

Allá por la década de los años cincuenta del siglo pasado, el profesor P. Puig Adam iniciaba una conferencia en los aproximados siguientes términos: *¿Qué hay de matemático en lo bello? ¿Qué hay de bello en lo matemático?*

Generalidades sobre el arte de proyectar

Sólo recordamos aquel comienzo porque el título de este artículo, quizá inexacto, plantea, inmediatamente y de forma automática, importantes interrogantes: ¿Existe el arte de proyectar? ¿Se puede hablar de arte en la concepción y elaboración de un proyecto? Buscando una primera y precisa aproximación conceptual, veamos lo que nos dice el Diccionario de la Real Academia Española:

Arte. 2. *Acto o facultad mediante los cuáles, valiéndose de la materia, de la imagen o del sonido, imita o expresa el hombre lo material o lo inmaterial, y crea copiando o fantaseando.* 3. *Conjunto de preceptos y reglas necesarios para hacer bien alguna cosa.*

Proyecto. 5. *Conjunto de escritos, cálculos y dibujos que se hacen para dar idea de cómo ha de ser y lo que ha de costar una obra de arquitectura o de ingeniería.*

Podríamos pensar que la Real Academia nos facilita definiciones que están adornadas de una gran pulcritud conceptual, pero que son, forzosamente, tan amplias, tan generales, que nos ayudan poco a los técnicos que estamos inmersos en parcelas muy específicas y particulares, a veces de una alta especialización, con conexiones aparentemente difusas con otras áreas del gigantesco mundo de la ciencia o de la técnica. Y por si nos puede ayudar, echemos un vistazo a un diccionario especializado. Tomemos, por ejemplo, el "Diccionario de Términos Científicos y Técnicos" de McGraw-Hill y Boixareu, editado por Marcombo. Allí podemos leer lo siguiente:

Proyecto. [ING] *Tarea concretamente definida dentro del campo de investigación y desarrollo, que se establece para satisfacer una exigencia particular, establecida o anticipa-*

da, para los datos de investigación, un asunto de interés sobre materiales, un componente importante o una técnica.

Desde luego, no podemos decir que un proyecto sea siempre una obra de arte, lo mismo que hay pinturas o esculturas que ni alcanzan ni se merecen tal calificación. Pero sí está clara una cosa: el proyecto implica, en esencia, creación, lo mismo que el arte. Solo falta que el autor quiera y sepa darle a su obra el necesario grado de perfección como para que se merezca tan deseable y sublime calificación.

FASES DE UN PROYECTO TECNICO

En lo sucesivo nos vamos a referir, de una forma general, a los proyectos de ingeniería o proyectos técnicos, cuyo finalidad consiste en **crear** un conjunto convenientemente interrelacionado de dispositivos o elementos capaces de producir el efecto deseado: una fábrica, una central telefónica, una estación de ferrocarril o un generador de impulsos. La creación se materializa en la construcción de algo. Por eso son también conocidos como proyectos de construcción. En determinados casos es posible recurrir a lo que se suele llamar un proyecto de dos etapas. Se trata del proyecto de un experimento que emplea un estudio piloto con el fin de decidir cómo proyectar el experimento principal. Pero en los casos habituales en la Ingeniería, el proyecto no se refiere a experimentos sino a obras concretas, a dispositivos específicos, a instalaciones perfectamente



definidas en las que no cabe la experimentación. Los proyectos de dos etapas se circunscriben fundamentalmente, dentro del amplio mundo de la técnica, a trabajos estadísticos y a desarrollos propios del ámbito de las ciencias experimentales. Parece innecesario decir que, además de la formación básica propia de cualquier Ingeniero, la realización de un proyecto exige conocer muy bien el estado actual de la técnica relacionada con el proyecto en cuestión, para lo que es imprescindible seguir un proceso continuo de formación, el cual puede tener lugar en la empresa donde trabajemos, mediante cursos monográficos de especialización, (actualmente abundantes, aunque no siempre de la calidad deseable) y, por supuesto, con una dosificación adecuada de iniciativas y actividades personales que podríamos englobar bajo la denominación genérica de autoformación. Así conseguiremos estar al día en tantos y tantos conceptos y planteamientos técnicos

que se suceden unos a otros, produciendo una renovación sustancial del panorama de la Ingeniería en períodos que no van más allá de los 8 o 10 años, períodos que, por añadidura, se reducen de una forma continuada y sorprendente. La actualización técnica es no solamente fundamental, sino imprescindible. E imprescindible también es la actualización en todas las disposiciones legales de tan diverso rango y procedencia, sin cuyo conocimiento y adecuación, un proyecto no pasaría de ser un mero ejercicio intelectual y hasta de fino ingenio, sin ninguna posibilidad de realización práctica, en cuyo caso dejaría de ser proyecto para convertirse en otra cosa. Los proyectos se generan, en definitiva, para satisfacer la demanda creciente de bienestar social, bienestar que exige cada vez más y mejores autopistas, aeropuertos, instalaciones de salud o de recreo y sistemas de telecomunicación integral, entre otros y solo por citar algunos tan conocidos

• Manuel Mercader Burgos
Ingeniero de Telecomunicación



como significativos. En cualquiera de estos procesos podemos encontrar las siguientes fases:

- Detectar la necesidad de servicios
- Cuantificar su magnitud: realizar previsiones a corto, medio y largo plazo y a distintos niveles: nacional, territorial, y local.
- Planificar un sistema adecuado, que permita un desarrollo armónico, incluso a largo plazo.
- Proyectar cada una de las instalaciones que integran la planificación anterior.
- Construir la obra objeto de cada proyecto.
- Dirigir la construcción.
- Certificar que lo construido coincide con lo proyectado.

Sobra decir que todas las fases anteriores son muy importantes. Pero puesto que estamos hablando de proyectos, es el momento de decir la altísima importancia de su calidad. Todo incremento en el coste de un proyecto motivado por una mejora de su calidad, se traduce en un ahorro de ejecución entre 20 y 200 veces superior al citado incremento del coste.

En general, un proyecto suele estar precedido de otros trabajos anteriores a él, con el carácter de estudio previo, estudio de viabilidad, planeamiento técnico-económico, anteproyecto, etc. Cada uno de ellos tiene sus peculiaridades, exigencias y finalidad, en las que, en esta ocasión, no vamos a entrar. Y por lo que se refiere a los proyectos, está tipificada su distribución y composición en las partes que se citan seguidamente.

MEMORIA

La primera parte que encontramos en un proyecto es la Memoria, la cual debe verificar la regla de las tres ces: clara, concisa y completa. Volviendo a la definición de proyecto, la Memoria debe decir "cómo ha de ser", cual es el problema que hay que resolver. Aquí debemos encontrar la verdadera justificación del proyecto, su origen, antecedentes sociales, económicos, legales o técnicos, así como las razones que avalan la solución adoptada. En determinados casos, la solución viene condicionada, en buena medida, por reglamentaciones oficiales, en otros por premisas impuestas por la entidad o persona que hace el encargo y en otros, simplemente, por motivos económicos. Cuantos más condicionantes tengamos que considerar, menor es la libertad del autor del proyecto para desarrollar iniciativas o soluciones novedosas. Si los grados de libertad son suficientes y las soluciones posibles variadas, la Memoria debería hacer una breve exposición de las diversas alternativas y un análisis comparativo, técnico y económico, que avale y justifique las bondades de la solución que se desarrolla en el proyecto.

La Memoria debe incluir, además de lo anterior, lo siguiente:

- El cálculo matemático de los elementos, modulares o no, que habrá que utilizar en la ejecución de un proyecto, elementos que serán, en lo posible, normalizados y se corresponderán con los que podemos encontrar en cualquier establecimiento comercial apropiado.

- Secuencia temporal de realizaciones, acopio de materiales, mano de obra de las distintas especialidades, evolución de la inversión, etc. Es recomendable recurrir a gráficos tipo PERT o similares.
- Estudio de seguridad y salud, con especial atención a la legislación específica, dependiendo del tipo de proyecto de que se trate, evaluación y estimación de riesgos, normas preventivas, protecciones personales y colectivas, etc.
- Control de calidad que se debe realizar a medida que se ejecuta el proyecto, como medida imprescindible de que lo ejecutado concuerda con lo proyectado, salvo desviaciones no significativas. Si por alguna razón fueran inevitables tales desviaciones, es imprescindible, en una buena práctica de ingeniería, redactar un anexo al proyecto en cuestión, para darle validez a los cambios sin merma de la calidad.
- Estudio de precios simples y compuestos, aún cuando, optativamente, se pueden incluir en el Presupuesto.
- Análisis de coherencia de las distintas unidades cuantificadas en el proyecto.

La extensión, como en tantas cosas, debe ser la necesaria, ni más ni menos. No es buena práctica profesional incluir fórmulas y desarrollos puramente teóricos que podemos encontrar en cualquier buen libro o manual técnico, a los que sí se recomienda hacer referencia. Un criterio generalmente aceptado dice que la extensión de la Memoria debe ser tal que pueda ser leída en un tiempo máximo de una hora. Pero, naturalmente, es un criterio que admite muchas excep-



ciones y todos hemos visto proyectos con excelentes Memorias cuya lectura ha requerido menos de treinta minutos.

PLIEGO DE CONDICIONES

El Pliego de Condiciones debe describir los elementos, componentes y materiales que se deben utilizar en la ejecución del proyecto, especificando cuantos parámetros físicos hayan intervenido en los cálculos realizados. La descripción debe ser genérica, salvo que por razones muy particulares o por compromisos previamente contraídos, el proyectista se vea obligado a referenciar marcas y fabricantes concretos. En cualquier caso, es importante recordar que deben cumplirse todas las condiciones impuestas por las disposiciones legales, reglamentos y normativas vigentes sobre el tipo de proyecto en cuestión, siendo decisión de su autor imponer condiciones más restrictivas que las reglamentarias cuando existan razones para ello o cuando así lo exija la entidad o promotor que encarga el proyecto. Si bien en todo el proyecto encontramos cuantificación de magnitudes y supone,

por tanto, compromiso de exactitud en tal cuantificación, el Pliego de Condiciones tiene carácter contractual, por lo que debe abundar en detalles y especificar cuantas condiciones deban cumplirse.

PRESUPUESTO

Volviendo a la definición de proyecto, el presupuesto debe decir "lo que ha de costar" la ejecución de lo proyectado. Todo presupuesto debe estar distribuido en capítulos homogéneos y dentro de cada uno de ellos debe figurar la descripción de la partida, unidad de medida, el precio unitario y el importe correspondiente a la partida. Por lo que se refiere al coste de instalación o mano de obra, puede figurar desglosado para cada partida o para la totalidad del capítulo. Cuando se trata de un proyecto cuya ejecución es dilatada en el tiempo o ha de realizarse en fases sucesivas, es muy recomendable especificar, para cada caso, la fase o momento en que debe ser ejecutada, lo que será de gran utilidad para conocer el ritmo inversor y el acopio de fondos.

La práctica habitual consiste en

dar el Presupuesto de Ejecución Material (PEM), como suma de costes directos y costes indirectos (CD + CI). Un coste es directo cuando es atribuible específicamente a un elemento o actuación concreta y perfectamente delimitada, como el importe de un equipo o la mano de obra del instalador. En el caso contrario se trataría de un coste indirecto, debido a la totalidad de la instalación y no identificable plenamente con ninguna de sus partes, como podrían ser la tasa por licencia de obras o el coste de vigilancia.

Pero en determinados casos estaremos obligados a dar lo que se denomina Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC), entendiéndolo por tal la suma del Presupuesto de Ejecución Material, los Gastos Generales, el Beneficio Industrial, y los impuestos vigentes y correspondientes al lugar de ejecución del proyecto: IVA en la Península y Baleares e IGIC en las Islas Canarias. Es aconsejable consultar las particularidades impositivas correspondientes a la Comunidad Autónoma donde se realiza tal proyecto, particularmente en el caso de los territorios forales.

Los conceptos de Seguridad y Salud y Control de Calidad deben figurar en capítulos específicos, aunque en determinados casos pueden ir desglosados en los restantes capítulos. Un capítulo a considerar, que con frecuencia se omite, es el correspondiente a la Conservación de la instalación durante el período de garantía.

Un anexo importante del Presupuesto debe ser el de Descomposición y Justificación de Precios (si no se ha incluido en la Memoria), de tal mane-

ra que se muestre el precio de cada partida en las distintas fases constructivas (compra, instalación, entrega, etc) y en las condiciones particulares de cada instalación.

PLANOS

Los planos constituyen una parte importantísima del proyecto y son imprescindibles para que el constructor o instalador ejecute con precisión el diseño del autor. Los planos tienen, lo mismo que el Pliego de Condiciones, carácter contractual y su información prevalece sobre otras, en el caso de que existiera discrepancia. Por esta razón los planos deben ser objeto de

todo cuidado en su contenido, utilizando la escala apropiada a cada caso y no dudando en recurrir a ampliaciones o planos de detalle, con las observaciones pertinentes para el instalador.

Como recomendación general, debemos incluir un plano de localización geográfica, un plano general de la instalación, un plano general de distribución de equipos o elementos por planta del edificio y un plano de detalle de cada equipo, cuando sea necesario.

Para determinados proyectos, como podría ser el de un radioenlace interprovincial, son muy útiles los planos de diversas escalas editados por el Instituto Geográfico Nacional. Pero en la mayor parte de los casos,

nos veremos en la necesidad de elaborar planos específicos para el proyecto en cuestión, en cuyo caso deberíamos adoptar un formato tipificado, como el UNE-A1 (841 x 594 mm), UNE-A4 (297 x 210 mm) o cualquiera de los intermedios. Para que un plano sea tal, deben figurar en él, obligatoriamente:

Las cotas y sus unidades de medida.

- Las escalas gráfica y numérica, con independencia de que se haga mención a tales escalas en el texto del proyecto.

- Los símbolos utilizados, preferentemente normalizados.

- Significado de las abreviaturas, si existieran.

- Cajetín de identificación, con la siguiente información mínima: título del proyecto, promotor, emplazamiento (si procede), autor del proyecto (nombre y apellidos, título y número de colegiado), nombre y número del plano, fecha y firma.

Una práctica recomendable es que todos los planos sean de igual formato, evitando, en todos los casos, utilizar más de dos formatos diferentes en el mismo proyecto.



Manuel Mercader Burgos

• Ingeniero de Telecomunicación. Departamento Técnico. Responsable de Relaciones con Operadores (COIT)

LE ESPERAMOS EN

ESPAÑA EXPO COMM 2001

**Del 19 al 21 de junio de 2001
RECINTO FERIA JUAN CARLOS I, MADRID**

Una feria de:



E.J. KRAUSE & ASSOCIATES, INC.



**Reed
Exhibition
Companies**

Delivering Business Contacts

Organiza:

E.J. KRAUSE & ASOCIADOS ESPAÑA

Tel. +34 91 540 17 10

Fax: +34 91 540 17 11

Email: expocomm@ejkrause.es

En colaboración con:



- **Móviles, Internet, Banda Ancha, Satélite, Cable, Comunicaciones Clásicas, etc.**

- **Más de 8.000 m² netos de exposición.**

- **CT EXPO se integra en EXPO COMM 2001 España con el pabellón CT VILLAGE de Telefonía sobre IP.**

- **PROGRAMA DE CONFERENCIAS**

TELEFORUM 2001 - Temas como las nuevas comunicaciones móviles, e-business, Internet, formación de técnicos de telecomunicación, entre otros.

Paralelamente tendrá lugar el V Congreso del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos de Telecomunicación.

INSCRÍBASE YA EN

www.expocomm.net ó en www.ejkrause.es

Tel. +34 91 540 17 10 • Fax: +34 91 540 17 11 • Email: expocomm@ejkrause.es