deben prepararse para no encontrarse con problemas no resueltos y tener que *improvisar* con el riesgo que ello supone.

Así, el cliente debe realizar las gestiones necesarias para tener resuelto el problema económico-financiero que toda obra conlleva. En efecto, ¿con qué recursos va a abonar las obras y bienes de equipo incluidos en el proyecto?. Es poco habitual que el cliente tenga capacidad económica propia para hacer frente al 100% de la inversión, por lo que tendrá que dirigirse a algunas entidades financieras para conseguir ese apoyo necesario para cubrir el presupuesto total de las obras e instalaciones. Hay que tener en cuenta que las entidades financieras exigirán las suficientes garantías para avalar la operación, garantías que suelen provenir de la propia solvencia de la empresa o de los avales y bienes personales de los socios, en cuyo caso cada uno de ellos debe medir el riesgo que esta operación conlleva para él. El cliente debe contar, para el estudio de rentabilidad de la inversión, con los gastos (intereses) que genera la financiación. Desde la perspectiva técnica, el cliente debe decidir quiénes, entre el personal de la empresa, van a ser los interlocutores válidos que realicen las visitas de obra y que autoricen los pagos que van generando las mismas.

De acuerdo con el cliente, la contrata debe realizar algunos trabajos previos sobre el terreno. En concreto, si existen viejas edificaciones o el terreno es irregular, antes del inicio de las construcciones deben realizarse los trabajos siguientes:

- Demoliciones de viejas construcciones u obstáculos⁴⁷.
- Limpieza del terreno (en general, eliminación de la capa vegetal superficial que, por su alto contenido orgánico, es material disgregado y que puede afectar negativamente a la construcción: aparición de hierbas en las juntas de hormigón, por ejemplo).
- Explanación e, incluso, relleno y compactación del terreno hasta situar la cota al nivel de trabajo correcto (esto último, sólo en ocasiones).
- Construcción o montaje de la caseta de obras y otras edificaciones auxiliares.
- Instalación de los auxiliares de obras (agua y energía eléctrica, sobre todo).
- Acopio de materiales para iniciar las obras.

⁴⁷ Hay que procurar evitar demoler elementos que pueden estar protegidos (vestigios de una antigua acequia árabe o romana, por ejemplo) sin la autorización de la institución correspondiente (Ayuntamiento, Patrimonio, etc).

Por otra parte, la contrata debe seleccionar el personal directivo de la obra (jefe y encargados) de entre los técnicos que tiene disponibles en plantilla. Estos técnicos, que deben estudiar el proyecto en profundidad, han de prever el personal que se necesita para iniciar las obras y para realizar las tareas de las primeras semanas. Deben ir, además, encargando los materiales y la maquinaria precisos para estas operaciones. La programación de las obras les servirán de mucha ayuda para organizar los trabajos. Conociendo, además, la oferta realizada por su propia empresa sabrán en qué partidas van más ajustados de precios y en cuales irán más holgados. Podrán decidir, también, de acuerdo con los directivos correspondientes qué partes de la obra se van a subcontratar (pilotaje, estructura metálica u otras).

Mientras tanto, la ingeniería habrá fijado quiénes van a formar parte de la dirección facultativa. El director de la obra organizará su propio trabajo y el de su equipo. El equipo mínimo suele estar formado al menos por un ingeniero o arquitecto director de obra y por un aparejador o arquitecto técnico encargado del seguimiento más pormenorizado de los trabajos (detalles constructivos, control de la ejecución y certificaciones) ayudados por técnicos especialistas en instalaciones en los periodos de ejecución en los que se necesita de su supervisión.

Los técnicos que figuran como responsables de la dirección de obras solicitarán de sus Colegios Profesionales un **Libro de Órdenes y Asistencias** sellado en todas sus hojas y numerado en cuyas primeras páginas figuran los responsables del cliente, de la contrata (jefe de obra) y de la ingeniería (director de obra)

5.5.1. INICIO DE LAS OBRAS

El inicio propiamente dicho de las obras se realiza cuando todo lo indicado anteriormente está resuelto (licencias, permisos, preparación de los equipos, libro de órdenes, etc) y consiste en una reunión oficial de los representantes legales de la empresa promotora, de la constructora y de la ingeniería.

En esta reunión se acuerda, normalmente:

1. La cota de referencia (cota $\pm 0,00$) a partir de la cual se fijarán todas las de la obra (nivel de acabado de la solera, nivel de muelles de carga, etc.)

Esta cota de referencia se toma en un punto inamovible a lo largo de los trabajos: si los desniveles no son muy grandes, suele tomarse como cota de referencia el centro de la calzada situada en el centro de la fachada principal del solar. La cota de acabado de las naves debe tomarse en un punto más elevado (+ 0,50 m.) para evitar inundaciones y para que si la calzada se repara no llegue a quedar, con el tiempo, por encima del nivel de las edificaciones.

2. Los ejes o puntos de referencia a partir de los cuales se pueda **replantear**⁴⁸ toda la obra. Normalmente, definiendo una *esquina* de la nave principal, por ejemplo, es suficiente para, desde este punto poder marcar todos los ejes de pilares y demás puntos que convenga marcar. Estos puntos se suelen marcar con pequeñas estacas, hierros o clavos en lugares que previsiblemente no han de tener que ser desplazados mientras sean útiles. Estas operaciones conviene hacerlas con ayuda de equipos topográficos, dada su precisión.
3. Las condiciones de seguridad que deben regir en la obra: botiquín de primeros auxilios, uso del casco siempre y de cinturones de seguridad cuando se precise. Uso, también de trajes, gafas o guantes de protección, etc.
4. Los controles de calidad que, de acuerdo a ley o porque así lo considera conveniente la dirección facultativa, deben llevarse a cabo sobre los materiales (hormigón, aceros, soldaduras, materiales cerámicos, morteros, cal, yeso, etc) y sobre lo que se va ejecutando.

Todos estos aspectos deben quedar reflejados y firmados por las partes en el Libro de Órdenes, que ha de estar siempre a disposición de la dirección facultativa en la obra. Una copia de todo lo que se redacta en el Libro de órdenes queda siempre en posesión de la dirección facultativa. En caso de aparecer algún problema en el que es clave de quién es la responsabilidad, el libro de órdenes se convierte en un documentos fundamental.

⁴⁸ *Replantear* es marcar todos los ejes de una obra en un solar tal como se había *planteado* previamente en el proyecto sobre los planos.

5.5.2. ACTA DE REPLANTEO

El *Acta de Replanteo* es un documento que adquiere valor legal ya que establece la fecha oficial de inicio de las obras, a partir de la cual cuentan los plazos de ejecución.

Este documento es suscrito, por triplicado, por los representantes legales de la promotora, de la constructora y de la ingeniería, quedando un ejemplar para cada uno de ellos.

5.6. LA DIRECCIÓN DE CONSTRUCCIÓN

Durante un periodo relativamente dilatado de tiempo la dirección facultativa va a *dirigir* (marcar pautas, realizar el seguimiento de las obras y controlar lo que se va a hacer, lo que se está haciendo y lo ya hecho) la construcción que ejecuta la contrata para la empresa promotora, que va abonando los trabajos.

La Dirección de Construcción no es fácil pues exige de los técnicos que la componen (y, en especial, del director de obras) no sólo una buena formación académica sino, también, una sólida experiencia en trabajos similares, completado todo ello con unas cualidades humanas (carácter, criterio y comportamiento ético, sobre todo), sin duda mucho más necesarias que en otras fases del proyecto (por ejemplo, en las fases creativas puede no ser tan imprescindible poseer estas cualidades, aunque siempre es deseable actuar conforme a ellas).

Como es lógico, una buena formación académica ayuda a comprender y resolver muchos de los problemas que se le plantean a lo largo de los trabajos a la dirección facultativa. Otro conjunto de problemas no se han aprendido en la universidad pero la experiencia que puede haberse ido adquiriendo en los años de actividad profesional confieren una mayor *seguridad* y un mayor nivel de acierto en las decisiones que van tomándose día a día con el transcurso de las obras. Estas dos características las pueden poseer todos los directores de obra. Pero, aunque son necesarias, hay que añadirles otras cualidades, más intangibles, pero tan valiosas o más que las anteriores. Nos referimos a las cualidades humanas.

¿Por qué son tan importantes las cualidades humanas en la dirección de obras?. La dirección facultativa está contratada por la organización cliente y, por lo tanto, (como bien recogen todos los códigos deontológicos) debe defender los intereses de ésta frente a terceros (la contrata) pero ello

no significa que deba *ir en contra* de la empresa constructora pues no deben confundirse los intereses legítimos del cliente de los ilegítimos, ante los que no hay que doblegarse por ninguna razón o presión. En el otro sentido, la contrata puede intentar *congraciarse* con la dirección facultativa y desviarla del recto proceder para que actúe en su favor a base de permitir, por ejemplo, unas mediciones de las obras más holgadas que lo que realmente se ha ejecutado o a base de aceptar unas partidas defectuosas como bien ejecutadas.

Un buen director de obra debe adoptar una actitud **asertiva**. Una postura prepotente o colérica (*siempre tengo razón*) no es ni buena, ni deseable, ni siquiera conveniente. Una postura sumisa o dependiente de los otros dos actores puede acabar con el prestigio de la ingeniería. Adoptar una actitud asertiva significa saber escuchar a las otras partes (cliente y, sobre todo, constructora), razonar lo bueno que tienen las ideas de los demás y, junto con las propias, tomar decisiones reposadas, meditadas y justificadas. Nunca debe tomarse como debilidad el escuchar las opiniones y razonamientos de los demás porque, en una obra, suele haber más de una solución para cada problema planteado por lo que hay que procurar dar como respuesta la que es más beneficiosa para todos o la menos perjudicial.

Sin llegar a adoptar posturas intransigentes deben mantenerse actitudes firmes para evitar que posturas blandas conduzcan a un deterioro de las obras o de la seguridad y calidad de las mismas.

En los siguientes subapartados se insistirá sobre estos temas.

La Dirección de Construcción (tal como puede observarse en la figura 43) comprende tres conjuntos de actividades:

1. Mantener la programación de los trabajos al día.
2. Realizar las visitas de obra necesarias para el correcto seguimiento y control de los trabajos.
3. Valorar periódicamente la actividad realizada y certificarla.

A continuación, vamos a desmenuzar el contenido de estas actividades intentando mostrar la importancia que tiene conocer los pequeños detalles que van surgiendo en una obra. Perseguiamos, básicamente, que un ingeniero con escasa experiencia no se sienta sólo ante la problemática tan diversa que se le va presentando.

5.6.1. PLANIFICACIÓN MENSUAL

Hemos venido señalando que la mayor ventaja que poseen los actuales programas informáticos⁴⁹ sobre planificación y programación de obras es la posibilidad que tienen de introducir cambios en las actividades y en los tiempos de ejecución y la rapidez con que actualizan la programación, pudiendo saber, en el momento que se desee, cuál es la situación real de todas las actividades.

El diagrama de barras se actualiza cada vez que se cambia algún dato por lo que la dirección facultativa sabe en cada momento:

- Las actividades que van a buen ritmo.
- Las actividades que se han retrasado (y cuál es ese retraso).
- Las actividades críticas que se han retrasado
- El retraso total en la ejecución de las obras si no se adoptan medidas correctoras.

En la mayoría de obras es suficiente actualizar mensualmente la programación de las obras. Esta actualización es importante tanto para la constructora como para la ingeniería (también lo es para el cliente) pues les suministra una *fotografía* de lo realizado pudiéndolo comparar con lo que se había previsto al inicio de las obras. La constructora puede analizar por qué se han producido retrasos y establecer medida correctoras, tales como aumentar el personal en obra o los medios mecánicos o el adelanto del inicio de otras actividades críticas.

5.6.2. LA VISITA DE OBRA

La visita de obra consiste en una reunión periódica, institucional y acordada, a la que asisten los representantes legales de la dirección facultativa, el cliente y la constructora para realizar un seguimiento de los trabajos, aprobar los bien realizados, proponer nuevas tareas, aportar soluciones a los problemas y tratar todo tipo de incidencias.

La periodicidad de estas visitas suele ser, en proyectos de ingeniería, semanal o, como máximo, quincenal.

⁴⁹ Está muy extendido el uso de *Microsoft Project* y de *Superproject*

A parte de estas visitas de obra institucionales, suele haber otras intermedias a las que asiste parte de la dirección facultativa (normalmente, los técnicos intermedios) para resolver problemas o autorizar el inicio de alguna unidad de obra con la constructora que no necesite la presencia expresa de todos los miembros de la dirección de obras o de la promotora. En obras medianas, y sobre todo en las importantes, suele haber algún técnico de la ingeniería que acude todos los días a la obra para facilitar su funcionamiento y estar al tanto de cualquier incidencia que, cuando tenga importancia, será comunicada al director de obra.

Todas las visitas de obra son diferentes unas de otras. Tratan problemas distintos, las vicisitudes producidas cambiarán de una vez a otra por lo que, ahora que vamos a presentar un modelo de visita, se va a intentar explicar las situaciones que se producen más habitualmente, aunque la mayoría de ellas no ocurrirán en todos los casos.

Sin que el orden en que se produzcan sea siempre el mismo (casi siempre se empieza por tratar lo que en cada situación parece más importante o problemático) he aquí los aspectos que suelen aparecer en una visita de obra.

Estado de las obras

Siempre hay que comprobar lo que se ha realizado desde la anterior visita, descripción que suele hacer el jefe de obra de la constructora detallando las unidades de obra ejecutadas, los *tajos* iniciados y aquellos que continúan. La dirección facultativa comprueba estos trabajos y la calidad con que han sido realizados y efectúa preguntas cuando tiene alguna duda sobre los mismos. Estas comprobaciones deben realizarse siempre *in situ*. Imaginemos que se han hormigonado algunas zapatas y zunchos de la cimentación de las naves; algunas de las preguntas que la dirección facultativa puede hacer son:

- ¿qué clase de hormigón se ha utilizado: resistencia, granulometría, plasticidad?.
- El hormigón, ¿se ha fabricado *in situ* o se ha adquirido en una planta de hormigonado externa? ¿cómo se ha vertido? ¿se ha vibrado adecuadamente?.
- ¿se han obtenido probetas para realizar ensayos?
- ¿se han comprobado las armaduras: separación, diámetro, resistencia..?

Incidencias

Entre la dirección facultativa y la constructora deben comentarse todas las incidencias que pueden haberse presentado desde la visita anterior. Algunas de las incidencias más repetitivas son:

- *Lluvias*. Aunque la constructora suele resaltar el perjuicio que para el ritmo de las obras produce la lluvia, lo cierto es que casi siempre está prevista en la programación la pérdida de días por lluvias. Se suelen anotar en el libro de órdenes. Ante lluvias torrenciales o inundaciones los perjuicios pueden ser mayores pero siempre corren a cargo de la constructora salvo que se consideren verdaderamente daños muy importantes.
- *Viento*. El viento puede retrasar alguna actividad (colocación de la chapa de cubierta, por ejemplo) porque aumenta el riesgo de los operarios.
- *Robo*. El robo de material o maquinaria es asumido por la constructora, que debe tener suscrito algún tipo de seguro.
- *Accidentes*. Cualquier accidente que se produzca en las obras debe ser comunicado a la dirección facultativa, la cual deberá averiguar las causas del mismo (fortuitas por falta de medidas adecuadas de seguridad, etc) debiendo advertir seriamente a la constructora si es por falta de medidas.
- *Otros*. La visita de una inspección de trabajo o de técnicos del ayuntamiento para comprobar que todo está en regla, otros meteoros (nieve, movimientos sísmicos), etc. deben ponerse en conocimiento de la dirección facultativa.

Defectos y Correcciones

Por muy excelente que sea una constructora es casi imposible que no cometa a lo largo de la obra algún error que se traduzca en un defecto. Los defectos pueden considerarse de dos clases: los que son casi imperceptibles y que no afectan para nada a la seguridad ni al funcionamiento posterior y los que, si no se solventan, van en detrimento de la calidad total del conjunto. Una zapata cuyo hormigón no ha sido bien vibrado (aparecen *coqueras*), un pilar colocado fuera de alineación o mal aplomado, un ventanal no colocado a la altura proyectada o una pared de ladrillo mal

ejecutada son algunos de los muchos ejemplos de defectos que pueden aparecer en una obra. Todos ellos han de ser observados por la dirección facultativa, la cual dará las órdenes para corregirlos. Aquellos que afectan a la seguridad de la edificación deben corregirse totalmente, aunque a veces no es necesario destruir lo realizado sino que es suficiente un refuerzo u otras soluciones menos drásticas. Sin embargo, siempre que existan dudas sobre el comportamiento de la parte defectuosa, al final lo más barato suele resultar la demolición y reconstrucción posterior. En estas situaciones suelen producirse fricciones entre la constructora y la dirección facultativa por que la primera procura minimizar el defecto y la segunda, dentro de la prudencia, debe ser firme. Los defectos detectados deben anotarse en el libro de órdenes así como la solución aceptada y acordada.

En este tema de los defectos conviene citar, aunque sea brevemente, los llamados *defectos ocultos* (también *vicios ocultos*) que son aquellos que después de realizada una unidad de obra no pueden ser detectados porque no se pueden observar (quedan ocultos). Por ejemplo, las armaduras de acero de las zapatas, de los pilares, de las vigas o de los forjados, no pueden comprobarse una vez vertido el hormigón. Para evitar que puedan producirse estos defectos, es imprescindible que, en todos estos casos, antes de *tapar* las obras (las armaduras del ejemplo) esté establecido que la dirección facultativa dé su previo visto bueno. Así pues, a la constructora no se le dará autorización para verter el hormigón hasta que esté comprobado que la armadura es la correcta.

Control de Materiales

Durante la ejecución de las obras van acopiándose y fabricándose materiales que intervienen en la construcción de las distintas partidas. De la mayoría de ellos hay que comprobar bien su resistencia, bien sus dimensiones, bien otras características (planaridad, color...).

Aquellos materiales que se fabrican en obra a partir de otros materiales más básicos (es el caso de los hormigones y morteros, por ejemplo) son los que más hay que vigilar por cuanto obtener una calidad uniforme y aceptable no resulta siempre fácil.

El hormigón, por ejemplo, es un material compuesto que se elabora con cemento, arena, grava de diferente granulometría y agua (a veces, se le añaden aditivos). Su resistencia final (después de fraguar durante 28 días) depende de las proporciones en que participa cada material (dosificación) influyendo sobre todo la relación cemento/agua, de modo que a

mayor cantidad de agua, la resistencia final es menor. Como muchas veces, la dosificación no es muy precisa (en ocasiones puede llegarse a hacer *a ojo*) la resistencia puede ser muy variable. De ahí que la resistencia media obtenida en las probetas de ensayo se determine por medios estadísticos, penalizando el valor final cuando la dispersión es apreciable. Cualquiera que sea el sistema de fabricación del hormigón, es obligatorio obtener series estadísticas de probetas que garanticen la calidad del material.

Este control suele encargarse a una empresa especializada independiente que conozca la reglamentación y las normas de control de cada uno de los materiales que componen la obra. Hay materiales cuyas características vienen definidas de fábrica. Los aceros tienen fijados sus valores dimensionales y garantizadas sus características resistentes por lo que todos estos datos están especificados para cada perfil en las normas correspondientes. Otros materiales, como los hormigones que ya hemos citado, han de controlarse en obra y también hay algunos que vienen certificados por su resistencia y precisión dimensional dependiendo de su *calidad*: es el caso de los materiales cerámicos.

Control del Ritmo de los Trabajos

El ritmo de los trabajos depende mucho de los recursos humanos y materiales que la constructora pone a disposición de la obra. Por ello, estos recursos deben ser mayores o menores en función de la programación de las obras aunque están limitados por las características y tamaño del proyecto y de la propia constructora. En este sentido, hay que señalar que existe un límite en los recursos puestos en juego ya que llega un momento en el que, al incrementar dichos recursos, el ritmo de las obras no mejora en proporción a estas posibles aportaciones. En estos casos, el coste se incrementa mucho más que las reducciones de tiempo que se obtienen.

Por todo ello, cuando se observa un ritmo lento en la ejecución de los trabajos debe procurarse actuar de un modo selectivo, es decir, que debe intentarse acortar el plazo de ejecución de las actividades que conforman el **camino crítico** ya que acortar los plazos de ejecución de otras actividades no reduce el tiempo total del proyecto.

El ritmo de los trabajos puede observarse a simple vista mirando cómo evoluciona cada unidad de obra respecto al diagrama de barras o bien comprobando si el importe de cada certificación mensual es mayor (adelanto), igual (ritmo adecuado) o menor (retraso) a lo que estaba planificado.

Si el ritmo es bueno hay que animar a la constructora a seguir por ese camino. Si el ritmo parece lento hay que hacérselo ver a la constructora y establecer qué medidas deben tomarse para corregirlo y recuperar el tiempo aplazado.

La experiencia nos dice que, en la mayoría de obras, el ritmo de éstas se deteriora en las etapas finales (acabados), normalmente porque estas últimas actividades son más difíciles de medir y de controlar ya que suelen intervenir simultáneamente varios proveedores, a los cuales es muy difícil de coordinar.

El ritmo de los trabajos debe consignarse en el libro de órdenes y asistencias.

Soluciones a problemas

Por muy bien que esté resuelto un proyecto es imposible evitar que surjan problemas en una obra. En general, estos problemas aparecen porque:

- Hay cuestiones o detalles no resueltos en el proyecto.
- Se producen cambios respecto al proyecto (ampliaciones, cambios de distribución, etc).
- Se decide cambiar un material por otro (por ejemplo, si se acuerda sustituir una cubierta de fibrocemento por una de chapa metálica galvanizada grecada ello puede hacer conveniente separar más las correas y tener que volverlas a calcular).
- Entre el proyecto y la dirección de obra ha aparecido o se ha modificado una norma.

Es obvio que si la dirección facultativa es la formada por los mismos técnicos que desarrollaron el proyecto, los problemas que se plantean suele ser más fácil resolverlos. En todo caso, los tipos de problemas que se presentan son de dos clases:

- a) Los que pueden resolverse (y deben resolverse) en la misma obra, y
- b) Los que, han de resolverse en la oficina técnica de la constructora o de la ingeniería.

En efecto, hay muchos problemas que pueden y deben resolverse en obra. Todos los que representan cuestiones constructivas suelen necesitar de la experiencia pero poco o nada de cálculos por lo que es *in situ* donde mejor se resuelven. Una unión entre dos tuberías de desagüe, la colocación del canalón y las bajantes de pluviales, el *embrochado* (unión al mismo nivel) de vigas para dejar un hueco de escaleras o de ascensor, son casos típicos que suelen poderse resolver en obra sin necesidad de realizar estudios de gabinete (quizá, algún pequeño cálculo). Este tipo de problemas se basan en la experiencia. Si el ingeniero al que se le plantea el problema no posee esa experiencia es preferible que posponga la respuesta (*lo consultaré o lo estudiaré en la oficina*) a dar una errónea que le obligue a cambiar la decisión en una visita subsiguiente. Nadie debe *avergonzarse* de dudar sobre la solución adecuada a un problema, sobre todo si es joven o no posee experiencia. Poco a poco la irá adquiriendo.

Otros problemas no podrán resolverse en obra bien porque exigen realizar operaciones complejas, bien porque se han de modificar algunos planos apreciablemente o bien porque demandan reflexionar más profundamente de lo que es factible durante una visita (cálculos con ordenador, consultas a proveedores, etc). Por ejemplo, si al realizar la excavación en cimientos se observa en algunas zonas que el terreno es muy diferente al que se ha supuesto en el proyecto se deberá encargar la realización de ensayos para determinar la resistencia real del terreno en esas zonas. Si los ensayos confirman esta suposición, el nuevo cálculo de esos cimientos no puede hacerse en obra sino en la oficina técnica de la ingeniería. Este tipo de problema se debe resolver como cualquiera de los que se han solucionado en la fase de diseño básico y, sobre todo, en la de diseño de detalle.

Todas estas respuestas deben hacerse constar en el libro de órdenes, incluyendo dibujos y bocetos y anexando los cálculos realizados.

Aprobación de los siguientes trabajos

Antes de iniciar una tarea muchas veces es necesario que la dirección facultativa marque algunos criterios. Por ello, la dirección condiciona el inicio de algunas operaciones a poder contemplar determinados trabajos previos. Algunos ejemplos muy clásicos son los siguientes:

- Antes de hormigonar cualquier elemento estructural (muro, zapata, zuncho, viga, forjado, pilar) que lleve armadura de acero, siempre se debe ordenar que la dirección facultativa ha de dar el visto bueno previo a la colocación correcta de todas las armaduras y de los encofrados.

- Cuando se van a *replantear* los cerramientos se suele colocar primero una hilada de ladrillos o de bloques para ver cómo queda en relación con los pilares (el *ataque* del cerramiento con los pilares siempre representa una cierta dificultad) y otros obstáculos.
- La dirección facultativa exige a veces el ver diferentes muestras de acabados (alicatados, solados, pintura) antes de decidir el tipo, la calidad, el tamaño o el color de cada elemento.

Por tanto, en todas las visitas de obras, además de controlar el ritmo de las mismas, se autoriza que partidas pueden iniciarse y si éstas están condicionadas a alguna aprobación, como lo requieren los ejemplos expuestos.

Precios Contradictorios

Durante la ejecución de las obras suelen aparecer unidades de obra no previstas en el proyecto. Ello se puede deber a:

- Un cambio de un material, como por ejemplo :
 - Sustituir un cerramiento de bloque de hormigón de 20 cm. de espesor por un conjunto formado por ladrillo H12+cámara+H7+aislamiento que, aunque tiene un mayor coste, es mucho más aislante.
 - Sustituir los ventanales de acero por otros de aluminio, con mejor comportamiento frente a la corrosión.
- El cambio de tipología estructural, como por ejemplo:
 - Sustituir la estructura isostática de las naves (pilares y cerchas) por otra hiperestática (pórticos biempotrados)
- La aparición de partidas no previstas en el proyecto original, como por ejemplo:
 - Diseñar y construir una báscula para camiones.
 - Instalar un sistema de control de presencia.
 - Añadir una segunda planta al edificio de oficinas para incluir, un comedor, un laboratorio y una sala de reuniones.

Todas y cada una de estas unidades de obra deben, antes de autorizar su ejecución, presupuestarse y aprobarse por acuerdo entre la contrata y el cliente, con el visto bueno de la ingeniería. Como parece lógico, la contrata no puede valorar libremente cada unidad de obra sino que debe ajustarse a los precios establecidos en el contrato. De ahí que sea tan importante que en la oferta de la contrata se incluyan los *precios unitarios* de los materiales, de la mano de obra y del uso de la maquinaria, pues de esta manera a partir de estos datos se pueden construir casi todos los precios de las unidades de obra no prevista que van apareciendo. Cada uno de estos precios recibe la denominación de **precio contradictorio**.

A pesar de lo que acaba de decirse, es bastante frecuente que al ir a establecer un nuevo precio contradictorio no estén definidos todos los precios unitarios que lo forman, por lo que hay que ofertar algún valor nuevo. En estos casos la contrata tiende a proponer precios que incrementen su posible ganancia. Por ello, la dirección facultativa debe estar vigilante y, sin perjudicar a la contrata, defender los intereses del cliente, discutiendo con la constructora el *precio justo*. Para ello, no hay nada mejor que registrarse por los precios que publican anualmente diversas instituciones públicas (por ejemplo, los institutos de la edificación de cada comunidad) o solicitar listas de precios a los fabricantes de los materiales que intervienen en los citados precios contradictorios.

Cada precio contradictorio debe aprobarse (acordarse) antes de ejecutarlo.

Anotaciones en el libro de Órdenes y Asistencias

Todas las incidencias que se han observado durante la visita de obra y que afectan a los plazos de ejecución, a la seguridad o a la calidad deben anotarse en el Libro de Órdenes y Asistencias.

Como ya se ha comentado, este *libro* tiene una gran importancia ya que se convierte en documento oficial ante cualquier problema de carácter legal que surja durante la obra o posteriormente. Como recoge todas las órdenes dadas por la dirección facultativa, releyéndolo puede comprobarse el grado de cumplimiento de las mismas.

En la figura 45 puede verse una hoja rellena de un libro de órdenes.

Libro de Órdenes y Asistencias nº 756	Hoja nº 5	
Día 21-1-2000.	Inicio de la Visita: 10h	
Asistencia: Cliente, Director de Obra, Jefe de Obra.		
<p><i>Desde la anterior visita, se observa un buen avance a pesar de las lluvias caídas el lunes y el martes.</i></p> <p><i>Se revisan las armaduras de las zapatas y zunchos comprobándose que la calidad es la de proyecto y que los diámetros, atado y solapes están bien realizados. Se ordena que se separe más la armadura del fondo para garantizar un recubrimiento de 3 cm. cuando se vierta el hormigón.</i></p> <p><i>Se acuerda reiniciar el hormigonado a partir de las 9 h. del próximo lunes día 24. Asistirá el arquitecto técnico. Se señala que el hormigón debe vibrarse y evitar coqueas.</i></p> <p><i>Por otra parte, se recuerda a la constructora que todo el personal de la obra debe llevar el casco de seguridad puesto.</i></p> <p><i>Se marca el trazado y pendientes del alcantarillado así como las dimensiones de las arquetas y su situación.</i></p> <p><i>Se recuerda a la constructora que los estructuristas deberían empezar el montaje a partir del 2 de febrero.</i></p>		
<p>CONFORMIDAD</p>		
<i>El cliente</i>	<i>La Dirección Facultativa</i>	<i>La Constructora</i>

Figura 45. Ejemplo de hoja del Libro de Órdenes y Asistencias

5.6.3. LA CERTIFICACIÓN DE OBRAS

Aunque existen contratos de obra que especifican la forma de pago en determinados plazos y por cantidades fijas, este caso es poco corriente. Lo más habitual es acordar los pagos en función del trabajo realizado. Para ello, se miden los trabajos ejecutados hasta un día determinado y a cada unidad de obra se le aplica el precio unitario correspondiente obteniéndose así la certificación de las obras hasta ese momento realizadas.

Así pues, *una certificación es un documento por el cual la dirección facultativa confirma los trabajos que la contrata ha realizado hasta una fecha determinada y que, por lo tanto, pueden ser abonados por el cliente, de acuerdo, lógicamente, con las condiciones económicas establecidas tanto en el contrato como en el pliego de condiciones entre el cliente y contratista.*

En la figura 46 se muestran los pasos básicos que se han de seguir en la preparación de una certificación de obras en la que, además, se ha supuesto que se realiza mensualmente dado que es la situación real más habitual. Analicemos cada uno de estos pasos.

Mediciones

Como ya se dijo en el capítulo 4, en el Pliego de Condiciones suele especificarse la manera en que deben realizarse las mediciones. Así, por ejemplo, la tabiquería y los cerramientos se suelen medir *a cinta corrida*, lo que quiere decir que no se descuentan los huecos de ventanas y puertas aunque, a cambio de este *aumento* en la medición, se incluye en este coste la colocación de cercos y marcos (en lenguaje coloquial diríamos que: *una cosa por otra*). Muchos materiales se miden por unidades (tantos ventanales de tales dimensiones, tantas arquetas, tantos lavabos, etc.), otros se miden en metros lineales (tuberías, canalones, cableados, viguetas, etc.), otros se miden en metros cuadrados (tabiquería, cerramientos, solados, soleras, alicatados, enfoscados, pintura, cubiertas, cristalería, etc.), otros se miden en metros cúbicos (hormigones en zapatas y zunchos) y algunos en kilos, como es el caso de las estructuras metálicas.

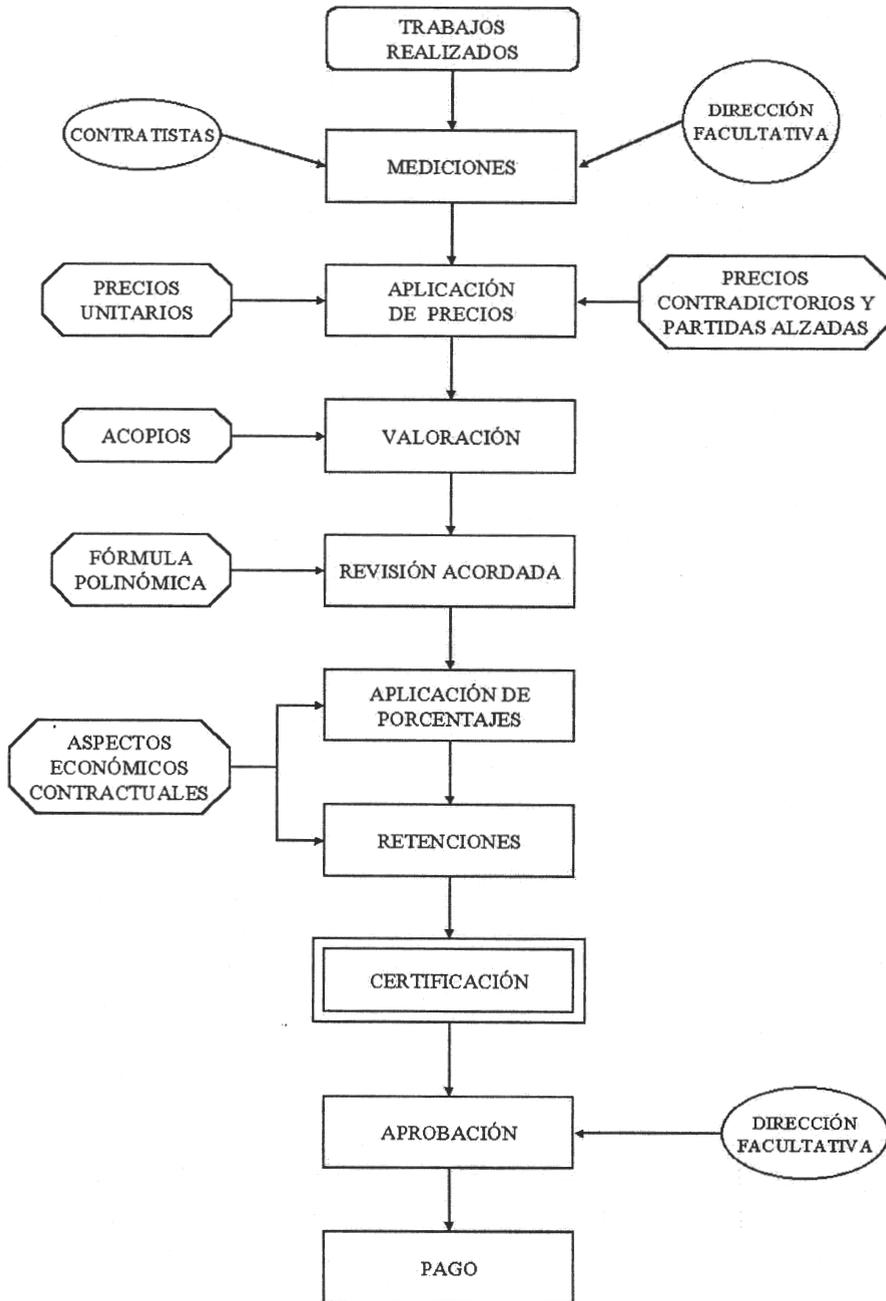


Figura 46. Esquema por pasos de la dirección de obras

Normalmente, las mediciones se basan en lo realmente ejecutado, siendo poco habitual la medición sobre planos. Este hecho hace que lo medido en obra no coincida exactamente con las mediciones que aparecen en el proyecto siendo, en general, mayor la medición real que la teórica. Ello se debe, sobre todo a dos hechos, que se explican con dos ejemplos:

1. Una estructura metálica está compuesta por los perfiles diseñados en el proyecto más pequeñas piezas auxiliares que se usan para facilitar el montaje (cartelas, trozos de angulares, soldaduras) que incrementan el peso total. En este sentido, debe tenerse en cuenta que la estructura metálica suele medirse en báscula, por lo que siempre se producen desviaciones respecto al valor teórico. Además, puede haber una pequeña diferencia entre el peso de los perfiles metálicos que aparecen en las tablas y el peso real del material.
2. Los movimientos de tierra y las excavaciones en zapatas y zunchos es muy difícil que coincidan exactamente con las del proyecto ya que ni las retroexcavadoras son máquinas muy precisas ni la tierra es tan compacta como para poder garantizar que la excavación sea exacta.

Sin embargo, las desviaciones totales deben ser pequeñas (no superiores al 5%) siempre que el proyecto no se haya modificado, en cuyo caso la dirección facultativa debe estimar, antes de realizar la certificación, qué influencia pueden tener estos cambios.

La medición la realiza la contrata y es supervisada por la dirección facultativa. El mejor método para realizar las mediciones (porque crea menos tensiones y discusiones) es llevarlas a cabo conjuntamente entre la contrata y la dirección facultativa. Al trabajar al unísono, las posibles discrepancias se dirimen en la propia obra y se ahorran tiempo y esfuerzos.

Aplicaciones de Precios

Las mediciones se hacen en obra pero el resto de la certificación la realiza la contrata en sus oficinas. Con las mediciones se obtienen los *volumenes* de obra realizados y explicitados en Kgs. m.l., m², m³ o unidades.

A cada unidad de obra le corresponde un precio establecido en contrato (precios unitarios) o posteriormente (precios contradictorios). El técnico correspondiente aplicará estos precios a cada partida, obteniendo así el

coste de lo realmente ejecutado. Todo ello se ordena por capítulos (Movimiento de Tierras, Estructuras, Cerramientos, ...) que coinciden con los del proyecto.

Valoración

A lo ejecutado en obra suelen añadirse otros gastos que la contrata puede haber tenido aunque no esté realizada o terminada la partida correspondiente. Así, para planificar mejor las obras y evitar retrasos por falta de suministros, la contrata hace acopio de materiales (estructura, tuberías, terrazo, alicatados, sanitarios, etc.) que le representan una inversión, a veces, muy importante. En estos casos, suelen valorarse estos *acopios* e incluirse en la certificación. Como estos acopios no están instalados, el valor que se les da es parcial (sólo el coste del material y no la mano de obra de montaje e instalación) y suelen considerarse como *cantidades a cuenta*.

Por lo tanto la valoración comprende tanto las partidas realmente ejecutadas como los acopios en obra.

Revisión acordada

Cuando la obra tiene una duración apreciable, tanto en el contrato como en el pliego de condiciones suele acordarse, para compensar el aumento de precios debido a la inflación o a otras causas, una *fórmula polinómica* automática de revisión de precios. Esta fórmula suele tomarse de entre las que recoge la Ley de Contratos del Estado y que se muestran en un Anexo al final del libro. La fórmula polinómica depende de las variaciones producidas en el coste de la mano de obra y de los materiales que más influyen en el tipo de obra de que se trate (acero, cobre, madera y otros) y varía de un mes a otro, por lo que debe calcularse para cada certificación.

Es obvio que en épocas de elevada inflación⁵⁰, esta cláusula es de gran importancia y debe incluirse para salvaguardar los intereses de la contrata que, en todo caso, deben considerarse totalmente justos.

⁵⁰ Algunos recordarán que, tras la crisis del petróleo hacia 1973, se disparó la inflación. En España, por ejemplo, entre 1975 y 1986 hubo años con inflación superior al 15%, e incluso, al 20% anual.

Aplicación de Porcentajes y Retenciones

Cuando se realiza la **valoración**, los resultados económicos obtenidos corresponden a lo que se llama **presupuesto de ejecución material** y que equivale al coste de las obras teniendo en cuenta, solamente, los gastos directos (materiales, mano de obra y maquinaria, fundamentalmente). A la hora de facturar este presupuesto debe incrementarse con los porcentajes pactados entre el cliente y la contrata y que aparecen siempre en el contrato y, a veces también, en el Pliego de Condiciones. Como ya se dijo, en el capítulo 4, entre los porcentajes que se incluyen normalmente están los siguientes:

- **Gastos indirectos**, derivados de la mano de obra indirecta que actúa en la obra directamente: sueldos de los encargados, listeros, etc. Oscila en torno al 4%.
- **Gastos generales** de la empresa constructora imputables a la obra, derivados de: sueldos de dirección y administración de la empresa, gastos de teléfono, luz y seguros, etc. Suele aplicarse un 10% (\pm 2%).
- **Beneficio Industrial** representado por un porcentaje (entre el 6% y el 9%) sobre la obra.
- **Impuesto sobre el Valor Añadido (IVA)** que en la actualidad es del 16% en obras de construcción.

Si todos estos porcentajes representan un incremento en el presupuesto de la obra hay otros que reducen el coste total. Son, o pueden ser, los siguientes:

- **Descuentos**, derivados de las negociaciones precontractuales entre el cliente y la constructora y que, de existir, suele representar un porcentaje relativamente pequeño (excepto en ofertas de obras de la administración en las que la *baja* puede, incluso, llegar a ser *temeraria*).
- **Retenciones**, como garantía de la obra y que se le aplica a cada certificación en forma de porcentaje. Dicho porcentaje suele establecerse en una horquilla comprendida entre el 5% y el 10% de cada certificación. Estas retenciones, se abonan a la constructora cuando se firma la recepción definitiva, tal como se explicará con más detalle al final de este capítulo.

Certificación

La certificación propiamente dicha recoge las mediciones y la aplicación de precios de todos los trabajos realizados hasta una fecha determinada. Sobre esos valores se aplican los porcentajes de gastos y beneficios y los de descuentos y retenciones y, sobre el total, se aplican los impuestos.

Las certificaciones suelen elaborarse *al origen*, es decir, midiendo todas las obras realizadas hasta ese momento y aplicándoles a esas mediciones los precios unitarios correspondientes. Lógicamente, la certificación mensual se obtendrá restando de esta *certificación al origen* la certificación del mes anterior. Una hoja resumen de una certificación intermedia se muestra en la figura 47.

OBR	OBRA	PROPIETARIO: PROP, S.A.	CONTRATA:
CERTIFICACIÓN Nº 3			
CAPITU	MOVIMIENTO DE TIERRAS		9.000,00
CAPÍTU	HORMIGONES		20.000,00
CAPÍTU	ESTRUCTURAS		36.000,00
CAPÍTU	CERRAMIENTOS Y CUBIERTAS		8.000,00
ACOPIOS A CUENTA			4.000,00
	TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL		97.000,00
	4% Gastos indirectos		3.080,00
		SUM	80,08
	18% Gastos Generales y Beneficio Industrial		15.215,20
		SUM	95,29
	3% Descuento Según contrato		2.588,56
		REST	92,43
TOTAL EJECUCIÓN POR CONTRATA CERTIFICACIÓN TOTAL			92.436,34
	CERTIFICACIÓN Nº 2	REST	60,43
TOTAL EJECUCIÓN POR CONTRATA CERTIFICACIÓN Nº 3			32.000,00
10% RETENCIÓN POR GARANTÍA DE OBRA			3.200,00
		REST	28,80
16% IVA			4.608,00
TOTAL A ABONAR POR LA CERTIFICACIÓN Nº 3			33.408 €

ASCIENDE LA PRESENTE CERTIFICACIÓN A LA CANTIDAD DE TREINTA Y TRES MIL CUATROCIENTAS OCHO EUROS(#33.308# €).

En Valencia, a 1 de febrero de 2000

VºBº DIRECCIÓN FACULTATIVA

LA CONTRATA

Figura 47. Ejemplo de Resumen de una Certificación de Obra

Aprobación de la Certificación

La Certificación la presenta la Contrata a la Dirección Facultativa para su revisión y aprobación. Si se han realizado las mediciones conjuntamente, esta revisión suele ser rápida y sin dificultades. Sin embargo, si la certificación la ha realizado la Contrata en solitario, la Dirección Facultativa debe comprobar cada una de las mediciones que contiene, comparándolas, además, con las previstas en el documento Mediciones y Presupuesto del Proyecto.

En todo caso, esta revisión debe realizarse en un periodo de tiempo correcto y no dilatarla en exceso porque puede perjudicar a la constructora que tardará más en cobrar⁵¹.

Una vez revisada la certificación y corregidas las partidas incorrectas (si las hubiera) la dirección facultativa firmará la certificación dando el *visto bueno* de la misma.

Pago de la Certificación

La Contrata entregará al cliente la certificación y pactará con él el día de cobro.

La forma de pago ha debido quedar establecida en el contrato cliente-contructora y varía mucho pues puede ir desde el pago al contado hasta el pago fraccionado en meses o financiado (todo o parte) en periodos más dilatados.

El *no pago* junto con el *retraso de las obras* son las dos causas más habituales de conflicto entre el cliente y la contrata. En estos casos (como en otros que puedan surgir a lo largo de las obras) el buen hacer (*amigable*

componedor en términos jurídicos) de la dirección facultativa es fundamental y puede evitar que se deterioren las relaciones entre las partes.

⁵¹ Algunas veces, el cliente presiona a la dirección facultativa para que retrase la aprobación de la certificación con el fin de retrasar los pagos. Acceder a esta petición no es deontológicamente correcto y deben procurarse acuerdos de aplazamientos de los pagos por otros medios (letras, pagarés u otros sistemas de pago aplazado).

Cierre del Bucle

Si la certificación realizada no es la última se vuelve a iniciar el bucle de cada mes con la actividad que hemos denominado *Planificación mensual*.

Por el contrario, si la certificación es la última, se sale del bucle y se vuelve al proceso principal con la actividad *Fin de las obras de construcción*.

5.7. FIN DE LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN

Cuando se terminan las obras hay que realizar una serie de actividades que son muy semejantes a una visita de obra de fin de mes y a una certificación pero con ciertas peculiaridades derivadas de coincidir con la finalización de los trabajos.

En efecto, se ha de realizar una visita de obra en la cual no puede dejarse nada pendiente. Se revisan, de arriba abajo y de principio a fin, todas las obras y se anotan todos los defectos que se han observado a lo largo del tiempo y que no han sido aún reparados estableciéndose los plazos para subsanarlos totalmente.

Teniendo en cuenta las actividades aún pendientes, se prepara la **última certificación de obra** con una medición al origen de cada una y de todas las unidades de obra realmente ejecutadas. Sobre esta certificación se valoran los costes de los desperfectos que han de subsanarse descontándose dicho valor del total a certificar o, si estos costes son previsiblemente de poca importancia, se considera que están garantizadas por los avales o retenciones aplicadas a las certificaciones.

Si las tres partes (cliente, contratista e ingeniería) están conformes con que las obras están finalizadas (y garantizada la reparación de los defectos detectados) se procede a la firma del Acta de Recepción Provisional.

El **Acta de Recepción Provisional** es un documento suscrito por las tres partes en el que se reconoce la finalización oficial de las obras.

En la Recepción Provisional se procede a:

- Fijar la fecha a partir de la cual cuenta el periodo de garantías de la obra.

- Abonar por parte del cliente a la contrata toda la obra ejecutada, excepto la retención realizada a lo largo de la construcción (cantidad que queda como garantía del buen hacer por parte de la constructora hasta la **recepción definitiva**).
- Establecer los plazos de las reparaciones de las partes de la obra no conformes.
- Devolver (si así se ha pactado) parte de las retenciones o avales.

Desde el día en que se firma el acta de recepción provisional empieza a correr el **periodo de garantía**, dentro del cual deben repararse todos los defectos detectados así como los que puedan aparecer u observarse durante este periodo de garantía suele establecerse en un año (en obras pequeñas se puede establecer un periodo de seis meses). Este periodo es independiente del que corresponde a las responsabilidades fijadas por la legislación cuya duración es mucho mayor tanto para la contrata como para la dirección facultativa.

Normalmente, se toma, también, esta fecha como referencia para solicitar las licencias y permisos necesarios para iniciar las actividades productivas de las nuevas instalaciones. Estos trámites (licencia de actividad, alta en industria, contratos de suministros de energía y agua, etc.) básicamente tienen un carácter administrativo aunque, a veces, adquieren también un cierto carácter técnico que exige la comprobación en obra de las prescripciones establecidas en su día por las diferentes administraciones (ayuntamiento, industria,..). No es extraño que de estas visitas surja la necesidad de realizar modificaciones sobre las instalaciones y obras para ajustarlas a lo exigido.

5.8. PRUEBAS DE PUESTA EN MARCHA

Durante la ejecución de las obras se han ido realizando en paralelo las instalaciones y las obras auxiliares necesarias (cimentaciones, desagües, etc) para ubicar la maquinaria y los bienes de equipo que componen el proceso. En numerosas ocasiones, en las fases finales de la construcción comienza la instalación de todos estos elementos, realizando el montaje de los mismos. En otras ocasiones, se espera al final de obra para realizar estas operaciones.

La instalación de la maquinaria las suelen llevar a cabo especialistas que pertenecen a las organizaciones que las fabrican, si bien necesitan habitualmente de ayuda de la constructora (albañiles, electricistas y otros) para el montaje.

Una vez instalados todos los equipos suele ser imprescindible pasar por un periodo de **pruebas de puesta en marcha** hasta alcanzar todo el conjunto un funcionamiento acorde con lo establecido en las prescripciones técnicas de los proveedores.

Estas pruebas han de servir para medir los rendimientos (volumen de producción), los consumos, la emisión de contaminantes y otros aspectos propios de cada instalación (precisión y calidad de los productos, sistemas de control, etc).

Normalmente, las pruebas se realizan en primer lugar *en vacío* en elementos o máquinas y, una vez comprobado su buen funcionamiento, se pasa a verificar el comportamiento de conjuntos cada vez más grandes.

Después de las pruebas en vacío se pasa a comprobar el funcionamiento *en carga* lo cual se suele realizar progresivamente hasta alcanzar los niveles de requerimientos iniciales. Así pues, se comprueban los rendimientos y el funcionamiento de cada parte y se van corrigiendo los defectos detectados.

Un hecho muy importante es que existen elementos e instalaciones que no pueden comprobarse en las condiciones de servicio, teniendo que acudir a ensayos en condiciones similares pero no iguales. Así, por ejemplo, si debemos comprobar la estanqueidad de una instalación de tuberías para conducir un gas inflamable estas tuberías no se pueden comprobar normalmente con dicho gas recurriéndose, entonces, a realizar las pruebas con un gas inerte u otro fluido que elimine los riesgos de escape o explosión del gas.

Por desgracia, existen ocasiones en las que en condiciones de servicio a plena carga no se alcanzan los rendimientos prometidos por los suministradores de la maquinaria y de los bienes de equipo. En estos casos, si la ingeniería ha participado en la selección de estas instalaciones se encuentra en una situación, al menos, embarazosa llegando a ser crítica si los resultados están muy alejados de los previstos. Téngase en cuenta que la rentabilidad de la inversión está directamente relacionada con la producción por unidad de tiempo que es capaz de suministrar la instalación. En situaciones como ésta debe exigirse a los proveedores solucio-

nes concretas al problema, bien cambiando las máquinas por otras de mayor producción, bien aumentando el número de equipos o elementos que componen el proceso. Si ninguna de estas soluciones fuera posible, se deberán aplicar fuertes penalizaciones a los responsables de esta situación. De ahí la importancia de saber ponderar las características de los equipos y acertar en la elección de los proveedores adecuados.

5.9. PUESTA EN SERVICIO

Tras las pruebas de puesta en marcha se ha de proceder a la puesta en servicio de todas las instalaciones, equipos y obras.

Ahora es el momento, si se disponen ya de las licencias y permisos necesarios, de empezar la fabricación. Para ello, el promotor debe seleccionar el personal que ha de formar la organización humana, tanto de gestión y dirección como de producción y de otros servicios. Normalmente, el promotor selecciona el equipo directivo y éste, a su vez, contrata al resto del personal. Todo el personal debe pasar por un periodo de aprendizaje (dependiendo, lógicamente, de la experiencia previa que posea respecto a este sistema productivo) que, en gran parte, es realizada por los proveedores de maquinaria.

Al realizar la puesta en servicio ha de preverse, como en las pruebas de puesta en marcha, que al menos una parte de lo que se produce puede resultar defectuoso y rechazable. Ello significa que el promotor debe haber sido previsor y estimar ciertas pérdidas o gastos extraordinarios en la puesta en servicio de todo el proceso, tanto porque pueden aparecer aún pequeños desajustes como por la falta de experiencia del personal.

El tiempo que ha de dedicarse a las pruebas y a la puesta en servicio es muy variable, dependiendo mucho del tipo de proceso. No puede darse una orientación porque este periodo puede ser de días o durar varios meses.

5.10 RECEPCIÓN DEFINITIVA

Como se ha venido comentando, desde la recepción provisional se han llevado a cabo diversas actividades (permisos, licencias, reparaciones, pruebas y puesta en servicio). Durante las pruebas y sobre todo al poner

en servicio toda la industria suelen aparecer defectos no detectados previamente que se exigirá a los responsable (constructora o suministradores de maquinaria) que realicen las operaciones necesarias para eliminar dicho defectos.

Transcurrido el periodo de garantía (seis meses o un año, normalmente) vuelven a reunirse las tres partes (cliente, constructora e ingeniería) para revisar el estado de las obras. Especialmente, se comprobará que las deficiencias anotadas durante la recepción provisional han sido corregidas y son aceptables para la dirección facultativa. Si no fuera así se le insistirá a la constructora que los realice a la mayor brevedad posible o bien, la promotora se hace cargo de la reparación descontando su coste del pago a la constructora.

Si todo está conforme –o se pacta el coste de las reparaciones pendientes- se procede a la firma por las partes del **Acta de Recepción Definitiva**. En esta fecha (o como está pactado en el contrato) se le libera a la constructora de los avales que se le habían exigido y se le abona el importe de las retenciones llevadas a cabo (**FIANZAS**) en cada certificación, descontando el precio pactado por las reparaciones pendiente, si las hubiere.

5.11. UNA REFLEXIÓN

Deliberadamente, los autores han eludido en lo posible hacer referencia a los aspectos más estructurados de la realización, en especial aquellos orientados a la gestión y dirección de proyectos tal como se entiende hoy en día y que se recoge perfectamente en la expresión inglesa *Project Management*. Ello se ha hecho porque estos conceptos están muy bien desarrollados en otros textos que se citan en la bibliografía.

Sin embargo, es poco habitual poder leer textos que ayudan a adquirir una cierta *praxis* proyectual siendo aún más extraño encontrar aclaraciones de cómo debe actuar la dirección facultativa a lo largo de la ejecución de una obra. A explicar los problemas que surgen en una obra hemos dedicado este capítulo. Es por ello por lo que no hemos hecho referencia a ningún autor pues lo escrito se basa en la experiencia adquirida directamente por los autores cuando han actuado como directores de obra.

BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

- **DE COS, M. (1997) "Teoría general del proyecto. Volumen I. Project Management". Síntesis. Madrid.**

De nuevo recomendamos un libro del catedrático de Proyectos de la U.P. de Madrid. En este caso, centrado en la dirección de proyectos de grandes plantas o instalaciones.

- **DÍAZ, A. (1995) "El arte de dirigir proyectos". Ed. del autor. Algorta.**

Este prestigioso profesional de la dirección de grandes proyectos (especialmente obras públicas y grandes proyectos industriales) ha recogido su experiencia en este libro ameno y aclarador.

- **P.M. Institute. (1998) "Guía de los fundamentos de la dirección de proyectos". Aeipro. Madrid.**

Se trata de un libro muy estructurado sobre el cuerpo de conocimiento del Project Management, traducción del *Knowledge Handbook* de esta prestigiosa asociación norteamericana.

APÉNDICES

APÉNDICE I.

NUMERACIÓN DE CAPÍTULOS Y PREPARACIÓN DE TEXTOS

Esta norma puede aplicarse a escritos de cualquier clase: manuscritos, informes, estudios, proyectos, libros, apuntes, etc.

La división de un texto en capítulos está justificada en cuanto:

- Aclara el orden, la importancia y la relación de cada una de las partes.
- Simplifica la consulta y búsqueda de cada parte.
- Permite citar cualquier apartado desde otro punto cualquiera del texto.
- Facilita la referencia dentro de un escrito.

NUMERACIÓN DE CAPÍTULOS

Para la numeración se emplean las cifras arábicas, de acuerdo con una clasificación decimal:

- Los capítulos principales -o de primer grado- se numeran correlativamente a partir de 1.
- Cada grupo principal puede ser subdividido en cuantos subcapítulos -de segundo grado- se desee, numerados correlativamente.
- Estos subcapítulos o apartados pueden a su vez subdividirse en cuantos subapartados se deseen (tercero y siguientes grados).

Es aconsejable, no obstante, limitar las subdivisiones de modo que los capítulos resulten sinópticos y de fácil lectura y cita. En este libro, obviamente, ¡no se ha seguido tal consejo!

He aquí un ejemplo:

Primer grado	Segundo grado	Tercer grado
1	4.1	4.6.1
2	4.2	4.6.2
3	4.3	4.6.3
4	4.4	4.6.4
5	4.5	4.6.5
6	4.6	4.6.6
7	4.7	4.6.7
8	4.8	4.6.8
9	4.9	4.6.9
10	4.10	4.6.10
11	4.11	4.6.11
...

PREPARACIÓN DEL TEXTO

Una vez realizada la recopilación inicial de información y definido los objetivos del proyecto, conviene realizar una primera clasificación (índice provisional), que se verá modificada a medida que se acerque a la redacción definitiva, pues se puede haber dado en un primer momento excesiva importancia a algunos capítulos y demasiado poca a otros.

La puntuación debe cuidarse, aunque es preferible puntuar de menos que en exceso.

La concisión es la primera consideración en la redacción de un informe. El aumento innecesario del número de páginas es contrario al espíritu de la ingeniería.

El empleo excesivo de abreviaturas, aunque parezca que se gana en concisión, puede dificultar la lectura fluida de un texto. Son abreviaturas muy útiles las referentes a las unidades de medida (mm., Kg/m², etc.) y a las de citas relacionadas con el texto, p. ej.:

Abreviatura	Significación
fig., f.	figura
pág., p.	página
p.e.	por ejemplo

Debe cuidarse la ortografía. La corrección del texto debe apoyarse en los Diccionarios de las Academias de la Lengua o una buena Enciclopedia. No debe confiarse en exceso en los correctores ortográficos, pues consideran erróneas palabras de uso normal en nuestra lengua o dan como buenas palabras equivocadas.

Las tablas deben ir numeradas correlativamente, independientemente de páginas y de figuras.

Los gráficos y figuras (dibujos, fotografías, reproducciones) irán numerados correlativamente.

Es necesario un índice general al comienzo de la memoria, seguido del de los anexos y de las listas de abreviaturas, notación y unidades empleadas e incluso de índices de figuras y tablas.

Para el formato de escritura debe seguirse lo que en cada caso exija la normativa del Servicio de Publicaciones correspondiente, en cuanto a márgenes, encolumnado del texto, etc. En todo caso deberá buscarse que la visión del texto no dé ni sensación de "vacío" ni de excesiva "densidad".

APÉNDICE II.

HOJA DE ENCARGO⁵²



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS SUPERIORES INDUSTRIALES
DE LA COMUNIDAD VALENCIANA Y ALBACETE

HOJA DE ENCARGO DE TRABAJO PROFESIONAL

CLIENTE C.I.F.
 residente en, con domicilio en
 representado por D. D.N.I.
 residente en, con domicilio en
 en calidad de según consta en
 INGENIERO SUPERIOR INDUSTRIAL D.
 D.N.I. colegiado en, con el nº
 residente en, con domicilio en

TRABAJO PROFESIONAL OBJETO DE ENCARGO		
Tipo de trabajo	Descripción del trabajo	Emplazamiento

HONORARIOS PROFESIONALES		
Presupuesto o base de tarificación	Tarifa	Importe estimado en Ptas.

OBSERVACIONES

Blanco para Colegio • Rosa para Cliente • Amarillo para Colegiado

El Cliente y el Ingeniero firmantes, con el carácter en que intervienen, se obligan al cumplimiento de este encargo de trabajo profesional en los términos y condiciones generales y particulares descritas en esta Hoja de Encargo (ver dorso), que se firma por triplicado ejemplar y a un solo efecto, estando conforme con su contenido.

..... a de de 199

EL INGENIERO SUPERIOR INDUSTRIAL,

Visado estatutario y certificación de correcta
aplicación de Tarifa. Por el Colegio,

EL CLIENTE,
(P.P.)

⁵² Cortesía del Colegio Oficial de Ingenieros Superiores Industriales de la Comunidad Valenciana y Albacete.

APÉNDICE III. CONTENIDOS MÍNIMOS.

PROYECTOS DE OBRAS DE EDIFICACIONES INDUSTRIALES

El Decreto 462/1971 de 11 de Marzo, dictó las normas sobre redacción de proyectos y Direcciones de obras de edificación de cualquier tipo.

Como desarrollo de las normas y actualización de las disposiciones vigentes de obligado cumplimiento, respecto a dicho Decreto, consideramos de interés para nuestro colectivo de Ingenieros Industriales establecer las siguientes:

NORMAS MÍNIMAS A CONSIDERAR EN LA REDACCIÓN DE PROYECTOS Y DIRECCIONES DE OBRAS DE EDIFICACIONES INDUSTRIALES

A. DOCUMENTOS QUE ACOMPAÑAN AL PROYECTO

1. Con fecha anterior al Proyecto se presentará debidamente cumplimentada la Hoja de Encargo de Trabajo Profesional.
2. Con cada copia del Proyecto se presentará la Ficha Urbanística del Ministerio de la Vivienda.

B. DOCUMENTOS QUE COMPONEN EL PROYECTO

1. Memoria
 - 1.1. Antecedentes de la Empresa y objeto del Proyecto.
 - 1.2. Titular y domicilio fiscal del mismo.
 - 1.3. Emplazamiento y calificación urbanística de los terrenos - Ubicación y descripción de la parcela, superficie, calificación urbanística y fecha de aprobación del documento de ordenación en que se basa dicha calificación. (Estos datos deben coincidir con la Ficha Urbanística.)
 - 1.4. Naturaleza del terreno y justificación de la cimentación elegida.

1.5. Descripción de las obras.

- a) Edificio representativo (oficinas, aseos, vestuarios, comedores, etc.)
- b) Naves industriales (naves fabricación, almacenes, sala calderas, cámaras frigoríficas, etc)
- c) Construcciones anexas (Transformadores, vivienda, silos, depósitos subterráneos o elevados, etc.)
- d) Urbanización (vallas, aparcamientos, viales, etc.).

- En cada caso describir los elementos constructivos: Cimentación, saneamiento, estructura, cerramientos y tabiquería, aislamientos, forjados, cubiertas y terrazas, carpintería, pinturas, vidriería, ventilación, iluminación, instalaciones, etc.

- Hacer un resumen de superficies construídas.

1.6. Normas que se observarán en la redacción de este Proyecto (Todas las de la Presidencia del Gobierno y del Ministerio de la Vivienda -ahora de Obras Públicas y Urbanismo. Sobre la construcción actualmente vigentes y relacionadas con este Proyecto). Ver Anexo de Normas.

1.7. Justificación (no cálculo) de las medidas de Protección contra incendios, según Ordenanzas Municipales y las normas que procedan.

1.8. Justificación de las condiciones acústicas (Si procede) según Ordenanzas Municipales y las normas que procedan.

1.9. Justificación de las condiciones de aislamiento térmico, en caso de instalar calefacción o aire acondicionado, según las normas que procedan.

1.10. Conclusión sobre la suficiencia del contenido del Proyecto para la obtención de los fines de que es objeto.

2. Anexos a la Memoria

2.1. Cálculos elementos estructurales.

2.1.1. Normas que se tienen en cuenta en el presente Proyecto (indicar las del anexo, que se van a utilizar).

2.1.2. Hipótesis de Acciones en la Edificación.

- Acción gravitatoria.
- Acción del viento.
- Acción térmica.
- Acción reológica.
- Acción sísmica.
- Presiones admisibles en el terreno de la cimentación.
- Coeficientes de mayoración de cargas y de minoración de resistencias.

2.1.3. Elementos estructurales.

- Acompañar cálculos o indicar que se han calculado con los criterios anteriores.
- Correas cubierta.
- Viguetas forjado.
- Cuchillos y cerchas o pórticos.
- Jácenas.
- Vigas Carril de los puente-grúas.
- Dinteles.
- Soportes.
- Zapatas y comprobación de su estabilidad al vuelco.
- Muros de contención.
- Etc.
- Indicar los perfiles metálicos que se toman o la sección, armadura y calidad de los aceros y hormigón.

2.2. Cálculos de aislamiento acústico (Si procede).

2.3. Cálculos de aislamiento térmico (Si procede).

3. Pliego de condiciones

Comprenderá los apartados:

- 3.1. Pliego de condiciones técnicas.
- 3.2. Pliego de condiciones facultativas.
- 3.3. Pliego de condiciones económicas.

4. Planos

- 4.1. Plano de emplazamiento. En caso de estar fuera del casco urbano, a escala 1:25.000 reflejando los accesos desde la localidad a que pertenece el solar. En caso de estar en casco urbano, a escala 1:1.000 o según los planos del Ayuntamiento. Indicar el Norte y la superficie de la parcela.
- 4.2 . Plano de planta general. Escala mínimo 1:200 de todo el solar, indicando las alineaciones de la construcción, y acotando tanto la parcela como los retranqueos, las edificaciones y calle de acceso. Indicar el Norte, y los nombres de las calles adyacentes.
- 4.3. Plano de cimientos. Escala 1:100 como mínimo, acotando ejes de zapatas y muretes. Reflejar la red horizontal de desagües indicando diámetro de colectores y dimensiones arquetas. Numerar las zapatas y reflejar en un cuadro las dimensiones, cargas que soportan y armaduras de las mismas. Incluir un cuadro según EH-82 indicando las características y especificaciones de los materiales constructivos (hormigón y acero).
- 4.4. Plano de detalles de cimiento y desagües e 1:10. Detalle de zapatas, muretes, arquetas y fosa séptica si la hubiese. (Puede ir incluido en el plano de cimientos).
- 4.5. Planos de distribución, e 1:100 como mínimo plano de cada planta con su distribución correspondiente.
- 4.6. Planos de estructuras. e 1:100 como mínimo indicando pendientes y canalones y bajantes. Si los hay, también indicar las placas transparentes.

- 4.7. Planos de estructuras. Escala 1:100 como mínimo. Un plano de la estructura de cada planta, cuadro de soportes, y estructura de cada fachada. Indicar los perfiles metálicos de cada elemento o su sección de hormigón y armadura. En cada plano incluir el cuadro de características y especificaciones de los materiales constructivos, según la norma vigente.
- 4.8. Plano de alzados. Escala 1:100 mínimo. Reflejar todas las fachadas.
- 4.9. Detalles constructivos de las fachadas. Reflejar en detalles, los materiales componentes (enlucidos, bloque hormigón hueco, ladrillo, dinteles, vierteaguas, etc.) y acotar alturas de puertas y ventanas. Detalles de aleros y canelones y bajantes.
- 4.10. Planos de secciones, escala 1:100 mínimo.
 - Todos los planos necesarios para definir el "Proyecto".
 - Un plano deberá seccionar escaleras y patios interiores. Se reflejará el número y dimensión de los peldaños, cotas intermedias y totales.
- 4.11 Planos de instalaciones. Escala 1:100 mínimo. Reflejar todos los esquemas de las instalaciones que se incluyan en el Proyecto. Red de agua, bocas de incendio e hidratantes, extintores, alumbrado, red de fuerza motriz, etc.

5. Presupuesto

- 5.1. Estado de las mediciones de todas las partidas que compongan la obra, con definición concreta de cada una de ellas. Se agruparán en capítulos con un número de orden que las identifique.
- 5.2. Precios unitarios de cada partida.
- 5.3. Aplicación de precios e importe por capítulos.
- 5.4. Resumen general del Presupuesto.

Normalmente los apartados 5.1., 5.2. y 5.3. se expresarán en el mismo estadillo.

NORMAS PARA LA REDACCIÓN DE PROYECTOS DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE BAJA TENSIÓN EN INDUSTRIAS. EE-3

1. Memoria

1.1. Antecedentes

1.2. Objeto del proyecto. Reglamentos y disposiciones consideradas.

1.3. Titular de la instalación. Nombre. Domicilio social.

1.4. Emplazamiento de las instalaciones

1.5. Clasificación y características de las instalaciones.

1.5.1. Clasificación. Según riesgo de las dependencias de la industria (según la MI BT correspondiente).

- Locales con riesgo de incendio o explosión (MI BT 026) Clase y División.
- Locales húmedos (MI BT 027).
- Locales mojados (MI BT 027).
- Locales con riesgo de corrosión (MI BT 027).
- Locales polvorientos sin riesgo de incendio o explosión (MI BT 027).
- Locales a muy baja temperatura (MI BT 027).
- Locales que existan baterías de acumuladores (MI BT 027).
- Estaciones de servicio, garajes y talleres de reparación de vehículos (MI BT 027).
- Locales de características espaciales (MI BT 027).

1.5.2. Características de la instalación.

1.5.2.1. Canalizaciones fijas.

1.5.2.2. Canalizaciones móviles.

1.5.2.3. Transformadores y condensadores.

1.5.2.4. Máquinas rotativas.

1.5.2.5. Luminarias.

1.5.2.6. Tomas de corriente.

- 1.5.2.7. Aparatos de conexión y corte.
- 1.5.2.8. Transformadores y resistencias de control.
- 1.5.2.9. Aparatos de medida, instrumentos y relés.
- 1.5.2.10. Sistemas de señalización, alarma, control remoto y comunicación.
- 1.5.2.11. Equipo móvil portátil.
- 1.5.2.12. Sistema de protección contra contactos indirectos.
- 1.5.2.13. Protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos.
- 1.5.2.14. Identificación de conductores.

1.6. Programa de necesidades

- Potencia eléctrica instalada en alumbrado, fuerza motriz y otros usos.
- Niveles luminosos exigidos según dependencias y tipo de lámparas.
- Potencia eléctrica simultánea necesaria para el normal desarrollo de la actividad industrial.
- Determinación de características de los contadores y potencia a contratar.

1.7. Descripción de la instalación

- 1.7.1. Instalaciones de enlace.
 - 1.7.1.1. Caja general de protección. Ubicación y características.
- 1.7.2. Instalaciones receptoras fuerza y/o alumbrado.
 - 1.7.2.1. Cuadro general y su composición.
 - 1.7.2.2. Líneas de distribución y canalización.
 - 1.7.2.3. Cuadros secundarios y su composición.
 - 1.7.2.4. Línea secundaria de distribución y sus canalizaciones.
 - 1.7.2.5. Protección de motores y/o receptores.

1.7.3. Puesta a tierra.

1.7.4. Equipos de conexión de energía reactiva.

1.7.5. Sistemas de señalización. Alarma, control remoto y comunicación.

1.7.6. Alumbrados especiales.

1.8. Programa de ejecución

- Indicar el programa de ejecución reflejando tiempos y fecha prevista para la puesta en marcha.

2. Cálculos justificativos.

2.1. Tensión nominal y caída de tensión máxima admisible.

2.2. Fórmulas utilizadas.

2.3. Potencia total instalada y demandada. Coeficiente de simultaneidad.

2.3.1. Relación de receptores de alumbrado con indicación de su potencia eléctrica.

2.3.2. Relación de receptores de fuerza motriz indicando su potencia eléctrica.

2.3.3. Relación de receptores de otros usos con indicación de su potencia eléctrica.

2.4. Cálculos luminotécnicos

2.4.1. Cálculo del número de luminarias.

2.5. Cálculos eléctricos: alumbrado y fuerza motriz.

2.5.1. Cálculo de la sección de los conductores de la acometida.

2.5.2. Cálculo de la sección de los conductores y diámetro de los tubos de canalizaciones a utilizar en la línea de alimentación al cuadro general y secundarios.

2.5.3. Cálculo de la sección de los conductores y diámetro de los tubos o canalizaciones a utilizar en las líneas derivadas.

2.5.4. Cálculo de las protecciones a instalar en las diferentes líneas generales y derivadas.

2.5.4.1. Sobrecarga.

2.5.4.2. Cortocircuitos.

2.5.4.3. Sobretensiones.

2.6. Cálculo del sistema de protección contra contactos indirectos.

2.6.1. Cálculo de la puesta a tierra.

3. Pliego de condiciones

3.1. Calidad de materiales

- Conductores eléctricos.
- Conductores de protección.
- Identificación de los conductores.
- Tubos protectores.
- Cajas de empalme y derivación.
- Aparatos de mando de maniobra.
- Aparatos de protección.

3.2. Normas de ejecución de las instalaciones

3.3. Pruebas reglamentarias

3.4. Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad

3.5. Certificados y documentación

3.6. Libro de órdenes.

3. Presupuestos

- Se indicarán los distintos elementos que constituyen la instalación, concretando la cantidad y precio correspondiente, totalizando posteriormente los importes parciales de cada partida.

NOTA: No se incluirá el valor de los motores eléctricos, hornos, etc., que figuren en el expediente de inscripción en el Registro Industrial.

5. Planos

- 5.1. Plano de emplazamiento. Si es en casco urbano, indicarlo en relación con las calles circundantes y de acceso, señalando puntos de referencia de fácil identificación.

Si es fuera del casco urbano, reflejarlo en el paraje que está situado, destacando los accesos desde los núcleos de población limítrofes y con puntos de referencia de fácil identificación.

- 5.2. Plano general de la industria, oficinas, almacenes, accesos, etc., con indicación de la ubicación de los distintos receptores, cuadros, luminarias, etc., y de los circuitos eléctricos correspondientes, reflejando su identificación con un número y su correspondiente índice en el extremo del plano.

- 5.3. Esquema unifilar completo con indicación de las características de las distintas protecciones a instalar, así como el número y sección de los conductores, diámetro de los tubos y clase de instalación (aérea, en tubo al aire o empotrado, subterránea, etc.) y de los aparatos y receptores (indicando su potencia eléctrica).

- 5.4. Puesta a tierra y detalles.

APÉNDICE IV. LA LEY DE CONTRATOS DEL ESTADO, LA CLASIFICACIÓN DE CONTRATISTAS Y LAS FÓRMULAS DE REVISIÓN DE PRECIOS.

1. INTRODUCCIÓN

En términos generales, se puede definir el contrato de obras como un compromiso por parte del contratista de ejecutar la obra a cambio de un precio que debe abonar el cliente o la propiedad, cumpliendo las condiciones que se establecen en dicho acuerdo.

En cuanto al contenido del contrato, en él se debe definir la obra a realizar y sus características, tal y como se describe en el proyecto. En el contrato también se deben incluir todas aquellas condiciones de tipo económico que regulen la ejecución (precios, procedimientos y formas de pago, plazos establecidos para los mismos, penalizaciones, revisiones de precios, etc.), los plazos de ejecución (fechas de inicio y terminación de la obra), se determinan los diferentes tipos de seguros que pudiese suscribir el contratista así como las actuaciones o pautas a seguir en aquellos casos en que el contrato sufriese modificaciones o incluso la rescisión.

2. LOS CONTRATOS DE LAS ADMINISTRACIONES PÚBLICAS

Los contratos realizados con la Administración Pública están regulados por la Ley 13/1995 de 18 de mayo, de Contratos de las Administraciones Públicas (B.O.E. núm. 119, de 19 de mayo). Esta ley sustituye a la antigua ley de Contratos del Estado, de 1965, y constituye una normativa de obligado cumplimiento para la contratación con las Administraciones Públicas, entendiéndose por éstas, tanto la Administración General del Estado, como las Administraciones de las Comunidades Autónomas y las Entidades que integran la Administración local, así como cualquier Organismo autónomo dependiente de las Administraciones Públicas, es decir, que sus actividades estén mayoritariamente financiadas por las Administraciones Públicas.

Con la entrada en vigor de esta ley se incorpora una mayor claridad y transparencia en los procedimientos de contratación de las administraciones públicas, y a la vez, se hace una puesta al día en este tema, derogando todas las disposiciones anteriores al respecto.

Una característica a destacar en esta ley, es su adaptación a la normativa de la Unión Europea, la cual impone gran parte de su contenido, como por ejemplo en lo que respecta a la capacidad de los empresarios, los procedimientos de la licitación, aspectos relativos a la publicidad y plazos, entre otros.

3. LOS CONTRATOS DE OBRAS PARA LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA

El contrato de obras públicas tiene lugar cuando la Administración Pública contrata con empresarios privados la realización de obras destinadas a un fin público. La Ley de Contratos de la Administración Pública regula, por tanto, este tipo de contratos, estableciendo una clasificación tanto de los propios contratos como de las obras a que hacen referencia.

En este sentido, los contratos quedan clasificados en función de su cuantía, como *contratos mayores* y *contratos menores*, haciendo referencia estos últimos a aquellos contratos cuya cuantía no exceda de 5.000.000 de pesetas (30.050 €). La diferencia fundamental entre ambos tipos de contratos radica en la tramitación de los expedientes asociados a los mismos que, en el caso de contratos menores, se agiliza al máximo, suprimiéndose incluso ciertas garantías y controles en el mismo.

Otra clasificación que establece la Ley es la relativa a las obras, quedando clasificadas en cuatro grupos:

1. Obras *de primer establecimiento*, reforma o de gran reparación. Las primeras son las que dan lugar a la creación de un bien inmueble. Las obras de reforma comprenden el conjunto de obras de ampliación, modernización, adaptación o adecuación de un bien inmueble ya existente, y son obras de gran reparación aquellas que fuesen necesarias para subsanar un daño producido en un bien inmueble y que afectan fundamentalmente a la estructura resistente de la obra.
2. Obras de reparación simple, que son aquellas que son necesarias para subsanar un daño producido en un bien inmueble por causas fortuitas o accidentales.
3. Obras de conservación y mantenimiento, donde el daño a subsanar tiene su causa en el uso normal o natural de bien.
4. Obras de demolición, que son aquellas que tienen como objeto la destrucción o derribo de un bien inmueble.

Aún estableciendo la Ley esta clasificación de las obras, en lo que respecta a la elaboración del proyecto, se establecen dos únicas categorías, las de primer establecimiento, reforma o gran reparación de cuantía superior a 20.000.000 de pesetas (120.202 €).y todas las demás obras.

En lo que respecta al desarrollo y cumplimiento del contrato de obras, existe un control de la realización de la obra, en función de los programas de trabajo establecidos de forma que, de acuerdo con lo que se haya convenido en el contrato, la Administración paga los precios según las mediciones practicadas y según las correspondientes certificaciones de obra ejecutada, que se pagan a cuenta de la liquidación total.

3.1. EL CONTRATO DE OBRAS: ESQUEMA GENERAL DEL PROCEDIMIENTO DE CONTRATACIÓN

El proceso que se sigue en los contratos de la Administración Pública, está compuesto por diversas fases, que a su vez incluyen varias etapas. El comienzo lo marca la orden de iniciación del expediente de contratación, que conlleva una serie de actuaciones previas a la formación del mismo: Elaboración del proyecto, Informe de la Oficina de Supervisión y Replanteo de la Obra. Una vez concluida esta fase previa al inicio del expediente, se da paso a la tramitación y aprobación del mismo.

Con la aprobación del expediente por el órgano de contratación, comienzan los procedimientos de licitación y adjudicación del contrato. La licitación de un contrato comprende varias etapas que es necesario cumplir para asegurar el éxito técnico y económico del mismo. Esto supone seleccionar al contratista idóneo y obtener un precio justo y competitivo.

Una vez adjudicada la obra, se formaliza en un documento administrativo, el contrato entre las partes, para dar paso a la ejecución del mismo.

Por último, se concluye el proceso con la extinción del contrato, una vez cumplido el acuerdo descrito en el mismo.

En la figura 49, se indica cada una de las fases y etapas del procedimiento de gestión de los contratos de la Administración Pública

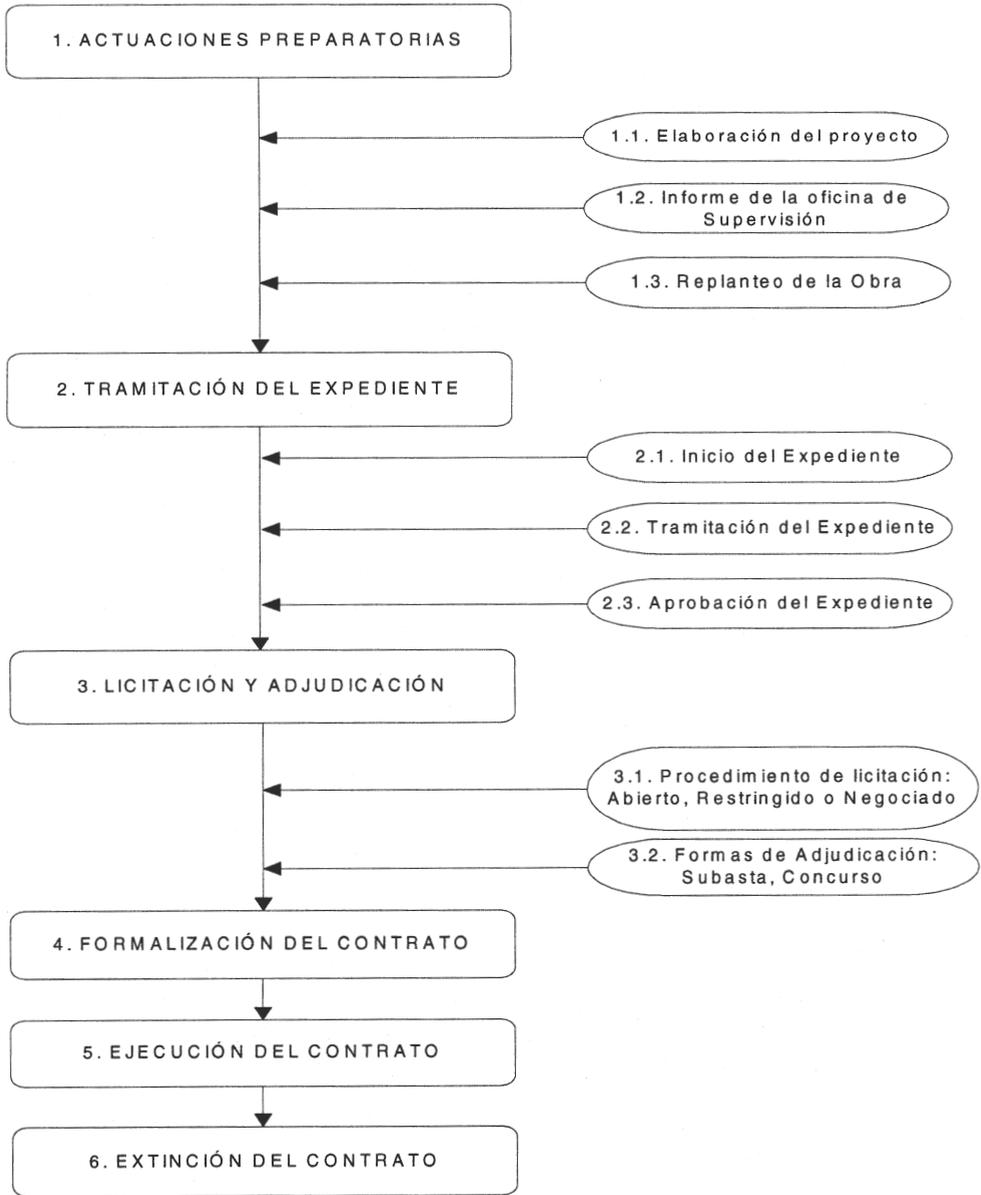


Figura 49. Esquema general del procedimiento de contratación

3.1.1. ACTUACIONES PREPARATORIAS

Esta fase comprende una serie de actuaciones previas que dan origen al expediente de contratación:

A) Elaboración del proyecto.

El proyecto es un documento técnico necesario para la ejecución de la obra donde se determina como hay que realizarla y se define el objeto del contrato. La realización del proyecto puede ir a cargo de un facultativo de la Administración, una empresa o un profesional.

A.1. Contenido del proyecto.

Los proyectos deben estar sujetos a las instrucciones técnicas obligatorias que sean aplicables para las diferentes Administraciones Públicas, tal y como indican los arts. 72 y 73 del Reglamento General de Contratación del Estado, aunque como es lógico, el contenido de los proyectos está determinado por el volumen y la complejidad de la obra, la cual tiene que ver con la clasificación indicada en el punto anterior. En función de esta clasificación se pueden analizar los contenidos de los proyectos.

A.1.1. Obras de primer establecimiento, reforma o gran reparación, de cuantía igual o superior a 20.000.000 de pesetas (120.202 €). El proyecto debe contener los siguientes documentos:

1. *La Memoria*, donde se consideran las necesidades a satisfacer con el proyecto de obra y se analizan los factores a tener en cuenta. También se deberá razonar en ella la fórmula polinómica de la revisión de precios que se vaya a incluir en el contrato, si es el caso.
2. *Los Planos*, donde se puedan deducir las mediciones que sirvan de base para establecer las valoraciones necesarias. Este documento debe contener todos los planos de conjunto y de detalle necesarios para que la obra quede perfectamente definida.
3. *El Pliego de prescripciones técnicas particulares*, donde se describen las obras y las condiciones que regulan su ejecución.

4. *El Presupuesto*, donde deben expresarse los precios unitarios y descompuestos, las mediciones y todos los detalles necesarios para establecer la valoración de la obra.

El contenido concreto de estos cuatro documentos está regulado por el Decreto 462/1971 de 11 de marzo sobre la redacción de proyectos y la dirección de obras de edificación.

5. *El Programa de desarrollo de los trabajos* es donde se especifican los plazos en los que deben ser ejecutadas las diferentes partes en que se haya dividido la obra, determinándose también el importe correspondiente a cada una de ellas. Este programa, una vez adjudicado el contrato, tiene carácter contractual, y es el que determina el ritmo de ejecución de las obras.
6. *El Estudio geotécnico* de los terrenos sobre los que la obra se va a ejecutar, y que debe ser incluido en el proyecto.
7. *El Estudio de Seguridad y salud* en las obras de construcción, en el que se debe desarrollar la problemática específica de seguridad y salud acorde con el proyecto de ejecución de obra, y cuya finalidad es planificar las medidas preventivas para evitar riesgos propios o a terceros.
8. *El Estudio del impacto ambiental*. Para algunas obras catalogadas en el Real Decreto Legislativo 1302/1986 y en su Reglamento de ejecución aprobado por Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre, se establece la obligación de formular declaración de impacto ambiental, con carácter previo a la resolución administrativa que se adopte, para la realización, o en su caso, autorización de obras tales como autopistas, autovías, grandes presas, etc.

A.1.2. Obras de primer establecimiento, reforma o gran reparación, de cuantía inferior a 20.000.000 de pesetas (120.202 €), de reparación simple, conservación, mantenimiento y demolición.

Para este tipo de obras es posible simplificar o incluso suprimir alguno de los documentos mencionados anteriormente, siempre y cuando sea posible definir, ejecutar y valorar las obras.

B) Informe de la Oficina de Supervisión.

Todos los Departamentos Ministeriales que tengan a su cargo la realización de obras, disponen de oficinas o secciones de supervisión de proyectos, cuya misión es la de examinar los anteproyectos y proyectos de obras de su competencia, y la de vigilar el cumplimiento de las normas reguladoras de la materia. Estas Oficinas de Supervisión, en el plazo máximo de un mes, emiten un informe que se incorpora al expediente de contratación. En este punto del procedimiento, el Órgano de Contratación resuelve sobre la aprobación del proyecto.

Una vez redactado el proyecto y emitidos los informes, tanto de la oficina de supervisión como de otros órganos de la Administración que sean preceptivos o convenientes, el órgano de contratación resuelve sobre la aprobación del proyecto.

C) Replanteo de la obra.

Una vez aprobado el proyecto, y previamente a la tramitación del expediente, se realiza el replanteo de la obra con objeto de comprobar la realidad geométrica de la obra y de la disponibilidad real de los terrenos necesarios para su ejecución. Al expediente se incorpora el acta de replanteo y la certificación acreditativa de plena posesión y disponibilidad real de los terrenos necesarios y la viabilidad del proyecto.

3.1.2. TRAMITACIÓN DEL EXPEDIENTE

Esta fase, comprende a su vez tres etapas: inicio del expediente, tramitación y aprobación del expediente.

A) Inicio del expediente.

El inicio del expediente se produce una vez realizado el replanteo de la obra, por acuerdo del Órgano de Contratación.

B) Tramitación del expediente.

Una vez formulado o iniciado el expediente, éste sufre una tramitación, que puede ser de tres clases:

- Tramitación ordinaria
- Tramitación urgente.
- Régimen excepcional para las obras de emergencia.

B.1. Tramitación ordinaria. Tiene carácter general, y deben contener como mínimo los siguientes documentos:

- Proyecto de la obra.
- Informe de la Oficina de supervisión.
- Pliego de cláusulas administrativas
- Certificación sobre la viabilidad del proyecto de acuerdo con el acta de replanteo previo de la obra.
- Certificado de existencia de crédito presupuestario de acuerdo con el gasto propuesto.
- Certificado de retención del 1% para trabajos de conservación o enriquecimiento del Patrimonio Histórico Artístico.

B.2. Tramitación urgente.

Pueden ser objeto de tramitación urgente aquellos expedientes que se refieran a obras de reconocida necesidad o cuya adjudicación convenga acelerar por razones de interés público. En este caso, es necesario que el organismo de contratación realice una declaración de urgencia, documento que también forma parte del expediente de contratación.

Las diferencias existentes entre este tipo de tramitación y la ordinaria tiene que ver con la reducción de los plazos para la licitación y adjudicación del contrato.

En estos casos, también se puede, una vez constituida la garantía definitiva, dar comienzo a la ejecución, aunque no se haya formalizado el contrato, requisito que resulta imprescindible en la tramitación ordinaria.

B.3. Tramitación de emergencia o régimen excepcional.

Este tipo de tramitación tiene lugar cuando la Administración debe actuar de forma inmediata debido a acontecimientos catastróficos, a situaciones que supongan grave peligro o a necesidades que afecten directa-

mente a la defensa nacional. En este procedimiento ya existen diferencias radicales respecto de los otros dos, puesto que el órgano de contratación podrá, sin necesidad de tramitar el expediente administrativo previo, satisfacer la necesidad, ordenando la ejecución de lo necesario para solucionar el evento producido, o contratar libremente, sin sujetarse a los requisitos formales que establece la ley.

A) Aprobación del Expediente.

Una vez incorporados al expediente el proyecto, su replanteo previo, el pliego de cláusulas administrativas particulares y la retención del crédito, el expediente de contratación terminará siendo aprobado por el órgano de contratación, dando paso a la fase de licitación.

3.1.3. FASE DE LICITACIÓN Y ADJUDICACIÓN

A) Procedimiento de licitación.

El procedimiento de licitación de los contratos de obras puede ser:

- Abierto.
- Restringido.
- Negociado.

A.1. Procedimiento abierto.

Este tipo de licitación se caracteriza por el hecho de que cualquier empresario interesado puede presentar una proposición, aunque se puede establecer un trámite de admisión previa, por el cual, la Administración, con anterioridad a la consideración de las proposiciones de los empresarios, excluye a aquellos que no cumplan los requisitos que se hayan previsto en el pliego de cláusulas administrativas particulares. De esta manera, el órgano de contratación puede establecer en el pliego aquellos criterios objetivos que vayan a regular la admisión previa

A.2. Procedimiento restringido.

En el procedimiento restringido sólo podrán presentar proposiciones aquellos empresarios seleccionados expresamente por la Administración, previa solicitud de los interesados.

A.3. Procedimiento negociado.

Se trata de un procedimiento excepcional, cuya circunstancia debe ser justificada en el expediente. Se utiliza cuando las proposiciones u ofertas económicas en los procedimientos abiertos o restringidos no se acepten o sean irregulares, cuando el objeto de la realización de las obras no sea el obtener una rentabilidad, sino que se realicen con fines de investigación, experimentación o mejora, y en aquellos casos excepcionales donde la naturaleza o riesgos de las obras no permitan determinar el precio global de las mismas previamente. En todos estos supuestos la licitación será con publicidad, pero existen algunos casos en donde es posible que se de un procedimiento negociado sin publicidad, como en casos específicos en que por la naturaleza de la obra la ejecución de la misma sólo pueda encomendarse a un determinado empresario, en los proyectos declarados secretos, o los de presupuesto inferior a 5.000.000 de pesetas (30.050 €).

A) Formas de adjudicación.

Tanto en el procedimiento abierto como en el restringido, la adjudicación de los contratos de obras pueden efectuarse por subasta o por concurso.

La subasta versa sobre un tipo expresado en dinero, y se adjudica al licitador que, sin exceder de aquel, oferte el precio más bajo.

En el concurso la adjudicación recaerá en el licitador que, en su conjunto haga la proposición más ventajosa, en función de los criterios que estén establecidos en los pliegos, sin tener que atender exclusivamente al precio de la misma, y pudiéndose quedar desierta la adjudicación.

3.1.4. FORMALIZACIÓN DEL CONTRATO

La formalización del contrato de obras, una vez ha sido adjudicada, tiene lugar dentro de los treinta días siguientes a su aprobación. Excepto en los casos de tramitación urgente y de emergencia, no puede iniciarse la ejecución de las obras sin la previa formalización del contrato mediante un documento administrativo suscrito por la Autoridad competente y el contratista.

3.1.5. EJECUCIÓN DEL CONTRATO

Una vez adjudicada la obra al contratista, éste debe ejecutarla de acuerdo con el cumplimiento estricto del pliego de cláusulas administrativas particulares y el proyecto de obras, y también cumpliendo todas las instrucciones del Director facultativo derivadas de la interpretación técnica del mismo.

La ejecución de la obra dará comienzo, en lo que se refiere a plazos, al día siguiente de la firma de la comprobación del replanteo, que se realiza una vez formalizado el contrato, y que deberán firmar ambas partes, Administración y contratista.

3.1.6. EXTINCIÓN DEL CONTRATO

Los contratos se pueden extinguir de dos formas:

- Por su cumplimiento.
- Por su resolución.

A) Por su cumplimiento.

En este caso, el contrato termina cuando el contratista cumple de forma íntegra su compromiso o prestación, y cuando la Administración, ante este hecho, recibe y paga la obra.

Una vez terminada la obra, se produce la recepción de la misma, donde se examina ésta y se verifica que se ha realizado como contractualmente estaba previsto.

A partir de la recepción se inicia el plazo de garantía, el cual normalmente no es inferior a un año, y queda establecido en el pliego, en función de la naturaleza y complejidad de la obra.

B) Por su resolución.

La ley de contratos de las Administraciones Públicas recogen en su art. 112, unas causas generales de resolución de contratos, como son la muerte o incapacidad del contratista individual, declaración de quiebra o de suspensión de pagos, el mutuo acuerdo entre ambas partes, o el incumplimiento de las cláusulas contenidas en el contrato, y en el art. 150, unas

causas particulares o específicas de los contratos de obras como pueden ser demoras en la comprobación del replanteo, en el inicio, plazos parciales o plazo final de la ejecución, errores materiales que pueda contener el proyecto o modificaciones en el presupuesto o alteración del precio del contrato, etc.

4. CLASIFICACIÓN DE CONTRATISTAS DE OBRAS DEL ESTADO

Para contratar con las Administraciones Públicas, cuando se trate de contratos de obras que exceden de 20.000.000 de pesetas (120.202 €)., es necesario que el empresario esté previamente clasificado.

Las empresas se pueden clasificar de acuerdo con su capacidad económica, financiera y técnica. Esta clasificación indica la categoría de los contratos a cuya adjudicación pueden optar, estando la regulación actual contenida en la Orden de 28 de marzo de 1968 (B.O.E. nº 78, de 30 de marzo de 1968, y B.O.E. nº 93, de 17 de abril de 1968) por la que se dictan las normas complementarias para la clasificación del contratista de obras. En este sentido, los contratistas quedan condicionados por los tipos de obras que pueden realizar y por la categoría de los contratos que pueden suscribir.

Para poder fijar adecuadamente el objeto de un contrato de obras, se establecen unos grupos generales de tipos de obras, que a su vez se subdividen en subgrupos que los particularizan.

Los grupos generales y subgrupos en que están divididos, establecen los tipos de obras siguientes:

A) Movimiento de tierras y perforaciones.

1. Desmontes y vaciados.
2. Explanaciones.
3. Canteras.
4. Pozos y galerías.
5. Túneles.

B) Puentes, viaductos y grandes estructuras.

1. De fábrica u hormigón en masa.
2. De hormigón armado.
3. De hormigón pretensado.
4. Metálicos.

C) Edificaciones.

1. Demoliciones.
2. Estructuras de fábrica u hormigón.
3. Estructuras metálicas.
4. Albañilería, revocos y revestidos.
5. Cantería y marmolería.
6. Pavimentos, solados y alicatados.
7. Aislamientos e impermeabilizaciones.
8. Carpintería de madera.
9. Carpintería metálica.

D) Ferrocarriles.

1. Tendido de vías.
2. Elevados sobre carril o cable.
3. Señalizaciones y enclavamientos.
4. Electrificación de ferrocarriles.
5. Obras de ferrocarriles sin cualificación específica.

E) Hidráulicas.

1. Abastecimientos y saneamientos.
2. Presas.
3. Canales.
4. Acequias y desagües.
5. Defensas de márgenes y encauzamientos.
6. Conducciones con tubería de gran diámetro.
7. Obras hidráulicas sin cualificación específica.

F) Marítimas.

1. Dragados.
2. Escolleras.
3. Con bloques de hormigón.
4. Con cajones de hormigón armado.
5. Con pilotes y tablestacas.
6. Faros, radiofaros y señalizaciones marítimas.
7. Obras marítimas sin cualificación específica.
8. Emisarios submarinos.

G) Viales y pistas.

1. Autopistas.
2. Pistas de aterrizaje.
3. Con firmes de hormigón hidráulico.
4. Con firmes de mezclas bituminosas.
5. Señalizaciones y balizamientos viales.
6. Obras viales sin cualificación específica.

H) Transportes de productos petrolíferos y gaseosos.

1. Oleoductos.
2. Gasoductos.

I) Industrias eléctricas.

1. Alumbrados, iluminaciones y balizamientos luminosos.
2. Centrales de producción de energía.
3. Líneas eléctricas de transporte.
4. Subestaciones.
5. Centros de transformación y distribución de alta tensión.
6. Distribuciones de baja tensión.
7. Telecomunicaciones e instalaciones radioeléctricas.
8. Instalaciones electrónicas.
9. Instalaciones eléctricas sin cualificación específica.

J) Instalaciones mecánicas.

1. Elevadoras o transportadoras.
2. De ventilación, calefacción y climatización.
3. Frigoríficas.
4. Sanitarias.
5. Instalaciones mecánicas sin cualificación específica.

K) Especiales.

1. Cimentaciones especiales.
2. Sondeos, inyecciones y pilotajes.
3. Tablestascados.
4. Pinturas y metalizaciones.
5. Ornamentaciones y decoraciones.
6. Jardinería y plantaciones.
7. Restauración de bienes inmuebles histórico-artísticos.
8. Estaciones de tratamiento de aguas.
9. Instalaciones contra incendios.

Para que un contratista pueda ser clasificado en un subgrupo de tipo de obra es necesario que acredite alguna de las circunstancias siguientes:

- Haber ejecutado obras específicas del subgrupo durante el transcurso de los últimos cinco años.
- Haber ejecutado en el último quinquenio obras específicas de otros subgrupos del mismo grupo que presenten mayor complejidad en cuanto a ejecución y exijan equipos de mayor importancia, de manera que el subgrupo de que se trate se pueda considerar como dependiente de alguno de aquellos.
- Disponer de suficientes medios financieros, de personal técnico experimentado y maquinaria o equipos de especial aplicación al tipo de obra a que se refiera el subgrupo, o haber realizado obras de esa misma naturaleza en el último decenio, aun cuando no haya ejecutado obras específicas del subgrupo en el último quinquenio.

Una vez clasificados los contratistas en uno o varios grupos o subgrupos, se les fija en cada uno de ellos la categoría de los contratos de obras a los que podrían optar.

Las categorías de los contratos de ejecución de obra, determinadas por su anualidad media, son las siguientes:

- De categoría a): cuando su anualidad media sea menor de 10.000.000 de pesetas (60.101,2 €).
- De categoría b): cuando exceda de 10.000.000 de pesetas (60.101,2 €) y no sobrepase los 20.000.000 de pesetas (120.202,4 €).
- De categoría c): cuando exceda de 20.000.000 de pesetas (120.202,4 €) y no sobrepase los 60.000.000 de pesetas (360.607,26 €).
- De categoría d): cuando exceda de 60.000.000 de pesetas (360.607,26 €) y no sobrepase los 140.000.000 de pesetas (841.416,94 €).
- De categoría e): cuando exceda de 140.000.000 de pesetas (841.416,94 €) y no sobrepase los 400.000.000 de pesetas (2.404.048,41 €).
- De categoría f): cuando exceda de 400.000.000 de pesetas (2.404.048,41 €).

5. LA REVISIÓN DE PRECIOS

En algunas ocasiones, la fluctuación de los precios en el tiempo hace que se produzca en los contratos de obras un desfase, a veces considerable, entre los precios de adjudicación de la obra y el coste real de la misma, debido al aumento de los costes de materiales y salarios. Por este motivo, en la LCAP, en el art. 14 y en el Título IV, se prevé la inclusión de cláusulas de revisión de precios.

La revisión de precios afecta a la fase de ejecución del contrato, y su finalidad es la de modificar los precios establecidos en el contrato, cuando se produce una modificación importante al respecto, de modo que para una de las partes resulte excesivamente costosa la ejecución del contrato tal y como se había convenido.

La normativa aplicable, en lo que respecta a revisión de precios en contratos con la Administración Pública, es la siguiente:

- Título IV del Libro I de la LCAP, donde se establecen las características de los contratos en los que procede la revisión de precios.
- El art. 25 del Real Decreto 390/1996, de 1 de marzo, de desarrollo parcial de la Ley 13/1995.
- Decreto-Ley 2/1964, de 4 de febrero.
- Decreto 3650/1970, de 19 de diciembre, y Real Decreto 2197/1981, de 20 de agosto.

5.1. FÓRMULAS TIPO GENERALES DE REVISIÓN DE PRECIOS

Las fórmulas y los índices de revisión de precios aplicables a todas las Administraciones Públicas, deben ser aprobados por la Administración del Estado, de manera que el incremento de los costes, que generalmente son debidos a una serie de factores, estén uniformemente ponderados en toda la contratación pública.

A continuación se señalan los símbolos y las 48 fórmulas-tipo de revisión de precios:

5.1.1. SÍMBOLOS

En las fórmulas que figuran a continuación, los símbolos empleados son los siguientes:

- Kt = Coeficiente teórico de revisión para el momento de ejecución t.
- Ho = Índice de coste de la mano de obra en la fecha de licitación.
- Ht = Índice de coste de la mano de obra en el momento de la ejecución t.

- Eo = Índice de coste de la energía en la fecha de licitación.
- Et = Índice de coste de la energía en el momento de la ejecución t.
- Co = Índice de coste del cemento en la fecha de licitación.
- Ct = Índice de coste del cemento en el momento de la ejecución.
- So = Índice de coste de materiales siderúrgicos en la fecha de la licitación.
- St = Índice de coste de materiales siderúrgicos en la fecha de ejecución t.
- Lo = Índice de coste de ligantes bituminosos en la fecha de la licitación.
- Lt = Índice de coste de ligantes bituminosos en la fecha de ejecución t.
- Cro = Índice de coste de cerámicos en la fecha de licitación.
- Crt = Índice de coste de cerámicos en el momento de ejecución t.
- Mo = Índice de coste de la madera en la fecha de licitación.
- Mt = Índice de coste de la madera en el momento de la ejecución t.
- Alo = Índice de coste del aluminio en la fecha de la licitación.
- Alt = Índice de coste del aluminio en el momento de la ejecución t.
- Cuo = Índice de coste del cobre en la fecha de la licitación.
- Cut = Índice de coste del cobre en el momento de la ejecución t.

El cálculo de los coeficientes se realiza mediante la aplicación de los índices de precios a las fórmulas de revisión. Se calculan en cada fecha respecto a la correspondiente a la ejecución y a la correspondiente a la licitación, y se aplican a los importes líquidos de las prestaciones realizadas.

En cuanto a los índices de precios, sirven para ajustar el precio inicialmente convenido mediante su aplicación a una fórmula matemática, de manera que se pueda calcular el coeficiente, que a su vez se multiplicará por el precio.

5.1.2. FÓRMULAS-TIPO DE REVISIÓN DE PRECIOS

La revisión de precios se lleva a cabo a través de unas fórmulas que deben tener carácter oficial, siendo para el contrato de obras, lo indicado en el artículo 3º del Decreto-Ley de Revisión de precios, donde se detalla el contenido de la fórmula matemática, de la siguiente manera:

"Estarán formadas por varios sumandos, que se obtendrán multiplicando los tantos por uno de los elementos básicos que integran la obra por la relación entre sus respectivos precios en la fecha en que se aplique la revisión y en la fecha de licitación. Se complementarán con un sumando fijo, cuyo valor se corresponde con el tanto por uno correspondiente a los gastos que hayan de permanecer invariables, como son la amortización e intereses de las inversiones en maquinaria y medios auxiliares, el beneficio previsto y los costes correspondientes a elementos no básicos. Este sumando fijo no será superior a 0,15 y la suma de los tantos por uno de todos los sumandos en cada fórmula debe ser igual a uno".

Es en el pliego de cláusulas administrativas particulares donde se determina la más adecuada al contrato, y permanecen invariables durante la vigencia del mismo.

Hasta que se aprueben nuevas fórmulas-tipo de revisión de precios, para los contratos de obras, las fórmulas polinómicas que se pueden emplear actualmente, atendiendo a la clase de obra, se recogen en el cuadro de fórmulas-tipo aprobado por Decreto 3650/1970, de 19 de diciembre y la ampliación efectuada por Real Decreto 2167/1981, de 20 de agosto.

Las 48 fórmulas-tipo de revisión de precios se señalan a continuación:

1. Explanación en general. Firmes en general con tratamientos superiores. Obra completa de nueva carretera con explanación y pavimentos de hormigón. Túneles de gran sección. Canales

$$K_t = 0,34 \frac{H_t}{H_o} + 0,26 \frac{E_t}{E_o} + 0,05 \frac{C_t}{C_o} + 0,18 \frac{S_t}{S_o} + 0,02 \frac{L_t}{L_o} + 0,15$$

2. Explanación con explosivos. Nivelaciones y movimientos de tierras mecanizados. Escolleras naturales. Rellenos consolidados. Dragados sin roca.

$$K_t = 0,31 \frac{H_t}{H_o} + 0,37 \frac{E_t}{E_o} + 0,17 \frac{S_t}{S_o} + 0,15$$

3. Túneles de pequeña sección. Obras de pozos, galerías, túneles de pequeña sección y desagües subterráneos en obras de minería.

$$Kt = 0,32 \frac{Ht}{Ho} + 0,15 \frac{Et}{Eo} + 0,17 \frac{Ct}{Co} + 0,13 \frac{St}{So} + 0,08 \frac{Mt}{Mo} + 0,15$$

4. Obras de fábricas en general. Obras con predominio de las fábricas. Obras de hormigón armado. Firmes con pavimentos de hormigón hidráulico. Obras accesorias. Infraestructura con obras de fábricas normales. Obras de riego con sus instalaciones y servicios.

$$Kt = 0,34 \frac{Ht}{Ho} + 0,18 \frac{Et}{Eo} + 0,18 \frac{Ct}{Co} + 0,13 \frac{St}{So} + 0,02 \frac{Mt}{Mo} + 0,15$$

5. Firmes con pavimento bituminoso. Obras completas con explanación y pavimentos bituminosos.

$$Kt = 0,31 \frac{Ht}{Ho} + 0,25 \frac{Et}{Eo} + 0,13 \frac{St}{So} + 0,16 \frac{Lt}{Lo} + 0,15$$

6. Caminos y desagües rurales.

$$Kt = 0,38 \frac{Ht}{Ho} + 0,25 \frac{Et}{Eo} + 0,15 \frac{Ct}{Co} + 0,07 \frac{St}{So} + 0,15$$

7. Pistas de hormigón hidráulico.

$$Kt = 0,34 \frac{Ht}{Ho} + 0,29 \frac{Et}{Eo} + 0,22 \frac{Ct}{Co} + 0,15$$

8. Pistas de pavimentos bituminosos.

$$Kt = 0,34 \frac{Ht}{Ho} + 0,29 \frac{Et}{Eo} + 0,22 \frac{Lt}{Lo} + 0,15$$

9. Abastecimientos y distribución de agua. Saneamientos. Estaciones depuradoras. Estaciones elevadoras. Red de alcantarillado. Obras de desagüe. Drenajes. Zanjias de telecomunicación.

$$Kt=0,33\frac{Ht}{Ho}+0,16\frac{Et}{Eo}+0,20\frac{Ct}{Co}+0,16\frac{St}{So}+0,15$$

10. Grandes canales. Presas de tierra y escollera.

$$Kt=0,27\frac{Ht}{Ho}+0,21\frac{Et}{Eo}+0,12\frac{Ct}{Co}+0,25\frac{St}{So}+0,15$$

11. Obras de gran volumen de hormigón.

$$Kt=0,28\frac{Ht}{Ho}+0,11\frac{Et}{Eo}+0,32\frac{Ct}{Co}+0,14\frac{St}{So}+0,15$$

12. Obras de hormigón armado con fuerte cuantía. Obras de ferrocarriles en general.

$$Kt=0,30\frac{Ht}{Ho}+0,08\frac{Et}{Eo}+0,13\frac{Ct}{Co}+0,34\frac{St}{So}+0,15$$

13. Superestructura de ferrocarriles.

$$Kt=0,27\frac{Ht}{Ho}+0,21\frac{Et}{Eo}+0,12\frac{Ct}{Co}+0,25\frac{St}{So}+0,15$$

14. Dragados en terrenos con predominio de roca.

$$Kt=0,34\frac{Ht}{Ho}+0,33\frac{Et}{Eo}+0,18\frac{St}{So}+0,15$$

15. Obras metálicas: compuertas y tuberías de desagüe de fondo, tomas de aguas y vertederos de presas. Puentes metálicos, construcciones y estructuras metálicas no urbanas. Hangares. Instalaciones de maquinaria.

$$Kt = 0,28 \frac{Ht}{Ho} + 0,11 \frac{Et}{Eo} + 0,07 \frac{Ct}{Co} + 0,39 \frac{St}{So} + 0,15$$

16. Edificios con muros de fábrica y presupuesto de instalaciones inferior al 20 por 100 del presupuesto total.

$$Kt = 0,37 \frac{Ht}{Ho} + 0,07 \frac{Et}{Eo} + 0,10 \frac{Ct}{Co} + 0,09 \frac{St}{So} + 0,16 \frac{Crt}{Cro} + 0,06 \frac{Mt}{Mo} + 0,15$$

17. Edificios con muros de fábrica y presupuesto de instalaciones superior al 20 por 100 del presupuesto total.

$$Kt = 0,35 \frac{Ht}{Ho} + 0,09 \frac{Et}{Eo} + 0,08 \frac{Ct}{Co} + 0,15 \frac{St}{So} + 0,12 \frac{Crt}{Cro} + 0,06 \frac{Mt}{Mo} + 0,15$$

18. Edificios con estructura de hormigón armado y presupuesto de instalaciones inferior al 20 por 100 del presupuesto total.

$$Kt = 0,36 \frac{Ht}{Ho} + 0,08 \frac{Et}{Eo} + 0,12 \frac{Ct}{Co} + 0,12 \frac{St}{So} + 0,10 \frac{Crt}{Cro} + 0,07 \frac{Mt}{Mo} + 0,15$$

19. Edificios con estructura de hormigón armado y presupuesto de instalaciones superior al 20 por 100 del presupuesto total.

$$Kt = 0,34 \frac{Ht}{Ho} + 0,10 \frac{Et}{Eo} + 0,10 \frac{Ct}{Co} + 0,17 \frac{St}{So} + 0,08 \frac{Crt}{Cro} + 0,06 \frac{Mt}{Mo} + 0,15$$

20. Edificios con estructura metálica y presupuesto de instalaciones inferior al 20 por 100 del presupuesto total.

$$Kt=0,35\frac{Ht}{Ho}+0,09\frac{Et}{Eo}+0,07\frac{Ct}{Co}+0,19\frac{St}{So}+0,09\frac{Crt}{Cro}+0,06\frac{Mt}{Mo}+0,15$$

21. Edificios con estructura metálica y presupuesto de instalaciones superior al 20 por 100 del presupuesto total.

$$Kt=0,33\frac{Ht}{Ho}+0,11\frac{Et}{Eo}+0,06\frac{Ct}{Co}+0,23\frac{St}{So}+0,07\frac{Crt}{Cro}+0,05\frac{Mt}{Mo}+0,15$$

22. Edificios con estructura mixta metálica-hormigón y presupuesto de instalaciones menor que el 20 por 100 del presupuesto total.

$$Kt=0,35\frac{Ht}{Ho}+0,08\frac{Et}{Eo}+0,09\frac{Ct}{Co}+0,17\frac{St}{So}+0,10\frac{Crt}{Cro}+0,06\frac{Mt}{Mo}+0,15$$

23. Edificios con estructura mixta metálica-hormigón y presupuesto de instalaciones mayor que el 20 por 100 del presupuesto total.

$$Kt=0,33\frac{Ht}{Ho}+0,10\frac{Et}{Eo}+0,08\frac{Ct}{Co}+0,22\frac{St}{So}+0,07\frac{Crt}{Cro}+0,05\frac{Mt}{Mo}+0,15$$

24. Jardinería y plantaciones.

$$Kt=0,47\frac{Ht}{Ho}+0,28\frac{Et}{Eo}+0,05\frac{Crt}{Cro}+0,05\frac{Mt}{Mo}+0,15$$

25. Líneas de transporte de energía eléctrica de tensión igual o superior a 45 Kv.

$$Kt=0,27\frac{Ht}{Ho}+0,05\frac{Ct}{Co}+0,38\frac{St}{So}+0,05\frac{Alt}{Alo}+0,15$$

26. Líneas de transporte de energía eléctrica de tensión hasta 45 Kv.

$$Kt=0,30\frac{Ht}{Ho}+0,02\frac{Ct}{Co}+0,23\frac{St}{So}+0,30\frac{Cut}{Cuo}+0,15$$

27. Subestaciones de transformación.

$$Kt=0,29\frac{Ht}{Ho}+0,09\frac{Ct}{Co}+0,25\frac{St}{So}+0,22\frac{Cut}{Cuo}+0,15$$

28. Instalaciones aéreas de electrificación en baja tensión incluida transformación y conexión en alta tensión en zonas urbanas y rurales.

$$Kt=0,25\frac{Ht}{Ho}+0,04\frac{Ct}{Co}+0,17\frac{St}{So}+0,06\frac{Mt}{Mo}+0,33\frac{Cut}{Cuo}+0,15$$

29. Instalaciones subterráneas de electrificación en baja tensión incluida transformación y conexión en alta tensión en zonas urbanas.

$$Kt=0,24\frac{Ht}{Ho}+0,12\frac{Ct}{Co}+0,09\frac{St}{So}+0,40\frac{Cut}{Cuo}+0,15$$

30. Instalaciones eléctricas y electrónicas: instalaciones de ayuda a la navegación. Centros emisores y receptores.

$$Kt=0,26\frac{Ht}{Ho}+0,11\frac{Et}{Eo}+0,26\frac{St}{So}+0,02\frac{Mt}{Mo}+0,20\frac{Cut}{Cuo}+0,15$$

31. Instalaciones eléctricas y electrónicas: montaje de líneas.

$$Kt=0,23\frac{Ht}{Ho}+0,15\frac{Et}{Eo}+0,10\frac{St}{So}+0,12\frac{Mt}{Mo}+0,15\frac{Alt}{Alo}+0,10\frac{Cut}{Cuo}+0,15$$

32. Instalaciones eléctricas y electrónicas: instalaciones de balizamientos.

$$Kt=0,20\frac{Ht}{Ho}+0,12\frac{Et}{Eo}+0,20\frac{St}{So}+0,33\frac{Cut}{Cuo}+0,15$$

33. Instalaciones eléctricas y electrónicas: instalaciones de centrales eléctricas.

$$Kt=0,24\frac{Ht}{Ho}+0,10\frac{Et}{Eo}+0,40\frac{St}{So}+0,01\frac{Mt}{Mo}+0,02\frac{Alt}{Alo}+0,08\frac{Cut}{Cuo}+0,15$$

34. Instalaciones eléctricas y electrónicas: instalaciones de centrales telegráficas y telefónicas.

$$Kt=0,25\frac{Ht}{Ho}+0,11\frac{Et}{Eo}+0,36\frac{St}{So}+0,13\frac{Cut}{Cuo}+0,15$$

35. Instalaciones eléctricas y electrónicas: fabricación de equipos electrónicos.

$$Kt=0,27\frac{Ht}{Ho}+0,06\frac{Et}{Eo}+0,37\frac{St}{So}+0,15\frac{Cut}{Cuo}+0,15$$

36. Instalaciones eléctricas y electrónicas: fabricación.

$$Kt=0,22\frac{Ht}{Ho}+0,06\frac{Et}{Eo}+0,39\frac{St}{So}+0,18\frac{Cut}{Cuo}+0,15$$

37. Instalaciones eléctricas para la iluminación artística de monumentos o conjuntos monumentales.

$$Kt=0,22\frac{Ht}{Ho}+0,05\frac{Ct}{Co}+0,16\frac{St}{So}+0,28\frac{Alt}{Alo}+0,14\frac{Cut}{Cuo}+0,15$$

38. Mástiles radiantes y torres metálicas soporte de antenas.

$$Kt=0,35\frac{Ht}{Ho}+0,08\frac{Et}{Eo}+0,05\frac{Ct}{Co}+0,35\frac{St}{So}+0,02\frac{Mt}{Mo}+0,15$$

39. Entretenimiento y conservación de obras e instalaciones en general.

$$Kt=0,81\frac{Ht}{Ho}+0,02\frac{Et}{Eo}+0,02\frac{St}{So}+0,15$$

40. Afirmado y pavimentación, con firme flexible, dotado de base granular (con pavimento de mezcla bituminosa).

$$Kt=0,31\frac{Ht}{Ho}+0,19\frac{Et}{Eo}+0,13\frac{St}{So}+0,22\frac{Lt}{Lo}+0,15$$

41. Afirmado y pavimentación, con firme flexible, dotado de base granular (con pavimento constituido por flexible tratamiento superficial).

$$Kt=0,34\frac{Ht}{Ho}+0,22\frac{Et}{Eo}+0,13\frac{St}{So}+0,16\frac{Lt}{Lo}+0,15$$

42. Afirmado y pavimentación, con firme flexible, dotado de base bituminosa. (sin sub-base).

$$Kt=0,26\frac{Ht}{Ho}+0,15\frac{Et}{Eo}+0,10\frac{St}{So}+0,34\frac{Lt}{Lo}+0,15$$

43. Afirmado y pavimentación, con firme flexible, dotado de base bituminosa (con suelo-cemento).

$$Kt=0,30\frac{Ht}{Ho}+0,16\frac{Et}{Eo}+0,10\frac{St}{So}+0,24\frac{Lt}{Lo}+0,05\frac{Ct}{Co}+0,15$$

44. Afirmado y pavimentación, con firme flexible, dotado de base bituminosa (con sub-base granular).

$$Kt=0,28\frac{Ht}{Ho}+0,18\frac{Et}{Eo}+0,12\frac{St}{So}+0,27\frac{Lt}{Lo}+0,15$$

45. Afirmado y pavimentación, con firme flexible, dotado de base gravacemento.

$$Kt=0,30\frac{Ht}{Ho}+0,17\frac{Et}{Eo}+0,11\frac{St}{So}+0,20\frac{Lt}{Lo}+0,07\frac{Ct}{Co}+0,15$$

46. Pavimento bituminoso constituido por una o varias capas de mezclas asfálticas, sobre base no asfáltica.

$$Kt=0,22\frac{Ht}{Ho}+0,11\frac{Et}{Eo}+0,10\frac{St}{So}+0,42\frac{Lt}{Lo}+0,15$$

47. Pavimento bituminoso constituido por una o varias capas de mezclas asfálticas, incluida base asfáltica.

$$Kt=0,26\frac{Ht}{Ho}+0,14\frac{Et}{Eo}+0,10\frac{St}{So}+0,35\frac{Lt}{Lo}+0,15$$

48. Tratamientos superficiales con productos bituminosos.

$$Kt=0,19\frac{Ht}{Ho}+0,08\frac{Et}{Eo}+0,04\frac{St}{So}+0,54\frac{Lt}{Lo}+0,15$$

5.1.2.1. Selección de la fórmula polinómica

Las 48 fórmulas pueden agruparse en cuatro grandes bloques:

- Fórmulas 1 a 15..... Obras públicas.
- Fórmulas 16 a 24..... Obras de edificación.
- Fórmulas 25 a 39..... Instalaciones eléctrica y electrónicas.
- Fórmulas 40 a 48..... Firmes y pavimentos.

Dentro de estos grupos debe optarse por aquella fórmula que se ajuste más a las especificaciones que figuran en el enunciados de cada una de ellas.

Cuando un proyecto comprenda obras de características muy diferentes, a las que no sea posible aplicar una sola fórmula de tipo general, se puede considerar el presupuesto dividido en dos o más parciales, aplicando a cada uno de ellos la fórmula más adecuada.

En el caso de que ninguna de las fórmulas coincida con las características de la obra, el técnico autor del proyecto debe proponer la fórmula especial que estime adecuada, la cual debe ser aprobada por el Gobierno con arreglo al procedimiento establecido para la aprobación de las mismas.

En cuanto a la utilización de los índices aplicables, expuestos anteriormente, se sustituirán por sus valores en cada uno de los sumandos de la fórmula polinómica correspondiente, teniendo en cuenta que los que llevan el subíndice "o" corresponde al mes de licitación de la obra y los subíndices "t", al mes de ejecución.

Sustituidos los valores, se puede operar la fórmula obteniéndose el valor del coeficiente real de revisión K_r . Este valor debe ser superior a 1.025 o inferior a 0.975, para que exista derecho a efectuar la revisión. Si se encuentra entre estos límites, no procede la revisión.

En caso que proceda efectuar la revisión, se obtendrá el valor del coeficiente real de revisión K_r , restando o sumando cero enteros veinticinco milésimas (0.025) al valor K_t obtenido anteriormente, según sea superior o inferior a la unidad. Este valor, se multiplicará por el valor de la certificación mensual correspondiente, obteniéndose así la certificación revisada.

Si $K_t > 1.025$ PROCEDE REVISIÓN..... $K_r = K_t - 0.025$

Si $1.025 \geq K_t \geq 0.975$NO PROCEDE REVISIÓN

Si $K_t < 0.975$ PROCEDE REVISIÓN..... $K_r = K_t + 0.025$

Ejemplo de fórmula-tipo (Decreto 3650/1970, de 19 de diciembre, de los contratos de obras).

Se puede realizar, a modo de ejemplo, una aplicación práctica de revisión de precios. Si suponemos que en el momento de licitación, con fecha de enero de 1994, se valoró una determinada obra, de construcción de nave industrial, en 70.000.000 de pesetas (420.708,47 €), en el momento de emitir la certificación, con fecha de julio de 1994, se realiza la revisión de precios.

Para ello es necesario disponer de las publicaciones en B.O.E. de los índices de precios para las fechas implicadas.

1994		ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPBR	OCTUB	NOVBR	DICBR
B.O.E.		23/6/94	12/7/94	30/9/94	30/9/94	30/9/94	12/12/94	22/12/94	28/1/95	28/1/95	11/3/95	11/3/95	29/4/95
MANO DE OBRA		249,79	249,79	250,42	251,28	251,70	251,92	252,77	254,06	254,71	255,14	255,14	256,45
PENINSULA ISLAS BALEARES	CEMENTO	1.148,8	1.148,8	1.163,7	1.164,7	1.164,7	1.164,7	1.165,8	1.170,5	1.173,0	1.173,0	1.173,1	1.170,7
	CERAMICA	915,6	915,5	915,7	920,0	918,3	918,9	919,5	919,9	918,7	918,3	920,4	921,0
	MADERAS	1.199,9	1.208,1	1.211,1	1.216,3	1.223,2	1.230,3	1.232,0	1.232,3	1.238,0	1.247,8	1.259,2	1.272,0
	ACERO	648,2	658,7	659,3	659,8	660,9	665,4	661,7	664,3	671,6	669,1	682,0	686,1
	ENERGIA	1.392,0	1.435,3	1.415,1	1.381,0	1.425,0	1.423,1	1.422,8	1.437,8	1.386,1	1.406,0	1.435,9	1.424,5
	COBRE	540,0	551,4	556,7	543,6	615,3	666,5	667,7	653,8	676,8	675,0	756,6	830,6
	ALUMINIO	499,1	496,8	519,0	531,1	521,4	537,4	537,9	507,6	544,2	559,7	566,6	633,6
	LIGANTES	810,1	810,1	810,1	810,1	810,1	810,1	872,8	935,6	935,6	935,6	935,6	935,6

Fórmula 21. Edificios con estructura metálica y presupuesto de instalaciones superior al 20 por 100 del presupuesto total.

$$K_t = 0,33 \frac{H_t}{H_o} + 0,11 \frac{E_t}{E_o} + 0,06 \frac{C_t}{C_o} + 0,23 \frac{S_t}{S_o} + 0,07 \frac{C_{rt}}{C_{ro}} + 0,05 \frac{M_t}{M_o} + 0,15$$

$$K_t = 0,9315$$

$$K_r = 0,956$$

Como el valor de $K_r < 0,975$, procede la revisión, con lo que el valor de la obra asciende a 66.920.000 pesetas (402.197 €)