

# PROYECTOS EN LA INGENIERÍA

ANA FERNÁNDEZ GUILLAMÓN

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE ALBACETE (UCLM)






---

10 de septiembre de 2025  
© 2025 Ana Fernández Guillamón



Esta obra está bajo una licencia **Reconocimiento-No comercial-Compartir bajo la misma licencia** 4.0 España de Creative Commons. Para ver una copia de esta licencia, visite:  
[https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es\\_ES](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es_ES)

Usted es libre de copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, y hacer obras derivadas bajo las condiciones siguientes:

-  **Reconocimiento.** Debe reconocer adecuadamente la autoría, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de una manera que sugiera que tiene el apoyo del licenciador o lo recibe por el uso que hace.
-  **No comercial.** No puede utilizar el material para una finalidad comercial.
-  **Compartir bajo la misma licencia.** Si remezcla, transforma o crea a partir del material, deberá difundir sus contribuciones bajo la misma licencia que el original.

Al reutilizar o distribuir la obra, tiene que dejar bien claro los términos de la licencia de esta obra. Alguna de estas condiciones puede no aplicarse si se obtiene el permiso del titular de los derechos de autor. Nada en esta licencia menoscaba o restringe los derechos morales del autor.



---

# Índice general

---

<b>Índice general</b>	<b>I</b>
<b>1 Introducción al proyecto</b>	<b>1</b>
1.1. Definición de proyecto . . . . .	1
1.2. Características fundamentales . . . . .	2
1.3. Tipos de proyectos . . . . .	4
1.4. Aspectos relevantes del proyecto . . . . .	5
1.5. Agentes principales . . . . .	6
1.6. Ciclo de vida de un proyecto . . . . .	8
1.7. Cartera de proyectos . . . . .	11
1.8. Acta de constitución del proyecto . . . . .	12
Referencias . . . . .	14
<b>2 Documentación técnica y legal del proyecto</b>	<b>15</b>
2.1. Legislación y normativa . . . . .	15
2.2. Organización de la documentación . . . . .	22
2.3. Aspectos generales . . . . .	24
2.4. Documentos básicos . . . . .	25
2.5. Seguridad y salud y medio ambiente . . . . .	43
2.6. Informes técnicos . . . . .	61
Referencias . . . . .	64
<b>3 Planificación y programación del proyecto</b>	<b>67</b>
3.1. Planificación y programación . . . . .	67
3.2. Inicio de un proyecto . . . . .	67
3.3. Diseño del trabajo del proyecto: recursos, actividades y tiempos . . . . .	69
3.4. Métodos de programación y diagramación . . . . .	78
<b>4 Tramitación legal, ejecución, puesta en marcha y dirección del proyecto</b>	<b>89</b>
4.1. Introducción . . . . .	89
4.2. Normativa aplicable . . . . .	89
4.3. Parámetros de la tramitación . . . . .	90
4.4. Proceso de tramitación, ejecución y puesta en marcha del proyecto . . . . .	91
4.5. Dirección del proyecto . . . . .	95
Referencias . . . . .	98
<b>5 Estudios de viabilidad</b>	<b>99</b>
5.1. Introducción . . . . .	99
5.2. Estudio de mercado . . . . .	100
5.3. Viabilidad económico-financiera . . . . .	127
Referencias . . . . .	141

<b>6 Gestión de calidad</b>	<b>143</b>
6.1. Introducción . . . . .	143
6.2. Definición de calidad . . . . .	143
6.3. Gestión de la calidad en proyectos (ISO 10006:2017) . . . . .	147
Referencias . . . . .	150

---

## Tema 1

# Introducción al proyecto

---

### 1.1. Definición de proyecto

Entre las definiciones del término proyecto que se muestran en el diccionario de la Real Academia Española (RAE) [1], aparece la siguiente:

*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.*

Sin embargo, en la actualidad esta definición es muy restrictiva, y es preferible utilizar como base conceptual la idea de que un proyecto es el resultado de proyectar, definida como:

*Idear, trazar o proponer el plan y los medios para la ejecución de algo.*

Por lo tanto, se puede considerar que un proyecto es el conjunto de todas las actividades necesarias para llegar a la ejecución de una cosa. De hecho, según la 6ª edición del PMBOK [2], que se trata de un recurso fundamental para la dirección de proyectos:

*Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único.*

Una definición similar se proporciona en [3]:

*Proyecto es la combinación de recursos, humanos y no humanos, reunidos en una organización temporal para conseguir un propósito determinado, creando un producto o servicio único.*

Por último, si se consulta la norma ISO 10006 sobre gestión de calidad en proyectos [4], se define un proyecto como:

*El proyecto es un proceso único, que consiste en un conjunto de actividades coordinadas y controladas con fechas de inicio y finalización, llevadas a cabo para lograr un objetivo conforme a unos requerimientos específicos, incluyendo las limitaciones de tiempo, coste y recursos.*

Por tanto, basándose en las definiciones anteriores, el concepto general de proyecto que se va a utilizar a lo largo del curso es:

**Definición 1.1** *Un proyecto es la combinación de todos los recursos necesarios, reunidos en una organización temporal para la transformación de una idea en una realidad.*

En resumen, un proyecto engloba siempre tres elementos clave (un objetivo, una organización temporal y una serie de recursos):

- Tiene por objeto **transformar la realidad existente**, generar bienes y servicios, reportando a la sociedad ventajas superiores a los inconvenientes.
- **Consume recursos**, al ejecutarlo y en su desarrollo, por lo que precisa un plan de empleo de recursos.
- Se deben elegir las **alternativas** según distintos niveles.
- Debe ser sometido a **evaluación desde varios ámbitos** (generalmente: económico, social y ambiental).

Por ello, el proyecto debe dar respuesta a las siguientes preguntas:

- ¿Qué, cuándo y dónde se va a realizar?
- ¿Por qué y cómo se va a realizar?
- ¿Qué sistema, instalaciones y máquinas se pretende utilizar?
- ¿Qué materias primas y en qué cantidad se van a utilizar?
- ¿Qué medios humanos se requieren y con qué características?
- ¿Qué medios económicos son necesarios?
- ¿Qué impacto se va a producir en el entorno?
- ¿Qué medidas correctoras se prevén para minimizarlo?
- ¿Cubre el sistema proyectado las necesidades y expectativas?

**Ejemplo 1.1** *Se pueden considerar ejemplos de proyectos:*

- *Desarrollar un nuevo producto o servicio.*
- *Efectuar un cambio en la estructura, en el personal o en el estilo de una organización.*
- *Diseñar un nuevo vehículo de transporte.*
- *Desarrollar o adquirir un sistema de información nuevo o modificado.*
- *Construir un edificio o una planta.*
- *Construir un sistema de abastecimiento de agua para una comunidad.*
- *Realizar una campaña para un partido político.*
- *Implementar un nuevo procedimiento o proceso de negocio.*
- *...?*

### 1.2. Características fundamentales

Las características fundamentales de cualquier proyecto son las que se muestran en la Figura 1.1 [5].

- **Discontinuo.** Los proyectos son actividades esporádicas, que no tienen carácter repetitivo, sino un comienzo y un final definidos, por lo que su duración es limitada (que no corta, ya que puede haber proyectos que duren varios años). Sin embargo, una vez ejecutado, un proyecto no se repite de manera continuada. Las actividades del proyecto están secuenciadas para ejecutarse una vez y no de manera repetitiva (eso sería producción). Si se repite exactamente igual para obtener el mismo resultado en otro momento temporal o en otro sitio, no es un proyecto. El final del proyecto se alcanza cuando:
  - Se han logrado los objetivos del proyecto.
  - Queda claro que los objetivos del proyecto no serán alcanzados o no se podrán alcanzar.
  - La necesidad del proyecto ya no exista, por lo que este se cancele.

La discontinuidad no es aplicable al producto, servicio o resultado creado por el proyecto, ya que la mayoría de los proyectos quieren obtener un resultado duradero. Además, los impactos de los proyectos (sociales, económicos y ambientales) pueden perdurar mucho más que los propios proyectos.

- **De resultados únicos.** Un proyecto crea productos entregables únicos. Un producto entregable es tanto productos como servicios o resultados. Esto es una característica importante, porque aunque hay obras similares, cada obra es diferente, el terreno varía, la tecnología evoluciona, las circunstancias difieren, o las exigencias o deseos del cliente no son los mismos. Por tanto, incluso aunque se enfoquen en un mismo problema, cada profesional puede proponer/encontrar diferentes soluciones, ya que la presencia de elementos repetitivos no cambia la condición fundamental de único.





Figura 1.1: Características de los proyectos

- **De elaboración gradual.** Significa desarrollar en pasos e ir aumentando mediante incrementos. Se empiezan definiendo las características del proyecto de forma general al comienzo, y se hace más explícito y detallado con el tiempo. Por tanto, la elaboración gradual de las especificaciones de un proyecto debe ser coordinada cuidadosamente.
- **Complejo.** Su naturaleza compleja viene de su variedad, al poder involucrar diversas ciencias y tecnologías, así como por el volumen del trabajo que puede suponer su realización, el tamaño de la inversión, el tiempo necesario y las responsabilidades que llevan implícitas: la dificultad de las tareas que hay que realizar, la necesidad de coordinar diversos recursos, los riesgos que lleva implícitos... que no siempre son fácilmente predecibles.
- **Integral.** El proyecto debe cubrir todas las etapas establecidas entre aquella concepción inicial de una idea brillante hasta su transformación en una realidad, con su propia dinámica: nace, funciona, se desarrolla y termina muriendo.
- **Multidisciplinar.** Es el resultado de las características de complejo e integral: surge la necesidad de tener conocimientos multidisciplinarios, al haber de existir cooperación entre varias disciplinas, conocimientos de campos diversos (planificación, administración, control, disciplinas científicas y tecnológicas ...). Por ello, es necesario utilizar equipos de profesionales expertos en todas esas disciplinas.
- **Dinámico y evolutivo.** Al buscar crear algo nuevo, el proyecto está en constante movimiento, como hechos imprevistos, recursos que se incorporan o se retiran, etc. Es decir, es una situación de inestabilidad permanente y con cambios frecuentes.
- **Irreversible.** Todas las decisiones que se toman a lo largo del proyecto para progresar y avanzar suelen ser irreversibles o tienen un alto grado de irreversibilidad. En otros casos, la decisión puede no ser irreversible, pero la marcha atrás suele costar importantes cantidades económicas o retraso de plazos. Da igual si la decisión era o no correcta, si hay que modificarla y adoptar una diferente, aparecerán consecuencias para el proyecto.
- **Riesgo.** Todo proyecto implica riesgos importantes que es necesario analizar para prevenirlos y estar preparados para tomar medidas que permitan minimizar el impacto. A veces se piensa solo en los riesgos derivados de las dificultades técnicas o económicas (pérdidas económicas producidas por retrasos, averías, daño a la imagen de la empresa, consecuencias sociales, pérdida de clientes, etc.).

Enfocándose únicamente en proyectos de ingeniería, con independencia de su tamaño e importancia, la mayoría muestra unas características definidas y comunes:

- **Complejo.** Debido a la amplitud y variedad del campo de la ingeniería, un proyecto de este tipo abarca gran cantidad de ciencias y tecnologías, por lo que es imposible estudiarlo sin dividirlo. Además de la variedad de contenido, también debe tenerse en cuenta el gran volumen (de trabajo, tiempo y/o inversión) que puede suponer su realización.
- **Integral.** La mayoría de los proyectos que se realizan en la actualidad necesitan para su realización cubrir todas las etapas establecidas entre la concepción inicial de una idea brillante hasta su transformación en una realidad. Es cierto que en algunas ocasiones parece que se suprimen algunas etapas intermedias, pero lo que suele suceder es que se utilizan otras vías, acudiendo a informaciones existentes o sencillamente a simplificaciones en función de experiencias anteriores o de objetivos muy concretos.
- **Multidisciplinar.** La necesidad de contar con profesionales expertos en todas las disciplinas es cada vez más patente, siendo imposible enfrentarse con un auténtico proyecto de envergadura sin un equipo multidisciplinar.

### 1.3. Tipos de proyectos

Los proyectos se pueden clasificar de diversas formas, según el criterio que se elija. Pese a que no es una tarea fácil, debido a la cantidad de criterios que se pueden elegir, se pueden agrupar de la siguiente manera [5, 6]:

- **Según aspectos técnicos:**

- Instalaciones.
- Plantas / Edificaciones industriales.
- Edificaciones para vivienda.
- Tecnologías de la información.
- Obra lineal.
- Desarrollo de nuevo producto.
- Desarrollo de nuevo servicio.
- ...

- **Según el carácter del cliente:**

- **Proyectos externos.** Encargados por clientes o entidades ajenas a la empresa que realizará el proyecto.

**Ejemplo 1.2** Una entidad del Estado encarga a una empresa consultora la realización de un estudio organizativo.

- **Proyectos internos.** Una empresa o entidad acomete para sí misma el proyecto en cuestión.

**Ejemplo 1.3** Realizar la informatización del departamento de personal de una empresa por medio de su departamento de informática.

- **Según la naturaleza del promotor y el fin que persiga:**

- **De inversión pública.** Es el Estado el que invierte a partir de sus propios recursos. Los proyectos estatales deben resolver problemas de bienestar social y satisfacer necesidades públicas, y no simplemente obtener réditos económicos. Necesitan estar incluidos en los presupuestos públicos y materializan un objetivo de la Política del Gobierno o de una Administración Pública.
- **De inversión privada.** La finalidad es la obtención de una rentabilidad económica. Esta rentabilidad permite recuperar todo aquel capital que fue invertido para poner en marcha el proyecto. Los inversionistas, en este caso, son privados. Su tramitación es ligeramente distinta a la de un proyecto público.
- **De inversión mixta.** Promovidos y realizados coordinadamente entre los sectores público y privado.

## 1.4. Aspectos relevantes del proyecto

Todo proyecto tiene tres facetas o aspectos diferentes, como se muestra en la Figura 1.2. Un proyecto surge porque un cliente desea conseguir un resultado. Una vez se sabe cuál va a ser el objeto del proyecto (en qué va a consistir, qué se pretende conseguir...) siguiendo las indicaciones del cliente, para conseguir ese resultado es necesario articular y armonizar tres tipos de aspectos [6, 5]:

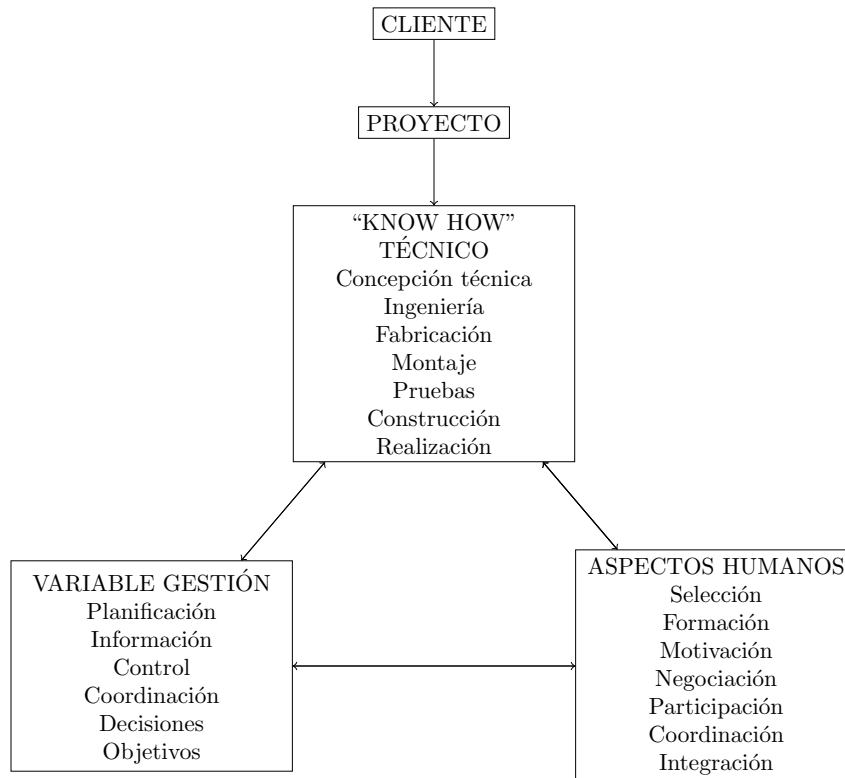


Figura 1.2: Aspectos relevantes de un proyecto

- **Know how técnico.** Todo proyecto tiene una dimensión técnica que es necesario conocer y desarrollar adecuadamente y que depende de la naturaleza de la operación. Puede ser necesario aplicar conceptos derivados de diferentes ciencias (física, mecánica, eléctrica, arquitectura, informática, aeronáutica, etc.). Si hay que construir un puente, hay que lanzar una nueva medicina, o hay que proyectar un satélite al espacio, es necesario aplicar los conocimientos específicos y hacerlo cumpliendo los requisitos y formas de trabajar que el saber hacer (*"know how"*) técnico de cada profesión impone. Por ello será siempre imprescindible contar con los conocimientos adecuados para resolver el problema en cuestión.
- **Aspectos humanos.** El proyecto tiene también una dimensión humana que no siempre resulta tan evidente, pero que está siempre presente y puede condicionar el éxito o fracaso de la operación. El proyecto es un complejo entramado de relaciones personales, donde se insertan muy diversos intereses, en algunos casos contrapuestos (disparos o con diferentes puntos de vista): cliente, jefe de proyecto, especialistas en diversas materias, subcontratistas, directivos de otras áreas de la empresa, empleados, administración, colectivos sociales, proveedores, etc. Todos son necesarios y tienen algo que aportar al proyecto, pero conseguir que su aportación sea positiva, convergente y coordinada es una tarea de gran dificultad.
- **Variable gestión.** Como cualquier otra actividad empresarial, un proyecto se puede gestionar bien o mal y de ello depende en gran medida el éxito o el fracaso, al menos en términos de coste y plazo. Por tanto, la variable gestión, algo que a veces se menosprecia porque no es tan espectacular o visible como otros elementos, es el catalizador que permite que el resto de los elementos se comporten adecuadamente. De hecho, la mera acumulación de recursos no produce ningún resultado importante. Este se produce precisamente porque interviene un factor especial, la gestión, que integra y armoniza el empleo de los diversos recursos, y esa *"variable"* es decisiva y condicionante del resultado que dichos recursos puedan producir.

### 1.5. Agentes principales

**Definición 1.2** Las partes interesadas (**agentes**, interesados o stakeholders) en el proyecto son personas, grupos u organizaciones que participan de forma activa en el proyecto, que pueden afectar, verse afectados o percibirse a sí mismos como afectados por una decisión, actividad o resultado de un proyecto.

También pueden influir sobre los objetivos y resultados del proyecto, por lo que el equipo de dirección debe identificar a los interesados, determinar sus requisitos y expectativas y, en la medida de lo posible, gestionar su influencia en relación con los requisitos para asegurar un proyecto exitoso. Los agentes tienen **niveles de responsabilidad y autoridad variables** al participar en un proyecto, pudiendo cambiar a lo largo del ciclo de vida del proyecto (ver Sección 1.6). Su responsabilidad y autoridad varía desde la colaboración ocasional en encuestas y grupos de consumidores, hasta el patrocinio total del proyecto, como puede ser proporcionar respaldo financiero. Los interesados pueden influir de manera positiva o negativa en el proyecto. Los **interesados de influencia positiva** son aquellos que normalmente se benefician de un resultado exitoso del proyecto, mientras que los **interesados de influencia negativa** son aquellos que ven resultados negativos como consecuencia del éxito del proyecto.

**Ejemplo 1.4** Los líderes empresariales de una comunidad que se beneficiará de un proyecto de expansión industrial pueden ser interesados de influencia positiva, ya que pronostican un beneficio económico para la comunidad con el éxito del proyecto. Por el contrario, los grupos ecologistas podrían ser interesados de influencia negativa si consideran que el proyecto perjudica al medio ambiente.

En el caso de los interesados de influencia positiva, sus intereses se satisfacen mejor contribuyendo al éxito del proyecto. El interés de los interesados de influencia negativa se satisface mejor impidiendo que el proyecto avance, exigiendo informes de evaluación ambiental más exhaustivos. Con frecuencia, **los interesados de influencia negativa son ignorados por el equipo del proyecto**, poniendo en riesgo el éxito de sus proyectos.

Los directores del proyecto deben gestionar las expectativas de los interesados, lo cual puede resultar difícil, ya que, a menudo, los interesados tienen objetivos muy diferentes o contradictorios.

**Ejemplo 1.5** En un proyecto de construcción de un complejo comercial, los interesados principales podrían incluir:

- Los inversores: Quieren maximizar los beneficios, reduciendo costes y completando el proyecto lo antes posible.
- Los residentes de la zona: Buscan minimizar el impacto ambiental y ruido, por lo que prefieren que la construcción sea lenta y cuidadosa.
- El gobierno local: Desea que se cumplan todas las normativas urbanísticas y medioambientales, lo que podría alargar los plazos y aumentar los costes.
- Los negocios que ocuparán el complejo: Necesitan que el proyecto se complete a tiempo para poder abrir según lo planificado, incluso si se deben asumir algunos sobrecostes.

En este caso, el director del proyecto debe equilibrar expectativas divergentes: garantizar que se respeten los plazos, sin violar regulaciones, y gestionar los costes eficientemente mientras se comunica con claridad para reducir conflictos y obtener apoyo. Esto puede implicar establecer prioridades claras, negociar compromisos y mantener una comunicación transparente para alinear los objetivos tanto como sea posible.

Los agentes principales en un proyecto son los siguientes [5, 6, 7]:

- **Cliente.** Persona física o jurídica (pública o privada) por cuenta de la cual se realiza el proyecto. Se le considera **promotor** si decide, impulsa, programa y financia (con recursos propios o ajenos) el proyecto. En algunas áreas de aplicación, cliente y usuario son sinónimos, mientras que en otras, los usuarios son aquellos que utilizan directamente el producto del proyecto. En muchos proyectos, los clientes y usuarios no son las mismas personas, pero satisfacer tanto a uno como a otro es esencial para el éxito del proyecto (un proyecto puede cumplir con los requisitos del cliente, pero fracasar porque la experiencia del usuario no es adecuada; y viceversa).

**Ejemplo 1.6** En un proyecto de desarrollo de una aplicación para una clínica, el cliente sería la clínica o los directivos que pagan por el desarrollo de la aplicación. Ellos deciden las características generales de la app, como integración con sus sistemas existentes o métricas a incluir. Sin embargo, los usuarios

*podrían ser los médicos que usan la app para acceder al historial médico de sus pacientes, los pacientes que la usan para agendar citas, o el personal de soporte que maneja las operaciones diarias de la clínica mediante la aplicación.*

- **Director del proyecto.** Se encarga de gestionar todos los recursos (humanos y no humanos) que aparecen en todas las fases del proyecto. Aparece habitualmente en las empresas de ingeniería y cada vez es más imprescindible debido a la creciente complejidad de los proyectos actuales de mediana o gran envergadura, donde existe una gran cantidad de recursos que manejar, y donde la complejidad en la planificación de las tareas a realizar es muy elevada. La labor de este agente es **fundamentalmente organizativa** y le exime de las responsabilidades técnicas, civiles y penales que puedan surgir durante las diversas fases del proyecto (estas serán asumidas por los proyectistas, directores facultativos, coordinadores de seguridad, promotores, constructores, etc.) exceptuándose aquellas responsabilidades que tenga con respecto a su propia empresa.
- **Equipo de dirección del proyecto.** Los miembros del equipo del proyecto que participan directamente en las actividades de dirección del proyecto. Suele ser un grupo pequeño, con labores asignadas y delegadas por el director del proyecto.

**Ejemplo 1.7** *El controlador de actividades (quien da seguimiento al cronograma) o el gerente de riesgos (da seguimiento y manejo puntual al total de los riesgos)*

En el equipo de dirección del proyecto quedan incluidas las figuras técnicas de dirección facultativa, el director de obra, el director de la ejecución de la obra, el coordinador de seguridad y salud... Se presenta a continuación un breve resumen sobre sus funciones:

- **Director facultativo.** Técnico competente que se encarga de la dirección y del control de la ejecución del proyecto, cuya existencia es necesaria para proyectos que impliquen obras o instalaciones industriales (es responsable de que la obra se ejecute según el proyecto). Desde el momento en que se inicia la obra, el director facultativo se convierte, legalmente, en el principal responsable técnico de la misma. Entre sus funciones no aparece el control de plazos ni costes (planificación, administración y control de la obra) que serían responsabilidad del director del proyecto.
- **Director de obra.** Pertenece a la dirección facultativa y dirige el desarrollo de la obra en aspectos técnicos, estéticos, urbanísticos y medioambientales y asume la función técnica de dirigir la ejecución material de la obra y de controlar cualitativa y cuantitativamente la construcción y la calidad de lo edificado.
- **Coordinador de seguridad y salud.** Pertenece a la dirección facultativa y se encarga de coordinar la ejecución del proyecto de obra, la aplicación de lo dispuesto en materia de seguridad y salud.
- **Equipo de desarrollo del proyecto.** Está conformado por aquellas personas a las que se les han asignado roles y responsabilidades para completar el proyecto, es decir, que participarán directamente en el desarrollo del proyecto en una o varias de sus etapas:
  - **Durante la fase de diseño.** Destacan:
    - *Consultorías.* Empresas que facilitan personal específico capacitado para emitir juicios razonados sobre aspectos que puedan influir en la realización del proyecto (como estudios de índole financiera, técnica o de mercado).
    - *Proyectista.* Agente/s que redacta/n el proyecto con sujeción a la normativa y reglamentación obligatoria.
    - *Coordinador de seguridad y salud durante la elaboración del proyecto de obra.* Se encarga de aplicar los principios generales de prevención en materia de seguridad y salud en las fases de concepción, estudio y elaboración del proyecto de obra según la ley de prevención de riesgos laborales [8].
  - **Durante la fase de ejecución.** Destacan:
    - *Empresas de ingeniería.* Para proyectos de gran envergadura que necesitan gran cantidad de recursos humanos y no humanos.
    - *Coordinador de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.* Se encarga de llevar a cabo las tareas y actividades preventivas concretas en materia de seguridad y salud laboral

durante la ejecución del proyecto de obra según la ley de prevención de riesgos laborales [8].

- *Constructor/Contratista*. Ejecuta la totalidad o parte de las obras con sujeción al proyecto.
- *Subcontrata y Trabajador autónomo*. Realizan determinadas partes o instalaciones de la obra con sujeción al proyecto.
- *Empresas de instalación*. Personas físicas o jurídicas que acrediten cumplir las condiciones requeridas en cada Instrucción Técnica Complementaria para ejercer como instaladores autorizados.
- *Entidades y laboratorios de ensayos de control de calidad*. Entidades capacitadas para prestar asistencia técnica en la verificación de la calidad del proyecto, de los materiales y de la ejecución de la obra y sus instalaciones de acuerdo con el proyecto y la normativa aplicable.

- **Agentes externos**. Aquí entrarían entidades financieras, entidades aseguradoras, colegios profesionales, suministradores, organismos de control e inspección, usuarios, etc.

Nótese que no todos los agentes aquí especificados deben estar presentes en todos los proyectos, sino que dependerá de la naturaleza de los mismos.

### 1.6. Ciclo de vida de un proyecto

No hay que olvidarse de que un proyecto busca obtener un producto, proceso o servicio a través de la realización de diversas actividades. Estas actividades pueden agruparse en fases íntimamente relacionadas conocidas como “El ciclo de vida del proyecto”. El proyecto:

- Comienza con una realidad existente, sin transformar.
- Finaliza en otra realidad ya transformada.

**Definición 1.3** *El ciclo de vida de un proyecto es el conjunto de fases que atraviesa un proyecto desde su inicio hasta su cierre. Estas fases permiten planificar, ejecutar, controlar y finalizar el proyecto de manera ordenada y eficiente.*

En general, el ciclo de vida de un proyecto se trata de un proceso interactivo, donde cada fase influye en las demás. La división de los proyectos en fases sucesivas es un primer paso para la reducción de su complejidad, tratándose de escoger las partes de manera que sus relaciones entre sí sean lo más simples posible. Hay que distinguir también el producto del proyecto que lo origina, siendo diferentes los ciclos de vida de uno y de otro, ya que el del producto se extiende mucho más en el tiempo. Sin embargo, los proyectos, con independencia del sector al que pertenezcan, tienen un ciclo de vida semejante con unas características comunes. Como puede verse en la Figura 1.3, se puede estructurar en cuatro fases [7, 5]:

- **Fase I**. Corresponde a los estudios (investigaciones y/o informes) para determinar la viabilidad del proyecto y conseguir la aprobación definitiva de la inversión necesaria. Todo comienza cuando una organización identifica una **oportunidad** a la cual le interesa responder, autorizando un estudio de viabilidad para decidir si se emprende el proyecto. Está compuesta de:
  - *Previabilidad*. Su finalidad es conocer cómo influyen los factores del entorno en el proyecto. Generalmente, se consideran aspectos técnicos, legales y económicos. Básicamente, consiste en un estudio a fondo de la situación existente “sin proyecto” (situación preoperacional).
  - *Estudios de viabilidad*. Para analizar las posibles alternativas, se suelen realizar estudios de viabilidad desde el punto de vista de mercado, técnico y financiero:
    - Estudio de viabilidad de mercado. Es necesario hacerlo si se va a sacar un producto nuevo al mercado. Pretende determinar cuánto se puede vender y a qué precio, especificando las características del producto y abordando los problemas de comercialización del mismo. Se puede hacer un análisis de la demanda, de la oferta, de los canales de comercialización y de precios.

- Estudio de viabilidad técnica. Pretende determinar el emplazamiento óptimo del proyecto, la tecnología más apropiada, la necesidad de recursos (materiales, mano de obra y otros recursos), el tamaño del proyecto, e incluso las consideraciones medioambientales. Si el proyecto es técnicamente viable, es el momento de seleccionar la tecnología, preparar diagramas y “layouts<sup>1</sup>” del proyecto que sirvan como base para una estimación detallada de los costes de inversión y producción.
  - Estudio de viabilidad financiera. Busca hacer una estimación de la inversión, con ayuda de un presupuesto de gastos y valorar las fuentes de financiación de esa inversión. Las fuentes de recursos pueden ser internas (fondos de la propia empresa) o externas (mediante cualquier modalidad del mercado de capitales: acciones, obligaciones, bonos, préstamos, etc.).
- **Fase II.** Se inicia con la definición de los objetivos y el establecimiento de la organización, para después realizar el diseño básico y el establecimiento del presupuesto y de la programación. En esta fase suele iniciarse también la contratación de los suministros principales, que en muchas ocasiones inciden en el camino crítico necesario para cumplir el objetivo del plazo:
  - *Diseño básico*. Con la información de los estudios de viabilidad, se elabora el diseño básico, el conjunto de documentos que definen inequívocamente el proyecto y su coste más favorable en un entorno dado.
  - *Bases del diseño*. Se fundamenta en el diálogo con el cliente y el resto de partes interesadas en el proyecto. Es preciso definir claramente cuáles son las necesidades explícitas (derivadas de sus necesidades de negocio, como requisitos funcionales del producto deseado) e implícitas (necesidades que se suelen dar por supuesto y no se considera necesario mencionar expresamente) de los mismos para dar satisfacción a sus requerimientos. Al final, el éxito del proyecto pasa por la satisfacción de las necesidades de las partes interesadas y, esta, a su vez, por su identificación previa.
  - *Estudio de los procesos del sistema producto del proyecto*. Se pueden utilizar procesos de terceros (con las debidas licencias) o la propia organización para realizar la ingeniería de proceso necesaria.
  - *Aprobación del diseño básico*. Se necesita una aprobación por parte de todos los interesados de la mayoría de los documentos que integran el diseño básico.
- **Fase III.** Suele ser la de mayor duración, ya que incluye todo el desarrollo del diseño, la adquisición de recursos y ejecución de actividades previstas. Esta fase finaliza cuando la ejecución material del proyecto está prácticamente acabada y en condiciones de iniciar el período de pruebas. Incluye:
  - *Diseño detallado*. Se desarrolla el diseño básico hasta el grado de detalle establecido en el contrato, que debe ser suficiente para realizar las actividades del proyecto en la forma en que se haya previsto. Al final de esta etapa, hay que tener la documentación necesaria para la compra de todos los recursos necesarios para el proyecto, así como la construcción y el montaje de las instalaciones objeto del mismo (si fuera pertinente).
  - *Gestión de compras*. Adquirir y entregar en el lugar de realización del proyecto todos los recursos necesarios para la ejecución material del proyecto. Estos recursos deben seguir las exigencias y especificaciones técnicas establecidas en el diseño detallado, intentando conseguir las al mínimo coste, con la calidad fijada y en el plazo más adecuado dentro de la programación del proyecto. La influencia de la gestión de compras en el coste y plazo es muy grande. La gestión de compras suele incluir:
    - Compras. No se puede empezar hasta que el diseño detallado está perfectamente especificado. La función de compras se inicia con la selección de proveedores, analizando la disponibilidad de cada suministrador para cumplir los plazos de entrega. A continuación, se hace la petición de oferta, especificando la requisición de oferta (una especificación técnica completa de la cantidad, tipo, características y calidad de los recursos que se necesitan comprar) y las condiciones generales de compra (de carácter económico y comercial). Las ofertas recibidas se analizan desde el punto de vista técnico y económico, tomando la decisión por el precio más bajo técnicamente aceptable.

<sup>1</sup>Planos de implantación donde se muestra la disposición de los materiales y equipos de las distintas líneas de proceso.

- Activación. Proceso mediante el cual se pone en marcha o se inicia el cumplimiento de un pedido, para cumplir todas las fechas parciales que condicionan el cumplimiento final de los plazos de entrega. Cada recurso tiene una fecha prevista de entrega que puede (o no) coincidir con la última fecha admisible para que su montaje no ocasione ningún retraso en la fecha de finalización del proyecto. A partir de la emisión del pedido, es el grupo de activación el que mantiene el contacto con el proveedor para conseguir cumplir las fechas.
- Inspección. Se debe asegurar que todos los equipos y materiales cumplen con las especificaciones, códigos e instrucciones enumerados en los documentos que acompañan la orden de compra.
- Expedición y tráfico. Comprende las operaciones de embalaje, transporte, manejo y almacenamiento de los recursos hasta su llegada a la obra, buscando el menor coste y la mayor rapidez posible.
- *Contratación de los trabajos de las actividades del proyecto*. El cliente debe decidir si utilizar un único contratista general o varios contratistas especializados en cada uno de los temas. Para elegir los procedimientos para seleccionar a los contratistas, se puede optar entre:
  - Procedimiento abierto. Cualquier empresa puede optar al contrato si lo solicita en tiempo y forma.
  - Procedimiento restringido. Solo algunas empresas que cumplan algunos requisitos pueden optar al contrato.
  - Procedimiento negociado. Se realiza una negociación directa con aquellos empresarios que se consideren oportunos.

La selección del contratista se realiza mediante la oferta económicamente más ventajosa, pudiendo buscar también aquella solución que optimice múltiples criterios de selección.

- *Supervisión en campo*. Con la gestión de compras se inicia la ejecución material del proyecto, cuando el proyecto se materializa en algo capaz de producir o funcionar según lo establecido en los estudios previos. Es la etapa más costosa del proyecto y, además, es irreversible. La organización de la obra responde a un esfuerzo simultáneo del cliente, la empresa de proyectos y los contratistas.
- *Modificaciones y ampliaciones*. A veces, durante la ejecución material, surgen modificaciones y/o ampliaciones del propio proyecto. Se entiende que hay una modificación (cambio o sustitución) cuando se detecta una solución alternativa de cualquier aspecto constructivo, que por cualquier razón (constructiva, de mercado o de tiempo) es de interés. Las ampliaciones son aquellas modificaciones que añaden claramente algún elemento nuevo, con el correspondiente incremento de coste.
- *Reclamaciones y precios contradictorios*. Es habitual que aparezcan reclamaciones por errores en los equipos recibidos. La reclamación se maneja controlando los costes asociados con la solución del problema. Si es posible, en lugar de hacer una devolución o realizar una acción costosa, se intenta arreglar el equipo directamente en el lugar donde se encuentra y, una vez resuelto, el coste de la reparación se factura al proveedor que entregó el equipo defectuoso (se le hace responsable de los gastos generados por el error). También es habitual que aparezcan actividades no previstas (y, en consecuencia, sin precio establecido), que están relacionadas con un trabajo deficiente de diseño detallado. Estos nuevos precios deben ser discutidos entre la empresa de proyectos y el contratista y presentados al cliente para su aprobación.
- **Fase IV**. Corresponde el *cierre del proyecto*. Esto supone el reconocimiento por parte de los interesados de que los entregables del proyecto están listos para someterse a las pruebas que el cliente haya estimado oportunas, incluyendo las pruebas, puesta en marcha y puesta en operación de los diferentes sistemas y subsistemas, hasta que la totalidad del proyecto se ponga en servicio y se alcancen los objetivos de producción establecidos en las especificaciones iniciales.

En cada una de estas fases, el nivel de personal va cambiando, siendo menor en las fases primera y última (con un equipo reducido pero muy profesional y con perfiles muy diferentes), y más alto en las intermedias. La Figura 1.3 muestra el grado de terminación y de incertidumbre del proyecto en función del tiempo de desarrollo. Como es lógico, a medida que se va avanzando en las diferentes fases, el grado de terminación del proyecto es más alto, a la vez que el grado de incertidumbre se reduce.



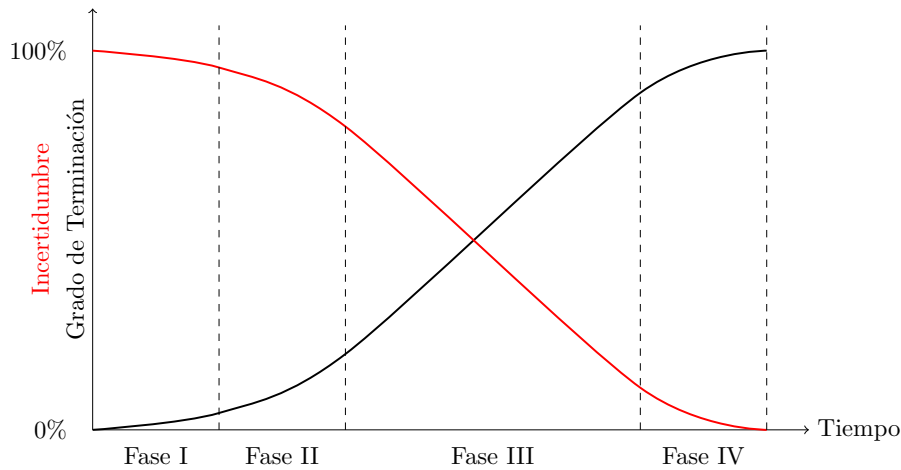


Figura 1.3: Ciclo de vida de un proyecto

## 1.7. Cartera de proyectos

Antes de definir lo que es la cartera de proyectos, es necesario entender el concepto de programa.

**Definición 1.4** Un *programa* es un grupo de proyectos relacionados entre sí, gestionados de forma coordinada para obtener unos beneficios y un control que no se obtendrían si se gestionaran de forma individual.

Dicho esto:

**Definición 1.5** Se entiende por *cartera de proyectos* (o *portafolio*) a una colección de proyectos y/o programas que se agrupan juntos para facilitar la gestión efectiva de ese trabajo y, así, alcanzar los objetivos estratégicos del negocio.

La Figura 1.4 muestra una cartera de proyectos. Pueden ser proyectos/programas que estén casi terminados, pero no se hayan ejecutado —por ejemplo, porque están esperando una oportunidad (becas, ayudas, subvenciones) para empezar a materializarse— o que se readaptan a nuevas condiciones de funcionamiento o tecnologías. Sin embargo, los proyectos o programas del portafolio no son necesariamente interdependientes ni tienen que estar directamente relacionados. Si la relación entre los proyectos está dada únicamente por un cliente, vendedor, tecnología o recurso en común, el esfuerzo se debería gestionar como un portafolio de proyectos, en lugar de hacerlo como un programa.

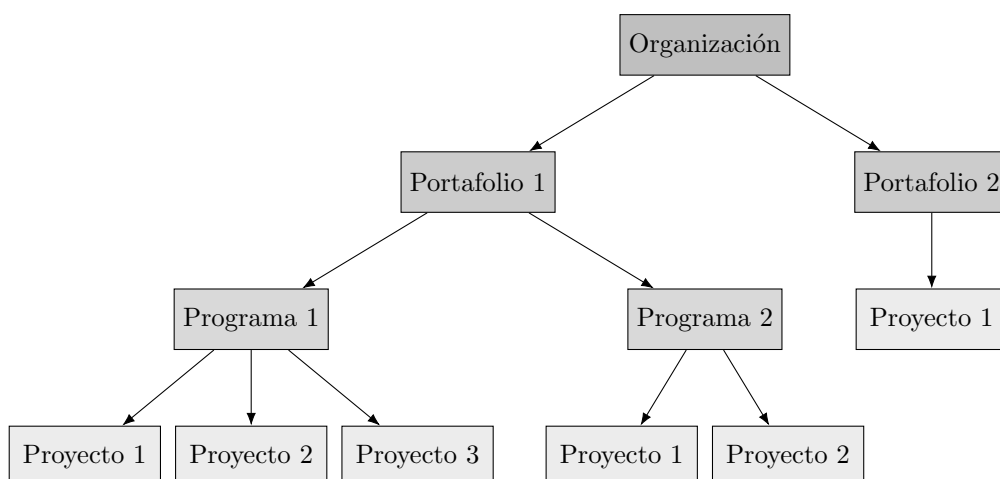


Figura 1.4: Cartera de proyectos

## 1.8. Acta de constitución del proyecto

El punto de partida de un proyecto es el **acta de constitución** (project charter). Puede realizarse en forma de documento (acta de constitución/project charter) o de lienzo<sup>2</sup> (project model canvas, ver Figura 1.5), y prueba la existencia y comienzo del proyecto. Su propósito es formalizar la autorización para llevar a cabo el trabajo del proyecto.

<b>Proyecto:</b> Nombre del proyecto		<b>Justificación:</b> El porqué del proyecto		
<b>Partes interesadas</b> Relacionar por orden de importancia, poder e influencia	<b>Actividades</b> Lista de tareas y acciones concretas	<b>Entregables</b>	<b>Premisas</b> Supuestos que apoyan el desarrollo del proyecto	<b>Objetivos del proyecto</b>
	<b>Calendario/Hitos</b> Describir el calendario, fechas de inicio y fin de cada fase		<b>Restricciones</b> Limitaciones a la realización del proyecto	
<b>Presupuesto</b> Presupuesto estimado para el alcance del proyecto y dirección del proyecto		<b>Riesgos y oportunidades</b> Identificar posibles riesgos y oportunidades que puedan influir en el desarrollo del proyecto		

Figura 1.5: Project model canvas

El acta de constitución del proyecto es un documento fundamental y debe ser revisado antes de comenzar el trabajo del proyecto.

**Definición 1.6** *El acta de constitución del proyecto documenta los requisitos iniciales, proporcionando información sobre la justificación del proyecto, los objetivos y criterios de éxito, datos preliminares (riesgos, cronograma, presupuesto), etc.*

Autoriza formalmente un proyecto o una fase de este.

El acta de constitución del proyecto debe incluir, como mínimo, la siguiente información:

- **Información del proyecto.** Aquí se incluyen los siguientes aspectos:
  - **Empresa/Organización.** Nombre de la empresa/organización que realiza el proyecto.
  - **Proyecto.** Nombre del proyecto.
  - **Fecha.** Fecha de preparación del documento.
  - **Cliente.** Parte interesada a quien se entrega el proyecto para su aceptación.
  - **Director del proyecto.** Director del proyecto asignado, su responsabilidad y su nivel de autoridad.
- **Propósito/Justificación del proyecto.** Razones por las que se realiza el proyecto, el *por qué* del proyecto. Problema, oportunidad, requisito de negocio que quiere resolver.
- **Descripción del proyecto y entregables.** En este apartado se hace una descripción de alto nivel del proyecto, con poco detalle (alcance del proyecto). Existen dos aspectos importantes en la definición del alcance: los entregables y los límites del proyecto.
  - **Entregables.** Un entregable de proyecto es el resultado de una producción o de un trabajo, tras un pedido de un cliente o, a nivel interno, de una petición de la dirección. El alcance suele ser de gran envergadura, por lo que debe dividirse en varias entregas o etapas. El entregable resulta en la materialización de un logro del proyecto, como estudios de viabilidad,

<sup>2</sup>Un **lienzo** (*canvas*) es una herramienta visual que se utiliza para definir y organizar los elementos clave de un proyecto en una sola página. Su objetivo es proporcionar una visión clara y concisa del proyecto, permitiendo a los equipos y partes interesadas comprender rápidamente los aspectos fundamentales y la dirección del mismo. Suele incluir secciones o **bloques específicos** que se enfocan en diferentes aspectos del proyecto.

presupuestos provisionales, cronograma de actividades, maquetas, prototipos. . . . Por tanto, se trata de todos los logros intermedios que marcan el avance del proyecto. Comprender los entregables es un avance para comprender el alcance del proyecto.

- **Límites.** Todo lo que no incluye el proyecto que se está desarrollando, es decir, aspectos que no se podrán cubrir, que escapan a las posibilidades del equipo de trabajo y que, a priori, se consideran inalcanzables.
- **Requerimientos generales del proyecto.** Un requerimiento es la condición o capacidad que debe tener un sistema, producto, servicio o componente para satisfacer un contrato, estándar, especificación u otros documentos. Por tanto, son todas aquellas características observables que cualquier interesado desea que estén contenidas en el sistema (del cliente, del sponsor y las necesidades y expectativas ya identificadas de los stakeholders, que se irán ampliando en la planificación). Como requisitos se incluyen las necesidades, deseos y expectativas del patrocinador, cliente, usuarios y resto de interesados. Los requerimientos deben ser únicos, verificables, claros, viables y necesarios.
- **Objetivos.** Se describen qué objetivos deben alcanzarse y cómo se medirá su éxito (el objetivo puede ser una posición estratégica que se quiere lograr, un fin que se desea alcanzar, un resultado a obtener, un producto a producir, un nuevo servicio a prestar. . . ). Se derivan de necesidades, expectativas, requerimientos y metas organizacionales estratégicas de las partes interesadas, y debe incluirse una justificación de por qué quiere conseguirse ese objetivo. Algunos consejos para desarrollar los objetivos son:
  - **Ser breve al describir cada objetivo:** Deben leerse de manera rápida y ser claros, sin posibilidad de tener múltiples interpretaciones.
  - **No usar argot o acrónimos:** Se evitan las posibilidades de malentendidos y son cercanos a personas de todos los orígenes y experiencias.
  - **Ser SMART:**
    - S Specific (específico)
    - M Measurable (medible)
    - A Achievable (alcanzable)
    - R Realistic (realizables/realistas)
    - T Time related (ajustados al tiempo para que encaje dentro de la ejecución del proyecto)
- **Premisas y restricciones.** Las premisas describen los supuestos que apoyan el desarrollo del proyecto (factores que son considerados como verdaderos, reales o ciertos, aunque no están confirmados). Las restricciones hacen referencia a las limitaciones a la realización del mismo (generalmente, tiempo, coste y alcance, aunque pueden incluirse también calidad, riesgos y recursos).
- **Riesgos iniciales de alto nivel.** Los riesgos de un proyecto son aquellos peligros que pueden suceder en el desarrollo de las diferentes actividades que componen un trabajo. Aquí se identifican, evalúan y se planifica la respuesta e implementación y control de los riesgos relacionados con el proyecto. También puede incluirse un plan de mitigación de los riesgos. La gestión de riesgos ayuda a los que toman las decisiones a hacer elecciones informadas, a priorizar las acciones y a distinguir entre cursos de acción alternativos. Riesgos frecuentes son la corrupción del alcance, bajo desempeño, costes elevados, el tiempo, escasez de recursos, falta de comunicación, cambios operativos y falta de claridad.
- **Cronograma de hitos principales.** Un hito es un marcador en un proyecto, implica un cambio o una etapa en el desarrollo del mismo. Además, a diferencia de una tarea, tienen una fecha fija, pero no disponen de una duración. Los hitos simbolizan logros o momentos clave del proyecto, ya que son eventos y no actividades o tareas específicas. Aquí se presenta un calendario de las principales fechas del proyecto, incluyendo el inicio y finalización del proyecto y las fechas de los hitos clave.
- **Presupuesto estimado.** Se indica el presupuesto estimado que costará el proyecto. Pueden incluirse también los recursos económicos que se tienen disponibles, qué cantidad adicional podría utilizarse bajo circunstancias no previstas, etc.

- **Lista de interesados (stakeholders).** Listado de partes interesadas (ver Sección 1.5), identificando claramente a los *clientes directos* (aquel a quien se le venden los productos o servicios) y a los *clientes indirectos* (aquel que se beneficiará de los productos o servicios de la empresa, pero no los adquiere directamente de esta, sino a través de diferentes tipos de intermediarios). Identificar también su influencia dentro del proyecto.
- **Requisitos de aprobación del proyecto.** Debe incluirse en qué consiste el éxito del proyecto, quién decide si el proyecto tiene éxito y quién firma la aprobación del proyecto. En general, se considera que el proyecto es exitoso si cumple con el alcance definido, para lo cual es importante llevar a cabo la aprobación de las entregas del proyecto, no siendo posible afirmar que esto es así hasta que este punto se ha completado.
- **Personal y recursos preasignados.** Se definen, adquieren, controlan y desarrollan los recursos necesarios para lograr el resultado del proyecto. En recursos se incluye personas, experiencia, instalaciones, equipo, materiales, infraestructura, herramientas y otros activos requeridos para llevar a cabo las actividades de acuerdo a los objetivos. Se debe definir una estrategia para adquirir y utilizar los recursos para lograr el mejor desempeño del proyecto, optimizando la utilización de los recursos dadas las restricciones financieras y de tiempo, y su seguimiento continuo y control.
- **Aprobación y firmas.** La firma de los patrocinadores del proyecto, quienes autorizan el inicio del proyecto y se comprometen a proporcionar los recursos necesarios para su éxito.

### Referencias

- [1] Real Academia Española. <https://dle.rae.es/>.
- [2] Project Management Institut (PMI). *Project Management body of knowlegde (PMBOK)*. 6ª edición. 2017.
- [3] David I. Cleland, William Richard King et al. *Systems analysis and project management*. McGraw-Hill, 1975.
- [4] ISO 10006:2017 *Quality management — Guidelines for quality management in projects*. International Organization for Standardization, 2017.
- [5] A. González-Marcos, F. Alba-Elías y J. Ordieres Meré. *Ingeniería de proyectos*. DEXTRA, 2021.
- [6] Francisco Javier Martínez de Pisón Ascacíbar et al. “La oficina técnica y los proyectos industriales”. En: *Asociación Española de Ingeniería de Proyectos* (2002).
- [7] Ana María Nieto Morote y Francisco de Asís Ruz Vila. *Proyectos de Ingeniería*. <https://ocw.bib.upct.es/course/view.php?id=140&topic=3>. 2013.
- [8] Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales. Boletín Oficial del Estado, 1995.

---

## Tema 2

# Documentación técnica y legal del proyecto

---

### 2.1. Legislación y normativa

La realización de un proyecto industrial implica la necesidad de cumplir unas directrices de procedencia muy variada (organismos nacionales, regionales o internacionales), que están destinadas generalmente tanto a garantizar la seguridad de las instalaciones proyectadas, como a otros aspectos, tales como los medioambientales.

Las disposiciones legales de este tipo se dan en todos los países, pero España tiene algunas peculiaridades que hacen que la observación de estas reglas sea más complicada de lo que sería de desear: la dispersión de las administraciones (estatal, autonómica y local) y las dificultades de interpretación, que en muchas ocasiones llega a tener un marcado carácter personalista en función de los interlocutores correspondientes.

Debido a la abundancia y diversidad de la legislación aplicable a proyectos de instalaciones industriales, es complicado realizar una clasificación sistemática. No obstante, es posible realizar una clasificación atendiendo a los elementos más relevantes de un proyecto. Se pueden distinguir cinco grandes grupos [1]:

- **Medio ambiente.** Normativa genérica, contaminación atmosférica, aguas y efluentes, ciclo de vida, residuos sólidos y ruidos.
- **Instalaciones mecánicas.** Instalaciones de agua, calefacción, refrigeración, climatización, plantas frigoríficas, incendios, aparatos a presión, aparatos elevadores, combustibles, etc.
- **Instalaciones eléctricas.** Líneas de alta tensión, acometidas, centrales eléctricas, instalaciones de baja tensión, etc.
- **Infraestructuras y edificación.** Código técnico de la edificación y legislación complementaria, etc.
- **Seguridad y salud.** Riesgos en el trabajo.

Las Comunidades Autónomas han desplegado una gran actividad legislativa que, con frecuencia, **se sobrepone a la estatal con exigencias más detalladas o complementarias**. Las **administraciones locales** también poseen legislación a tener en cuenta. La legislación europea, en forma de directivas, es trasladada a la legislación estatal con **cierto retraso**, pero su conocimiento permite adelantarse a estas exigencias, mejorando la situación legal del proyecto de cara a un futuro próximo.

La mayor parte de la legislación aplicable a los **proyectos de instalaciones industriales** corresponde a los Ministerios de Industria [2] y Transición ecológica y Reto demográfico [3], aunque existen disposiciones aplicables en otros ministerios como Transportes y Movilidad sostenible [4], Trabajo y Economía [5], etc. Es conveniente, no obstante, que el ingeniero proyectista consulte previamente los criterios de aplicación de las distintas disposiciones con aquellos técnicos de la administración que tengan que ver con la supervisión, control y visto bueno del proyecto. Aunque, como ingenieros, estos aspectos legislativos parezcan ajenos, es necesario conocer su importancia, ya que si no se tratan adecuadamente pueden ocasionar graves trastornos en el desarrollo normal del proyecto y, muy especialmente, en la ejecución.

*Como soy ingeniero, no quiero saber nada de leyes, legislación, normativa ni administraciones públicas.*

*Como soy ingeniero, no tengo más remedio que saber de leyes, legislación, normativa y administraciones públicas, y cuanto más, ¡mejor!*

### 2.1.1. Administraciones públicas

El **Tratado de la Unión Europea**, también conocido como Tratado de Lisboa, es uno de los tratados fundamentales que establecen la **estructura y el funcionamiento de la Unión Europea (UE)**. Fue firmado en Lisboa, Portugal, el 13 de diciembre de 2007 y entró en vigor el 1 de diciembre de 2009. Este tratado establece que las instituciones de la UE son [6]:

- **Parlamento Europeo:** Representa a los ciudadanos europeos y desempeña un papel en la legislación, el control democrático y el presupuesto. Es elegido por sufragio directo cada 5 años.
- **Consejo Europeo:** Reúne a los líderes de los Estados miembros y establece las orientaciones políticas generales de la UE.
- **Comisión Europea:** Es el órgano ejecutivo de la UE y propone legislación, gestiona políticas y ejecuta decisiones. Representa los intereses de la UE en su conjunto.
- **Consejo de la Unión Europea:** Reúne a ministros de los Estados miembros para adoptar leyes y coordinar políticas. Aprueba la legislación junto con el Parlamento.
- **Tribunal de Justicia de la Unión Europea:** Garantiza la interpretación y aplicación uniforme del derecho de la UE.
- **Banco Central Europeo:** Responsable de la política monetaria en la zona euro.

Los tipos de normativa desarrollados por la UE son:

- **Reglamento.** Tiene carácter de norma, es obligatorio en todos sus elementos y de obligado cumplimiento en todos los estados.
- **Directiva.** Presenta unos objetivos a lograr, sin especificar los medios. Es de obligado cumplimiento en los estados a los que va dirigida, aunque cada estado establece su norma.
- **Decisión.** Sirve para legislar casos particulares, por lo que sus destinatarios son individuales. Es obligatoria en todos sus elementos.
- **Recomendación y Dictamen.** Son instrumentos no vinculantes utilizados para transmitir orientaciones o evaluaciones. Una recomendación sugiere acciones o políticas (invitación para una actuación), mientras que un dictamen proporciona una opinión o evaluación sobre una situación específica. Ambos instrumentos tienen un efecto político y pueden influir en las decisiones de los Estados miembros, pero no crean obligaciones legales en sí mismos.

A nivel nacional, la Constitución Española [7] separa los poderes nacionales en tres:

- **Poder legislativo.** Se encargan de legislar, lo constituyen las Cortes Generales, siendo en el caso español un sistema bicameral (Congreso y Senado). El Congreso es el que inicia el procedimiento legislativo, debatiendo y redactando las leyes, mientras que el Senado no puede proponer leyes, sino revisarlas y proponer cambios.
- **Poder ejecutivo.** Se encargan de hacer cumplir las leyes aprobadas por el poder legislativo (gobiernos).
- **Poder judicial.** Se encargan de administrar la justicia (jueces y juzgados).

Hay que tener en cuenta que no todas las legislaciones nacionales tienen la misma categoría. En una primera aproximación, se puede clasificar la legislación nacional en cuatro categorías que, de mayor a menor importancia, quedan de la siguiente manera [1]:

- **Ley.** Aprobada por las cortes y sancionada y promulgada por el Rey. Es una norma donde se manda o prohíbe algo, que emana del poder legislativo. Entre sus características destacan las siguientes:

- **Obligatoriedad:** una parte manda y otra obedece. En caso de no obedecer, hay sanción.
- **Permanencia:** indefinido hasta derogación.
- **Abstracta e impersonal:** generalidad.
- **Se reputa conocida.**

Debe destacarse también que en España existen **leyes orgánicas** y **leyes ordinarias**. Las primeras se utilizan para regular materias que están especialmente protegidas por la Constitución Española, incluyendo derechos fundamentales, la estructura de las instituciones del Estado, el funcionamiento de las Cortes Generales, las elecciones, el poder judicial, las autonomías. . . . En general, se refieren a aspectos fundamentales de la organización política y social del país, y se aprueban mediante **mayoría absoluta** (al menos la mitad más uno de los miembros presentes en ambas cámaras debe votar a favor<sup>1</sup>). Las leyes ordinarias se utilizan para regular todas las demás materias no protegidas por la Constitución, como regulaciones económicas, sociales, culturales, medioambientales y otros asuntos de interés general; se aprueban mediante **mayoría simple** (más diputados/senadores deben votar a favor que en contra, sin necesidad de alcanzar una mayoría absoluta<sup>2</sup>).

- **Real Decreto.** Aprobado por el Gobierno y promulgado por el Rey (a esta categoría pertenecen los **reglamentos**). Aún subsisten algunos documentos anteriores a la monarquía que son decretos. No puede regular determinadas materias que solo pueden ser reguladas por leyes, según establece la Constitución. Tienen carácter obligatorio.
- **Orden Ministerial.** Firmada por el Ministro, es una norma que emana de cualquiera de los Ministros del Gobierno, a nivel individual: las dictan los ministros en los asuntos propios de su departamento y las comisiones delegadas del Gobierno.
- **Resolución.** Es la disposición de menor rango. Se trata de una disposición administrativa que puede ser de carácter general o específico y dictada por algún órgano de la administración. Tienen un carácter más ejecutivo que normativo (convocatoria de concursos, homologación de materiales, etc.).

Se quiere destacar también que las disposiciones legales se estructuran en dos partes:

- **Expositiva.** Expresa los argumentos legales, sociales, económicos, etc., que amparan y justifican la norma que se cita.
- **Dispositiva.** Desarrolla la norma legal en forma de articulado, estableciendo, por tanto, los conceptos de obligatorio cumplimiento.

### 2.1.2. Disposiciones técnicas

Existen numerosas disposiciones técnicas aplicables a los proyectos, obligatorias o no. Se pueden agrupar de la manera siguiente:

- **Reglamentos.** Constituyen la normativa técnica por excelencia, en lo que a redacción de proyectos se refiere. Es una colección ordenada de preceptos que, por autoridad competente, se da para la ejecución de una ley o para el régimen de una corporación, una dependencia o un servicio. En el campo técnico es obvio que los preceptos y especificaciones que contengan los reglamentos serán de carácter técnico. Son de obligado cumplimiento, ya que tienen rango de norma jurídica y desarrollan o complementan leyes.
- **Instrucciones.** Los Reglamentos pueden incorporar, para un mayor detalle técnico y en forma de guía de aplicación, una serie de instrucciones técnicas complementarias (ITC), que se considera que constituyen las guías que se han de observar para conseguir el nivel de seguridad factible con el estado de la técnica en un momento dado. Junto a los reglamentos, constituyen la normativa técnica por excelencia, en lo que a redacción de proyectos se refiere. Son de obligado cumplimiento si están aprobadas por una norma jurídica, como un Real Decreto.

<sup>1</sup>Si hay 50 diputados/senadores, debe haber 25 que voten a favor; si hay 51, debería haber 26 a favor.

<sup>2</sup>Siguiendo el caso anterior, si hay 50 diputados/senadores, se aprobaría la ley si 20 están a favor, 15 en contra y hay 15 abstenciones.

- **Pliegos de prescripciones técnicas generales.** Se refiere a un conjunto de especificaciones y requisitos técnicos que se establecen para guiar la ejecución de un proyecto, la adquisición de bienes o servicios, o cualquier otro tipo de actividad que requiera cierto nivel de estándares técnicos. Pretenden, por una parte, simplificar la labor del proyectista en la redacción de sus pliegos de condiciones (específicamente, el pliego de prescripciones técnicas particulares) y, por otra, conseguir una mejor calidad en las obras y una homogenización de las exigencias a los contratistas. Son de obligado cumplimiento para los contratistas y proveedores que participen en licitaciones públicas de proyectos competencia de la administración que los haya publicado, ya que forman parte del contrato administrativo. En [8] se pueden ver ejemplos de pliegos de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes y para obras de conservación de carreteras.
- **Normas Técnicas.** Es la especificación técnica de aplicación repetitiva o continuada, cuya observancia no es obligatoria, establecida con participación de todas las partes interesadas, que aprueba un organismo reconocido, a escala nacional o internacional, por su actividad normativa. Por tanto, se elaboran por consenso de fabricantes, usuarios, asociaciones... basándose en resultados de la experiencia y quedan aprobadas por algún organismo de normalización (nacional, europeo o internacional). **No son obligatorias por sí mismas**, a menos que:
  - Una ley o reglamento las incorpore expresamente como de obligado cumplimiento.
  - Se apliquen en contratos públicos o privados donde las partes hayan acordado su uso.

Se entra en más detalle en la Sección 2.1.3.

- **Recomendaciones.** Publicaciones nacidas de la experiencia de ciertos órganos de la administración, en cuanto a redacción de proyectos se refiere. Su finalidad es orientar, tanto al funcionario como al profesional que haya contratado la elaboración de un determinado proyecto con la administración. Tienen todas las características de la instrucción (menos su carácter obligatorio).
- **Colecciones oficiales.** Presentan al técnico una gama de soluciones para definir un determinado proyecto. No son obligatorias por sí mismas, pero pueden ser referenciadas en normas jurídicas o contratos, lo que las convierte en obligatorias en ese contexto.

### 2.1.3. Normalización

La **normalización** es un compromiso plasmado en un documento técnico, mediante el cual fabricantes, usuarios y administración, acuerdan las características técnicas que deberá reunir un producto o servicio. De ese modo, las empresas, las instituciones, los estados y organismos nacionales e internacionales son los responsables del establecimiento de normas referentes a distintos aspectos de la actividad humana. Según su carácter, estos documentos pueden ser de obligado cumplimiento o, simplemente, de uso recomendado. Por tanto, los objetivos de la normalización son los siguientes [1] (Figura 2.1):

- **Simplificación.** Consiste en reducir a un mínimo compatible con la aptitud de empleo, las operaciones, movimientos, variedades de productos y materiales inútiles. Con la simplificación se obtiene la economía de materias primas y de tiempo, permitiendo la fabricación de grandes series y favoreciendo la catalogación. En resumen, se busca encontrar lo más adecuado a cada situación.
- **Tipificación/Unificación.** Consiste en adoptar soluciones tipo, eliminando las variedades o los modelos superfluos y seleccionando aquellos que posean las mejores características respecto de la aptitud de empleo y fabricación. La tipificación posibilita el intercambio de elementos y conjuntos y, con ello, la fabricación de grandes series y la posibilidad de disponer de recambios.
- **Definición.** Consiste en precisar, prescribir o especificar las características de los materiales, productos, procesos y servicios. Al definir se establece la garantía de calidad por identificación de las características exigidas, eliminando toda indeterminación.

La unión de estos tres objetivos trae como consecuencia un producto de serie intercambiable, de calidad garantizada y de menor coste.

La normalización constituye uno de los parámetros esenciales del desarrollo económico de un país y, por ello, deben ser actualizadas continuamente de acuerdo con el desarrollo socio-económico. Aun siendo necesaria la normalización, son numerosas las cuestiones que surgen en torno a esta actividad, tales como [9]:



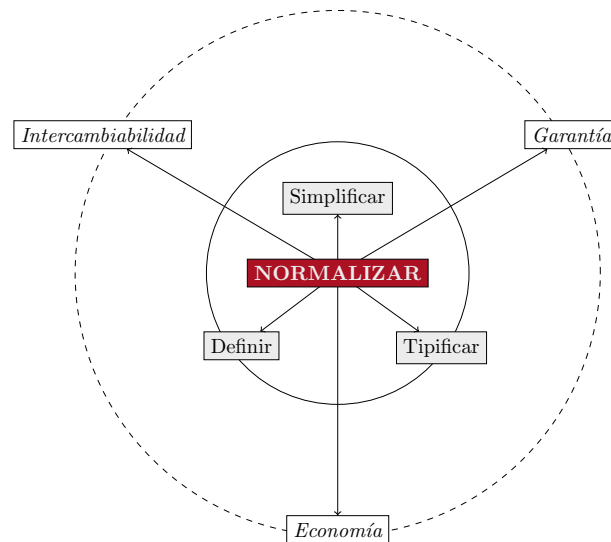


Figura 2.1: Aseguramiento de la calidad debido a la normalización

- Hasta qué punto se debe normalizar un producto o un proceso, con qué flexibilidad, adaptabilidad, si ha de ser modificable, en qué ámbito...
- Cuál es el sentido de elaboración de una norma: ha de ser de abajo hacia arriba (es decir, que primero normalicen las empresas, después las instituciones y por último los estados y los órganos internacionales), o viceversa.
- Con qué nivel de exigencia: debe ser obligatoria que en caso de incumplimiento conlleve una sanción, o sencillamente recomendatoria.
- Hasta qué punto es importante que exista una homogeneidad de normas en los diferentes ámbitos geográficos: ¿no es mejor que, al menos para ciertos temas, cada territorio tenga sus propias normas?
- ¿No es verdad que una normalización excesiva o inadecuada acota el desarrollo creativo de los profesionales y de las empresas?

Las normas son documentos técnicos con las siguientes características:

- Contienen especificaciones técnicas de **aplicación voluntaria** (no como orden, reglamento, decreto..., que son de obligado cumplimiento).
- Son elaboradas por consenso de las partes interesadas, como fabricantes, administraciones, usuarios y consumidores, centros de investigación y laboratorios, asociaciones, colegios profesionales, etc.
- Están basadas en los resultados de la experiencia y el desarrollo tecnológico.
- Son aprobadas por un organismo nacional, regional o internacional de normalización reconocido.
- Están disponibles al público.

Los **organismos de normalización** son aquellas asociaciones responsables de regular la actividad normalizadora en su país y coordinarla a nivel internacional y regional. Destacan los siguientes:

AENOR Asociación española de normalización y certificación

ISO International organization for standarization

CEN Comité europeo de normalización

CENELEC Comité europeo de normalización electrotécnica

CEI Comité electrotécnico internacional

ETSI Instituto europeo de normalización de las telecomunicaciones

La **certificación** es la acción llevada a cabo por una entidad reconocida como independiente de las partes interesadas, mediante la que se manifiesta que se dispone de la confianza adecuada en que un producto, proceso o servicio debidamente identificado, es conforme con una norma u otro documento normativo especificado.

### 2.1.4. Reglamentos de seguridad industrial

#### Legislación nacional

Los reglamentos de seguridad industrial establecen:

- Las **condiciones técnicas o requisitos de seguridad** que, según su objeto, deben reunir las instalaciones, los equipos, los procesos, los productos industriales y su utilización, así como los procedimientos técnicos de evaluación de la conformidad con las referidas condiciones o requisitos.
- Las medidas que los titulares deban adoptar para la **prevención, limitación y cobertura de los riesgos** derivados de la actividad de las instalaciones o de la utilización de los productos.
- Las **condiciones de equipamiento, los medios y capacidad técnica** y, en su caso, las autorizaciones exigidas a las personas y empresas que intervengan en el proyecto, dirección de obra, ejecución, montaje, conservación y mantenimiento de instalaciones y productos industriales.
- Las instalaciones, equipos y productos industriales deberán estar contruidos o fabricados de acuerdo con lo que prevea la correspondiente reglamentación, que podrá establecer la obligación de comprobar su funcionamiento y estado de conservación o mantenimiento mediante inspecciones periódicas.
- Los reglamentos de seguridad podrán **condicionar el funcionamiento** de determinadas instalaciones y la utilización de determinados productos a que se acredite el cumplimiento de las normas reglamentarias, en los términos que las mismas establezcan.

El cumplimiento de las exigencias reglamentarias en materia de seguridad industrial, sin perjuicio del control por la administración pública, se probará por alguno de los siguientes medios, de acuerdo con lo que establezcan los reglamentos que resulten aplicables:

- Declaración del titular de las instalaciones y, en su caso, del fabricante, su representante, distribuidor o importador del producto.
- Certificación o acta de organismo de control, instalador o conservador autorizados o técnico facultativo competente.
- Cualquier otro medio previsto en el derecho comunitario.

Dicha prueba podrá servir de base para las actuaciones de la administración competente previstas en los correspondientes reglamentos.

La seguridad industrial no acaba con la puesta en servicio de las instalaciones y equipos, sino que exige que estos requisitos de seguridad **se mantengan durante toda su vida útil**, para lo cual los titulares deben acometer una labor preventiva basada en la realización de una adecuada conservación o mantenimiento de estas instalaciones y equipos, en general, con la participación de empresas instaladoras. Además, existe la obligatoriedad de comprobar el funcionamiento y estado de conservación o mantenimiento de las instalaciones y equipos mediante la **realización de inspecciones periódicas** que acrediten que continúan cumpliendo los requisitos de seguridad exigibles en materia de seguridad industrial.

A nivel nacional, destacan los siguientes reglamentos de seguridad industrial:

RD2291/1985 Reglamento de aparatos de elevación y manutención de los mismos

RD1027/2007 Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios

RD1890/2008 Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior

RD0223/2008 Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión

RD0842/2002 Reglamento electrotécnico para baja tensión

RD0337/2014 Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión

RD0919/2006 Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos

RD0552/2019 Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias

RD0379/2001 Reglamento de almacenamiento de productos químicos

RD1942/1993 Reglamento de instalaciones de protección contra incendios

RD2267/2004 Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales

RD0809/2021 Reglamento de equipos a presión

### Directivas europeas

Recuérdese que una **directiva** presenta unos objetivos a lograr, sin especificar los medios (ver Sección 2.1.1). Dado que uno de los pilares básicos de la Unión Europea es la libre circulación de mercancías, es necesario que existan normativas comunes aplicables a los productos industriales entre los Estados Miembros. Para ello, aparecieron las **Políticas de Nuevo Enfoque**, que establecen [10]:

- Una **armonización legislativa** de lo que se exige que cumpla cada producto, conocido como *Requisitos Esenciales*, en defensa de la seguridad, salud e intereses económicos de los consumidores.
- La creación de un **entorno técnico común** que permita la confianza mutua entre los Estados Miembros, de modo que los ensayos y certificados realizados en cualquiera de ellos tenga la misma validez legal.

Algunas de las directivas de nuevo enfoque relacionadas con la seguridad industrial son las siguientes [11]:

2014/35/UE Baja tensión

2014/29/UE Recipientes a presión simples

2014/30/UE Compatibilidad electromagnética

89/686/CEE Equipos de protección individual

2009/142/CE Aparatos de gas

92/42/CEE Calderas nuevas de agua caliente alimentadas con combustibles líquidos y gaseosos

2014/28/UE Puesta en el mercado y el control de los explosivos con fines civiles

2014/34/UE Aparatos y sistemas de protección para Uso en atmósferas potencialmente explosivas

2014/33/UE Ascensores

2014/68/UE Equipos a presión

2006/42/CE Máquinas

2014/53/EU Equipos radioeléctricos

...

### 2.1.5. Leyes sectoriales

La normativa sectorial regula de manera específica el ámbito material de ejercicio de competencias de cada departamento. En el ámbito industrial, destacan las siguientes:

- **Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del sector eléctrico.** Regula las actividades destinadas al suministro de energía eléctrica, consistentes en su generación, transporte, distribución, servicios de recarga energética, comercialización e intercambios intracomunitarios e internacionales, así como la gestión económica y técnica del sistema eléctrico [12].
- **Ley 34/1998, de 7 de octubre, del sector de hidrocarburos.** Regula el régimen jurídico de las actividades relativas a los hidrocarburos líquidos y gaseosos [13].

### 2.2. Organización de la documentación

**Definición 2.1** *Un proyecto es una serie de documentos que definen la obra, de 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 esta definición cabe destacar dos aspectos: el proyecto está formado por una serie o **conjunto de documentos** y estos deben ser **inteligibles e interpretables por otros técnicos** y, en general, por todas las personas interesadas en el proyecto. Una documentación completa, 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 del proyecto por defectos formales. Además, en los proyectos para la Administración 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 [9, 14].

Hay dos aspectos que son fundamentales para obtener un proyecto legible y coherente:

- Una estructura 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, sobre la estructura y ordenación de los documentos.

Se pueden distinguir dos tipos de proyectos en función de la estructuración definitiva del mismo y de quién lo encarga o de su fin último. Son los siguientes [14]:

- **Proyectos de utilidad pública.** Están promovidos por la Administración y tienen, en general, una estructura rígida, definida por el **pliego de condiciones estipulado en las bases iniciales del correspondiente concurso o subasta**. Tienen predefinidos los documentos que debe contener, los modelos de impresión 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 propuestos por los Ministerios técnicos o las Administraciones Locales relacionados con el urbanismo, las obras públicas, las explotaciones agrarias, etc.
- **Proyectos de iniciativa privada.** Tienen como característica principal la de que tienden a la **funcionalidad**. Dan mayor libertad al proyectista, que procura sintetizar al máximo el contenido del proyecto 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. También es usual incluir los anexos de cálculos 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.

Según el Decreto de 19 de octubre de 1961 sobre “Tarifas de honorarios de ingenieros en trabajos particulares” [15], un proyecto debe incluir los siguientes documentos:

- Memoria
- Planos
- Pliego de condiciones
- Presupuesto

Sin embargo, en la norma UNE 157001:2014 sobre “Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico” [16], los proyectos deben contener siete documentos:

- Índice
- Memoria
- Anexos de la memoria
- Planos
- Pliego de condiciones
- Mediciones
- Presupuesto

En esta asignatura se va a trabajar con la documentación incluida en esta norma. En la Figura 2.2 se muestra la estructura general del proyecto y una recomendación sobre redacción, maquetación y prioridad entre los diferentes documentos.

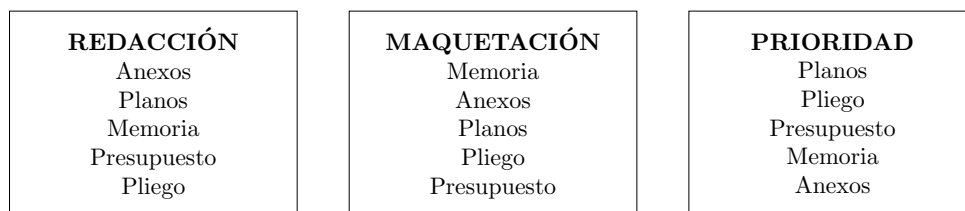


Figura 2.2: Estructura general del proyecto

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 anexos de cálculo), por lo que son una guía sencilla y eficaz para el proyectista, cualquiera que sea el trabajo que esté llevando a cabo [14]:

1. Ordenar de lo general a lo particular.
2. Dado que los documentos del proyecto sirven de base para la realización de la obra, la ordenación interna de cada uno debe amoldarse a la señalada para la planificación de los trabajos. Es excepción la ordenación de cada Anexo de cálculo, que debe organizarse siguiendo el mismo camino que el utilizado por el calculista.
3. Cada documento debe ser completo en sí mismo.
4. Cada documento se dividirá, al menos, en tantas partes o capítulos como contratistas o suministradores distintos se prevea que han de ejecutar los trabajos. Cada una de estas partes deberá tener sentido en sí misma y en relación con el conjunto.
5. Clasificación decimal (es decir, los diferentes documentos se enumeran siguiendo un código decimal).

### 2.3. Aspectos generales

La norma UNE 157001:2014 [16] es la norma de referencia para **establecer una garantía** para los interesados del proyecto (Figura 2.3) de que un proyecto, destinado a la materialización de su objeto (o a su autorización o registro administrativo), es adecuado al uso al que está destinado. Esta norma tiene por objeto establecer las consideraciones generales que permitan precisar las características que deben satisfacer los proyectos para la **definición técnica** de:

- Productos
- Obras
- Edificios (excluidas viviendas)
- Instalaciones (incluidas instalaciones de viviendas)
- Servicios
- Software

para que sean conformes al fin al que están destinados.

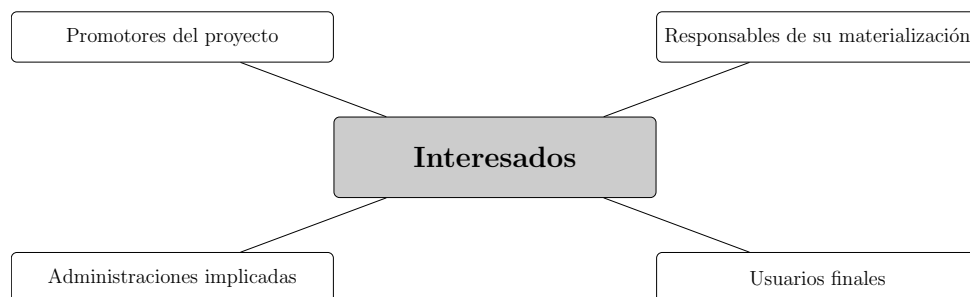


Figura 2.3: Interesados del proyecto

#### 2.3.1. Presentación

Siguiendo la norma UNE 157001:2014 [16], las normas de presentación son:

- Se **ordenarán** los documentos del proyecto ("Índice", "Memoria", etc.) según lo requerido por la **tipología del proyecto**, pudiendo agruparse en distintos volúmenes.
- En función de la **normativa legal aplicable**, a criterio del proyectista o dependiendo del tipo de proyecto, cabe la posibilidad de no incluir la totalidad de los mismos o de añadir otros.
- Cada uno de los documentos del proyecto se puede **descomponer en otros documentos**. Se estructurarán en capítulos y apartados y numerados de acuerdo con lo indicado en la norma UNE 50132:1994 [17].
- En todas las páginas del proyecto **debe figurar el título, código o referencia de identificación, tipo de documento** ("Índice", "Memoria", "Anexos", etc.), **número de página, número total de páginas** y, si el proyecto dispone de varios volúmenes, en cada uno de ellos se debe incluir, además, su **título y número de volumen**.

Además de esto, el proyecto **debe iniciarse con la siguiente información**:

- El **título** del proyecto y su **código** o referencia de identificación.
- El **nombre del organismo** u organismos a los que se dirige el proyecto.
- El **nombre, apellidos y documento de identidad del promotor del proyecto**, ya sea en nombre propio o en representación de otra persona física o jurídica.
- Si el proyecto contempla un **emplazamiento geográfico** concreto, se definirá dicho emplazamiento (dirección y población) y, si procede, sus coordenadas UTM.

- El nombre de la **organización, razón social o persona jurídica que ha recibido el encargo** de elaborar el proyecto, así como su C.I.F., dirección, teléfono, fax, correo electrónico.
- El nombre y apellidos del **proyectista**, su titulación, y, en su caso, colegio o entidad a la que pertenece, DNI, domicilio profesional, teléfono, fax, correo electrónico.

### 2.3.2. Redacción

Según la norma UNE 157001:2014 [16], las normas de redacción son:

- Cada documento será redactado de forma que pueda ser **interpretado correctamente** por personas distintas de las que lo han escrito (por supuesto, siempre que tengan los conocimientos necesarios).
- Se redactará con un **lenguaje claro, preciso**, libre de vaguedades y términos ambiguos, **coherente con la terminología** empleada en los diferentes capítulos y apartados.
- Si se usan **acrónimos o abreviaturas**, la primera vez que se escriban, se indicará entre paréntesis la palabra o texto completo que reemplaza.
- El uso del **tiempo presente o futuro indica requisitos obligatorios**. Es decir, si en un documento se especifica que algo se debe hacer, se expresará en ese tiempo. Por ejemplo: “se construye”/“se construirá”, “se comprueba”/“se comprobará”, etc.
- El uso del **tiempo condicional o subjuntivo indica propuestas no obligatorias**. Por ejemplo: “se podría construir”, etc.

### 2.3.3. Orden de prioridad

Hasta la aparición de la norma UNE 157001:2014, los cuatro documentos principales (memoria, planos, pliego de condiciones y presupuesto), no tenían la misma fuerza de obligar legalmente, ya que, aunque todos eran informativos, los **planos**, el **pliego de condiciones** y el apartado “**cuadro de precios**” del **presupuesto** eran vinculantes<sup>3</sup> y, en caso de discrepancia entre los distintos documentos, su información prevalecía sobre el resto.

La norma UNE 157001:2014 establece, en su apartado 1.10 [16], el siguiente **orden de prioridad** ante discrepancias o incompatibilidades, siempre y cuando no se especifique otro orden de prioridad dentro del capítulo 10 “Orden de prioridad entre los documentos” de la memoria del proyecto:

1. Planos
2. Pliego de condiciones
3. Presupuesto
4. Memoria

Además, en función del tipo de proyecto, se debe adaptar el orden y los documentos según se establece en la legislación específica aplicable.

## 2.4. Documentos básicos

En este apartado se van a describir y definir todos los documentos especificados según la UNE 157001:2014 [16].

### 2.4.1. Índice

Tiene como misión la **localización fácil de los distintos contenidos del proyecto** y contendrá todos y cada uno de los índices de los diferentes documentos básicos del proyecto; puede haber un índice general, donde se muestre dónde comienza cada documento (Figura 2.4) y luego un índice particular en cada documento (Figura 2.5). Además, cuando el proyecto disponga de diferentes volúmenes, cada uno de ellos debe contener su índice específico, mientras que el documento principal debe disponer adicionalmente de una relación de los títulos y numeración del resto de los volúmenes. El índice debe contener el **título y número de página** de todos los documentos del proyecto, siguiendo la UNE 50132:1994 [17].

<sup>3</sup>Un documento es vinculante cuando la persona que lo firma es responsable del mismo. En caso de error u accidente debido a ese documento, el autor es responsable civil y penal.

### ÍNDICE DE DOCUMENTOS

Memoria	1
Anexos a la memoria	49
Planos	435
Pliego de condiciones	555
Mediciones	611
Presupuesto	671

Figura 2.4: Índice general de documentos

### ÍNDICE

Objeto	1
Alcance	1
Antecedentes	1
Normas y referencias	2
Definiciones y abreviaturas	4
Requisitos de diseño	4
...	

Figura 2.5: Índice del documento “Memoria”

#### 2.4.2. Memoria

Debe servir como **nexo de unión de todos los documentos del proyecto**. Tiene como misión justificar las soluciones adoptadas, su adecuación a la normativa legal aplicable y, conjuntamente con los planos y el pliego de condiciones, debe describir de forma unívoca el objeto del proyecto. Es un documento **vinculante** y, por tanto, tiene **fuerza legal**. También suele hacer referencia a los estudios de viabilidad económica, planes de ejecución, instalación, puesta en marcha y explotación, aunque estos se desarrollen con más detalle en los **anexos** a la memoria. Además, debe ser claramente comprensible, no solo por los profesionales especialistas, sino también por el **cliente**, de forma que claramente se muestren:

- Los objetivos del proyecto
- Las alternativas estudiadas
- Las ventajas e inconvenientes de cada una de ellas
- Las razones que han conducido a la solución elegida

Dispondrá de los **capítulos y apartados precisos** en función de las divisiones que sean necesarias para una buena exposición del proyecto. Es el documento en el que se describe el proyecto, por lo que se debe evitar que presente los cálculos, si no que muestre únicamente los resultados. Únicamente se recomienda que englobe los **cálculos** en los casos en que la cuantía de los mismos, por las características del proyecto, **no aconseje incluirlos en un documento aparte** (anexo). De manera similar, no se debe extender en **consideraciones técnicas**. Debe responder a las siguientes preguntas:

- **¿De qué trata este proyecto?** Descripción introductoria del proyecto a realizar.
- **¿Quién lo ha encargado y por qué?** Descripción de la causa de la necesidad a atender o solucionar y donde se destacan también los nombres de los peticionarios.
- **¿Para qué?** Se indican las necesidades que el proyecto va a atender o solucionar.
- **¿Dónde se realiza?** Localización y/o ámbito y alcance del proyecto.
- **¿Cómo se desarrolla?** Forma de resolución en sus aspectos teórico y práctico.
- **¿Cuándo se realiza?** Programa de realización.



De aquí, se deduce que en la memoria se describe la idea concreta del proyecto, presentando los antecedentes (conclusiones de estudios y trabajos ya existentes), la solución adoptada (definida de manera cualitativa y cuantitativa), cómo ha de llevarse a cabo (especificado mediante un calendario de actividades, diagrama de Gantt, flujograma...), así como algunos aspectos económicos importantes, como la inversión total necesaria para la realización de la obra. Desde la memoria se puede hacer referencia al resto de documentos, como planos o anexos, para destacar detalles y pormenores que aparecen detallados en ellos. En general, 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 desfavorablemente en la calidad final del objeto proyectado. Por ello, conviene iniciar cualquier proyecto redactando el índice de la memoria y el de sus anexos, aunque la organización de los trabajos no coincida en el tiempo y en la subordinación al especificado en los índices [14]. Debe ir **firmado** por el proyectista.

Según la norma UNE 157001:2014 [16], los apartados en los que se descompone la memoria del proyecto, siguiendo número, título y contenido, son los siguientes:

1. **Objeto:** Indica los objetivos finales del proyecto y su justificación. Debe responder a las preguntas **¿por qué?** y/o **¿para qué?** se realiza el proyecto. Debe constituir una breve, pero completa, **explicación del conjunto de aplicaciones** a las que se dedica el proyecto. En otras palabras, una meta hacia la cual se debe dirigir el trabajo, una posición estratégica que se quiere lograr, un fin que se desea alcanzar, un resultado a obtener, un producto a producir o un servicio a prestar, incluyendo su justificación. Deben indicarse las necesidades que el proyecto viene a cumplir. En concreto, justificaciones del tipo económico-funcional, principalmente, derivadas de algunos de los conceptos siguientes:

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

2. **Alcance:** Indica el ámbito de aplicación del proyecto. Engloba todo el trabajo que debe realizarse para conseguir el objeto del proyecto (ya sea un producto, servicio o resultado), con las características y funciones especificadas.

Una herramienta habitual para definir el alcance es la **estructura de descomposición del trabajo (EDT)**. Esta técnica consiste en descomponer el proyecto en actividades y tareas organizadas jerárquicamente en forma de árbol (Figura 2.6). Cada rama se divide en niveles de mayor detalle hasta alcanzar los denominados **paquetes de trabajo**<sup>4</sup>. Esta descomposición funcional tiene varias finalidades: reduce sistemáticamente la complejidad del proyecto, facilita su análisis y permite identificar los puntos más críticos, obligando a definirlos adecuadamente. Además, proporciona una visión global del proyecto, lo que resulta de gran utilidad en fases posteriores y permite una asignación clara de responsabilidades. Una vez definida la EDT, será más fácil decidir sobre los recursos necesarios y estimar tanto el coste como el tiempo requerido para su ejecución (ver Tema 3). Considerando el proyecto como un sistema, se descompone en subsistemas, y a su vez, estos en unidades menores, hasta alcanzar el nivel de detalle deseado. Para que los paquetes de trabajo puedan ser considerados como tales, deben reunir las siguientes características [18]:

- Representan una subdivisión natural del trabajo total del proyecto.
- Su alcance y contenido es único y no está duplicado.
- Pueden ser desarrollados por una persona u organización con plena responsabilidad.
- Deben ejecutarse en un período de tiempo determinado, con fechas programadas de inicio y fin.
- Deben poder ser presupuestados, ya sea en unidades monetarias, horas de trabajo u otras unidades medibles.

<sup>4</sup>Partes del proyecto que pueden ser desarrolladas por una persona, equipo u organización con plena responsabilidad sobre las mismas.

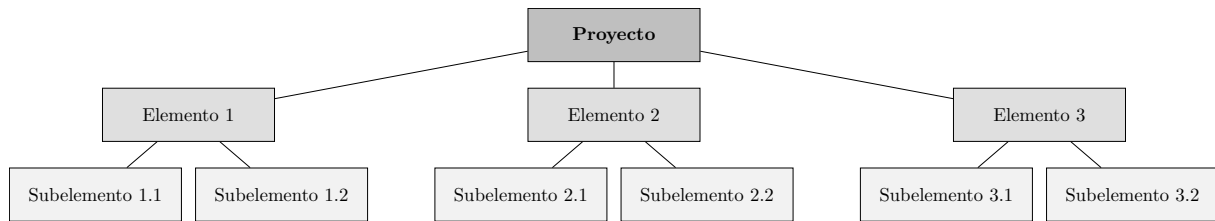


Figura 2.6: Estructura de descomposición del trabajo

También es importante fijar una serie de **entregables**. Los entregables son los resultados concretos y tangibles que se deben producir y entregar como parte del proyecto, y deben ser claramente definidos y acordados desde el inicio del mismo, estableciendo las características, calidad, cronograma y los criterios de aceptación para cada uno. Esto garantiza que el equipo del proyecto y los interesados tengan una comprensión común de lo que se espera entregar y facilita la medición del progreso y éxito del proyecto. Los entregables pueden ser productos, servicios o documentos específicos que cumplen con los objetivos y requisitos establecidos en la definición del proyecto. Dependiendo del tipo de proyecto y la industria en la que se encuentre, algunos ejemplos de entregables son:

- **Documentos:** Informes, planes, manuales, especificaciones técnicas, propuestas, análisis de viabilidad, estudios de mercado, políticas y procedimientos, etc.
- **Productos:** Software, aplicaciones móviles, prototipos, hardware, dispositivos electrónicos, estructuras físicas, maquinaria, productos manufacturados, etc.
- **Servicios:** Implementación de sistemas, configuraciones, instalaciones, mantenimiento, soporte técnico, consultoría, capacitación, etc.
- **Resultados:** Investigaciones, descubrimientos científicos, desarrollos tecnológicos, patentes, publicaciones, conclusiones, recomendaciones, decisiones estratégicas, etc.

**Ejercicio 2.1** Una empresa del sector energético con una trayectoria de 15 años en el mercado ha aceptado realizar un proyecto cuyo objetivo es diseñar, instalar y poner en funcionamiento un sistema de energía solar fotovoltaica de 30 kW para reducir el consumo eléctrico de una planta industrial.

Es necesario que el proyecto incluya:

- **Informe de viabilidad:** Documento que detalla el análisis de viabilidad técnica y económica del proyecto
- **Diseño del sistema:** Planos y especificaciones técnicas del sistema fotovoltaico, incluyendo el diseño eléctrico y estructural
- **Permisos y licencias:** Obtención de todos los permisos y licencias necesarias para la instalación del sistema
- **Componentes del sistema:** Paneles solares, inversores, estructuras de montaje, cableado, sistemas de monitorización y otros componentes necesarios
- **Instalación del sistema:** Montaje e instalación de todos los componentes del sistema fotovoltaico
- **Pruebas:** Pruebas de funcionamiento y puesta en marcha del sistema
- **Manual de operación y mantenimiento:** Documentación detallada para la operación y mantenimiento del sistema
- **Formación del personal:** Formación del personal de la planta en la operación y mantenimiento del sistema fotovoltaico

Sabiendo los entregables del proyecto, se pide crear la estructura de descomposición del trabajo.

3. **Antecedentes:** Indica los condicionantes de partida (lugar, obra, instalación, infraestructura, actividad, si dispone de permisos o legalizaciones previas, cuando se trata de una ampliación, rehabilitación o reforma, cuando constituye un cambio de actividad o uso, etc.). En general, se incluyen todos aquellos aspectos necesarios para la comprensión de las alternativas estudiadas y de la solución final adoptada. También se suele hablar de la empresa o instalación industrial para la que se realiza el proyecto, así como de las tecnologías y/o procesos implicados.

4. **Normas y referencias:** Se indica una relación de los documentos utilizados en la **propia memoria**, incluyéndolos en los siguientes apartados:
  - a) **Disposiciones legales y normas aplicadas.** Se contemplan las disposiciones legales (leyes, reglamentos, ordenanzas, etc.) y normas de obligado cumplimiento que se han tenido en cuenta para la realización del proyecto.
  - b) **Programas de cálculo.** Se describen los programas, modelos u otras herramientas utilizadas en el desarrollo de los cálculos del proyecto.
  - c) **Plan de gestión de la calidad aplicado en el proyecto.** Se enunciarán todos los procesos específicos utilizados para asegurar la calidad durante la realización<sup>5</sup> del proyecto. Para un correcto aseguramiento de la calidad, se aplicarán los criterios generales para la elaboración de proyectos recogidos en la norma UNE 157001:2014 [16], como también la normativa UNE-ISO 10006:2018—Gestión de la calidad. Directrices para la gestión de la calidad en los proyectos [19]. Con el fin de realizar un correcto desarrollo del proyecto se debe establecer una correcta planificación del trabajo y que se cumplan los plazos, elección de las herramientas más apropiadas, documentación de los pasos seguidos durante el proyecto, de las decisiones y modificaciones realizadas, comprobación de los análisis realizados y aseguramiento de la organización y realización de los entregables.
  - d) **Bibliografía.** Se enumeran los libros, revistas u otros textos de interés que sirvan para justificar las soluciones adoptadas.
  - e) **Otras referencias.** Se incluirán aquellas referencias que no entren en los puntos anteriores, pero que se consideren de interés para la comprensión y materialización del proyecto.
5. **Definiciones y abreviaturas:** Se relacionan todas las definiciones, abreviaturas, etc., que se hayan utilizado en el proyecto, así como su significado.
6. **Requisitos de diseño:** Se describirán las bases y datos de partida desglosados, establecidos por:
  - El cliente.
  - El marco normativo legal (legislación, reglamentación, normativa).
  - El **emplazamiento** y su entorno socioeconómico y ambiental.
  - Los **estudios** realizados encaminados a la definición de la solución adoptada.
  - Los **interfaces con otros sistemas**, elementos externos al proyecto u otros que condicionan las soluciones técnicas/industriales del mismo.
7. **Análisis de soluciones:** Donde se indicarán las **distintas alternativas estudiadas**, qué caminos se han seguido para llegar a ellas, ventajas e inconvenientes de cada una y cuál es la solución finalmente elegida y su **justificación** en función de los requisitos de diseño (ver punto anterior). En esta parte debe analizarse la influencia de los condicionantes; por ejemplo, para un parque eólico, se debe considerar la localización (puesto que los aerogeneradores deben estar a una cierta distancia de poblaciones para reducir o evitar el ruido) y la dimensión del terreno (ya que el tamaño de este limita el número de aerogeneradores que se pueden instalar).
8. **Resultados finales:** Se describe la **solución detallada** del producto, obra, instalación o servicio según la solución elegida, indicando cuáles son sus características definitorias y haciendo referencia a los **planos** y otros elementos del proyecto que lo definen. Es decir, se describe el **resultado del proyecto**.
9. **Planificación:** Se definen las diferentes **etapas**, metas o **hitos a alcanzar**, **plazos de entrega**, diagramas de **planificación y programación** de tareas, tiempo de fabricación, etc., para la materialización del proyecto. En cualquier caso, un trabajo de este tipo tiene los siguientes elementos básicos:
  - Definición de las **fases** en que se puede dividir el proyecto.
  - Establecimiento de las **secuencias lógicas** de las distintas fases y sus relaciones entre sí.
  - **Valoración** en plazo de la ejecución de las mismas, definiendo los **recursos propios y ajenos** para el cumplimiento de los plazos indicados. Se recomienda presentar un resumen del presupuesto.
  - Expresión en **forma gráfica de la programación** utilizada, ya que ayuda a la mejor comprensión y mejora la presentación. Esto se realizará, generalmente, mediante un diagrama de Gantt (Figura 2.7).

<sup>5</sup>Entendiéndose por *realización*, la redacción del proyecto.

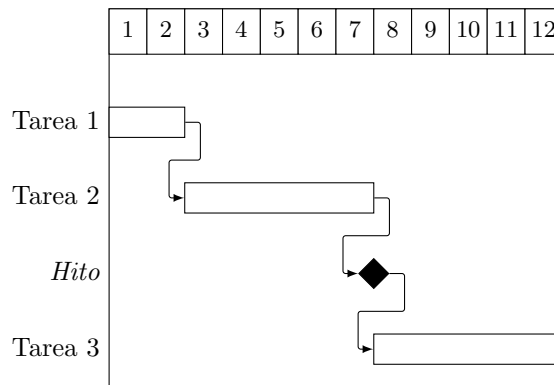


Figura 2.7: Diagrama de Gantt

10. **Orden de prioridad entre los documentos básicos:** Se deberá establecer el orden de prioridad de los documentos básicos del proyecto. Si no se especifica, el orden de prioridad será el expuesto en la Sección 2.3.3:

- a) Planos
- b) Pliego de condiciones
- c) Presupuesto
- d) Memoria

#### 2.4.3. Anexos de la memoria

En general, en un proyecto los anexos son **opcionales** y sirven para **aportar información complementaria** que, por su extensión, naturaleza o grado de profundidad, conviene exponer en forma separada. Es decir, los anexos desarrollan, justifican o aclaran apartados específicos de la memoria u otros documentos del proyecto. La información que en ellos se presenta no debe interferir en la comprensión de la memoria, y debe seguirse el mismo orden de ésta, de manera que haya una **correspondencia biunívoca**. Además, habrá un índice general de anexos y uno particular para cada uno de ellos. Cada anexo debe contener la justificación del cumplimiento de la normativa legal vigente aplicable y, si procede, de las fórmulas aplicadas para el cálculo.

Los aspectos que, con más frecuencia, se incluyen en anexos son [9, 16]:

- **Documentación de partida**, que incluye aquellos documentos que se han tenido en cuenta para establecer los requisitos de diseño (ver Sección 2.4.2). Se consideran aspectos legislativos, el entorno y la situación actual, así como los antecedentes y condicionantes del proyecto. En general, suelen analizarse aspectos tales como:
  - Calificación del suelo y ficha urbanística.
  - Edificaciones y servicios existentes.
  - Estudios de:
    - Clima: temperatura, lluvia, nieve, humedad relativa, viento, radiación solar. . .
    - Suelo: capacidad portante, permeabilidad, textura. . . (relevantes para edificios, naves, etc.).
    - Agua: calidad (dureza), caudal, estiaje.
    - Estructura de la propiedad: parcelación.
- **Dimensionamiento y cálculo de la solución adoptada**. Se justifican las fórmulas aplicadas y se desarrollan todos los cálculos realizados para determinar los aspectos del proyecto. Junto con los planos y el pliego de condiciones, se debe describir de forma unívoca el proyecto. En caso de haberse considerado diferentes alternativas, se puede incluir el análisis multicriterio llevado a cabo (legislativo, ambiental, económico, técnico, social. . .) de las diferentes alternativas planteadas.
- **Estudios con entidad propia**. Estos estudios son aquellos que deben incluirse por exigencias legales, como son (sin carácter limitativo):
  - Estudio de seguridad y salud, ya sea básico o completo.

- Estudio de impacto ambiental.

Estos dos estudios se analizarán con más detalle en el Tema 4. Estos estudios deben contener la justificación del cumplimiento de la normativa legal vigente aplicable y, si procede, de las fórmulas aplicadas para el cálculo.

- **Otros anexos o estudios** según el ámbito del proyecto, como pueden ser:
  - Catálogos de elementos constitutivos del objeto del proyecto.
  - Emplazamiento del proyecto (estudios geotécnicos, hidráulicos, hidrológicos, topográficos, geológicos, pluviométricos...).
  - Eficiencia energética.
  - Gestión de residuos.
  - ...

#### 2.4.4. Planos

Los planos son la **representación gráfica del proyecto** y comprenden los dibujos, esquemas, figuras, perspectivas..., necesarias para llegar a una comprensión visual del conjunto. Definen exhaustivamente el proyecto en su **aspecto constructivo** y son una **representación a escala** (reducida o ampliada) en dos dimensiones del conjunto de elementos tridimensionales que componen el objeto del proyecto. En los planos estarán implícitos los **resultados de los cálculos**, las hipótesis manejadas, las estimaciones, las comprobaciones y los objetivos marcados. En definitiva, indican **qué hay que construir, montar, instalar**, etc. Son **vinculantes** y, por tanto, pasan a formar parte del contrato de obras, teniendo **fuerza legal**: en reclamaciones jurídicas, un error o un defecto en un plano puede tener efectos de gran repercusión sobre el proyecto; como ya se ha comentado, los planos prevalecen, por lo general, sobre otros documentos en caso de discrepancia. A pesar de que el trazado definitivo de los planos corre a cargo, la mayoría de las veces, de un equipo de delineación, el visto bueno definitivo, sin embargo, corresponde al proyectista, que debe repasarlos todos. Así, la responsabilidad es del proyectista, por lo que le compete hacer frente a los gastos y daños que se hayan podido ocasionar en caso de error, además del desprestigio que ello acarrea. Por ello, es importante que tenga siempre un **seguro de responsabilidad civil**<sup>6</sup>.

Cada plano debe contener la información gráfica, alfanumérica, de códigos y de escala, necesaria para su comprensión y ejecución. Deben ser claros y suficientes en número y contenido, y es recomendable su almacenamiento en soporte magnético y papel. En caso de ser necesario, pueden usarse colores para presentar la información de forma más legible; con respecto a este punto, es interesante comentar que existen herramientas que pueden utilizarse para garantizar que, personas con problemas de daltonismo, sepan identificar correctamente los colores (véase [20]). La misión de los planos es **definir**, junto con los otros documentos básicos del proyecto, de forma unívoca el objeto de éste. Son los documentos más utilizados del proyecto y, por ello, han de ser completos, suficientes y concisos, es decir, **incluir toda la información necesaria para ejecutar la obra** objeto del proyecto en la forma más concreta posible y sin dar información inútil o innecesaria. El **número de planos y los detalles** expresados en cada uno de ellos dependerá de cada clase de proyecto, pero siempre serán los suficientes para que cualquier persona con los conocimientos y la preparación adecuados pueda llevar a cabo lo proyectado sin dificultades ni ambigüedades. El documento que contiene los planos se iniciará con un índice que hará referencia a cada uno de ellos para facilitar su localización. El orden y la numeración de los planos se realizará por capítulos, siguiendo su organización temporal. En cada capítulo se empezará por los más generales para concluir con los de detalle. Todos los elementos diseñados deben quedar perfectamente definidos y concretados a la escala que sea conveniente, de forma que su definición sea lo más clara y legible posible.

Los planos deben normalizarse según las normas UNE prácticamente en todos sus aspectos. Se quieren destacar los siguientes:

- **Cajetines.** Sigue la norma UNE-EN ISO 7200:2004 [21]. El cajetín presenta los datos de descripción e interpretación del plano, y se sitúa **dentro** de la zona de ejecución del dibujo, delimitándola. La información que deben incluir los cajetines, es la indicada en el apartado 4.2 de la UNE 157001:2014.

<sup>6</sup>El seguro de responsabilidad civil profesional ampara al profesional en caso de incurrir en un acto negligente (selección inadecuada de materiales, daños a la propiedad de terceros, lesiones a terceros durante y después de terminar la obra, diseños inapropiados, estudios inexactos, asesorías incorrectas...) al prestar sus servicios a un tercero.

- **Acotación.** Sigue la norma UNE-EN ISO 129:2019 [22]. Una cota es la medida de cualquier dimensión reflejada en los planos. La acotación se realiza mediante líneas de referencia y líneas de cota. 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 cota, 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 este.
- **Plegado.** Sigue la norma UNE 1027:1995 [23]. Para la presentación de un proyecto, los planos se han de doblar para colocarlos dentro de su correspondiente carpeta, casi universalmente en formato A4. El doblado de los planos debe, por consiguiente, ser de tal modo que quede reducido a tal formato con el cajetín ocupando el ángulo inferior derecho, quedando, por tanto, visible. En la actualidad, todo se envía en formato electrónico, por lo que no es un aspecto muy importante.
- **Escalas.** Sigue la norma UNE-EN ISO 5455:1996 [24]. La escala de un plano es la relación entre la dimensión que toma un elemento en el plano y la dimensión que tiene en la realidad. Así, cuando en un plano se indique que está dibujado a escala 1:50, significa que 1 cm medido en el plano corresponde a 50 cm en la realidad. Con relación a la escala (o escalas) a utilizar, debe definirse 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 escala normalizada.
  - Se pueda realizar la medición de las distintas unidades del proyecto que aparecen en el plano.

La escala seleccionada para representar cada elemento depende de la complejidad del dibujo y del objeto a representar, en todo caso debe ser lo suficientemente amplia para conseguir la necesaria claridad que permita una fácil y rápida interpretación. En general, según el tipo de plano, las escalas más habituales son:

- **Instalaciones.** 1:2.5; 1:5; 1:10; 1:20; 1:50; 1:100; 1:200; 1:1000
- **Obra civil.** 1:5; 1:10; 1:20; 1:50; 1:100; 1:200; 1:500; 1:25000; 1:50000
- **Topografía.** 1:100; 1:200; 1:500; 1:1000; 1:2000; 1:5000; 1:10000
- **Urbanismo.** 1:500; 1:2000; 1:5000; 1:25000; 1:50000

Los planos se pueden clasificar como se muestra en la Figura 2.8 [9].

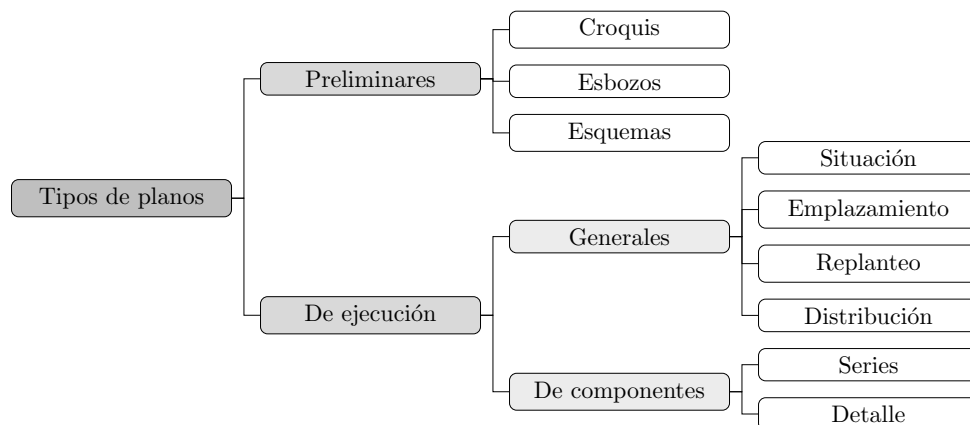


Figura 2.8: Clasificación de los planos

- **Preliminares.** Sirven de base para hacer otros planos más completos, ya que proporcionan una visión simplificada de procesos, instalaciones o funcionamiento de alguna parte de la obra. Pueden ser croquis y esbozos (dibujos que sirven de base para realizar otros más completos y que evidencian la idea general del proyectista) o esquemas (dibujo, a escala o no, que proporciona una visión simplificada de los procesos e instalaciones, así como de su funcionamiento). Puede decirse que proporcionan una visión simplificada de los procesos e instalaciones, así como de su funcionamiento.

- **De ejecución.** Elaborados para llevar a cabo la obra del proyecto, dibujándose a escala y conteniendo todos los detalles necesarios para ejecutar los trabajos. A su vez, se subdividen en:
  - **Generales.** Estos planos proporcionan una visión global de conjunto de la obra, destacando los planos de situación (relación con el entorno amplio, como municipios, vías de comunicación, etc.) y de emplazamiento (relación con el entorno próximo, como edificios próximos, ubicación de parcelas, etc., mostrando la localización exacta, representando los edificios, solares o fincas colindantes, calles o carreteras de acceso...). También se incluye el plano de replanteo, fundamentales al inicio de la obra (puesto que trasladan los planos a la realidad en el terreno) y los de distribución (donde se muestra cómo se distribuyen los espacios físicos de la obra).
  - **De componentes.** Muestran el despiece de las partes constituyentes del proyecto, permitiendo ver con detalle cada una de las partes de la obra. Dentro de estos planos destacan:
    - **Plano de serie.** Indican las dimensiones básicas, los sistemas de referencia y las características de un grupo de elementos.
    - **Plano de detalle.** Dan **información muy precisa** de la fabricación y construcción de los elementos allí contenidos. Deben indicar dimensiones de los elementos, métricas, etc., teniendo el **desglose preciso en cuanto a elemento o componente** para aportar todos los datos necesarios que permitan su construcción o instalación.

#### 2.4.5. Pliego de condiciones

El pliego de condiciones establece la **forma de ejecutar un proyecto**, teniendo en cuenta los **condicionantes de tipo técnico, económico, normativo, laboral y administrativo** que le afecten, evitando interpretaciones diferentes de las deseadas. Es un **documento vinculante** desde el punto de vista contractual y, por tanto, es de la máxima importancia una cuidadosa redacción del mismo, puesto que tienen **fuerza legal**; va **firmado** por el proyectista. Si la memoria contiene la descripción y la justificación del proyecto y los planos contienen la representación gráfica de los mismos indicando lo que debe hacerse, el pliego de condiciones establece las condiciones de cómo debe ejecutarse (exigencias de índole técnica y legal). Para mayor aclaración, el pliego de condiciones hace las funciones de contrato en aquellas obras en las que no existe un contrato específico para la ejecución de la misma. De igual forma, y en contadas ocasiones, puede ser que exista un contrato de construcción entre el promotor y el contratista principal, en cuyo caso la redacción del pliego de condiciones se puede resumir indicando que “La ejecución de la obra quedará supeditada al contrato de construcción existente entre promotor y contratista”. En su redacción han de considerarse:

- Los **aspectos legales y administrativos** del proyecto.
- Las **responsabilidades de los agentes** que intervienen en el proyecto.
- Las **características de los materiales y equipos**.
- Las técnicas a emplear en la **ejecución y puesta en marcha**.
- Las **pruebas de recepción** de los elementos antes de ponerlos en obra, durante la ejecución del trabajo y una vez concluido el mismo.
- **Condiciones de medición y abono** de las obras. **Penalizaciones o recompensas**.
- Los **controles de calidad** que hay que realizar.
- Las **normas, reglamentos y leyes** por las que se debe regir el proyecto.

Su **influencia en el coste final** del proyecto es muy grande, por cuanto sus **exigencias y requisitos** en la recepción, ejecución y control de las obras, si no están bien pensados y dimensionados, pueden llevar tanto a un exceso de trabajos como a una escasez de los mismos. El pliego de condiciones **no debe ir nunca en contra** de las leyes, normas y reglamentaciones existentes a nivel local, autonómico, estatal y europeo, sino complementarlas en aquellos aspectos específicos del proyecto a juicio del autor. Además, hay que tener en cuenta que la **normativa** de la Unión Europea cada vez más frecuentemente condiciona las normativas de los Estados miembros, siendo de rango superior a estas en muchos casos. Cualquier omisión del pliego puede generar conflictos o dificultades para la ejecución del proyecto, por

lo que es siempre recomendable **repetir un mismo concepto en capítulos distintos** que el omitirlo allí donde sea necesario. Apoyarse en otros pliegos redactados con anterioridad facilita la confección del nuevo, aunque se han de tener siempre en cuenta las peculiaridades de cada proyecto.

El pliego suele dividirse en dos capítulos:

1. **Condiciones generales.** También conocido como **pliego de cláusulas administrativas**. Se contemplan los aspectos legales y administrativos, y se recogen las leyes, órdenes, reglamentos, normas y ordenanzas aplicables al proyecto. Es decir, es en esta parte del pliego de condiciones donde se incluye **toda la normativa** relacionada con el proyecto. Además, esta reglamentación puede **no ser de obligado cumplimiento**, pero que el proyectista considere aplicable para el proyecto. Se subdivide en:
  - a) **Condiciones generales facultativas**<sup>7</sup>. Describe y regula las relaciones entre la contrata y la dirección facultativa, destacando:
    - Obligaciones y derechos del contratista: debe conocer las leyes, conocer el proyecto en todas sus partes, cumplir las indicaciones del libro de órdenes, poner los medios adecuados para realizar el proyecto, etc.
    - Facultades de la dirección de obras: se confieren al director de obra amplias facultades para decidir sobre comienzo, ritmo y calidad de los trabajos.
    - Libro de órdenes: en él se recogen todas las órdenes y modificaciones que se dicten en cada momento, y está visado por los Colegios Profesionales que correspondan.
    - 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...
    - Comienzo, ritmo, plazo y condiciones generales de la ejecución de los trabajos.
    - Controles de calidad y ensayos.
    - Partidas alzadas: se denominan partidas alzadas aquellas partidas del presupuesto que en su momento el proyectista no pudo medir o valorar exactamente, pero que se sabía que aparecerían durante la ejecución de las obras.
    - Periodo de garantía.
    - Recepción definitiva.
  - b) **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. Se suele especificar lo siguiente:
    - Fianza: porcentaje sobre el valor total de las obras que debe depositar la contrata a la firma del contrato como garantía. Con cargo a esta fianza se aplican las penalizaciones a que hubiese lugar por demoras, abandono de las obras por el contratista, etc.
    - Composición de precios unitarios de ejecución material y por contrata.
    - Precios contradictorios: precios de las partidas no presupuestadas en el proyecto original y que aparecen durante la ejecución de las obras.
    - Mejoras y modificaciones de obras, instalaciones y maquinaria.
    - 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.
    - Valoración, medición y abono de los trabajos.
    - Penalizaciones: se suelen estipular dos tipos de penalizaciones, uno por demora en los tiempos de ejecución y otro por incumplimiento del contrato.
    - Seguros y conservación de la obra, maquinaria e instalaciones.
  - c) **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. Es habitual incluir los siguientes aspectos:
    - Contratista: especifica la categoría y características que debe reunir el contratista.
    - Contrato.

---

<sup>7</sup>Las condiciones facultativas hacen referencia a los derechos y obligaciones de las partes y sus representantes en el momento de ejecutar el proyecto.



- Responsabilidades del contratista: asunciones del contratista durante la vigencia del contrato: solvencia económica, pago de los jornales, materiales y demás gastos que se deriven de las obras, buena calidad de ejecución, situación legal y laboral del personal, etc.
- Accidentes de trabajo: se exige el cumplimiento de la ley de prevención de riesgos laborales, exponiendo las condiciones legales que ha de cumplir la contrata con el personal de obra (estar al día en el pago de los salarios, seguros sociales, IRPF, etc.).
- Daños a terceros: el contratista es responsable de los posibles daños a terceros, teniendo la obligación de abonar los gastos que aquellos produzcan.
- 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...

2. **Condiciones particulares.** También conocido como **pliego de prescripciones técnicas**. 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 materiales y su ejecución. Si así sucede, es suficiente elegir un material de los especificados en la norma correspondiente e indicar que ese material la ha de cumplir. La aplicación y referencia a las normas reduce y simplifica la redacción de este capítulo del pliego.

Estos apartados están en consonancia con lo que se especifica en la norma UNE 157001:2014 [16] sobre el pliego de condiciones:

1. **Descripción de las obras, productos, instalaciones o servicios.**
2. **Las especificaciones de materiales y elementos constitutivos del objeto del proyecto.** Deberá incluir:
  - a) Un listado completo de los mismos.
  - b) La **calidades mínimas** a exigir para cada uno de los elementos constitutivos del proyecto, indicando la norma (si existe) que contemple el material solicitado.
  - c) **Pruebas y ensayos** a que debe someterse, especificando la norma según la cual se realizarán, condiciones de realización y resultados mínimos que se debe obtener.
3. **Ejecución de las obras, productos, instalaciones o servicios.**
4. **Reglamentación y normativa aplicables** incluyendo recomendaciones y normas de no obligado cumplimiento que, sin ser preceptivas, se consideran de necesaria aplicación según el criterio del autor.
5. **Aspectos del contrato** que se refieran al proyecto y que pudieran afectar a su objeto tanto en la fase de materialización como en la de funcionamiento. Según esta norma deberán incluir:
  - a) **Documentos base para la contratación** de su materialización cuyos trabajos quedan definidos en: los planos, el estado de mediciones, la memoria y las especificaciones de materiales y elementos constitutivos del objeto del proyecto.
  - b) **Limitaciones en los suministros** que especifique claramente donde empieza y donde termina las responsabilidades de suministro y montaje.
  - c) **Criterios de medición y abono.**
  - d) **Criterios para las modificaciones al proyecto original**, especificando el procedimiento a seguir para las mismas, su aceptación y cómo deben quedar reflejadas en la documentación final. En general, las modificaciones que se realicen deben suponer un coste inferior al 20 %. En caso contrario, es posible que tenga que considerarse como un proyecto nuevo.
  - e) **Pruebas y ensayos**, especificando cuáles y en qué condiciones deben someterse los suministros según lo indicado previamente.
  - f) **Garantía de los suministros:** indicando el alcance, duración y limitaciones.
  - g) **Garantía de funcionamiento:** indicando el alcance, duración y limitaciones.

### 2.4.6. Mediciones

Con la norma UNE 157001:2014 [16], uno de los cambios que sufrió el presupuesto lo constituye la **ubicación del estado de mediciones**. Tradicionalmente, se incluía dentro del documento presupuesto, pero ahora constituye, por sí mismo, otro documento del proyecto. Su finalidad es la de **definir y determinar las unidades de cada partida o unidad de obra** que configuran la totalidad del producto, obra, instalación y servicios objeto del proyecto, basándose en la información de los planos (siempre que sea posible, sobre los planos definitivos). Por “unidad de obra” se entiende una **parte elemental** en la que se puede descomponer el proyecto, que suponga una determinada actuación, utilización de **mano de obra, maquinaria o materiales** (descripción completa y pormenorizada de los trabajos, así como los medios y materiales que pueden intervenir); por tanto, **debe contener las magnitudes físicas medibles de cada recurso que se utilice**. Las unidades de obra deben ser identificables y medibles, y deben definirse correctamente, ya que los precios serán distintos. Por ejemplo, no es lo mismo realizar la excavación de 1 m<sup>3</sup> en terreno compacto o en terreno rocoso; hacerlo con medios manuales o mecánicos; ni a una profundidad máxima de 2 m o de 50 cm.

**Ejemplo 2.1** Se presentan a continuación ejemplos sobre definición de unidades de obra:

m<sup>3</sup> **Excavación mecánica de zanjas**

*Excavación de zanjas con carga mecánica sobre camión, en terreno compacto, hasta una profundidad máxima de 2 m*

m<sup>2</sup> **Desbroce y limpieza mecánica del terreno**

*Desbroce y limpieza del terreno, con medios mecánicos y carga sobre camión, a una profundidad máxima de 15 cm*

ud **Toma de corriente montaje superficial 16 A con 2,5 mm<sup>2</sup> y tubo de 13 mm**

*Toma de corriente en montaje superficial de 16 A con puesta a tierra, instalada con cable de cobre H07V-K de 2,5 mm<sup>2</sup> de sección nominal, aislado con tubo de PVC rígido de 13 mm de diámetro*

Por tanto, una medición consiste en la **determinación de las dimensiones de cada recurso de cada unidad de obra** (obtener su cantidad). La unidad de medida de control de cada medición se expresará en el sistema internacional siguiendo las normas UNE 82100-6:1996 [25] y UNE-EN ISO 80000. Así:

- Para unidades lineales (tuberías, cables...): [m]
- Para unidades superficiales (muros, pavimentos, cubiertas...): [m<sup>2</sup>]
- Para unidades de volumen (excavaciones, hormigones, tierras...): [m<sup>3</sup>]
- Para unidades de peso (acero laminado para estructuras, asfalto...): [kg] o [t]
- Para arquetas de registro, aparatos sanitarios, tomas de corriente...: [ud]
- ...

El estado de mediciones debe hacerse sobre **planos debidamente acotados** (son la fuente de información principal), preferiblemente en formato digital, evitando escalímetros. De esta forma, se evitan errores acumulativos. Además, se recomienda que las realicen y comprueben, al menos, dos personas distintas. Podrán incluirse partidas alzadas, solo si no es posible desglosar, en forma razonable, el detalle de las mismas. Las “partidas alzadas” muestran una serie de gastos que se van a producir durante la ejecución del proyecto, que en el momento actual es difícil fijar el coste final exacto de estas. Por tanto, la recomendación es intentar evitarlas lo máximo posible y, en caso de tener que utilizarlas, valorar y definir según experiencias previas de otros proyectos similares o consultando a contratistas e instaladores. En la Figura 2.9 se incluye un ejemplo del cuadro de mediciones. Como se observa, para cada unidad de obra, se incluye el número de unidades y se definen sus **características, modelos, tipos y dimensiones**. El estado de mediciones sirve de base para la realización del presupuesto, por lo que es habitual que el orden en que se incluyan siga el **desarrollo cronológico** de las obras, incluyendo una estructura sistémica de capítulos<sup>8</sup>. En el documento de mediciones **no** se evalúan los honorarios de facultativos, beneficio industrial, etc.

<sup>8</sup>Se agrupará en cada capítulo los conjuntos estructurales con cierta “independencia” del resto del proyecto, con intereses comunes en cuanto a costes. Normalmente, se asocian a tipos de trabajos que se desarrollan, profesionales que los ejecutan, etc.

CÓDIGO	MEDIDA	DESCRIPCIÓN	UNIDADES	LONGITUD	ALTURA	ANCHURA	PARCIAL	TOTAL
CAPÍTULO 1. MOVIMIENTO DE TIERRAS								
01.01	m <sup>2</sup>	DESBROCE Y LIMPIEZA DEL TERRENO A MÁQUINA Desbroce y limpieza superficial del terreno con espesor máximo de la capa a retirar 10 cm, por medios mecánicos, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares	1	32		92	2.944	2.944
01.02	m <sup>3</sup>	EXCAVACIÓN DE VACIADOS A MÁQUINA EN TERRENOS FLOJOS Excavación a cielo abierto, en terrenos flojos, por medios mecánicos, con extracción de tierras fuera de la excavación, en vaciados, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares	1	32	1	92	2.944	2.944
01.03	m <sup>3</sup>	EXCAVACIÓN DE ZANJA, A MÁQUINA, EN TERRENOS FLOJOS Excavación en zanjas, en terrenos flojos, por medios mecánicos, con extracción de tierras a los bordes, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares Z-1 Z-2 Z-3 Z-4	18 9 9 4	5,20 5,66 5,58 3,66	0,40 0,40 0,40 0,40	0,40 0,40 0,40 0,40	14,98 8,15 8,04 2,34	33,51
01.04	m <sup>3</sup>	EXCAVACIÓN DE POZOS, A MÁQUINA, EN TERRENOS FLOJOS Excavación en pozos en terrenos flojos, por medios mecánicos, con extracción de tierras a los bordes, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares P-1 P-2 P-3 P-4	12 6 16 8	1,60 1,80 2,00 2,40	1,60 1,80 2,00 2,40	0,90 0,90 1,00 1,00	27,65 17,50 64,00 46,08	155,23
01.05	m <sup>3</sup>	TRANSPORTE A VERTEDERO CON CARGA MECÁNICA Transporte de tierras al vertedero, a una distancia menor de 10 km, considerando ida y vuelta, con camión basculante cargado a máquina, canon de vertedero, y con p.p. de medios auxiliares, considerando también la carga					3419,34	3419,34

Figura 2.9: Estado de mediciones

### 2.4.7. Presupuesto

El presupuesto es el documento que establece de forma detallada y justificada el coste del proyecto, es decir, la **inversión necesaria** para llevarlo a cabo. **No comprende**, sin embargo, los gastos de explotación que generará la nueva industria una vez construida, la amortización de la inversión, el análisis de rentabilidad ni las fuentes de financiación. Estos estudios pueden ser incluidos en otros documentos del proyecto, generalmente en los anexos de la memoria. El documento se iniciará con un índice que haga referencia a cada uno de los documentos, capítulos y apartados que lo componen, con el fin de facilitar su utilización.

Para crear el presupuesto, se debe conocer el precio simple de cada recurso (material, maquinaria, mano de obra y elementos auxiliares). Con eso, se obtiene el coste de cada unidad de obra, que estará formado por la suma del coste de los recursos necesarios que se utilicen en cada caso. Multiplicando cada precio unitario por el valor de la medición (ver Sección 2.4.6), y haciendo la suma, se obtiene el presupuesto. El documento de presupuesto está formado por diferentes cuadros:

- Cuadro de precios simples de **materiales, mano de obra, maquinaria y elementos auxiliares** que componen las partidas o unidades de obra. Puede no incluirse, aunque es recomendable su realización.
- Cuadro de precios unitarios de las **unidades de obra**. Suele llamarse **cuadro de precios n.º 1**.

- Cuadro de precios unitarios de las **unidades de obra descompuestas**, de acuerdo con el estado de mediciones y con la descomposición correspondiente de materiales, mano de obra y elementos auxiliares. Suele llamarse **cuadro de precios n.º 2**.
- Los **presupuestos parciales** de cada capítulo de la obra, obtenidos multiplicando la medición de cada unidad de obra por el precio unitario del cuadro de precios n.º 1.
- El **presupuesto** propiamente dicho, que contendrá la **valoración económica global**, desglosada y ordenada según el estado de mediciones.

Para su realización, se recomienda seguir el esquema indicado en la Figura 2.10.

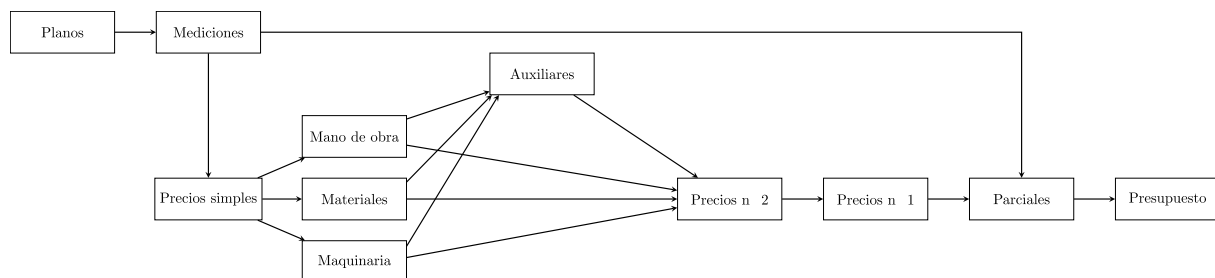


Figura 2.10: Esquema de realización del presupuesto

### Cuadro de precios simples

Se trata de una “lista de precios” agrupada en:

- **Mano de obra.** Precios de todas las categorías profesionales siguiendo las normas vigentes. Ha de tenerse en cuenta, además de los precios de la mano de obra directos, el coste de personal no ejecutivo, como encargados, etc., que reciben la denominación de mano de obra indirecta.
- **Materiales.** Precio de cada material, incluyendo el valor de origen, los costes de carga y descarga, transporte, almacenamiento, etc.
- **Maquinaria.** Precio de la maquinaria necesaria para la realización de las obras.
- **Elementos auxiliares.** Son materiales elaborados en obra que no pueden comprarse directamente, sino que están formados por una mezcla de elementos simples (por ejemplo, pastas y morteros, hormigones, etc.).

En la Figura 2.11 se muestran ejemplos de los cuadros de precios unitarios simples de maquinaria, materiales y mano de obra. Los elementos auxiliares se presentan en la Figura 2.12.

CÓDIGO	MEDIDA	DESCRIPCIÓN	PRECIO (€)
MAQUINARIA			
MAQ001	h	Retroexcavadora mediana	39,70
MAQ002	h	Camión grúa de 5 ton	38,60
MAQ003	h	Hormigonera	31,00
...			
MATERIALES			
MAT001	m <sup>3</sup>	Zahorra artificial	9,50
MAT002	kg	Acero B-500-S	0,50
MAT002	t	Arena para hormigón	6,50
...			
MANO DE OBRA			
MO001	h	Peón	12,50
MO002	h	Oficial 1	14,00
...			

Figura 2.11: Cuadro de precios simples de maquinaria, materiales y mano de obra

CÓDIGO	MEDIDA	DESCRIPCIÓN	PRECIO (€)		
MAT001	m <sup>3</sup>	Mortero de cemento PA-350 y arena de río de dosificación 1:2 confeccionado con hormigonera de 250 L			
	Unidad	Descripción	Precio (€)	Cantidad	Subtotal (€)
	t	Cemento PA-350	67,05	0,38	25,48
	m <sup>3</sup>	Arena de río	11,47	1,00	11,47
	m <sup>3</sup>	Agua	0,75	0,26	0,20
	h	Hormigonera	16,89	0,33	5,57
	h	Peón ordinario	12,24	1,38	16,89
					59,61

Figura 2.12: Cuadro de precios simples de elementos auxiliares

CÓDIGO	MEDIDA	DESCRIPCIÓN				PRECIO (€)
1.03	m³	Excavación de zanja, a máquina, en terrenos flojos				
	Código	Medida	Cantidad	Descripción	Precio (€)	Subtotal (€)
	MAQ001	h	0,16	Retroexcavadora	19,38	3,10
	MAQ004	h	0,16	Camión	30,00	4,80
	MO001	h	0,20	Peón ordinario	12,24	2,45
				Costes directos		10,35
				Costes indirectos (6%)		0,62
						10,97

Figura 2.13: Cuadro de precio n.º 2

### Cuadro de precios unitarios

Hay que realizar en primer lugar el cuadro de precios unitarios de las unidades de obra descompuestas, también conocido con el nombre de **cuadro de precios n.º 2**. Se descompone cada unidad de obra en los diferentes conceptos que la conforman, incluyendo los costes indirectos.

Una vez elaborado el cuadro de precios n.º 2, se puede obtener el **cuadro de precios n.º 1**. Se trata de una lista de todas las unidades de obra, con su descripción y precio (**en cifra y letra**), de las distintas unidades de obra previstas, seguida de los precios correspondientes a las distintas partidas alzadas adoptadas, y viene a resumir el cuadro de precios n.º 2. En los importes **se incluyen** los costes indirectos (generalmente, 3-6 %)⁹. En la Figura 2.14 se muestra un ejemplo de cuadro de precios n.º 1.

Como se puede comprobar, el importe que se obtiene para la unidad de obra 01.03 con el cuadro de precios n.º 2 de la Figura 2.13, es el mismo que se muestra en el cuadro de precios n.º 1 de la Figura 2.14.

### Presupuestos parciales

Representa el coste o presupuesto de una unidad constructiva. Suelen dividirse en capítulos, y se calculan multiplicando las mediciones correspondientes a cada unidad de obra por su respectivo precio unitario obtenido en el cuadro de precios n.º 1. En la Figura 2.15 se muestra un ejemplo de cuadro de presupuesto parcial.

### Presupuesto

La suma de los presupuestos parciales da el **presupuesto total de ejecución material** del proyecto (PEM). En los proyectos de promoción privada, es el presupuesto que se incluye en el proyecto. El formato habitual del PEM es el que se muestra en la Figura 2.16 ocupando una hoja completa del documento de presupuesto. El PEM representa el **precio que le cuesta al contratista ejecutar las obras**, y es importante destacar que, debajo del presupuesto de ejecución material, se debe incluir el siguiente mensaje:

*Asciende el presupuesto de ejecución material a la cantidad de ... euros (XXXX €)*

Es importante destacar también que existen otros conceptos que es obligatorio (o aconsejable) introducir dentro del citado presupuesto, como por ejemplo:

- El presupuesto de prevención de riegos laborales.

⁹Los costes indirectos hacen referencia a gastos que no son imputables directamente a unidades de obra concretas, sino al conjunto de la obra (instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones, almacenes, talleres, laboratorios, imprevistos...). Por otro lado, los costes directos pueden ser identificados con algún objetivo final cuyo coste se quiere estimar, ya sea este, un producto, un servicio o un proyecto. Estos costes pueden ser repercutidos directamente a un proyecto al representar un consumo de recursos exclusivo para ese proyecto.

## 2. DOCUMENTACIÓN TÉCNICA Y LEGAL DEL PROYECTO

CÓDIGO	MEDIDA	DESCRIPCIÓN	PRECIO EN LETRA	IMPORTE (€)
<b>CAPÍTULO 1. MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				
01.01	m <sup>2</sup>	DESBROCE Y LIMPIEZA DEL TERRENO A MÁQUINA Desbroce y limpieza superficial del terreno con espesor máximo de la capa a retirar 10 cm, por medios mecánicos, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares	CERO EUROS CON CUARENTA Y SEIS CÉNTIMOS	0,46
01.02	m <sup>3</sup>	EXCAVACIÓN DE VACIADOS A MÁQUINA EN TERRENOS FLOJOS Excavación a cielo abierto, en terrenos flojos, por medios mecánicos, con extracción de tierras fuera de la excavación, en vaciados, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares	UN EURO CON CINCUENTA Y OCHO CÉNTIMOS	1,58
01.03	m <sup>3</sup>	EXCAVACIÓN DE ZANJA, A MÁQUINA, EN TERRENOS FLOJOS Excavación en zanjas, en terrenos flojos, por medios mecánicos, con extracción de tierras a los bordes, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares	DIEZ EUROS CON NOVENTA Y SIETE CÉNTIMOS	10,97
...				

Figura 2.14: Cuadro de precios n.º 1

CÓDIGO	MEDIDA	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN	PRECIO	IMPORTE (€)
<b>CAPÍTULO 1. MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					
01.01	m <sup>2</sup>	DESBROCE Y LIMPIEZA DEL TERRENO A MÁQUINA Desbroce y limpieza superficial del terreno con espesor máximo de la capa a retirar 10 cm, por medios mecánicos, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares	2,994	0,46	1.377,24
01.02	m <sup>3</sup>	EXCAVACIÓN DE VACIADOS A MÁQUINA EN TERRENOS FLOJOS Excavación a cielo abierto, en terrenos flojos, por medios mecánicos, con extracción de tierras fuera de la excavación, en vaciados, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares	2,994	1,58	4.730,52
01.03	m <sup>3</sup>	EXCAVACIÓN DE ZANJA, A MÁQUINA, EN TERRENOS FLOJOS Excavación en zanjas, en terrenos flojos, por medios mecánicos, con extracción de tierras a los bordes, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares	33,51	10,97	367,60
...					
<b>COSTE TOTAL DEL CAPÍTULO 1. MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					10.597,59

Figura 2.15: Presupuesto parcial del capítulo 1

<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>	
CAPITULO 1. MOVIMIENTO DE TIERRAS	10.597,59
CAPITULO 2. CIMENTACIÓN	86.118,88
CAPITULO 3. ESTRUCTURA DE HORMIGÓN	221.988,22
CAPITULO 4. CUBIERTA	74.490,96
CAPITULO 5. CERRAMIENTOS	128.618,81
CAPITULO 6. ALBAÑILERÍA	24.146,62
CAPITULO 7. CARPINTERÍA	55.300,99
CAPITULO 8. PINTURAS	9.453,80
CAPITULO 9. SEGURIDAD Y SALUD	2.589,13
CAPITULO 10. URBANIZACIÓN Y OBRA CIVIL	62.055,45
<b>TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>675.360,45</b>

Asciende el presupuesto de ejecución material a la cantidad de seiscientos setenta y cinco mil trescientos sesenta euros con cuarenta y cinco céntimos (675.360,45€)

Figura 2.16: Presupuesto de ejecución material

- El denominado porcentaje del patrimonio histórico.
- El presupuesto para control de calidad.

Sobre el importe del PEM, el proyectista debe estimar los gastos generales (categoría de costes indirectos relacionados con los departamentos de staff de la empresa, tales como dirección, contabilidad, relaciones públicas, y otros que desarrollen actividades para el conjunto de la empresa), los impuestos y el beneficio industrial que el contratista ha de imputar al PEM. El valor resultante recibe el nombre de **presupuesto de ejecución por contrata** (PEC). El presupuesto de ejecución por contrata debe incluirse en los proyectos promovidos por una administración pública. El porcentaje en concepto de gastos generales varía actualmente entre un 5 % y un 25 % de los costes totales (directos e indirectos), aplicándose un 6 % en concepto de beneficio industrial del contratista. El formato en que se presenta en el documento se muestra en la Figura 2.17, ocupando una hoja completa del presupuesto. El PEC es el precio que sirve de **referencia para la adjudicación y contratación** del proyecto. Como en el caso del PEM, debajo de este presupuesto de ejecución por contrata, se debe incluir el siguiente mensaje:

*Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la cantidad de ... euros (XXXX €)*

<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA</b>	
CAPITULO 1. MOVIMIENTO DE TIERRAS	10.597,59
CAPITULO 2. CIMENTACIÓN	86.118,88
CAPITULO 3. ESTRUCTURA DE HORMIGÓN	221.988,22
CAPITULO 4. CUBIERTA	74.490,96
CAPITULO 5. CERRAMIENTOS	128.618,81
CAPITULO 6. ALBAÑILERÍA	24.146,62
CAPITULO 7. CARPINTERÍA	55.300,99
CAPITULO 8. PINTURAS	9.453,80
CAPITULO 9. SEGURIDAD Y SALUD	2.589,13
CAPITULO 10. URBANIZACIÓN Y OBRA CIVIL	62.055,45
TOTAL	675.360,45
13% Gastos generales	87.796,86
6% Beneficio industrial	40.521,62
TOTAL	803.678,93
21% I.V.A.	168.772,57
<b>TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN POR CONTRATA</b>	<b>972.451,50</b>

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la cantidad de novecientos setenta y dos mil cuatrocientos cincuenta y un euros con cincuenta céntimos (972.451,50€)

Figura 2.17: Presupuesto de ejecución por contrata

En proyectos promocionados por administraciones públicas, cuando éstos van a ser sometidos a licitación y la licitación incluye los trabajos de ingeniería, habrá que incluir los honorarios de proyectos

y de dirección facultativa. Habitualmente, estos honorarios se determinan como un porcentaje del PEM, que oscila entre el 4 y el 10 %. Al igual que con el PEM y el PEC, debajo de este presupuesto de ejecución por contrata, se debe incluir el siguiente mensaje:

*Asciende el presupuesto de ejecución por contrata con honorarios a la cantidad de ... euros (XXXX €)*

**Ejercicio 2.2** Un taller mecánico debe realizar una serie de reparaciones y tareas de mantenimiento para una flota de vehículos de una empresa de reparto. Con los datos proporcionados, elabore un presupuesto que incluya:

1. La definición de las unidades de obra.
2. El cuadro de mediciones.
3. Los cuadros de precios unitarios (nº 1 y nº 2).
4. El presupuesto de ejecución material y por contrata.

Se deben realizar las siguientes operaciones:

- Cambio de aceite y filtros (para 5 vehículos)
- Sustitución de los 4 neumáticos (para 3 vehículos)
- Reparación del sistema de escape (para 2 vehículos)
- Cambio de pastillas de freno (para 4 vehículos)
- Revisión y recarga del sistema de aire acondicionado (para 3 vehículos)

Los datos de los que se disponen son los que se muestran a continuación:

- Se necesitan 4 litros de aceite para cada coche y 1 filtro para cada coche.
- Hay que cambiar los 4 neumáticos por vehículo.
- Para la revisión y recarga del aire acondicionado, se considera que cada vehículo necesita 0,7 kg de gas refrigerante.

Código	Unidad	Descripción	Precio (€)
MO_OM1	h	Oficial mecánico 1ª	25,50
MO_OM2	h	Oficial mecánico 2ª	22,30

Código	Unidad	Descripción	Precio (€)
MAT_ACE	l	Aceite motor	8,75
MAT_FIL	Ud.	Filtro de aceite	12,40
MAT_NEU	Ud.	Neumático	85,60
MAT_ESC	Ud.	Sistema de escape completo	210,30
MAT_PFR	Ud.	Juego de pastillas de freno	45,20
MAT_GAS	kg	Gas refrigerante A/C	18,90

Unidad de obra	Mano de obra	Unidad	Tiempo (h)
Cambio de aceite y filtro	OM2	Ud.	0,75
Sustitución de neumáticos	OM2	Ud.	2
Reparación sistema de escape	OM1	Ud.	2,5
Cambio pastillas de freno	OM1	Ud.	1,2
Revisión y recarga A/C	OM1	Ud.	1,5



*Considerar un 3 % de costes indirectos, un 13 % de gastos generales y un 6 % de beneficio industrial. Se sobreentiende que ya se dispone del resto de material necesario (herramientas, maquinaria, etc.).*

## 2.5. Seguridad y salud y medio ambiente

El apartado 4.1 de la norma UNE 157001:2014 [16] especifica que:

*Las normas de proyectos específicos que complementen esta norma, o en su defecto el proyectista en función del carácter específico del proyecto y la reglamentación legal, podrían incluir el Estudio Básico de Seguridad y Salud o el Estudio de Seguridad y Salud como capítulo anejo a la Memoria y el Estudio de Impacto Ambiental como estudio con entidad propia.*

Por ello, esta sección se enfoca en esos dos estudios, generalmente necesarios para los proyectos relacionados con la actividad industrial.

### 2.5.1. Seguridad y salud

#### Introducción

La seguridad y salud en el trabajo es el conjunto de medidas y normas que tienen como objetivo garantizar condiciones laborales seguras, prevenir accidentes y enfermedades profesionales, y proteger el bienestar físico y mental de los trabajadores. Es importante definir algunos conceptos:

- **Riesgo.** La RAE [26] define riesgo como:

*Contingencia o proximidad de un daño.*

En el ámbito de la seguridad y salud laboral, el término riesgo se refiere a todo aquello que puede causar un daño (lesión, enfermedad...) futuro e hipotético (es decir, puede que este no ocurra).

Los riesgos pueden clasificarse en:

- *Seguridad.* Pueden causar accidentes de trabajo.
  - *Higiénicos.* Relacionados con la exposición a agentes físicos (iluminación, temperatura, ruido...), químicos (gases, aerosoles, polvo...) o biológicos (bacterias, hongos, virus...) que pueden afectar la salud.
  - *Ergonómicos.* Condiciones de trabajo que pueden provocar trastornos musculoesqueléticos.
  - *Psicosociales.* Afectan el bienestar mental y emocional del trabajador.
  - *Derivados de la organización del trabajo.* Aspectos organizativos que pueden generar condiciones inseguras.
- **Factor de riesgo.** Hace referencia a las **condiciones** que pueden causar un riesgo laboral. Al igual que los riesgos, los factores de riesgo pueden clasificarse en:
    - *Seguridad.*
    - *Higiénicos.*
    - *Ergonómicos.*
    - *Psicosociales.*
    - *Derivados de la organización del trabajo.*
  - **Medida preventiva.** Son aquellas acciones/estrategias que actúan antes de que se produzca el daño, e intentan eliminar o reducir los riesgos que lo provocan. Pueden ser:
    - *De carácter material* (barandillas, plataformas de trabajo, redes, cascos...).
    - *De carácter formativo.*

Además, las medidas preventivas pueden clasificarse según su **nivel de intervención** en relación con el riesgo:

- *En el origen.* Acciones que eliminan o reducen el riesgo directamente en el foco donde se genera. Son las más eficaces porque actúan directamente sobre la causa del riesgo, eliminándolo o reduciéndolo significativamente desde su fuente.

- *En el medio.* Acciones que reducen o controlan la propagación del riesgo en el entorno de trabajo. Actúan entre el origen del riesgo y el trabajador, es decir, controlan o aíslan el riesgo para que no llegue al trabajador.
- *Medidas de protección* (carácter material). Equipos o dispositivos que usa el trabajador para protegerse de riesgos cuando otras medidas no son suficientes. Son el último recurso, cuando no es posible eliminar el riesgo ni controlarlo adecuadamente. Protegen al trabajador directamente, pero no eliminan el riesgo. En este caso, siempre hay que priorizar protección colectiva frente a protección individual.

**Ejemplo 2.2** Si el riesgo es “ruido industrial”, las medidas en el origen, en el medio y de protección pueden ser:

- *En el origen:* Sustituir la máquina por otra más silenciosa.
- *En el medio:* Usar pantallas acústicas; trabajar en un ambiente abierto.
- *De protección:* Utilizar tapones para los oídos en ambientes ruidosos.

Si el riesgo es “agente químico”, las medidas en el origen, en el medio y de protección pueden ser:

- *En el origen:* Sustituir el producto químico peligroso por otro no peligroso (o menos peligroso).
- *En el medio:* Colocar extractores de aire para evacuar vapores tóxicos.
- *De protección:* Llevar guantes, gafas y/o ropa adecuada.

De manera general, puede decirse que el factor de riesgo es la **condición peligrosa** presente en el trabajo (causa) y el riesgo es la **posibilidad de que ese factor cause un daño real** en el trabajador (consecuencia). Puede pensarse como una ecuación:

$$\text{Factor de riesgo} + \text{Exposición} = \text{Riesgo} \quad (2.1)$$

**Ejercicio 2.3** Clasificar cada uno de los siguientes elementos entre riesgo, factor de riesgo y medida preventiva:

- Suelo mojado
- Jornada laboral de 14 horas
- Caída a mismo nivel
- Sufrir estrés laboral
- Ruido excesivo
- Protector auditivo
- Señalización adecuada
- Materiales inflamables mal almacenados
- Exposición a polvo
- Movimiento repetitivo
- Sufrir una lesión en la espalda

### Legislación en materia de Seguridad y Salud

La Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de riesgos laborales [27], tiene por objeto la determinación del **cuerpo básico de garantías y responsabilidades** preciso para establecer un adecuado **nivel de protección de la salud de los trabajadores**. Su finalidad es hacer frente a los **riesgos derivados de las condiciones de trabajo**. Como Ley, establece un marco legal a partir del cual se han definido

normas reglamentarias que han ido fijando y concretando los aspectos más técnicos de las medidas preventivas. En el amplio conjunto de normas complementarias desarrolladas destacan, en el campo de la actividad relacionada con los proyectos industriales, las siguientes:

- R.D. 1627/1997, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las **obras de construcción** [28]. El Anexo I proporciona una lista no exhaustiva de actividades en las que será preciso su cumplimiento (es decir, cualquier otro trabajo relacionado con la construcción o ingeniería civil no incluido puede ser objeto de inclusión), mientras que el Anexo II presenta una relación de **trabajos con riesgos especiales**.
- R.D. 486/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los **lugares de trabajo** [29].
- R.D. 485/1997, sobre disposiciones mínimas en materia de **señalización** de seguridad y salud en el trabajo [30].
- R.D. 1215/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los **equipos de trabajo** [31].
- R.D. 773/1997, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de **equipos de protección individual** [32].

Aunque ya se mencionaron en la Sección 1.5, antes de comenzar el análisis del RD 1627/97 se quieren recordar los agentes principales que intervienen en el ámbito de seguridad y salud:

- **Promotor.** Persona física o jurídica por cuenta de la cual se realiza la obra.
- **Proyectista.** Autor/es encargado/s por el promotor de redactar la totalidad o parte del proyecto de obra con sujeción a la normativa y reglamentación obligatoria.
- **Coordinador de seguridad y salud durante la elaboración del proyecto de obra.** Técnico competente<sup>10</sup> designado por el promotor para coordinar durante las fases de elaboración del proyecto, la aplicación de las normas, los principios generales y las medidas de prevención relativas a la seguridad y salud en el trabajo. Es obligatorio cuando **intervienen varios proyectistas**, pudiendo ser uno de ellos el coordinador.
- **Dirección facultativa.** Técnico/s competente/s designados por el promotor, encargado/s de la dirección, del control y de la ejecución de la obra.
- **Coordinador de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.** Técnico competente integrado en la **dirección facultativa**<sup>11</sup>, designado por el promotor, para llevar a cabo las tareas y actividades preventivas concretas en materia de seguridad y salud laboral. Es obligatorio cuando **interviene más de una empresa** (entendiendo como “empresa” también a los trabajadores autónomos y las subcontratas), aunque no tengan una presencia simultánea en la obra. El coordinador en la elaboración del proyecto y en la ejecución de obra **pueden ser la misma persona**.
- **Constratista.** Ejecuta la totalidad o parte de las obras con sujeción al proyecto.
- **Subcontratista y Trabajador autónomo.** Realizan determinadas partes o instalaciones de la obra con sujeción al proyecto.

### Estudio de seguridad y salud

Tanto el estudio de seguridad y salud (ESS) como el estudio básico de seguridad y salud (EBSS) tienen por objetivo prevenir accidentes y enfermedades laborales durante la ejecución de una obra. Para ello, especifica una serie de medidas determinadas que deben adoptarse durante la obra, y que deben estar **calculadas, reflejadas en los planos, presupuestadas y definidas sus condiciones de implantación y uso**. El artículo 4 del RD 1627/1997 [28] (seguridad y salud en obras de construcción) dispone la

<sup>10</sup>Se considera técnico competente aquella persona que posee titulaciones académicas y profesionales habilitantes, así como conocimientos en actividades de construcción y de prevención de riesgos laborales acordes con las funciones a desempeñar según el RD 1627/1997.

<sup>11</sup>Por tanto, es competencia de la dirección facultativa vigilar que el coordinador hace su trabajo, o incluso asumir las labores del coordinador.

**obligatoriedad de realizar un estudio de seguridad y salud o un estudio básico de seguridad y salud** en las obras. Así, el estudio forma parte del proyecto, debiendo ser coherente con el contenido del mismo y recoger las medidas preventivas adecuadas a los riesgos que conlleva la realización de la obra. La obligación de que deba elaborarse este estudio recae en el **promotor**, que lo deriva directamente al proyectista, pero no todas las obras requieren un estudio de seguridad y salud, sino aquellas en las que se den **alguno** de los siguientes supuestos (en aquellas obras en las que no se cumpla ninguno de estos supuestos, se requiere un EBSS):

1. Que el P.E.C. incluido en el proyecto sea igual o superior a **450.760 €**:

$$PEC = (PEC + GG + BI) \cdot (1 + IVA) \quad (2.2)$$

2. Que la **duración estimada** de la obra sea de más de **30 días laborables** y se empleen en algún momento a **más de 20 trabajadores simultáneamente** (deben darse ambas condiciones, es decir, duración y número de trabajadores).
3. Que el **volumen** de la obra estimada, entendiéndose por tal la suma de días de trabajo por el total de trabajadores, sea **superior a 500**:

$$\text{Volumen obra} = \sum_{i=1}^n T_i \cdot D_i, \quad (2.3)$$

siendo  $n$  e  $i$  el número de periodos y el periodo de tiempo en los cuales el número de trabajadores permanece constante (respectivamente),  $T_i$  el número de trabajadores para cada periodo  $i$  y  $D_i$  el número de días de trabajo para cada periodo  $i$ .

4. En todas las obras de **túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas**.

La estructura documental que debe seguir un ESS es idéntica a la de un proyecto, es decir: memoria, pliego de condiciones particulares, planos, mediciones y presupuesto. Por ello, el ESS puede presentarse como un documento independiente del propio proyecto (es lo recogido en la norma UNE 157001:2014 [16]), o bien incluirlos como un apartado/capítulo dentro de los propios documentos del proyecto [1]:

- **Memoria.** De acuerdo con las condiciones del entorno, la tipología y las características de los materiales, la determinación del proceso productivo y el orden de realización de los trabajos, la memoria deberá recoger:
  - La **descripción** de los procedimientos, equipos técnicos y medios auxiliares que hayan de utilizarse o cuya utilización pueda preverse.
  - La identificación de los riesgos laborales que **puedan evitarse** y medidas preventivas a tomar.
  - Relación de riesgos laborales que **no puedan eliminarse** y las **medidas correctoras o preventivas** tendentes a controlar, reducir o atenuar dichos riesgos, valorando su eficacia.
  - Descripción de los **servicios** sanitarios, higiénicos, de descanso o de alojamiento en función del número de trabajadores empleados.

Deberá hacer referencia a los siguientes aspectos:

- Conjunto de unidades de obra descritas según los métodos y sistemas de ejecución previstos en el proyecto. Ello implica analizar, desde el punto de vista preventivo, las **tareas y operaciones a desarrollar** durante la realización de dichas unidades de obra.
- **Orden cronológico** de ejecución de la obra.
- **Localización** en el centro de trabajo de las unidades de obra a ejecutar.
- **Identificación de los riesgos laborales** que puedan ser evitados y relación de aquellos que no puedan eliminarse.
- **Descripción** de las medidas preventivas, protecciones, equipos a utilizar y procedimientos a aplicar.

- **Pliego de condiciones particulares.** Deberá tener en cuenta las **normas legales y reglamentarias aplicables** a las condiciones técnicas de la obra y las **prescripciones y medidas de seguridad** que deberán cumplimentarse en la utilización y conservación de las máquinas, útiles, herramientas y equipos preventivos. En función de esto, el pliego de condiciones debe hacer referencia a:
    - **Normas legales** (disposiciones normativas con rango de ley) y reglamentarias (disposiciones normativas con rango de reglamento -real decreto, decreto, orden-) que puedan afectar a las características de la obra y que deberán ser tenidas en cuenta durante la ejecución de la misma. Se evitarán los listados generales de la normativa vigente.
    - **Criterios** que se tomarán como base para realizar las mediciones, valoraciones, certificaciones, abonos (incluidas las partidas alzadas de seguridad y salud) de cada una de las unidades de obra, así como para la aplicación de posibles sanciones.
    - Normas que afectan a los medios de **protección colectiva** que estén certificados y que vayan a utilizarse en la obra.
    - **Cálculos, prescripciones, pruebas**, etc. que sea necesario realizar para el diseño o la adecuación, instalación, utilización y mantenimiento de los medios de protección colectiva no normalizados que se prevea que se van a utilizar en la obra.
    - **Requisitos para la correcta instalación, utilización y mantenimiento** de cada uno de los equipos de trabajo (máquinas, herramientas y medios auxiliares) que se tenga previsto emplear en la obra.
    - **Requisitos de los materiales y productos** sometidos a reglamentación específica que vayan a ser utilizados en la obra.
    - **Requisitos de los equipos de protección individual y sus accesorios** en cuanto a su diseño, fabricación, utilización y mantenimiento.
    - Requisitos respecto a la **cualificación profesional**, formación e información preventiva del personal de obra.
    - **Condiciones particulares** que, en su caso, complementen aspectos concretos de los procedimientos de trabajo que hayan sido incluidos en la memoria.
    - Requisitos de la **señalización** en materia de seguridad y salud, vial, portuaria, aeroportuaria, etc.
    - Requisitos para el **control de acceso** de personas a la obra.
    - Requisitos de los **servicios** higiénicos, locales de descanso y alojamiento, comedores y locales para la prestación de los primeros auxilios.
    - **Obligaciones específicas** para la obra proyectada relativas a **contratistas, subcontratistas y trabajadores autónomos**.
  - **Planos.** Conjunto de gráficos y esquemas como ilustración de las medidas preventivas definidas en la memoria, con expresión de las especificaciones técnicas necesarias. Los planos deben ser descriptivos y coherentes con el proyecto de ejecución, así como con el resto de los documentos que conforman el ESS, de tal modo que se facilite la localización y, en su caso, medición de aquellos elementos que puedan ser ubicados en la obra. Deberán tener en cuenta que:
    - Su **presentación** sea adecuada.
    - Se localicen, de forma expresa, las zonas en las que se desarrollen trabajos incluidos en el Anexo II (artículo 5.5 del RD 1627/1997).
    - Los **medios de protección y sus elementos** se ubiquen de manera específica y concreta, determinándose los detalles necesarios para su montaje en obra.
    - Figuren las fechas y firmas de los autores.
- Ejemplo 2.3** *Un plano típico a incluir en el ESS es el de recorrido de evacuación hasta el centro sanitario y/o hospital más cercano, donde se incluyan los números de teléfono de especial interés (bomberos, policía, urgencias...)*
- **Mediciones.** Todas las **unidades o elementos de seguridad** y salud en el trabajo que hayan sido definidos o proyectados serán objeto de la correspondiente medición. A modo de orientación, y de forma no exhaustiva, podrían incluirse en las mediciones del ESS aspectos tales como:

- **Dispositivos asociados a máquinas, equipos y medios auxiliares** que requieran ser incorporados a los mismos por circunstancias específicas de la obra (exceptuando aquellos que deben tener agregados para cumplir con la reglamentación en materia de seguridad y salud y demás normas que les sean de aplicación).
  - Medios de protección colectiva.
  - Medios de **delimitación física de la obra**: vallado, barreras de seguridad rígidas o portátiles, etc.
  - **Señalización y balizamiento.**
  - **Iluminación de emergencia.**
  - Equipos de lucha **contra incendios** fijos o móviles.
  - Sistemas de **ventilación y extracción** de aire.
  - Sistemas de **detección de gases** en recintos confinados (fijos o móviles).
  - Servicios **sanitarios y comunes**, incluidas sus infraestructuras y equipamiento.
  - Equipos de **protección individual.**
- **Presupuesto.** Ha de realizarse un presupuesto en el que se cuantifique el **conjunto de gastos previstos para la aplicación y ejecución del ESS**. Esta cuantificación supondrá la valoración unitaria de elementos con referencia al **cuadro de precios** sobre el que se calcula, procediendo posteriormente a la suma total y desechando en general las partidas alzadas que solo podrán figurar respecto a elementos u operaciones de difícil precisión. Además, conviene efectuar estas consideraciones:
- Se incorporarán al presupuesto las **medidas alternativas** propuestas por el contratista en el plan de seguridad y salud en el trabajo juntamente con sus correspondientes mediciones, calidades y valoración, siempre que ello no suponga disminución del importe total ni de los niveles de protección contenidos en el estudio.
  - El presupuesto debe ir incorporado al presupuesto general de la obra como **un capítulo más.**
  - **No se incluirán** en el presupuesto los costes exigidos por la **correcta ejecución profesional de los trabajos**, de acuerdo con las normas reglamentarias y criterios técnicos generalmente admitidos.

### Estudio básico de seguridad y salud

En el caso de hacer un EBSS<sup>12</sup>, éste también es elaborado por el técnico competente designado por el promotor, a no ser que exista coordinador durante la elaboración del proyecto (en este último caso, sería él quien debe elaborar o hacer que se elabore el EBSS). El contenido que suele incluirse en el EBSS es [1]:

- Justificación de la inclusión en el proyecto de un EBSS en lugar de un ESS.
- Identificación y descripción de la obra y de las normas de seguridad y salud aplicables a los trabajos, ajustándose al tipo de obra a realizar.
- Identificación de riesgos laborales que pueden ser evitados, indicando las medidas necesarias.
- Relación de los riesgos laborales que no pueden eliminarse, determinando las medidas preventivas o protecciones técnicas (controlar y reducir).
- Valoración de la eficacia de las protecciones técnicas para controlar y reducir los riesgos que no pueden ser eliminados.
- Medidas específicas relativas a los trabajos incluidos en los apartados del Anexo II del RD 1627/1997.
- Previsiones e informaciones para la prevención de los trabajos posteriores.

Se trata de un documento exclusivamente descriptivo, aunque su redacción debe ser lo suficientemente detallada para que se pueda elaborar el **plan de seguridad y salud en el trabajo** (ver Tema 4). En otras palabras, tiene la función de la memoria del ESS, pero puede incluirse también algún plano (como el de recorridos de evacuación a centros sanitarios) y se debería incluir siempre una partida de Seguridad y Salud en obra<sup>13</sup> en el presupuesto general del proyecto.

<sup>12</sup>Recuérdese que se debe hacer un EBSS, según el art. 4 del RD 1627/1997: "En los proyectos de obras no incluidos en ninguno de los supuestos previstos en el apartado anterior, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio básico de seguridad y salud."

<sup>13</sup>Puede ser una partida alzada.

### 2.5.2. Evaluación de impacto ambiental

#### Introducción

Según la Directiva 2011/92/UE del Parlamento Europeo [33], el **medio ambiente** es un sistema formado por:

- a) El ser humano, la fauna y la flora.
- b) El suelo, el agua, el aire, el clima y el paisaje.
- c) Los bienes materiales y el patrimonio cultural.
- d) La interacción entre los factores contemplados en las letras a), b) y c).

Se dice que hay **impacto ambiental** cuando se produce una alteración significativa en el medio ambiente como resultado de una actividad humana; en el caso concreto que aquí se aborda, por el desarrollo de un proyecto industrial.

Existen diferentes clasificaciones sobre el impacto ambiental:

- Según su **efecto**:

- *Positivo*: Produce una mejora en el medio ambiente.

■ **Ejemplo 2.4** *Reforestación, gestión eficiente de recursos, etc.*

- *Negativo*: Produce un empeoramiento del medio ambiente.

■ **Ejemplo 2.5** *Contaminación, sobreexplotación de recursos, cambio climático, etc.*

- Según el **momento en que se producirá la alteración**:

- *Directo*: Se aprecia de manera inmediata, en un corto período de tiempo.
- *Indirecto*: A largo plazo.

- Según su **aparición**:

- *Acumulativo*: Se produce por la suma de impactos de pequeño tamaño a lo largo del tiempo en una misma zona (aunque los impactos son de pequeño tamaño, su acumulación hace que acaben teniendo un efecto mayor).
- *Sinérgico*: Se produce cuando se están dando conjuntamente diferentes actividades que provoquen mayor incidencia ambiental..

- Según la **posibilidad de reversibilidad**:

- *Reversible*: Se puede volver al estado medioambiental inicial.

■ **Ejemplo 2.6** *Tratamiento de agua contaminada, reforestación, etc.*

- *Irreversible*: No hay tratamientos específicos para recuperar el estado medioambiental inicial.

- Según la **posibilidad de que ocurra**:

- *Actual*: Está ocurriendo u ocurrirá con seguridad.
- *Potencial*: Puede ocurrir si no se toman ciertas medidas.

- Según su **duración**:

- *Temporal*: El impacto podría desaparecer con el tiempo y la zona afectada recuperarse; se considera que tiene una duración media de entre 10 y 19 años.
- *Permanente*: Impacto que perdura más de 20 años.

- Según la **extensión**:

- *Local*: Solo afecta a un territorio.
- *Diseminado*: El impacto se expande a espacios lejanos.

## Legislación en materia medioambiental y evaluación de impacto ambiental

Según la legislación española (Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental) [34]:

**Definición 2.2** *Evaluación ambiental* es el proceso a través del cual se analizan los efectos significativos que tienen o pueden tener los planes, programas o proyectos, antes de su adopción, aprobación o autorización sobre el medio ambiente

Esta ley reúne en un único texto las bases que deben regir la evaluación ambiental de planes, programas y proyectos que puedan tener efectos significativos sobre el medio ambiente, y puede ser simplificada u ordinaria:

- Los **planes y programas**<sup>14</sup> deben realizar una evaluación ambiental estratégica (EAE), obteniendo (Figura 2.18):
  - Declaración ambiental estratégica, que finaliza la EAE ordinaria.
  - Informe ambiental estratégico, que finaliza la EAE simplificada.
- Los **proyectos** deben realizar una evaluación de impacto ambiental (EIA), obteniendo:
  - Declaración de impacto ambiental (DIA), que finaliza la EIA ordinaria (Anexo I de la Ley 21/2013, [34]).
  - Informe de impacto ambiental, que finaliza la EIA simplificada (Anexo II de la Ley 21/2013, [34]).

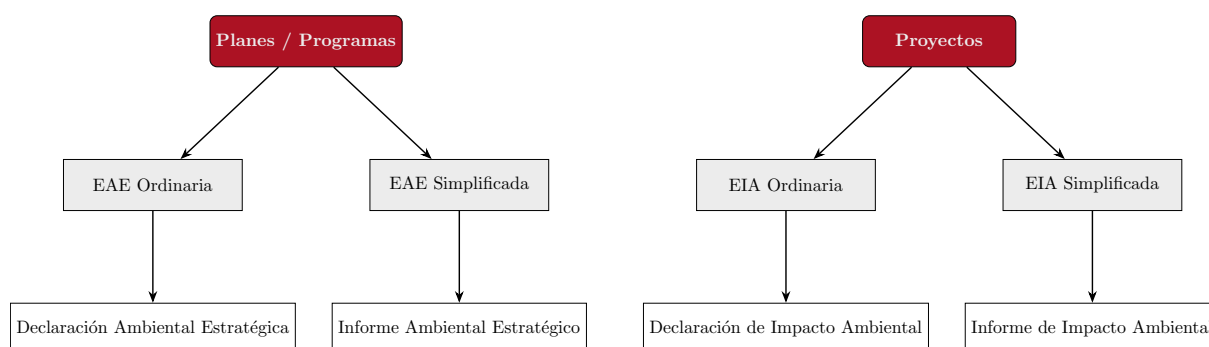


Figura 2.18: Evaluación de impacto ambiental de planes, programas y proyectos

A nivel autonómico, hay que considerar también la Ley 2/2020, de 7 de febrero, de Evaluación Ambiental de Castilla-La Mancha [35]. Puesto que cada comunidad autónoma o región tiene su propia normativa, en caso de trabajar fuera de Castilla-La Mancha habrá que localizar la norma de la autonomía o región en concreto y aplicarla. La diferencia entre la ley autonómica y la nacional suele ser matizar la nacional para adecuarla a las singularidades de cada región, pero nunca rebajando sus criterios.

El proceso de EIA de proyectos debe identificar, describir y evaluar de forma apropiada, en función de cada caso particular y de conformidad con la ley, todos los efectos de un proyecto sobre el medio ambiente, entendido este como se definió en la Sección 2.5.2 (efectos sobre el ser humano, la fauna, la flora, el suelo, el agua, el aire, el clima, el paisaje, los bienes materiales, el patrimonio cultural y las interacciones entre ellos). El **promotor** del proyecto es el encargado de confeccionar el **Estudio de Impacto Ambiental (EsIA)**, donde se recoge la información necesaria para **determinar cuál es la alternativa que va a causar un menor impacto en el entorno del proyecto** mientras que la Administración competente es quien resuelve a favor o en contra, pudiendo llegar a designar un seguimiento del proyecto.

La EIA exige comparar las situaciones del entorno en cada una de las fases del proyecto: construcción, explotación y abandono. Por ello, es útil distinguir cuatro estados cualitativos del proyecto:

- **Estado pre-operacional** o estado cero.

<sup>14</sup> Los planes y programas son documentos de planificación que establecen objetivos, estrategias y directrices para organizar y orientar el desarrollo de actividades humanas en un ámbito determinado (por ejemplo, en el urbanismo, la energía, el transporte, el medio rural, etc.). No implican acciones concretas o inmediatas (no construyen ni modifican el territorio por sí mismos, sino que necesitan desarrollarse mediante proyectos concretos), sino que marcan el camino que seguirán futuras decisiones o proyectos.



- **Estado de construcción** que supone conocer las modificaciones que va a sufrir el entorno con motivo de las obras. Es habitual que sea en esta fase donde se producen los mayores impactos.
- **Fase de explotación**, que supone conocer la incidencia en el entorno durante la vida de la instalación, como consecuencia de su funcionamiento y explotación. Es importante considerar que dicha instalación no permanecerá inalterable en el transcurso del tiempo, lo que puede modificar los impactos previstos.
- **Estado del entorno una vez agotada la vida útil** de la instalación.

Además, este procedimiento se apoya en un elemento que lo hace único: el proceso de **participación pública**, donde se permite que los ciudadanos que se consideren afectados por un proyecto puedan intervenir en determinados procesos.

### Agentes de la evaluación de impacto ambiental

Antes de explicar el proceso de la evaluación de impacto ambiental, es necesario aclarar los principales agentes que actúan en este proceso:

- **Promotor.** Persona física o jurídica, pública o privada, que pretende realizar un proyecto de los incluidos en la Ley 21/2013 [34].
- **Órgano ambiental.** Órgano que desempeña las funciones ambientales (facilitando la preparación del EsIA), realiza el análisis técnico de los expedientes de evaluación ambiental y emite la DIA a nivel nacional o autonómico. Es la autoridad competente en materia de medio ambiente, ya sea estatal o autonómica, según el caso. Por tanto, se encarga de evaluar los efectos ambientales del proyecto, revisando el estudio de impacto ambiental presentado por el promotor, realiza consultas a otras administraciones y al público y emite la DIA (favorable —con o sin condiciones— o desfavorable —los impactos no son aceptables—). La DIA vincula al órgano sustantivo, ya que este no puede aprobar un proyecto si la DIA es desfavorable.
- **Órgano sustantivo.** Órgano de la administración pública que autoriza un proyecto o controla las actividades de los proyectos sujetos a declaración responsable. Es la administración que promueve o tramita el proyecto o actividad sujeta a evaluación ambiental, teniendo la competencia sectorial<sup>15</sup> sobre el proyecto. Por tanto, se encarga de tramitar el expediente completo, solicitar la DIA al órgano ambiental y, tras recibirla, decide si autoriza o no el proyecto.

**Ejemplo 2.7** En la tabla se muestran ejemplos de proyectos y su posible órgano sustantivo.

<i>Proyecto</i>	<i>Órgano sustantivo</i>
<i>Carretera/Autopista</i>	<i>Ministerio/Consejería de Transportes/Infraestructuras</i>
<i>Planta industrial</i>	<i>Ministerio/Consejería de Industria</i>
<i>Central eléctrica</i>	<i>Ministerio de Energía/Consejería equivalente</i>
<i>Vertedero</i>	<i>Consejería/Ministerio de Medio Ambiente</i>
<i>Plan urbanístico</i>	<i>Ayuntamiento/Consejería de Urbanismo</i>

En la Tabla 2.1 se presentan las principales funciones del órgano sustantivo y ambiental.

<b>Elemento</b>	<b>Órgano sustantivo</b>	<b>Órgano ambiental</b>
Tramita el proyecto	✓	✗
Evalúa los impactos	✗	✓
Emite la DIA	✗	✓
Autoriza el proyecto	✓(si la DIA lo permite)	✗

Tabla 2.1: Funciones del órgano sustantivo y del órgano ambiental

<sup>15</sup>Esto significa que ese órgano (una administración concreta) es el responsable legal y técnico de autorizar o gestionar proyectos en un determinado sector o materia.

### Documentos necesarios

En la **evaluación de impacto ambiental**, se deben destacar los siguientes documentos básicos:

- **Documento inicial del proyecto.** Facilita la información suficiente sobre las características generales del proyecto y los efectos previstos sobre el medio ambiente. Sobre esta información, el órgano ambiental determina el alcance del estudio de impacto ambiental. El promotor puede plasmar en él todas las cuestiones, dudas o peticiones que estime convenientes para obtener respuesta (obligatoria) por parte del órgano ambiental.
- **Estudio de Impacto Ambiental (EsIA).** Contiene la información necesaria para evaluar los posibles efectos significativos del proyecto sobre el medio ambiente (población, salud humana, flora, fauna, biodiversidad, geodiversidad, suelo, subsuelo, aire, agua, etc.) y permite adoptar las decisiones adecuadas para prevenir y minimizar dichos efectos (Ley 21/2013, Art. 5.3 y 35.1 [34]). Los proyectos que hayan de someterse a evaluación de impacto ambiental (especificados en los Anexos I y II de la Ley 21/2013 [34]) deberán incluir un estudio de impacto ambiental, cuya amplitud y nivel de detalle se determinará previamente por el órgano ambiental. Dicho estudio contendrá, al menos, los siguientes datos:

- **Descripción general del proyecto** y previsiones en el tiempo sobre la utilización del suelo y de otros recursos naturales. Pueden incluirse los siguientes apartados:
  - Localización del proyecto.
  - Acciones durante la construcción y operación del proyecto, que pudieran producir impacto sobre el medio ambiente.
  - Recursos utilizados (suelo, agua, energía, etc.) y otros recursos naturales cuya eliminación o afectación se considera necesaria para la ejecución del proyecto.
  - Tipos, cantidades y composición de los residuos vertidos, emisiones o cualquier otro elemento derivado de la actuación, tanto durante la ejecución como durante la operación (vibraciones, olores, ruidos, emisiones luminosas...).
- **Exposición de las principales alternativas estudiadas**, incluida la alternativa cero (no realización del proyecto), y una justificación de las principales razones de la solución adoptada, teniendo en cuenta los efectos ambientales. Puede ocurrir que no haya otras alternativas para valorar, pero siempre deberá compararse la alternativa proyectada frente a la alternativa cero. Dado que los impactos ambientales no son sumables entre sí, hay que contemplar métodos de valoración que permitan evaluar los impactos en unidades homogéneas.

**Ejemplo 2.8** *Una alternativa puede tener dos impactos ambientales: hectáreas de suelo afectadas por el proyecto y cantidad de monóxido de carbono emitidas por la chimenea. Sin embargo, estos dos impactos no pueden sumarse directamente para conocer “el impacto total”.*

- **Evaluación y, si procede, cuantificación de los efectos previsibles directos, indirectos, acumulativos y sinérgicos del proyecto** sobre el medio ambiente, durante las fases de ejecución, explotación y, en su caso, durante la demolición o abandono del proyecto. Dentro del medio ambiente, se recomienda analizar los impactos sobre el medio físico (climatología, atmósfera, ruidos, vegetación, fauna, geología...), medio socioeconómico e institucional (demografía y empleo) y el patrimonio histórico—artístico<sup>16</sup>.
- **Medidas que permitan prevenir, corregir y compensar, así como los efectos adversos sobre el medio ambiente:**
  - *Medidas preventivas:* Acciones que se llevan a cabo para evitar la aparición de efectos ambientales negativos (o mitigarlos anticipadamente).
  - *Medidas correctoras:* Acciones que atenúan el impacto ambiental: la afección es inevitable, pero se puede minimizar.
  - *Medidas compensatorias:* Acciones que compensan un efecto negativo inevitable, generando efectos positivos en otras zonas o en otros sistemas, aunque no sea el afectado.

La efectividad de las medidas preventivas y correctoras siempre es mayor si el diseño se realiza en paralelo y de forma coordinada con el proyecto.

<sup>16</sup> Las afecciones sobre el patrimonio histórico—artístico no las resuelve directamente el órgano ambiental, sino que este deriva la consulta a la consejería u organismo que tiene las competencias sobre el patrimonio. Por ejemplo, en Castilla-La Mancha, el órgano ambiental deriva la consulta al a consejería de cultura.

- **Programa de vigilancia ambiental**, cuya finalidad es establecer un sistema de control para seguir la evolución de los impactos ambientales producidos por el proyecto. Especialmente, debe enfocarse en los impactos más graves y aquellos a los que se les aplicarán medidas correctoras. Además, debe garantizar que se cumplan las medidas correctivas y preventivas establecidas en el estudio.
- **Resumen del estudio y conclusiones** en términos fácilmente comprensibles.
- **Declaración de Impacto Ambiental (DIA)**. La DIA es la **respuesta** del órgano ambiental al EsIA presentado por el promotor, donde determina, si procede o no, a los efectos ambientales, la realización del proyecto y, en su caso, las condiciones en las que puede desarrollarse y las medidas preventivas, correctoras y compensatorias (Ley 21/2013, Art. 41 [34]). La DIA tiene la naturaleza de **informe preceptivo y determinante**<sup>17</sup>. En la DIA son tres las decisiones que debe adoptar el órgano ambiental:
  - **Viabilidad ambiental**: Consiste en determinar si el proyecto es ambientalmente aceptable, es decir, si puede llevarse a cabo sin generar impactos negativos significativos sobre el medio ambiente, o si estos pueden ser prevenidos, corregidos o compensados adecuadamente.
  - **Condicionado ambiental**: Se refiere al conjunto de requisitos, medidas preventivas, correctoras y compensatorias que deben implementarse para minimizar los efectos adversos del proyecto sobre el entorno. Este condicionado forma parte integral de la autorización del proyecto y es de obligatorio cumplimiento.
  - **Seguimiento de las actuaciones**: Implica establecer los mecanismos y procedimientos mediante los cuales se verificará, durante la ejecución y operación del proyecto, que se están cumpliendo las condiciones impuestas y que los impactos se mantienen dentro de los límites aceptables. Esto se realiza a través del programa de vigilancia ambiental.

### Proceso de la evaluación de impacto ambiental

La evaluación de impacto ambiental de proyectos comprende las siguientes actuaciones:

#### 1. Presentación de la solicitud de evaluación de impacto ambiental y del documento inicial del proyecto por parte del promotor:

- **Proyectos autonómicos** (su autorización o aprobación corresponde al órgano sustantivo regional): El promotor presenta la solicitud y el documento inicial del proyecto ante el órgano que determine la comunidad autónoma. Ese órgano autonómico revisa la documentación y, si está conforme, la remite al **órgano ambiental** competente (también autonómico).
- **Proyectos estatales**: El promotor presenta la solicitud y el documento inicial del proyecto ante el **órgano sustantivo** estatal, responsable de tramitar o autorizar el proyecto. Este órgano sustantivo es quien remite los documentos al órgano ambiental estatal (habitualmente el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico).

Este documento inicial se trata de un **documento breve**, en el que se informa de las características más relevantes del proyecto a realizar, principales alternativas, potenciales impactos y un diagnóstico territorial y del entorno afectado por el proyecto (Ley 21/2013, Art. 34.2 [34]).

#### 2. Scoping (determinación del alcance). Partiendo del documento inicial presentado por el promotor, el **órgano ambiental** (nacional/autonómico) realiza consultas y elabora el documento de alcance (Ley 21/2013, Art. 34.3 [34]). Las consultas pueden tener carácter obligatorio (a las administraciones públicas afectadas) o de carácter potestativo (expertos, ONGs, etc.).

- **Proyectos autonómicos**: El órgano ambiental es el que haya designado la comunidad autónoma (por ejemplo, una Dirección General de Medio Ambiente autonómica). Las consultas obligatorias se realizan a ayuntamientos y otros órganos autonómicos con competencias afectadas (ordenación del territorio, biodiversidad, etc.).
- **Proyectos estatales**: El órgano ambiental suele ser el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (a través de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental). Las consultas obligatorias se realizan a comunidades autónomas afectadas, ayuntamientos y otros ministerios o entidades estatales con competencia (como la Dirección General de Carreteras, Confederaciones Hidrográficas, etc.).

<sup>17</sup>Obligatorio y vinculante

3. **Fijación de contenidos para el EsIA:** El **órgano ambiental** recoge las respuestas de las administraciones públicas consultadas y, en su caso, de expertos u organizaciones. Con esa información, elabora un resumen de los aspectos clave que deben analizarse en el estudio de impacto ambiental, lo que le comunica oficialmente al promotor del proyecto. Este documento marca la hoja de ruta de lo que el promotor debe incluir en el EsIA, como qué impactos estudiar con más detalle, qué alternativas analizar o qué medidas preventivas o correctoras considerar.
4. **Trámite de información pública.** Tras redactar y presentar el EsIA, este se somete a información pública para que cualquier persona interesada pueda consultar el contenido y presentar observaciones, alegaciones o sugerencias. El trámite se realiza por el **órgano sustantivo** y tiene una duración mínima de 30 días hábiles, salvo normativa más exigente (Ley 21/2013, Art. 36 [34]).
5. **Expedición del expediente para la formulación de la DIA:** Una vez finalizado el trámite de información pública y recogidas las alegaciones, el **órgano sustantivo** remite todo el expediente al órgano ambiental, pudiendo añadir sus propias observaciones o sugerencias. El **órgano ambiental** formula la DIA, donde se establece las condiciones ambientales del proyecto (pudiendo ser favorable o desfavorable). La DIA tiene **efectos vinculantes**, es decir, el proyecto no puede ejecutarse si no cumple la DIA (Ley 21/2013, Art. 39.3 [34]), por lo que determina, **únicamente a efectos ambientales**, la conveniencia o no de realizar el proyecto y, en caso afirmativo, fijará las condiciones en que debe realizarse (**condicionado ambiental**).

En la Figura 2.19 se muestra de manera esquematizada el proceso de la evaluación de impacto ambiental autonómica y estatal.

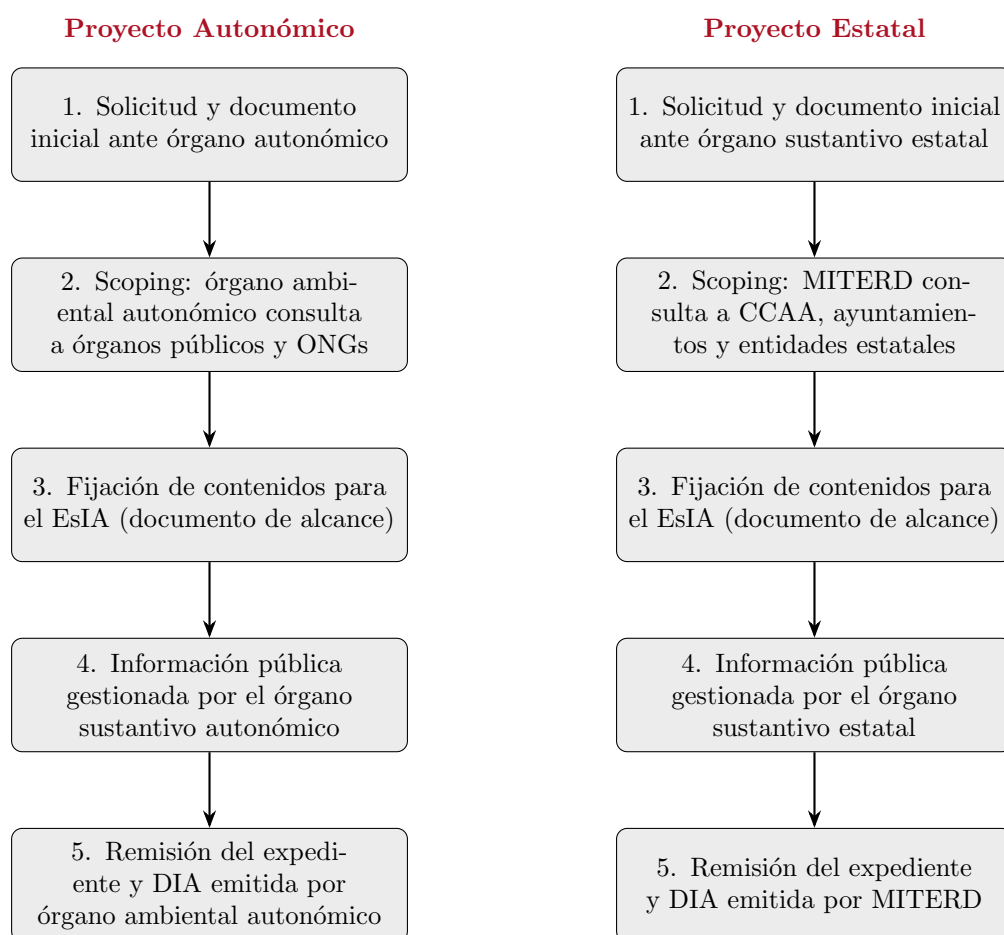


Figura 2.19: Proceso de EIA autonómica y estatal

### Métodos para la realización de un estudio de impacto ambiental

Se presentan a continuación las metodologías más utilizadas para analizar el impacto ambiental [36].

*Métodos para ponderar factores* Los principales métodos son:

- **Método Delphi.** Es un método de estructuración de un proceso de comunicación grupal que es efectivo a la hora de permitir a un grupo de individuos, como un todo, tratar un problema complejo. Pretende conseguir el objetivo de llegar a un consenso o acuerdo, especialmente cuando no hay datos claros o las decisiones son complejas. En el método Delphi se utilizan los siguientes términos:
  - **Panel de expertos:** Conjunto de expertos que forman el grupo.
  - **Moderador:** Responsable del equipo técnico que recoge las respuestas y prepara los cuestionarios.
  - **Cuestionarios:** Documento que se envía a los expertos, formado por cuestiones y resultados de las anteriores circulaciones.
  - **Circulación:** Forma en que se van presentando los sucesivos cuestionarios.

El objetivo de los cuestionarios sucesivos es disminuir el espacio intercuartil, esto es, cuánto se desvía la opinión del experto de la opinión del conjunto, precisando la mediana de las respuestas obtenidas. Tras la realización del cuestionario por parte de los expertos, se obtiene el valor del rango  $R_{f,i}$  que cada individuo  $i$  atribuye al factor  $f$ . Se recomienda que los expertos asignen un valor de 0 a  $n - 1$  (siendo  $n$  el número de factores) a cada factor (sin repetir rangos), de manera que no puntúen cada opción de forma independiente, sino ordenándolas según su criterio de mejor ( $n - 1$ ) a peor (0).

**Ejemplo 2.9** Se quiere determinar qué fuentes de energía serán más relevantes en 2050. Para ello, se consulta a 4 expertos (A, B, C y D). Se obtiene la siguiente tabla.

<i>Fuente</i>	<i>Exp. A</i>	<i>Exp. B</i>	<i>Exp. C</i>	<i>Exp. D</i>
<i>Solar</i>	4 / 4 / 4	3 / 4 / 4	3 / 4 / 4	4 / 4 / 4
<i>Eólica</i>	3 / 3 / 3	4 / 3 / 3	2 / 3 / 3	3 / 3 / 3
<i>Nuclear</i>	1 / 1 / 1	2 / 2 / 2	1 / 1 / 1	2 / 2 / 2
<i>Hidrógeno verde</i>	2 / 2 / 2	1 / 1 / 1	4 / 2 / 2	1 / 1 / 2
<i>Gas natural</i>	0 / 0 / 0	0 / 0 / 0	0 / 0 / 0	0 / 0 / 0

En cada ronda, los expertos ajustan sus puntuaciones al ver los valores del resto de expertos de la ronda anterior, obteniendo al final una tendencia al consenso.

- **Técnica de jerarquización u ordenación por rangos.** Basándose en el resultado del método Delphi, se calcula el peso de cada factor aplicando la siguiente expresión:

$$P_f = \frac{\sum_{i=1}^m R_{f,i}}{\sum_{f=1}^n \sum_{i=1}^m R_{f,i}} \quad (2.4)$$

donde  $m$  es el número total de expertos y  $n$  es el número total de factores. Una vez calculados los pesos de todos los factores, se pueden ordenar de menor a mayor.

**Ejemplo 2.10** Siguiendo el resultado obtenido de la ronda 3 del Ejemplo 2.9, la técnica de ordenación por rangos para cada fuente de energía es:

$$P_{sol} = \frac{4 + 4 + 4 + 4}{40} = 0,40$$

$$P_{eol} = \frac{3 + 3 + 3 + 3}{40} = 0,30$$

$$P_{nuc} = \frac{1 + 2 + 1 + 2}{40} = 0,15$$

$$P_{hid} = \frac{2 + 1 + 2 + 2}{40} = 0,18$$

$$P_{gas} = \frac{0 + 0 + 0 + 0}{40} = 0$$

**Ejercicio 2.4** Supóngase un panel de 4 expertos (A, B, C y D) que analizan 5 factores ( $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$ ,  $f_4$  y  $f_5$ ). Tras pasar el método Delphi, se obtienen los rangos de la tabla. Ordenar los factores según la técnica de ordenación por rangos.

	Exp. A	Exp. B	Exp. C	Exp. D
$f_1$	4	3	3	4
$f_2$	1	2	1	2
$f_3$	3	4	4	3
$f_4$	2	1	2	0
$f_5$	0	0	0	1

Métodos para identificar acciones, subfactores o impactos Se pueden utilizar:

- **Listas de chequeo o control.** Se trata de una lista, elaborada por expertos, donde se proporciona un enfoque estructurado para identificar los impactos clave y factores ambientales pertinentes que han de ser considerados. Aunque las listas de chequeo se pueden aplicar para formular el EsIA de prácticamente cualquier proyecto, generalmente son **insuficientes** como método analítico y necesitan completarse con otras herramientas. De hecho, tienen el inconveniente de que, por ejemplo, algún impacto muy específico no quede reflejado. En la Tabla 2.2 se muestra un ejemplo de este tipo de listas. Para cada uno de estos subfactores, se debería indicar si afecta, si no afecta, o si es posible que se vea afectado.
- **Matrices de interacción causa–efecto.** Se trata de una tabla de doble entrada, en la cual se relaciona cada acción del proyecto (indicadas en las columnas de la tabla) con los factores ambientales a los que pueden afectar (representados en las filas). En las casillas de interacción se puede añadir una **X** para indicar la interacción, o incluso seguir un código numérico o de colores para indicar la gravedad/importancia.

**Ejemplo 2.11** La tabla muestra una matriz genérica de interacción causa–efecto.

Sistema	Subsistema	Componente ambiental
Medio físico	Medio inerte	Aire
		Clima
		Agua
		Tierra y suelo
		Procesos
		Vegetación
	Medio perceptual	Fauna
		Procesos
		Valor testimonial
		Paisaje
		Intervisibilidad
		Componentes singulares
Medio socio-económico y cultural	Medio de núcleos urbanos	Recursos científico culturales
		Recreativo
		Producción
		Conservación de la naturaleza
	Medio socio cultural	Viario rural
		Estructura de los núcleos
		Estructura urbana y equipamientos
		Infraestructura y servicios
	Medio económico	Patrimonio histórico artístico
		Aspectos culturales
		Servicios colectivos
		Aspectos humanos
		Patrimonio histórico artístico
		Economía
		Población

Tabla 2.2: Lista de revisión o chequeo, modificada de [37]

	Acción 1	Acción 2	Acción 3	Acción 4	Acción 5
Factor 1		X			X
Factor 2		X			
Factor 3				X	
Factor 4			X		
Factor 5	X		X		
Factor 6	X				
Factor 7		X			
Factor 8				X	X

*Métodos de evaluación* Los principales métodos de evaluación de impactos ambientales son:

- **Matriz de Leopold.** Es un tipo de matriz de interacción causa-efecto que apareció en 1971 (podría considerarse también un método de identificación, pero da una aproximación al impacto). Inicialmente, en esta matriz se consideraban 100 acciones y 88 factores, aunque en la actualidad se puede ajustar el número de acciones y factores (**matriz de Leopold reducida**) a cada proyecto concreto. En las casillas de cruce, que están divididas en dos partes de forma diagonal, se analiza la evaluación atendiendo a 3 parámetros:
  - *Signo:* Signo + si el impacto es beneficioso, signo – si es perjudicial.
  - *Magnitud:* Extensión o escala de la alteración provocada por el factor. Se ubica en la parte superior izquierda de la casilla.
  - *Importancia:* Relevancia o significancia, peso relativo que el factor tiene en el proyecto. Se ubica en la parte inferior izquierda de la casilla.

Magnitud e importancia siguen una escala del 1 (mínimo) al 10 (máximo), y se trata de dos valores que se asignan principalmente basados en el juicio profesional del evaluador sin una metodología específica para calcularlo.

Una vez completada la matriz, el sumatorio por filas refleja la alteración producida por el proyecto sobre cada factor ambiental, lo que se conoce como la **fragilidad del factor**. De forma análoga, el sumatorio de columnas indica cómo afecta cada acción sobre el conjunto de factores considerados. En ambos casos, hay que distinguir los impactos positivos de los negativos. Además, se puede determinar un valor que exprese el índice general de impacto, aunque es únicamente de manera orientativa. Este índice se calcula como:

$$IA_T = \sum_{ij} I_{ij} \cdot M_{ij}, \quad (2.5)$$

siendo  $I$  la importancia,  $M$  la magnitud, e  $ij$  el número de filas y columnas, respectivamente. Esto permite obtener una estimación cuantitativa del impacto total.

**Ejercicio 2.5** En la tabla se muestra una matriz de Leopold simplificada.

	Acción 1	Acción 2	Acción 3	Acción 4	Acción 5
Factor 1		4 2		-7 4	
Factor 2	-1 5				
Factor 3		-9 7			
Factor 4	6 3				-2 5
Factor 5			-6 9		
Factor 6				-4 4	
Factor 7			-4 1		-8 2

Determinar la fragilidad de cada factor, el impacto de cada acción y el índice general de impacto.

- **Matriz de importancia.** Una vez identificadas las acciones y los factores del medio que pueden ser impactados, en las casillas de cruce se muestra únicamente el valor de la importancia de un impacto. La importancia hace referencia al ratio mediante el cual se mide cualitativamente el impacto ambiental en función del grado de incidencia/intensidad y la caracterización del impacto (determinada a partir de diversos factores), ya que la importancia  $I$  se calcula como:

$$I = \pm(3 \cdot IN + 2 \cdot EX + MO + PE + RV + MC + SI + AC + EF + PR), \quad (2.6)$$

donde:

**IN** Es la **intensidad**, y hace referencia al grado de incidencia (grado de destrucción) de la acción sobre el factor, con un baremo comprendido entre 1 (baja) y 12 (total).

**EX** Es la **extensión**, y se refiere al área de influencia. Si la acción produce un efecto muy localizado, se considerará que el impacto tiene un carácter puntual (1). Si el efecto no admite una ubicación precisa dentro del entorno, teniendo efecto en todo él, el impacto será total (8). Si el efecto es puntual, pero se produce en un lugar crítico, se le atribuirá un valor 4 unidades por encima del que le correspondería.

**MO** Es el **momento**, y hace referencia al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sobre el factor considerado. Así, cuando el momento es inferior a un año, se le asigna un valor 4 (momento inmediato). Si el periodo de tiempo va de 1 a 5 años,



se le asigna un 2 (momento a medio plazo), y si el efecto tarda en aparecer más de 5 años, se le asigna un 1 (momento a largo plazo). *Si concurriera alguna circunstancia que hiciera crítico el momento de la aparición, se le atribuiría un valor 4 unidades superior a la correspondiente.*

- PE** Es la **persistencia**, se refiere al tiempo que supuestamente permanecería el efecto desde su aparición. Si la permanencia del efecto tiene lugar durante menos de un año, se le asigna un valor 1 (efecto fugaz). Si dura entre 1 y 10 años, se le asigna un valor 2 (efecto temporal); y si tienen una duración superior a los 10 años, se le asigna un valor 4 (efecto permanente).
- RV** Es la **reversibilidad**, se refiere a la posibilidad de reconstruir el factor afectado por medios naturales. Si es a corto plazo, se le asigna un valor 1; si es a medio plazo, se le asigna un valor 2; y, si el efecto es irreversible, se le asigna un valor de 4.
- MC** Es la **recuperabilidad**, se refiere a la posibilidad de reconstruir el factor, por medio de intervención humana. Si el efecto es totalmente recuperable, se le asigna un valor 1 si es inmediato y 2 si es a medio plazo. Si es parcialmente recuperable (el efecto es mitigable), toma un valor de 4. Cuando un efecto es irrecuperable se le asignará un valor 8; *y en el caso de ser irrecuperable, pero existir la posibilidad de introducir medidas compensatorias, el valor adoptado será 4.*
- SI** Es la **sinergia**, hace referencia al grado de reforzamiento del efecto de una acción sobre un factor debido a la presencia de otra acción. Cuando una acción que actúa sobre un factor no es sinérgica con otras acciones que actúan sobre el mismo factor, se tomará el valor 1; si presenta un sinergismo moderado, toma un valor 2; si es altamente sinérgico, toma valor 4. *Si se presentaran casos de debilitamiento (es decir, la acción simultánea de dos acciones sobre un mismo factor debilita el resultado que se cabría esperar por separado), la valoración del efecto presentará valor con el signo negativo.*
- AC** Es la **acumulación**, hace referencia al incremento progresivo de la manifestación del efecto. Cuando la acción no produce efectos acumulativos, el efecto se valora como 1, y si el efecto es acumulativo, el valor será 4.
- EF** Es el **efecto**, hace referencia a la relación causa-efecto, es decir, a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción. El efecto puede ser directo o primario (valor 4), si la repercusión de la acción tiene consecuencias directas sobre el factor; o puede ser indirecto o secundario, si su manifestación no es consecuencia directa (valor 1).
- PR** Es la **periodicidad**, se refiere a la regularidad de la manifestación del efecto. Si es un efecto irregular, toma el valor 1; si es un efecto periódico, o de forma impredecible, valdrá 2; si tiene un efecto continuo, su valor es de 4.

En la Tabla 2.3 se muestran los valores más detallados de los diferentes factores considerados en la ec. (2.6).

A la vista de estos valores, y con la expresión (2.6), la importancia puede variar desde 13 a 100. Cuando un impacto tiene una importancia cercana a 13, implica que dicho impacto es muy poco importante. Por el contrario, cuanto mayor sea la importancia, más significativo es el impacto, hasta llegar a un máximo de 100. En función de si el impacto es positivo o negativo, el signo de la ecuación cambiará (+ para positivo, – para negativo).

<b>Intensidad (IN)</b>	<b>Valor</b>	<b>Momento (MO)</b>	<b>Valor</b>
Baja	1	Largo plazo	1
Media	2	Medio plazo	2
Alta	4	Inmediato	4
Muy alta	8	Crítico	+4
Total	12		
<b>Extensión (EX)</b>		<b>Persistencia (PE)</b>	
Puntual	1	Fugaz	1
Parcial	2	Temporal	2
Extenso	4	Permanente	4
Total	8		
Crítica	+4		
<b>Reversibilidad (RV)</b>		<b>Sinergia (SI)</b>	
Corto plazo	1	Sin sinergismo	1
Medio plazo	2	Sinérgico	2
Irreversible	4	Muy sinérgico	4
<b>Acumulación (AC)</b>		<b>Efecto (EF)</b>	
Simple	1	Indirecto (secundario)	1
Acumulativo	4	Directo	4
<b>Periodicidad (PR)</b>		<b>Recuperabilidad (MC)</b>	
Irregular	1	Recuperable inmediato	1
Periódico	2	Recuperable medio plazo	2
Continuo	4	Mitigable, compensable	4
		Irrecuperable	8

Tabla 2.3: Valores de los factores para calcular la matriz de importancia

**Ejercicio 2.6** *Determinar la importancia de una acción de un proyecto sobre el deterioro del terreno en el que se va a hacer la obra, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:*

- *Intensidad (IN): Muy alta*
- *Extensión (EX): Efecto total*
- *Momento (MO): Inmediato*
- *Persistencia (PE): Temporal, entre 1 y 10 años*
- *Reversibilidad (RV): Medio plazo*
- *Recuperabilidad (MC): Parcialmente recuperable, mitigable*
- *Sinergia (SI): Sinergismo moderado debilitador*
- *Acumulación (AC): Acumulador*
- *Efecto (EF): Efecto directo o primario*
- *Periodicidad (PR): Efecto irregular*

**Ejercicio 2.7** *Determinar la importancia de una acción de reforestación, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:*

- *Intensidad (IN): Grado de destrucción 1*
- *Extensión (EX): Puntual*
- *Momento (MO): Manifestación a largo plazo*
- *Persistencia (PE): Fugaz*
- *Reversibilidad (RV): Corto plazo*
- *Recuperabilidad (MC): Inmediato*
- *Sinergia (SI): Muy sinérgico*

- *Acumulación (AC): Simple*
- *Efecto (EF): Secundario*
- *Periodicidad (PR): Periódico*

**Ejercicio 2.8** *Determinar la importancia de una acción de un proyecto sobre el deterioro de la calidad del aire, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:*

- *Intensidad (IN): Total*
- *Extensión (EX): Puntual crítica*
- *Momento (MO): Medio plazo crítico*
- *Persistencia (PE): Temporal*
- *Reversibilidad (RV): Irreversible*
- *Recuperabilidad (MC): Irrecuperable*
- *Sinergia (SI): Sin sinergismo*
- *Acumulación (AC): Acumulativo*
- *Efecto (EF): Secundario*
- *Periodicidad (PR): Continuo*

**Ejercicio 2.9** *Determinar la importancia de una acción de un proyecto sobre el deterioro de la flora y fauna, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:*

- *Intensidad (IN): Media*
- *Extensión (EX): Extenso*
- *Momento (MO): Nulo*
- *Persistencia (PE): Superior a 10 años*
- *Reversibilidad (RV): Medio plazo*
- *Recuperabilidad (MC): Irrecuperable con posibilidad de introducir medidas compensatorias*
- *Sinergia (SI): Moderado de debilitamiento*
- *Acumulación (AC): No acumulable*
- *Efecto (EF): Indirecto*
- *Periodicidad (PR): Impredecible*

## 2.6. Informes técnicos

Entre las definiciones del término **informe** que aparecen en la RAE [26], se encuentra:  
*Descripción, oral o escrita, de las características y circunstancias de un suceso o asunto.*

**Definición 2.3** *Un informe técnico se trata de una comunicación verbal o escrita que tiene por objetivo: exponer o relacionar hechos, observaciones; describir cualquier objeto o su funcionamiento; analizar las situaciones o explicar las circunstancias observadas en el reconocimiento de una cuestión, siempre y cuando se haga de forma rigurosamente objetiva.*

Se extiende a muchos trabajos técnicos que no están relacionados con “diseñar” algo (sin incluir planos, cálculos complejos, etc.), sino únicamente **informar de manera realista** para proporcionar información clara y precisa sobre un tema particular para respaldar la toma de decisiones o la resolución de problemas; también puede servir para comunicar los resultados de investigaciones, experimentos, análisis o evaluaciones. Un informe técnico es **vinculante** y debe cumplir las siguientes características:

- Debe estar **bien estructurado**, es decir, estar ordenado de manera lógica, encadenada y concatenada.
- Debe ser claro, conciso, preciso y concreto, **sin divagaciones**, reiteraciones ni opiniones personales.
- Debe ser de lectura fácil y amena, siguiendo una redacción elegante pero directa y adecuando el contenido al lector.
- El **título** debe definir y delimitar claramente el contenido.
- Al enviarlo, es recomendable adjuntar una **carta de acompañamiento** (física o por e-mail) para resumir y presentar de manera efectiva la información clave del informe, así como para establecer una conexión personal con el destinatario. Un esquema habitual es el siguiente (ver Figura 2.20):
  1. Destinatario: nombre y dirección
  2. Referencia: código alfanumérico del informe
  3. Remitente: nombre y dirección
  4. Fecha de entrega
  5. Inicio: *Estimado Sr./Sra. APELLIDO:*
  6. Asunto: *Dando respuesta a su petición de fecha XXX, adjunto se remite informe sobre...*
  7. Saludo y despedida: *Reciba un cordial saludo, atentamente:*
  8. Firma

1
2
3
4
5
6
7
8

Figura 2.20: Modelo de carta de acompañamiento de un informe técnico

En general, un informe suele contener las siguientes partes:

- **Portada.** Contiene el título del informe, el autor, la fecha y referencia del informe (si se tiene), así como cualquier otra información que se considere relevante.
- **Resumen.** Muestra la “esencia” del informe completo, pero sin entrar en detalles concretos, proporcionando así una visión general de los puntos clave y las conclusiones (objetivos principales, alcance del trabajo, metodología, resultados principales...). Se redacta una vez concluido el informe, sin incluir referencias bibliográficas.

- **Introducción.** Se presenta el propósito y el alcance del informe, así como el contexto, los antecedentes del tema y la estructura del resto del informe.
- **Exposición del trabajo.** Se redacta siguiendo un tono objetivo, se tienen que evitar las formas en primera persona y, por supuesto, los vulgarismos. Se recomienda que cada frase explique una idea. La exposición suele incluir las siguientes secciones:
  - **Metodología.** Se describen los métodos utilizados para recopilar y analizar los datos, así como los procedimientos y técnicas empleados en el estudio. Se pueden incluir detalles sobre las fuentes de información utilizadas para garantizar la precisión y fiabilidad de los resultados.
  - **Resultados.** Se presentan los hallazgos del análisis realizado. Se pueden utilizar gráficos, tablas u otros recursos visuales para ayudar a ilustrar los resultados de manera clara y comprensible. Debe ser objetivo y basado en evidencias, y puede incluir comparaciones, tendencias, relaciones o cualquier otro tipo de análisis relevante para el problema abordado.
- **Conclusiones.** Se resumen las principales conclusiones que se han obtenido tras el análisis de datos presentado en los resultados. Se incluye aquí la firma del técnico redactor.
- **Referencias.** Si se utilizaron fuentes externas durante el proceso, se deben citar en esta sección utilizando el formato adecuado. Se pueden incluir libros, artículos, documentos técnicos, normativa...
- **Anexos.** Se incluye cualquier información adicional que pueda resultar relevante, como cálculos adicionales, descripciones extensas detalladas, datos...

Es importante destacar que la estructura y el contenido exactos de un informe técnico pueden variar dependiendo del campo de estudio o de la organización que lo solicite, pero en general, estos elementos proporcionan una base sólida para su elaboración. Pueden realizarse informes en muy diversos contextos, destacando:

- **Proyectos de ingeniería.** En el ámbito de la ingeniería, los informes técnicos son comunes durante todas las etapas de un proyecto, desde la planificación hasta la ejecución y el mantenimiento. Estos informes pueden abordar temas como el diseño y cálculo de estructuras, análisis de viabilidad, informes de avance, evaluación de riesgos, entre otros.
- **Evaluación de proyectos.** En el contexto de la evaluación de proyectos, los informes técnicos son utilizados para analizar la viabilidad y el rendimiento de un proyecto propuesto. Estos informes pueden incluir análisis de costos y beneficios, evaluación de riesgos, estimación de plazos, análisis de impacto ambiental, etc. Proporcionan información técnica y recomendaciones para tomar decisiones informadas sobre la implementación o continuidad de un proyecto.
- **Investigación científica.** Los informes técnicos son esenciales en el ámbito de la investigación científica. Los científicos y los investigadores escriben informes técnicos para documentar y comunicar sus hallazgos, describir los métodos y procedimientos utilizados, y presentar conclusiones basadas en datos y análisis. Estos informes pueden ser publicados en revistas científicas, presentados en conferencias o utilizados para solicitar financiamiento para futuras investigaciones.
- **Dictámenes.** Son informes elaborados por expertos o profesionales especializados en un campo específico (como medicina, contabilidad, ingeniería, etc.) y proporcionan una opinión fundada y experta sobre un tema en particular, basándose en conocimientos técnicos y científicos. Los dictámenes pueden ser solicitados por tribunales, abogados u otras partes interesadas en un caso legal para respaldar una argumentación o aclarar puntos técnicos.
- **Peritaciones.** Son procedimientos en los que un perito (experto) evalúa y emite un informe sobre un asunto técnico o científico. El perito examina evidencias, recopila datos, realiza análisis y evaluaciones especializadas para proporcionar una opinión experta en relación con un caso legal. Las peritaciones son comunes en casos de litigio y pueden abarcar diferentes áreas (medicina forense, ingeniería, contabilidad, etc.).
- **Reconocimientos.** Son inspecciones o visitas realizadas por expertos profesionales para evaluar y recopilar información sobre una situación o un lugar específico. Estos reconocimientos pueden

ser solicitados por tribunales, abogados o partes interesadas en un caso legal. Durante el reconocimiento, se pueden tomar fotografías, realizar mediciones, recopilar muestras, observar condiciones físicas, etc., con el objetivo de obtener datos relevantes que respalden la argumentación legal.

- **Inspecciones.** Son procedimientos en los que se verifica y evalúa el cumplimiento de ciertas normas, regulaciones o requisitos legales. Las inspecciones pueden ser realizadas por autoridades gubernamentales, entidades reguladoras o inspectores designados para garantizar el cumplimiento de estándares específicos en áreas como la salud y seguridad, medio ambiente, construcción, entre otros. Los informes de inspección detallan los hallazgos y pueden dar lugar a acciones legales o sanciones.
- **Arbitrajes.** El arbitraje es un procedimiento alternativo de resolución de disputas en el que las partes en conflicto acuerdan someter su disputa a un árbitro o un panel de árbitros en lugar de recurrir a un tribunal. Durante el arbitraje, las partes presentan sus argumentos y pruebas, y los árbitros emiten un fallo que resuelve la disputa. Los laudos arbitrales son considerados vinculantes y tienen fuerza legal.

### Referencias

- [1] A. González-Marcos, F. Alba-Elías y J. Ordieres Meré. *Ingeniería de proyectos*. DEXTRA, 2021.
- [2] *Ministerio de Industria y Turismo*. <https://industria.gob.es/es-es/Paginas/Index.aspx>.
- [3] *Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico*. <https://www.miteco.gob.es/es.html>.
- [4] *Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible*. <https://www.transportes.gob.es/>.
- [5] *Ministerio de Trabajo y Economía Social*. <https://www.mites.gob.es/>.
- [6] *Tratado de la Unión Europea*. <https://eur-lex.europa.eu/ES/legal-content/summary/treaty-on-european-union.html>.
- [7] Constitución Española. “Constitución española”. En: *Boletín Oficial. Del Estado* 311 (1978), págs. 29313-29424.
- [8] Ministerio de transportes, movilidad y agenda urbana. *Pliegos de Prescripciones Técnicas Generales*. <https://www.mitma.gob.es/carreteras/normativa-tecnica/17-pliegos-de-prescripciones-tecnicas-generales>.
- [9] Ana María Nieto Morote y Francisco de Asís Ruz Vila. *Proyectos de Ingeniería*. <https://ocw.bib.upct.es/course/view.php?id=140&topic=3>. 2013.
- [10] *Introducción al mercado “CE”. Directivas de Nuevo Enfoque*. <https://oiss.org/wp-content/uploads/2019/06/MT08-Introduccion-al-marcado.pdf>.
- [11] *Directivas europeas de Nuevo Enfoque*. <https://www.marcado-ce.com/directivas-europeas-de-nuevo-enfoque.html>.
- [12] *Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico*. Boletín Oficial del Estado, 2013.
- [13] *Ley 34/1998, de 7 de octubre, del sector de hidrocarburos*. Boletín Oficial del Estado, 1998.
- [14] M. Socorro García Cascales. *Proyectos de Ingeniería*. 2012.
- [15] *Decreto 1998/1961, de 19 de octubre, por el que se aprueban las tarifas de honorarios de los Ingenieros en trabajos a particulares*. Boletín Oficial del Estado, 1961.
- [16] UNE 157001:2014 — *Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico*. Una Norma Española, 2015.
- [17] UNE 50132:1994 — *Documentación. Numeración de las divisiones y subdivisiones en los documentos escritos*. Una Norma Española, 1994.
- [18] Manuel de Cos Castillo. *Teoría General del Proyecto — Volumen I: Dirección de Proyectos/Project Engineering*. Síntesis, S.A., 2007.
- [19] UNE-ISO 10006:2018 — *Gestión de la calidad. Directrices para la gestión de la calidad en los proyectos*. Una Norma Española, 2018.
- [20] Adobe Color. *Colores seguros para daltónicos*. <https://color.adobe.com/es/create/color-accessibility>.

- [21] UNE-EN ISO 7200:2004 — *Documentación técnica de productos. Campos de datos en bloques de títulos y en cabeceras de documentos*. Una Norma Española, 2004.
- [22] UNE-EN ISO 129:2019 — *Documentación técnica de los productos (TPD). Representación de dimensiones y tolerancias. Parte 1: Principios generales*. Una Norma Española, 2019.
- [23] UNE 1027:1995 — *Dibujos técnicos. Plegado de planos*. Una Norma Española, 1995.
- [24] UNE 5455:1996 — *Dibujos técnicos. Escalas*. Una Norma Española, 1996.
- [25] UNE 82100:1996 — *Magnitudes y unidades. Parte 6: Luz y radiaciones electromagnéticas conexas*. Una Norma Española, 1996.
- [26] Real Academia Española. <https://dle.rae.es/>.
- [27] Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales. Boletín Oficial del Estado, 1995.
- [28] Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción. Boletín Oficial del Estado, 1997.
- [29] Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. Boletín Oficial del Estado, 1997.
- [30] Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. Boletín Oficial del Estado, 1997.
- [31] Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. Boletín Oficial del Estado, 1997.
- [32] Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual. Boletín Oficial del Estado, 1997.
- [33] Directiva 2011/92/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de diciembre de 2011, relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente. Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, 2011.
- [34] Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental. Boletín Oficial del Estado, 2013.
- [35] Ley 2/2020, de 7 de febrero, de Evaluación Ambiental de Castilla-La Mancha. Boletín Oficial del Estado, 2020.
- [36] María Dolores Encinas Malagón y Zuriñe Gómez de Balugera López de Alda. *Evaluación de Impacto Ambiental: Aspectos teóricos*. 2011.
- [37] Vicente Conesa Fernández-Vitoria. *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Ediciones mundi-prensa, 2009.





---

## Tema 3

# Planificación y programación del proyecto

---

### 3.1. Planificación y programación

En el ámbito del proyecto, la **planificación** contribuye a cuantificar los aspectos temporales y de recursos, así como establecer secuencias, prioridades y dependencias entre tareas. Pretende disponer de los recursos necesarios, de modo que los objetivos planteados por el proyecto sean alcanzados en un plazo determinado de tiempo. En el marco planteado por la planificación, la **programación** de proyectos se debe entender como el momento en que la secuencia de tareas se plasma en un calendario, incluyendo fechas de inicio y fin.

Así, en la planificación del proyecto, se suele establecer lo siguiente:

- Objetivos.
- Actividades/tareas.
- Secuencia, prioridades, dependencia...
- Duración tareas.
- Recursos disponibles.
- Presupuesto disponible.

Y en la programación se determina:

- Más detalles.
- “El plan se convierte en programa”.
- Calendario:
  - Fechas de inicio y fin de cada actividad.
  - Proyecto completo.

### 3.2. Inicio de un proyecto

El proceso general para el desarrollo de un proyecto se muestra en la Figura 3.1.

Una vez se saben los **objetivos** del proyecto, hay que determinar **cómo** conseguirlos. Esto se suele realizar mediante la **estructura de descomposición del trabajo** (EDT), técnica de descomposición funcional de las actividades y tareas del proyecto, plasmada en un listado de tareas organizadas en forma de diagrama jerárquico en árbol. Así, se puede reducir sistemáticamente la complejidad del proyecto, de forma que este quede descompuesto en paquetes de trabajo. Cada elemento queda identificado de forma numérica o alfanumérica, estableciendo un código aplicable a los distintos niveles, de manera que se tenga una asignación más clara de responsabilidades; además, este mismo código será muy útil

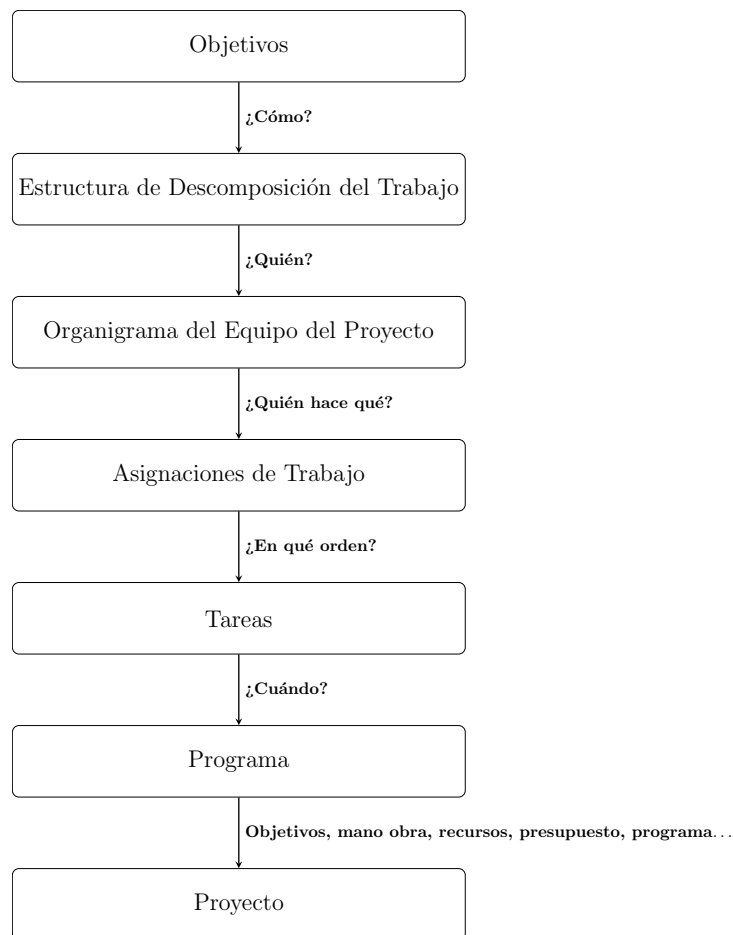


Figura 3.1: Inicio de un proyecto

a efectos presupuestarios y para la descomposición en actividades y tareas (para más información sobre la EDT, revisar la Sección 2.4.2). Con la EDT ya realizada, se obtiene el **organigrama del equipo de trabajo**, un diagrama visual que muestra quién está en cada equipo y qué papel desempeña en el proyecto, documentando la estructura de la organización del proyecto, la jerarquía entre los miembros del equipo y las relaciones entre los empleados. Así, ya se puede determinar quién hace qué, realizando las asignaciones de cada paquete de trabajo a una persona/equipo/organización. De manera general, cada paquete de trabajo se desglosa en actividades y tareas, que deberán tener una fecha de comienzo y final, una serie de criterios para poder empezar y terminar y unos recursos (materiales/humanos) para poderla realizar. Por tanto, se debe determinar la **duración** de cada una de esas tareas, que será una estimación, bajo la hipótesis de tener todos los recursos necesarios para su desarrollo. Tras esto, es necesario estimar en qué orden realizar cada tarea considerando su relación con el resto; se entra en más detalle en la Sección 3.3.2. Finalmente, se realiza la distribución temporal de todas las tareas, con sus respectivos recursos, a lo largo del tiempo mediante un diagrama de Gantt. Es muy importante asignar correctamente los recursos a cada tarea, principalmente por dos motivos:

1. Evitar **sobreasignación de recursos**, es decir, que haya que realizar varias tareas en paralelo que requieran del mismo recurso. Esto implicaría la necesidad de adquirir nuevos recursos (contratar más personal, comprar materiales...). Es preferible retrasar ciertas tareas para evitar solapes.
2. Procurar el **equilibrado de las cargas de trabajo**. Esto permite realizar el proyecto con una plantilla media, siempre y cuando haya una buena secuenciación de tareas para evitar también tiempos muertos.

En el diagrama de Gantt se incluirán también los **hitos**, eventos sin duración que deben ocurrir en un momento determinado. Los hitos suelen estar relacionados con las fechas de inicio/fin de cada una de las fases del proyecto. Cuando todo esto está correctamente realizado, y se han redactado los diferentes documentos, se obtiene el documento del proyecto.

### 3.3. Diseño del trabajo del proyecto: recursos, actividades y tiempos

El desarrollo de un proyecto requiere una planificación detallada, en la que uno de los aspectos clave es la asignación de tiempo a las distintas actividades. Este tiempo no solo depende de la naturaleza de las tareas, sino también de los recursos disponibles para llevarlas a cabo. Los recursos, que incluyen desde personal hasta materiales o presupuesto, juegan un papel crucial en la eficiencia con la que se realizan las actividades. En este sentido, los recursos y el cronograma están estrechamente interrelacionados, ya que la cantidad y calidad de los recursos disponibles influirán directamente en el tiempo necesario para completar cada tarea.

En las siguientes secciones, se comienza analizando todo lo relacionado con los recursos, y se analiza posteriormente el cronograma, es decir, las tareas que deben realizarse y el tiempo estimado para cada una (siguiendo la estructura mostrada en la Figura 3.1). Sin embargo, la realidad exige que tanto las tareas como la asignación de los recursos se realicen de manera casi simultánea. Solo de esta manera se puede asegurar que tanto las actividades como los recursos estén alineados de forma eficiente, garantizando una planificación más precisa y viable para el proyecto. Cuando se ha realizado todo esto, se puede conseguir el **diagrama de red del cronograma del proyecto**, que se explica en la Sección 3.4.

#### 3.3.1. Recursos

En el contexto de un proyecto, el término **recurso** se refiere a todo aquello que se necesita para llevar a cabo las actividades del proyecto. Esto incluye:

- **Recursos humanos:** Personas que realizan tareas del proyecto, como el equipo interno, consultores, o especialistas externos. En la administración de empresas, se denomina recursos humanos al **trabajo que aporta el conjunto de los empleados o colaboradores de una organización**. En el ámbito de un proyecto, la gestión de los recursos humanos incluye los **procesos que organizan y dirigen el equipo** del proyecto, es decir, aquellas personas a las que se les han asignado roles y responsabilidades. Es necesario hacer una buena **planificación de los recursos humanos** respondiendo a preguntas como:
  - ¿Cuándo se incorporará cada recurso?
  - ¿Qué capacidades tiene? ¿Necesita formación?
  - ¿Cuáles serán sus roles y responsabilidades?
  - ...

En general, lo primero que se necesita es conocer las habilidades y conocimientos que deben poseer las personas que van a trabajar en las actividades (acciones individuales necesarias para completar los paquetes de trabajo), de las cuales habrá que especificar sus **atributos**<sup>1</sup>, donde se indican las principales características para realizarlas. En la mayoría de las situaciones, es necesario conocer dos datos sobre una tarea para determinar las cualificaciones que debe tener una persona para realizarla:

- El **nivel de dominio** de las competencias y conocimientos necesarios.
- Si la tarea implicará trabajar bajo la dirección de otra persona, trabajar solo para aplicar las destrezas o conocimientos, o dirigir a otras personas que estén aplicando las destrezas o conocimientos.

Un ejemplo de esquema que describe estos dos aspectos de un requisito de destreza o conocimiento es el modelo  $(X, Y)$ :

**X** Nivel de competencia en la habilidad o conocimiento, teniendo los siguientes valores:

- 0 Sin nivel de competencia.
- 1 Nivel básico de competencia.
- 2 Nivel intermedio de competencia.
- 3 Nivel avanzado de competencia.

<sup>1</sup>Los atributos de las actividades amplían la descripción de cada actividad, al identificar múltiples componentes relacionados con cada una de ellas, como las actividades predecesoras/sucesoras, relaciones lógicas, clientes potenciales, requisitos de recursos, restricciones, retrasos y adelantos, etc. Estos atributos se pueden utilizar para identificar el lugar donde debe realizarse el trabajo, el calendario del proyecto al que se asigna la actividad y el tipo de esfuerzo involucrado.

Y Relación de trabajo requerida en la habilidad o conocimiento, teniendo los siguientes valores:

- a Debe trabajar supervisado.
- b Se trabaja de manera independiente con poca o ninguna supervisión.
- c Implica dirigir a otros utilizando la habilidad o el conocimiento.

Además, esta información puede combinarse con el interés (valorado como 0, “sin interés” ó 1, “con interés”) de los recursos en trabajar en dichas tareas, lo que se conoce como **matriz de competencias**.

**Ejemplo 3.1** De la matriz de competencias mostrada en la tabla, se puede concluir que Susana tiene un nivel avanzado de competencia en redacción técnica, puede trabajar de forma independiente y está interesada en trabajar en estas tareas. Eduardo tiene un nivel avanzado de competencia en el área de la investigación legal y es capaz de dirigir a otras personas que se dediquen a esto. Sin embargo, preferiría no trabajar en tareas de investigación legal. En su lugar, le gustaría trabajar en actividades de diseño de cuestionarios, pero actualmente no tiene habilidades ni conocimientos en esta área. Además, aunque pueda pensarse que nunca se le asignará a Eduardo una actividad de diseño de cuestionarios porque carece de las aptitudes o los conocimientos pertinentes, en caso de necesitar más personas que puedan desarrollar cuestionarios, sería un candidato ideal. Dado que desea trabajar en este tipo de tareas, lo más probable es que esté dispuesto a realizar un esfuerzo adicional para adquirir las habilidades necesarias para ello.

	Juan		María		Susana		Eduardo	
	Competencia	Interés	Competencia	Interés	Competencia	Interés	Competencia	Interés
Redacción técnica	(0,a)	0	(0,a)	0	(3,b)	1	(0,a)	1
Investigación legal	(0,a)	1	(0,a)	1	(0,a)	0	(3,c)	0
Diseño gráfico	(3,c)	1	(0,a)	0	(0,a)	1	(3,c)	1
Diseño de cuestionarios	(1,a)	0	(0,a)	0	(0,a)	0	(0,a)	1

Con esto, se consiguen los **requisitos de los recursos humanos**, donde se especifican las características que debe tener cada recurso humano de cada actividad, pudiendo agregarse para determinar los recursos humanos estimados para cada paquete de trabajo, cada ramificación de la EDT y el proyecto en su totalidad.

- **Recursos materiales o físicos:** Equipos para empezar a trabajar, herramientas, maquinaria, tecnología, suministros necesarios, licencias, local donde se va a estar, etc.
- **Recursos financieros:** Presupuesto disponible para ejecutar las actividades. Esto abarca costes directos (salarios, materiales) e indirectos (alquileres, seguros, etc.). Estos recursos pueden ser **propios** (aportaciones del inversor, es decir, el capital), **ajenos** (aportaciones de los acreedores o prestamistas) o **mixtos** (mediante fondos propios y ajenos). Se explica en más detalles en el Tema 5.
- **Recursos temporales:** Tiempo disponible de los recursos, especialmente de personas y equipos. Se gestiona mediante calendarios, disponibilidad y asignación horaria.

Para calcular la cantidad de recursos humanos y materiales/físicos necesarios en un proyecto, primero hay que analizar la naturaleza de la tarea (es decir, entender en qué consiste el trabajo, cómo de complejo es, cuánto tiempo puede tardarse en realizarlo y qué tipo de conocimientos, habilidades o herramientas requiere). Luego, se debe considerar la capacidad de cada recurso, lo que implica saber cuánto puede producir o avanzar una persona, equipo o herramienta en un período determinado, teniendo en cuenta su nivel de experiencia, velocidad de trabajo y disponibilidad. Con esa información, se puede estimar cuántas personas o unidades de material se necesitan para completar la tarea en el tiempo previsto, ajustando la cantidad de recursos según el plazo, la calidad esperada y los objetivos del proyecto.

La cantidad de recursos humanos puede mostrarse como una **matriz de recursos humanos**, donde aparece el recurso asignado a cada actividad del proyecto y el esfuerzo de trabajo<sup>2</sup> que debe hacer cada persona (se especifica más la diferencia entre *esfuerzo* y *duración* en la Sección 3.3.3). Al igual que para los recursos humanos, también puede hacerse una **matriz de recursos no humanos**, donde se muestran

<sup>2</sup>El esfuerzo de trabajo es el tiempo real que una persona dedica a una actividad. Puede expresarse en unidades de horas-persona, días-persona, semanas-persona, etc.

los recursos no humanos necesarios para realizar las actividades que componen el paquete de trabajo y la cantidad necesaria de cada recurso para cada componente del nivel más bajo de la EDT del proyecto.

**Ejemplo 3.2** La tabla muestra un ejemplo de matriz de recursos humanos.

Actividad		Personal (h-p)		
EDT	Descripción	T1	T2	T3
2.1.1	Diseño del cuestionario	32	0	24
2.1.2	Prueba piloto del cuestionario	0	40	60
2.2.1	Instrucciones del cuestionario	40	24	10

Según la matriz, T1 trabaja en el diseño del cuestionario 32 horas-persona, y T3, trabaja en ella 24 horas-persona. Sin embargo, conocer el esfuerzo de trabajo necesario para completar un paquete de trabajo en solitario no indica la duración del mismo. Suponiendo una jornada laboral de 7 h, si ambos trabajadores pueden trabajar en él al mismo tiempo y si ambas están asignadas al 100 % al proyecto (y ningún otro aspecto de la tarea requiere tiempo adicional), la actividad puede terminarse en cuatro días  $((32 + 24) / (7 \cdot 2) = 4 \text{ días})$ . Sin embargo, si alguna de las dos personas está disponible menos del 100 % del tiempo, o si una tiene que terminar su trabajo antes de que la otra pueda empezar, la duración no será de 4 días.

La tabla muestra un ejemplo de matriz de recursos no humanos, donde se necesitan tres recursos diferentes para completar tres paquetes de trabajo. También especifica la cantidad necesaria de cada recurso.

Actividad		Cantidad (h)		
EDT	Descripción	R1	R2	R3
1.2.1	Preparar la presentación	32	0	0
2.1.4	Imprimir el informe	0	50	0
3.3.1	Ensayos de la presentación	40	0	32

A partir de esta matriz, se estima que se necesitan 40 horas de R1 y 32 horas de R3 para hacer una serie de ensayos.

El informe que se quiere imprimir tiene 10 páginas y se necesitan 500 copias  $(10 \text{ páginas} \cdot 500 = 5000 \text{ páginas})$ , si la velocidad de impresión de la fotocopidora es de 100 páginas por hora, el tiempo requerido será de 50 h:

$$\frac{5000}{100} = 50 \text{ horas}$$

Si quiere dedicarse menos tiempo, será necesario complementar con otra unidad de impresión o buscar otra fotocopidora con mayor velocidad. De este modo, la matriz permite no solo planificar qué recursos se necesitan, sino también dimensionarlos en función de las características técnicas y capacidad operativa de cada uno.

Este tipo de análisis es esencial para anticipar cuellos de botella y asegurar una planificación realista de los recursos humanos y no humanos.

**Ejemplo 3.3** La tarea “Montaje de una línea de producción automatizada” requiere instalar maquinaria, sistemas eléctricos, cintas transportadoras y programación de PLCs. Como recursos humanos, se necesitan ingenieros eléctricos/electrónicos, técnicos mecánicos y programadores industriales.

Si un técnico puede instalar 10 m de cinta transportadora por día (8 h de trabajo), y hay 100 m que montar, se necesita 1 técnico durante 10 días, 2 técnicos durante 5 días, o cualquier otra equivalencia que complete el total de horas requeridas (80 h en total).

El cableado, sensores y paneles eléctricos se calculan según el diseño técnico, siguiendo las mediciones del proyecto (ver Sección 2.4.6). Si el diseño eléctrico requiere 300 m de cableado, con una productividad estimada de instalación de 30 m por día por operario, se necesitarán 10 días-persona para completar esa parte de la instalación.

Para la maquinaria, se ha decidido utilizar un modelo de prensa hidráulica de alta velocidad con una capacidad de 100 unidad/h. Dado que la línea debe estar preparada para una capacidad de producción de 800 unidad/día, la máquina elegida puede mantener ese ritmo si opera durante 8 h. En caso de turnos extendidos o funcionamiento continuo, podría optarse por un modelo de menor capacidad.

La instalación de la maquinaria requiere también ajustes de precisión y pruebas funcionales, lo que se estima en unas 16 h por unidad. Si hay que instalar tres máquinas, serán necesarias 48 h de técnico especializado. Según la disponibilidad de recursos, esta labor puede distribuirse entre varios técnicos para optimizar tiempos sin comprometer la calidad.

*De esta manera, mediante la estimación detallada de recursos y rendimientos técnicos por componente (cintas, cableado, maquinaria, programación), es posible construir una planificación realista del montaje, equilibrando los recursos humanos, equipamiento y cronograma de ejecución.*

### 3.3.2. Secuenciar las actividades

Para estimar el tiempo necesario en cualquier proyecto, es fundamental establecer la **secuencia de actividades**, es decir, el orden en que deben llevarse a cabo.

**Ejemplo 3.4** *Se tiene un proyecto que consta de diez actividades, cada una de las cuales dura una semana. ¿Cuánto tiempo se tardará en completar el proyecto? La realidad es que no se puede saber con certeza. Es posible que el proyecto se termine en una semana si se pueden realizar las diez actividades al mismo tiempo y se disponen de los recursos necesarios. También podría durar diez semanas si las actividades deben realizarse una por una, en orden secuencial. Además, puede tardarse entre una y diez semanas si algunas actividades, pero no todas, deben realizarse en orden secuencial.*

Por tanto, para secuenciar las actividades hay que identificar y documentar las **relaciones lógicas** entre ellas, estableciendo así la secuencia en la que deben llevarse a cabo. Es decir, se necesita:

- Identificar y documentar la relación lógica entre las actividades del cronograma.
- Tener en cuenta las sinergias entre actividades.
- Tener en cuenta los recursos y su duración.

Para secuenciar las actividades, es habitual utilizar:

- **Diagramas de precedencia (PDM):** Utilizados para construir un modelo de programación en el cual las actividades se representan mediante nodos y se vinculan gráficamente mediante una o más relaciones lógicas para indicar la secuencia en que deben ser ejecutadas. El PDM incluye los siguientes **tipos de dependencias**<sup>3</sup> (Figura 3.2):
  - **Final a Inicio (FS):** Relación lógica en la cual una actividad sucesora no puede comenzar hasta que haya concluido una actividad predecesora. Es la más frecuente.
  - **Inicio a Inicio (SS):** Relación lógica en la cual una actividad sucesora no puede comenzar hasta que haya comenzado una actividad predecesora.
  - **Final a Final (FF):** Relación lógica en la cual una actividad sucesora no puede finalizar hasta que haya concluido una actividad predecesora.

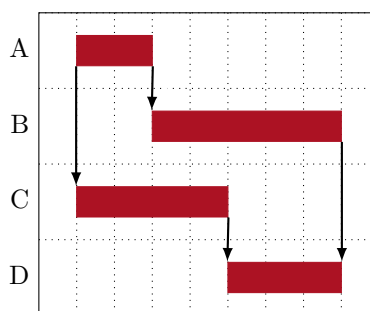


Figura 3.2: Tipos de dependencias

**Ejercicio 3.1** *Determinar el tipo de precedencias en los siguientes casos:*

- *Terminar de redactar un documento respecto a finalizar la edición de ese mismo documento.*
- *Instalar del sistema operativo en un PC respecto a ensamblar el hardware del PC.*

<sup>3</sup>Una actividad predecesora es una actividad que precede desde el punto de vista lógico a una actividad dependiente en un cronograma. Una actividad sucesora es una actividad dependiente que ocurre de manera lógica después de otra actividad en un cronograma.

- **Determinación e integración de las dependencias:** Las dependencias tienen 4 atributos (obligatoria/discrecional y externa/interna), pero **solo pueden aplicarse dos simultáneamente**.
  - **Obligatorias:** Estas relaciones deben respetarse para que el proyecto sea un éxito. Incluyen **requisitos legales** (leyes o reglamentos nacionales y locales exigen que ciertas actividades se realicen antes que otras), **requisitos de procedimiento** (políticas y procedimientos de la empresa pueden exigir que determinadas actividades se realicen antes que otras) y **lógica** (algunos procesos deben producirse lógicamente antes que otros).
  - **Discrecionales:** Según el criterio del director del proyecto y del equipo de gestión del proyecto. Incluyen **dependencias lógicas** (realizar unas actividades antes que otras, generalmente establecidas por buenas prácticas o conocimiento previo de otros proyectos, donde se identificó que es mejor hacer ciertas tareas cuando se han acabado otras; aunque no sea una dependencia obligatoria, se sabe por experiencia de otros proyectos que debería hacerse así) y **decisiones de gestión** (decisiones arbitrarias para trabajar en determinadas actividades antes que en otras).
  - **Externas:** Por motivos ajenos al proyecto (cambios de legislación, requisitos del gobierno, entregas, etc.), por lo que quedan fuera de control del equipo del proyecto.
  - **Internas:** Relación entre actividades del proyecto que están bajo el control del equipo del proyecto.

**Ejercicio 3.2** *Determinar a qué tipo de relaciones corresponde cada uno de los siguientes proyectos:*

- *Un proyecto incluye una actividad para probar un dispositivo que se está desarrollando. Se quieren empezar las pruebas de inmediato, pero no se puede iniciar esta actividad hasta que el laboratorio de pruebas de la organización reciba e instale el nuevo equipo de pruebas que encargaron.*
- *Una empresa farmacéutica ha desarrollado un nuevo medicamento en el laboratorio y ha demostrado su seguridad y eficacia en ensayos clínicos. El fabricante quiere empezar a producir y vender el fármaco inmediatamente, pero no puede porque la ley nacional exige que la empresa obtenga una aprobación antes de venderlo.*
- *Al escribir un informe, gran parte del capítulo 3 depende de lo que se dice en el capítulo 2, por lo que se decide escribir primero el capítulo 2. Se podría escribir el capítulo 3 primero o trabajar en ambos al mismo tiempo, pero ese plan aumenta la posibilidad de que tenga que reescribir parte del capítulo 3 después de terminar el capítulo 2.*
- *Al construir una casa, hay que verter el hormigón para los cimientos antes de levantar la estructura.*
- *Una empresa está desarrollando un nuevo programa informático para su empresa. Ha terminado el diseño y quiere empezar a programar el software. Sin embargo, su organización sigue una metodología que requiere que el comité de supervisión de la dirección apruebe formalmente su diseño antes de que pueda desarrollarlo.*
- *Dentro de un proyecto se tiene la actividad C y la actividad D. No se puede trabajar en ellas al mismo tiempo, y no hay ninguna razón legal o lógica para trabajar primero en una u otra. Se decide trabajar primero en la Actividad C.*

- **Retrasos y adelantos:** A veces, una actividad no puede comenzar justamente cuando termina su predecesora (Figura 3.3):
  - **Adelanto:** Cantidad de tiempo  $X$  en que una actividad sucesora se puede anticipar con respecto a una actividad predecesora. El adelanto se representa a menudo como un valor negativo en un software de programación ( $t - X$ ).
  - **Retraso:** Cantidad de tiempo  $X$  en que una actividad sucesora se retrasa con respecto a una actividad predecesora. El retraso se representa a menudo como un valor positivo en un software de programación ( $t + X$ ).

No deben utilizarse adelantos y retrasos para sustituir la lógica de la programación. Además, las estimaciones de duración no incluyen adelantos ni retrasos.

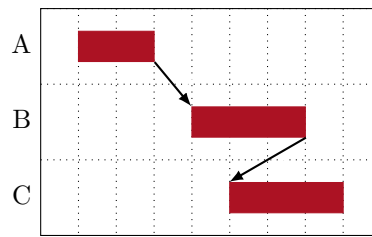


Figura 3.3: Retrasos y adelantos

### 3.3.3. Estimar la duración de las actividades

Es necesario estimar la **cantidad de períodos de trabajo** necesaria para finalizar las actividades individuales con los recursos estimados. Pero antes de esto, es necesario entender la diferencia entre la **duración**, las **unidades de asignación** y el **esfuerzo** (o trabajo).

**Ejemplo 3.5** *Un trabajador trabaja a jornada completa (8 h) en una tarea que empieza el lunes a las 8:00 y acaba el viernes a las 17:00.*

- La duración (D) son 40 h
- Las unidades de asignación (U) es el 100 %, porque trabaja a jornada completa en esta tarea
- Como el trabajador se dedica a jornada completa durante 40 horas en la tarea, el esfuerzo W que dedica es de 40 horas.

*Si estuviera a media jornada:*

- La duración (D) seguirían siendo 40 h
- Las unidades de asignación (U) serían 50 %, porque trabaja a media jornada
- El esfuerzo W que dedica sería de 20 horas, lo que implica que, si la tarea se tiene que terminar el viernes a las 17:00, sea necesario contar con algún trabajador adicional.

Comprendido el Ejemplo 3.5, las definiciones de duración, unidades de asignación y esfuerzo/trabajo son:

- **Duración (D):** Es el tiempo de trabajo entre la fecha de inicio y la fecha de finalización de una tarea.
- **Unidades de asignación (U):** Es la intensidad de dedicación del recurso a la tarea durante toda (o parte de) su duración, expresado generalmente como un porcentaje. Es decir, es la fracción del tiempo de la duración durante la cual un recurso está asignado activamente a una tarea.
- **Esfuerzo (trabajo, W):** Es la cantidad total de tiempo que el/los recurso/s dedicará/n a la tarea.

Con esta información, se deduce que la expresión para determinar el esfuerzo es:

$$D \times U = W, \quad (3.1)$$

lo que implica que si un recurso trabaja durante  $D$  horas, pero solo trabaja el  $U\%$  de ese tiempo en una tarea, entonces el esfuerzo total para esa tarea será de  $W$  horas. Por tanto, si alguno de  $D$ ,  $W$  o  $U$  cambia, al menos otro debe cambiar para mantener la igualdad.

**Ejemplo 3.6** *Se crea una tarea en la que el trabajador se dedica a tiempo completo durante la semana siguiente. Para esta tarea,  $U = 100\%$ ,  $D = 40$  horas y  $W = 40$  horas. Sin embargo, el trabajador dice que la tarea requerirá un esfuerzo de 20 horas para completarla, no 40 horas.*

*Si solo se cambia  $W$  a 20, la tarea tendrá datos incoherentes:*

- $U = 100\%$
- $D = 40$  h
- $W = 20$  h



Por tanto, habría 2 opciones:

- Reducir D a 20 horas
- Reducir U al 50 %

Ambas opciones mantienen la coherencia y son correctas.

- Si se reduce la duración a 20 horas, la tarea terminará antes, es decir, el miércoles a mediodía, lo que significa que tardará 2,5 días.
- Si se reducen las unidades al 50 % (el trabajador trabaja media jornada en esta tarea), la tarea seguirá terminando el viernes por la tarde, pero el trabajador estará libre al 50 % durante ese periodo para trabajar en otras tareas.

Para ello, se **estima el esfuerzo** (número de días de trabajo u horas de trabajo requeridas) para completar una actividad. Es habitual hacer esta estimación de una **manera iterativa**, afinando el tiempo necesario y los recursos necesarios para conseguir la actividad.

Algunas consideraciones para hacer la estimación de las actividades son las siguientes:

- Si es posible, las estimaciones estarán hechas por la **persona que va a realizar el trabajo**.
- Las estimaciones son **más precisas, cuanto más pequeñas** son las actividades; es decir, cuanto más detalle se tenga de la actividad (más pequeña sea), más fácil es hacer la estimación, por lo que mejor ajustada estará. Se recomienda que tengan una duración máxima aproximada de **dos semanas**.
- Las estimaciones son elaboradas **progresivamente**, aumentando así su fiabilidad y su precisión. En lugar de intentar estimar todas las actividades de una vez al principio del proyecto, se realizan estimaciones iniciales con la información disponible en ese momento. Luego, a medida que se obtiene más información, como detalles específicos sobre los requisitos, recursos disponibles y experiencia acumulada, se refinan y actualizan las estimaciones.
- Debe basarse en la **EDT**.
- Se luchará por **estimaciones realistas y precisas, sin alterarlas**, puesto que es mejor identificar de primeras el trabajo que hay y cómo se puede acometer, que ser muy optimistas o “apañar” las estimaciones y que luego puedan aparecer problemas de ejecución en el proyecto.

Conocer los tipos de recursos que requiere una actividad puede ayudar a mejorar la estimación de su duración. Recordar que los recursos incluyen: personal, equipos, instalaciones, materias primas, información y financiación. Para cada recurso que se necesite, se debería determinar su **capacidad** (productividad por unidad de tiempo) y **disponibilidad** (cuándo estará disponible el recurso).

**Ejemplo 3.7** *No todas las fotocopadoras generan copias al mismo ritmo. Especificar las características de la máquina que se utilizará para hacer copias puede mejorar la estimación de la duración de la actividad. Una fotocopadora que produce 1.000 copias por minuto puede realizar un trabajo en la mitad de tiempo que una máquina que produce 500 copias por minuto. Del mismo modo, un gran trabajo de impresión puede llevar la mitad de tiempo si se tiene acceso a una fotocopadora cuatro horas al día en lugar de dos.*

Deben tenerse en cuenta los siguientes componentes de las actividades, puesto que también condicionarán la estimación de su duración:

- **Trabajo realizado por personas:** Actividades físicas y mentales que realizan las personas, como redactar un informe, montar un equipo y pensar en ideas para una campaña publicitaria.
- **Trabajo realizado por recursos no humanos:** Actividades que realizan los ordenadores y otras máquinas, como imprimir un informe en una fotocopadora.
- **Procesos físicos:** Reacciones físicas o químicas, como el curado del hormigón, el secado de la pintura y las reacciones químicas en un laboratorio.
- **Retrasos temporales:** Tiempo durante el cual no ocurre nada, como la necesidad de reservar una sala de conferencias dos semanas antes de celebrar una reunión. Estos retrasos temporales suelen deberse a la falta de disponibilidad de recursos.

Para estimar la duración de las actividades se pueden utilizar los siguientes métodos:

- **Juicio de expertos:** Opinión fundamentada que se brinda con base en la experiencia y conocimientos específicos, utilizada para determinar de manera informada cuánto tiempo podría requerirse para llevar a cabo una actividad. Esta pericia puede provenir de individuos o grupos con formación académica, experiencia práctica, habilidades técnicas o capacitación especializada, y resulta especialmente valiosa ante incertidumbres, ausencia de datos históricos o tareas de naturaleza compleja o novedosa.
- **Estimación paramétrica:** Se utiliza un algoritmo basado en datos históricos de proyectos anteriores y los parámetros del proyecto actual para calcular la duración. La estimación paramétrica utiliza una relación estadística entre los datos históricos y otras variables (p. ej., metros cuadrados de construcción) para calcular una estimación de la duración de una actividad. Las duraciones pueden determinarse cuantitativamente multiplicando la cantidad de trabajo a realizar por el número de horas laborales por unidad de trabajo.

**Ejercicio 3.3** Una empresa de construcción está planificando un proyecto para construir un edificio de oficinas de 10000 m<sup>2</sup>. Basándose en datos históricos, se sabe que el equipo de construcción puede completar 100 m<sup>2</sup>/d. Utilizando la estimación paramétrica, calcular la duración total del proyecto en días.

**Ejercicio 3.4** Una empresa de logística necesita planificar la entrega de 500 t de mercancías a un cliente. Basándose en datos históricos, se sabe que un camión puede transportar 25 t por viaje y que cada viaje necesita 2 d (incluyendo carga, transporte y descarga). Utilizando la estimación paramétrica, calcular la duración total del proyecto en días.

**Ejercicio 3.5** Un proyecto de construcción requiere la instalación de 8000 m<sup>2</sup> de paneles solares. Se tienen disponibles dos equipos de trabajo: el equipo A puede instalar 200 m<sup>2</sup> por día, y el equipo B puede instalar 150 m<sup>2</sup> por día. Si ambos equipos trabajan simultáneamente, utilizando la estimación paramétrica, calcular la duración total del proyecto en días.

**Ejercicio 3.6** En un proyecto de manufactura, se necesita producir 5000 unidades de un producto. La tasa de producción varía debido a diferentes turnos de trabajo: el turno diurno produce 400 unidades por día y el turno nocturno produce 300 unidades por día. Si ambos turnos operan todos los días, utilizar la estimación paramétrica para calcular la duración total del proyecto en días.

- **Análisis de alternativas:** Se utiliza para comparar distintos niveles de capacidad o habilidades de los recursos y decisiones de construir, alquilar o comprar relativas a los recursos. Esto permite al equipo evaluar las variables de recursos, costes y duración, a fin de determinar un enfoque óptimo para llevar a cabo el trabajo del proyecto.

Es importante que siempre se documenten las **bases de las estimaciones**, ya que proporcionan detalles adicionales sobre los elementos considerados al determinar la duración de las actividades. Esto incluye las suposiciones utilizadas, las restricciones identificadas, los rangos posibles de duración, el nivel de precisión aplicado en la estimación y cualquier otra consideración relevante. Contar con esta información mejora la transparencia del proceso de planificación, facilita la validación de las estimaciones y permite un mejor análisis y control durante la ejecución del proyecto.

**Ejercicio 3.7** Un proyecto tiene tres fases:

- **Diseño:** 2 personas, que deben dedicar 80 horas cada una.
- **Programación:** 3 personas, que deben dedicar 60 horas cada una.
- **Pruebas:** 1 persona, que debe dedicar 40 horas.

¿Cuál es la duración si las fases son secuenciales y se trabaja 8 h/d?

**Ejercicio 3.8** En un determinado proyecto, se tienen 4 tareas:

- La tarea A consiste en excavar una zanja de  $1,45 \times 0,8$  m, a lo largo de 4000 m.
- La tarea B consiste en instalar una tubería de metal de 0,5 m de diámetro, en toda la zanja.
- La tarea C consiste en instalar dos tuberías de fibra de 0,1 m de diámetro, en toda la zanja.
- La tarea D consiste en rellenar la zanja.

Con esta información:

- Estimar la cantidad de trabajo de cada tarea.
- Sabiendo que los recursos que se van a utilizar son:
  - Para las tareas A y D es una única excavadora, con un rendimiento de  $150 \text{ m}^3/\text{h}$ .
  - El recurso disponible para las tareas B y C es una única grúa, con un rendimiento de  $55 \text{ m}/\text{h}$ .

Calcular la duración, en días, de las tareas, sabiendo que se trabaja con un turno de 8 h/d y que las tareas son secuenciales (redondear al entero inmediatamente superior).

**Ejercicio 3.9** Se debe construir una nave industrial de  $2400 \text{ m}^2$  con las siguientes actividades:

- A: Excavación y preparación del terreno (requiere 2 excavadoras con rendimiento de  $50 \text{ m}^3/\text{d}$  cada una. Volumen a excavar:  $1200 \text{ m}^3$ )
- B: Cimentación (4 operarios, con rendimiento de  $8 \text{ h}/\text{m}^3$  cada uno; se necesitan también las 2 excavadoras. Volumen:  $600 \text{ m}^3$ )
- C: Estructura metálica (3 equipos de montaje, cada uno puede instalar  $15 \text{ t}/\text{d}$ . Peso total:  $180 \text{ t}$ )
- D: Cubierta y cerramientos (5 operarios,  $100 \text{ m}^2/\text{d}$  por operario. Superficie total:  $4500 \text{ m}^2$ )
- E: Instalaciones eléctricas (2 electricistas,  $60 \text{ m}/\text{d}$  cada uno. Longitud total:  $1200 \text{ m}$ )

Relaciones:

- B no puede empezar hasta que A esté completada al 50 % (relación SS con retraso)
- C requiere que B esté totalmente terminada (relación FS)
- D puede empezar cuando C esté completada al 75 % (relación SS con retraso)
- E puede empezar cuando D esté completada al 30 % (relación SS con retraso)

Se pide:

1. Calcular duración de cada actividad (días), sabiendo que la jornada de trabajo es de 8 h/d.
2. Dibujar el diagrama de Gantt.
3. Calcular recursos diarios necesarios, separando entre humanos y materiales.
4. Determinar duración total del proyecto.

**Ejercicio 3.10** Según la experiencia de la que se dispone, una tarea requiere de 720 h de ingeniería. Para realizarla, se dispone de 3 ingenieros con diversos grados de experiencia y costes:

- Ingeniero 1: 98 €/h
- Ingeniero 2: 85 €/h
- Ingeniero 3: 50 €/h

Si los tres ingenieros están disponibles al 100 % y trabajan conjuntamente en la tarea durante 8 h/d, estimar la duración de la tarea y su coste.

### 3.4. Métodos de programación y diagramación

Desde su aparición en el año 1958, las modernas técnicas de programación y control de proyectos se han aplicado con éxito a campos muy diversos, tales como explotaciones de recursos naturales, construcciones de barcos o aviones, proyectos de ingeniería civil, introducción en el mercado de un nuevo producto, puesta en órbita de satélites, edición y lanzamiento de libros, instalación y puesta a punto de computadores, etc. El **método PERT** (Program Evaluation and Review Technique) y el **método CPM** (Critical Path Method) constituyen las dos técnicas pioneras en el campo de la moderna programación y control de proyectos. Tanto el PERT<sup>4</sup> como el CPM hicieron su aparición aproximadamente en la misma época. Es este último en el que se enfoca esta sección.

Lo primero es realizar el **diagrama de red del cronograma del proyecto**.

**Definición 3.1** Un diagrama de red es una representación gráfica de las relaciones lógicas (dependencias) entre las actividades del cronograma del proyecto.

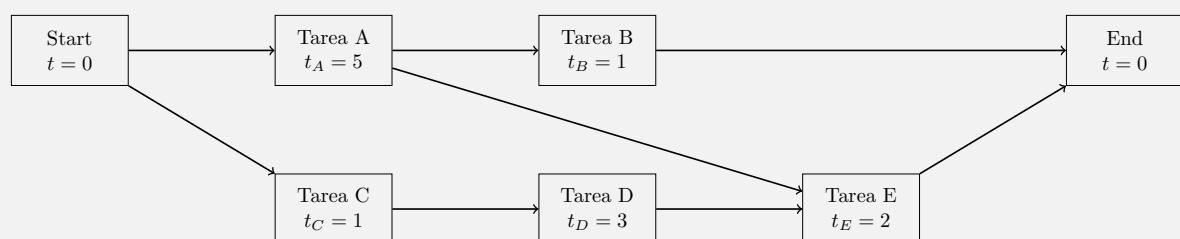
Esta representación puede tener las actividades en las flechas (activities on arrows, AOA) o en los nodos (activities on nodes, AON):

- **AOA:** Los arcos (flechas) identifican las tareas, mientras que los nodos representan los momentos en que empieza/termina la tarea que sale/llega.
- **AON:** Los arcos (flechas) representan las relaciones entre las tareas (flujo de trabajo de una actividad a otra), mientras que las tareas se incluyen en los nodos.

Para realizar el diagrama de red del cronograma como AON, existen dos reglas fundamentales:

1. Después de terminar una actividad, se puede pasar a la siguiente actividad, como indican las flechas.
2. Antes de poder iniciar una actividad, primero se deben completar todas las actividades con flechas que apunten a la actividad que se desea iniciar.

**Ejemplo 3.8** Según el diagrama de red de la figura:



- De acuerdo con la Regla 1, desde "Start" se puede proceder a trabajar en la Tarea A o en la C, lo que significa que se puede hacer la Tarea A o la Tarea C por sí misma o ambas Tareas A y C al mismo tiempo. En otras palabras, estas dos actividades son independientes entre sí. También se puede elegir no hacer ninguna de las dos. **La Regla 1 es una relación que permite, no que obliga**, es decir, se puede trabajar en cualquiera de las tareas a las que conducen las flechas de Start, pero también se puede no trabajar en

<sup>4</sup>Este método ya se ha visto en Gestión Empresarial.

ninguna de ellas. Por ejemplo, un plan puede incluir dos actividades para construir un dispositivo: recibir piezas y ensamblar piezas. En cuanto se reciban las piezas, se puede empezar a ensamblarlas; de hecho, no se puede empezar a ensamblar hasta que se reciban. Pero después de recibir todas las piezas, ninguna regla dice que **se deba** empezar a ensamblarlas inmediatamente; puede ensamblarse si se quiere, o se puede esperar. Por supuesto, si se espera, la finalización del montaje se retrasará.

- Según la Regla 2, se puede empezar a trabajar en la Tarea B en cuanto se termine la Tarea A, porque la flecha de la Tarea A es la única que lleva a la Tarea B. Por lo tanto, **la Regla 2 es una relación forzada (o de requerida)**. Si las flechas de tres actividades llevaran a la Tarea B, habría que completar las tres actividades antes de empezar la Tarea B. (El diagrama no indica que se pueda empezar a trabajar en la Tarea B completando solo una o dos de las tres actividades que llevan a ella).

Una vez se tiene la secuencialización de actividades dentro del proyecto con la estimación de su duración, encontrar el **camino crítico** implica encontrar la **secuencia de actividades que más tardan en completarse** (por lo que hacen que el proyecto sea lo más largo posible). La longitud del camino crítico del proyecto en el diagrama de red define la duración del proyecto, por lo que si se quiere terminar el proyecto en menos tiempo, hay que acortar el camino crítico.

Partiendo del diagrama de red del cronograma con formato AON, para cada actividad, se establecen unos “cuadros” donde se incluye el **early start date** (ES, lo más pronto que la actividad puede iniciarse), el **early finish date** (EF, lo más pronto que la actividad puede finalizar), el **late start date** (LS, lo más tarde que la actividad puede iniciarse) y el **late finish date** (LF, lo más tarde que la actividad puede finalizar), como se muestra en la Figura 3.4.

ES	d	EF
Actividad		
LS	TF	LF

Figura 3.4: Tiempos de cada actividad

Para obtener el camino crítico del diagrama:

1. *Analizar la red del principio al final (cálculo hacia adelante):* Permite determinar las fechas ES y EF de cada actividad, siguiendo la secuencia lógica de trabajo y la duración de cada actividad. Si dos o más actividades conducen a la misma actividad, **lo más pronto que puede comenzar esa actividad (ES) es la última de las fechas de finalización más tempranas (EF) de esas actividades precedentes**. De esta forma, se consigue la **duración del camino crítico** (mínima duración con la que se puede completar todo el proyecto).

**Ejemplo 3.9** Partiendo del diagrama de red del cronograma del Ejemplo 3.8, según la Regla 1, se puede plantear trabajar en la Tarea A o en la Tarea C (o en ambas a la vez) en cuanto empieza el proyecto.

En primer lugar, se consideran las Tareas A y B en la ruta superior:

- Lo más pronto que puede comenzar (ES) la Tarea A es en el momento en que comienza el proyecto (al principio de la semana 0).
- Lo más pronto que puede terminar (EF) la Tarea A es al final de la semana 5 (añadir la duración estimada de cinco semanas de la Tarea A a su ES, que es el inicio del proyecto).
- De acuerdo con la Regla 2, lo más pronto que se puede empezar (ES) la Tarea B es al principio de la semana 6 porque la flecha de la Tarea A es la única que lleva a la Tarea B.
- Y lo más pronto que puede terminar (EF) la Tarea B es al final de la semana 6 (añadir la duración estimada de una semana de la Tarea B a su ES).

Considerar ahora las Tareas C, D y E en el camino inferior del diagrama:

- Lo más pronto que puede comenzar (ES) la Tarea C es en el momento en que comienza el proyecto (el comienzo de la semana 0).
- Lo más pronto que puede terminar (EF) la Tarea C es al final de la semana 1.
- Lo más pronto que puede comenzar (ES) la Tarea D es al comienzo de la semana 2.

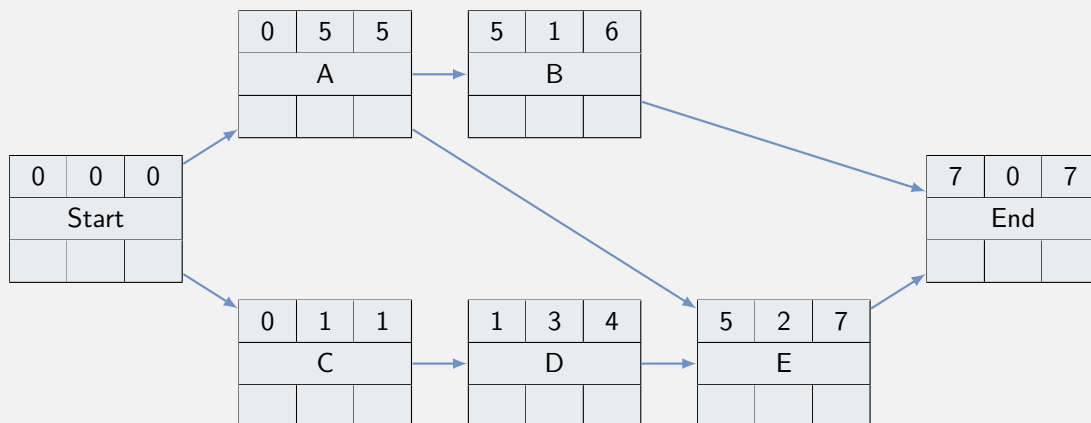
- Lo más pronto que puede terminar (EF) la Actividad D es al final de la semana 4.

Se debe tener cuidado al tratar de determinar la fecha más temprana (ES) en que se puede comenzar la Tarea E. De acuerdo con la Regla 2, las dos flechas que entran en la Tarea E indican que se debe terminar tanto la Tarea A como la Tarea D antes de comenzar la Tarea E. Aunque se puede terminar la Tarea D al final de la semana 4, no se puede terminar la Tarea A hasta el final de la semana 5. Por lo tanto, lo más pronto que se puede comenzar (ES) la Tarea E es al comienzo de la semana 6. Por tanto:

- Lo más pronto que se puede empezar (ES) la Tarea E es al principio de la semana 6.
- Lo más pronto que se puede terminar (EF) la Tarea E es al final de la semana 7.

Puesto que lo más pronto que se puede terminar (EF) la Tarea B es al final de la semana 6, lo más pronto que se puede llegar a finalizar todo el proyecto es al final de la semana 7.

Por tanto, se conoce que la longitud del camino crítico es de siete semanas, pasando por las Tareas A y E.



- Analizar la red del final al principio (cálculo hacia atrás): En caso de que hay conflictos de recursos o retrasos inesperados que impidan iniciar todas las actividades del proyecto lo antes posible, se debe saber cuánto se puede retrasar las actividades de cada ruta y, aun así, terminar el proyecto lo antes posible (duración del camino crítico determinada en el paso anterior). Empezando en la fecha de finalización del proyecto, se calculan las fechas *LS* y *LF* de cada actividad. Si dos o más flechas salen de la misma actividad, **la fecha más tardía en la que puede terminar la actividad (LF) es la más temprana de las fechas más tardías en las que debe comenzar (LS) las siguientes actividades.**

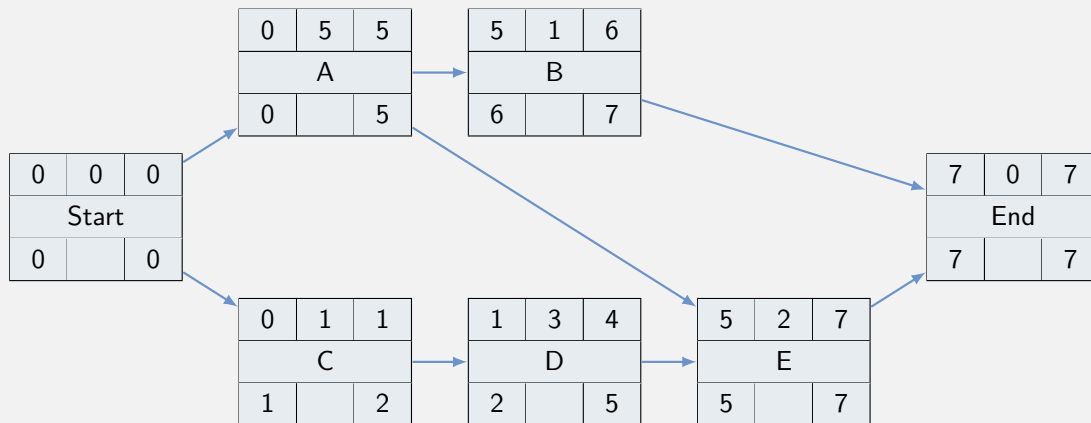
**Ejemplo 3.10** Continuando con el diagrama de red del cronograma del Ejemplo 3.9, ya se descubrió que la fecha más temprana en la que se puede alcanzar el final del proyecto es el final de la semana 7. Sin embargo, la Regla 2 dice que no se puede alcanzar "End" hasta que no se hayan completado las Tareas B y E. Por lo tanto, para terminar el proyecto al final de la semana 7, lo más tarde que se pueden terminar las Tareas B y E es al final de la semana 7. De nuevo, se debe considerar la ruta inferior en el diagrama con las Tareas C, D y E:

- Como muy tarde, se debe empezar (LS) la Tarea E al principio de la semana 6 para terminarla (LF) al final de la semana 7 (porque la duración estimada de la Tarea E es de dos semanas).
- Según la Regla 2, no se puede empezar la Tarea E hasta que se terminen las Tareas A y D. Por lo tanto, como muy tarde, se deben terminar (LF) las Tareas A y D al final de la semana 5.
- Como muy tarde, se debe comenzar (LS) la Tarea D antes del comienzo de la semana 3.
- Se debe terminar la Tarea C antes de poder trabajar en la Tarea D. Por lo tanto, como muy tarde, se debe terminar (LF) la Tarea C al final de la semana 2.
- Como muy tarde, se debe comenzar (LS) la Tarea C al comienzo de la semana 2.

Finalmente, se considera la ruta superior en el diagrama de red:

- Como muy tarde, se debe comenzar (LS) la Tarea B al comienzo de la semana 7.
- No se puede trabajar en la Tarea B hasta que se termine la Tarea A. Por lo tanto, se debe terminar, como muy tarde (LS), la Tarea A al final de la semana 6.

Una vez más, se debe ser cuidadoso con los cálculos. Se debe terminar la Tarea A al final de la semana 5 para comenzar la Tarea E al inicio de la semana 6. Pero, para comenzar a trabajar en la Tarea B al principio de la semana 7, la Tarea A debe terminar al final de la semana 6. Por lo tanto, terminar la Tarea A al final de la semana 5 satisface ambos requisitos.

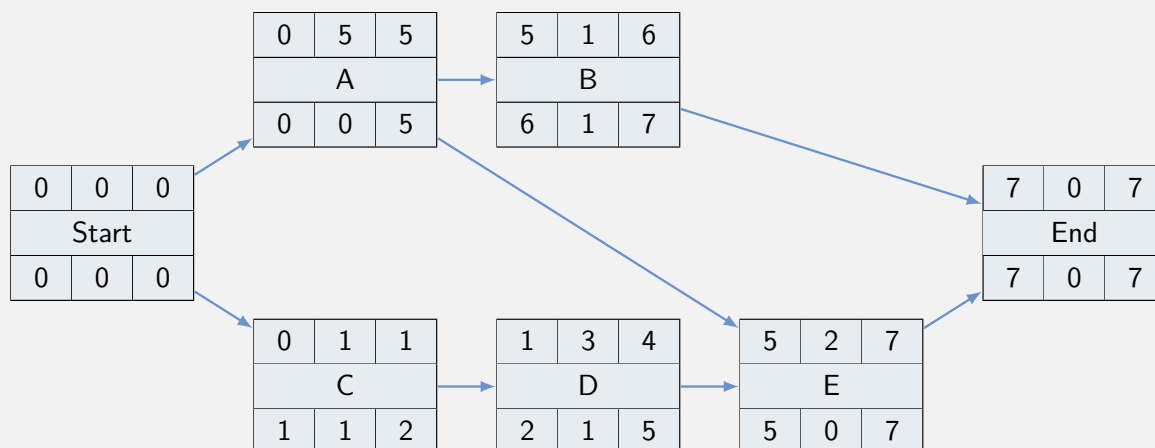


Algunas consideraciones respecto al CPM son:

- Puede haber más de un camino crítico.
- Existen tres tipos de holguras (*floats*):
  - **Holgura total (TF)**: Tiempo que una actividad puede retrasarse sin retrasar el fin del proyecto o el hito:
 
$$TF = LF - EF = LS - ES \quad (3.2)$$

Las actividades que forman el camino crítico, conocidas como **actividades críticas**, tienen una holgura total nula.
  - **Holgura libre (FF)**: Cantidad de tiempo que una actividad puede retrasarse sin influir en el *ES* de la siguiente.
 
$$FF_i = ES_{i+1} - EF_i = ES_{i+1} - ES_i - d_i \quad (3.3)$$
  - **Holgura del proyecto (PF)**: Tiempo total que se puede retrasar el proyecto sin retrasar la fecha de finalización impuesta por el cliente.
- El camino crítico puede cambiar a lo largo del proyecto en función de las prácticas que se realicen durante el proyecto. Habrá que volverlo a calcular.
- El camino crítico inicial tiene una holgura de 0. El resto de caminos tendrán holguras, que permiten que se puedan posponer una o varias de sus actividades.
- Cambiar la fecha de fin del proyecto no cambia automáticamente el diagrama del camino crítico.

**Ejemplo 3.11** A partir del diagrama de red del Ejemplo 3.10, se obtiene que las holguras totales son las mostradas en la figura. Por lo tanto, las tareas A y E son críticas.



Podrían calcularse también las holguras libres, siendo estas:

$$FF_A = 5 - 5 = 0$$

$$FF_B = 7 - 6 = 1$$

$$FF_C = 1 - 1 = 0$$

$$FF_D = 5 - 4 = 1$$

$$FF_E = 7 - 7 = 0$$

**Ejercicio 3.11** Aplicar el método de la ruta crítica.

	Duración	Predecesoras
A	5	—
B	2	A
C	4	A
D	3	B, C

**Ejercicio 3.12** Aplicar el método de la ruta crítica.

	Duración	Predecesoras
A	2	—
B	7	—
C	4	A
D	3	A
E	2	B, C

**Ejercicio 3.13** Aplicar el método de la ruta crítica.

	Duración	Predecesoras
A	5	—
B	5	A
C	4	A
D	3	B, C
E	8	C



**Ejercicio 3.14** Aplicar el método de la ruta crítica.

	<i>Duración</i>	<i>Predecesoras</i>
<b>A</b>	2	—
<b>B</b>	5	—
<b>C</b>	1	—
<b>D</b>	10	A, B
<b>E</b>	3	D
<b>F</b>	6	C
<b>G</b>	8	E, F

**Ejercicio 3.15** Aplicar el método de la ruta crítica.

	<i>Duración</i>	<i>Predecesoras</i>
<b>A</b>	3	—
<b>B</b>	2	A
<b>C</b>	5	—
<b>D</b>	2	B, C
<b>E</b>	4	A
<b>F</b>	6	B, C
<b>G</b>	5	E, D

**Ejercicio 3.16** Aplicar el método de la ruta crítica.

	<i>Duración</i>	<i>Predecesoras</i>
<b>A</b>	3	—
<b>B</b>	3	A
<b>C</b>	7	A
<b>D</b>	2	C
<b>E</b>	4	B, D
<b>F</b>	3	D
<b>G</b>	7	E, F

**Ejercicio 3.17** Aplicar el método de la ruta crítica.

	<i>Duración</i>	<i>Predecesoras</i>
<b>A</b>	8	—
<b>B</b>	11	A
<b>C</b>	15	A
<b>D</b>	2	B, C
<b>E</b>	5	D
<b>F</b>	8	E
<b>G</b>	6	E
<b>H</b>	3	G

**Ejercicio 3.18** *Aplicar el método de la ruta crítica.*

	<i>Duración</i>	<i>Predecesoras</i>
<b>A</b>	5	—
<b>B</b>	5	A
<b>C</b>	4	A
<b>D</b>	3	B, C
<b>E</b>	8	C
<b>F</b>	6	D, E
<b>G</b>	3	E
<b>H</b>	6	F, G

**Ejercicio 3.19** *Aplicar el método de la ruta crítica.*

	<i>Duración</i>	<i>Predecesoras</i>
<b>A</b>	5	—
<b>B</b>	1	A
<b>C</b>	3	A
<b>D</b>	1	A
<b>E</b>	5	C, G
<b>F</b>	8	D
<b>G</b>	1	B
<b>H</b>	6	E, F
<b>I</b>	2	H

**Ejercicio 3.20** *Aplicar el método de la ruta crítica.*

	<i>Duración</i>	<i>Predecesoras</i>
<b>A</b>	5	B
<b>B</b>	3	—
<b>C</b>	2	A
<b>D</b>	3	C
<b>E</b>	4	A
<b>F</b>	4	G
<b>G</b>	2	A
<b>H</b>	2	D, F, I
<b>I</b>	3	E, G

**Ejercicio 3.21** *Aplicar el método de la ruta crítica.*

	<i>Duración</i>	<i>Predecesoras</i>
<b>A</b>	4	—
<b>B</b>	4	A
<b>C</b>	8	A
<b>D</b>	1	A
<b>E</b>	3	B, C, D
<b>F</b>	7	E
<b>G</b>	3	F
<b>H</b>	6	G
<b>I</b>	10	H
<b>J</b>	2	G

**Ejercicio 3.22** *Aplicar el método de la ruta crítica.*

	<i>Duración</i>	<i>Predecesoras</i>
<b>A</b>	4	—
<b>B</b>	6	A
<b>C</b>	4	A
<b>D</b>	8	C
<b>E</b>	6	B, D
<b>F</b>	2	D
<b>G</b>	6	F
<b>H</b>	10	E, F
<b>I</b>	4	G, H
<b>J</b>	4	H
<b>K</b>	3	I, J
<b>L</b>	6	I

**Ejercicio 3.23** *Aplicar el método de la ruta crítica.*

	<i>Duración</i>	<i>Predecesoras</i>
<b>A</b>	10	—
<b>B</b>	8	—
<b>C</b>	5	B
<b>D</b>	4	A, B
<b>E</b>	12	—
<b>F</b>	6	E
<b>G</b>	7	A, E
<b>H</b>	9	E
<b>I</b>	8	C, D

**Ejercicio 3.24** *Aplicar el método de la ruta crítica.*

	<i>Duración</i>	<i>Predecesoras</i>
<b>A</b>	3	—
<b>B</b>	5	—
<b>C</b>	2	—
<b>D</b>	4	A
<b>E</b>	1	B
<b>F</b>	5	C
<b>G</b>	3	E, F
<b>H</b>	1	E, F
<b>I</b>	5	H
<b>J</b>	2	D
<b>K</b>	1	D
<b>L</b>	4	K, G, M
<b>M</b>	3	J

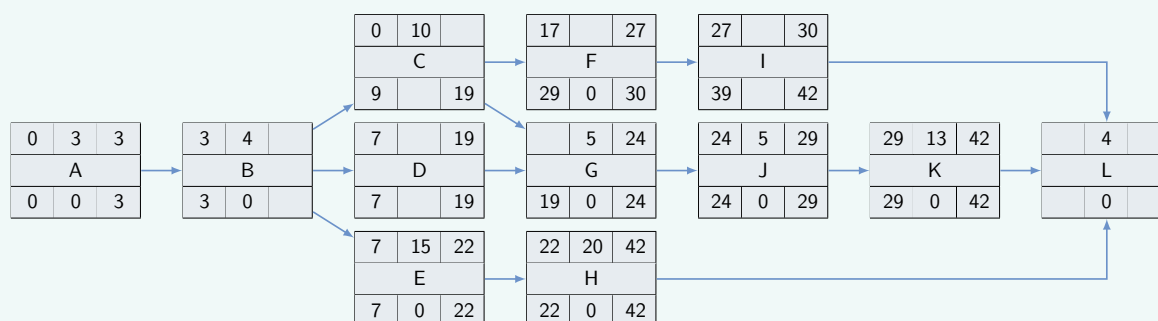
**Ejercicio 3.25** Aplicar el método de la ruta crítica.

	<i>Duración</i>	<i>Predecesoras</i>
<b>A</b>	3	—
<b>B</b>	2	—
<b>C</b>	1	A
<b>D</b>	1	A
<b>E</b>	3	A
<b>F</b>	10	B
<b>G</b>	3	B
<b>H</b>	3	C
<b>I</b>	3	H
<b>J</b>	5	D
<b>K</b>	2	E
<b>L</b>	4	G
<b>M</b>	4	L
<b>N</b>	4	I, J, K
<b>O</b>	3	—
<b>P</b>	7	O

**Ejercicio 3.26** Se tiene un proyecto de 9 actividades, las cuales tienen una duración y una relación como se muestra en la tabla. Se pide realizar el diagrama AON y determinar la ruta crítica. Se tiene la posibilidad de reducir la duración de las tareas B, C, D y G una semana cada una. ¿Cuáles acortarías, y en qué orden, para reducir la duración del proyecto lo máximo posible?

	<i>Predecesoras</i>	<i>Duración</i>
<b>A</b>	3	—
<b>B</b>	2	A
<b>C</b>	4	A
<b>D</b>	4	A
<b>E</b>	6	B
<b>F</b>	6	C, D
<b>G</b>	2	D, F
<b>H</b>	3	D
<b>I</b>	3	E, G, H

**Ejercicio 3.27** Dada la red del proyecto de la figura, se pide completar la información que falta de duraciones, holguras y tiempos, y determinar el camino crítico.



**Ejercicio 3.28** Aplicar el método de la ruta crítica.

	<i>Duración</i>	<i>Predecesoras</i>
<b>A</b>	60	—
<b>B</b>	70	—
<b>C</b>	100	—
<b>D</b>	90	A
<b>E</b>	30	A
<b>F</b>	40	B, E
<b>G</b>	30	B, E
<b>H</b>	50	D, F
<b>I</b>	50	C, G

Dado que la duración normal del proyecto resulta excesiva, se han estudiado procedimientos para acortarla, y se ha llegado a la conclusión de que es posible reducir, mediante un aumento de coste, la duración de las tres actividades siguientes:

D Se puede reducir 30 días mediante la subcontratación de parte de los trabajos (los primeros 15 días a 250 €/día y los 15 días siguientes a 400 €/día).

F Pagando más a los proveedores, se puede reducir 20 días, a un coste de 300 €/día.

G Pagando más a los proveedores, se puede reducir 10 días, a un coste de 200 €/día.

Con estas consideraciones, se pide:

- Dibujar el nuevo gráfico y determinar el incremento del coste, si no hay limitación en el coste extra en que se puede incurrir.
- Si se quiere gastar como máximo 700€ por día de reducción en la duración del proyecto, ¿cuál sería la mínima duración del proyecto y el incremento de coste correspondiente?

**Ejercicio 3.29** En la tabla se muestra la planificación de un proyecto junto con quiénes podrían ejecutar cada tarea.

	<i>Predecesora</i>	<i>Posibles encargados</i>	
<b>A</b>	—	Ingeniería 1 (6 meses, 500.000€)	Ingeniería 2 (5 meses, 600.000€)
<b>B</b>	50 % A	Dpto. compras (2 meses, 50.000€)	
<b>C</b>	B	Constructora 1 (10 meses)	Constructora 2 (8 meses)
<b>D</b>	C	Constructora 1 (6 meses, C+D 2.000.000€)	Constructora 2 (5 meses, C+D 5.000.000€)
<b>E</b>	A, B	Empresa especializada (4 meses)	
<b>F</b>	E, C	Empresa especializada (6 meses, E+F 1.000.000€)	
<b>G</b>	B	Instalador 1 (9 meses)	Instalador 2 (7 meses)
<b>H</b>	G	Instalador 1 (6 meses, G+H 1.200.000€)	Instalador 2 (6 meses, G+H 1.500.000€)
<b>I</b>	D, F, H	3 empresas consideradas en otras tareas, coste ya incluido, 3 meses	

Representar el diagrama de precedencias e incluir la relación entre costes y duraciones para el proyecto. Si se dispone de un presupuesto máximo de 5.000.000€, ¿qué empresas se deberían contratar? ¿Y si el plazo máximo es de 22 meses?



---

## Tema 4

# Tramitación legal, ejecución, puesta en marcha y dirección del proyecto

---

### 4.1. Introducción

Los **poderes públicos**, responsables de velar por los intereses de los individuos y de la comunidad en su conjunto, dictan una serie de disposiciones a las que deberán sujetarse los proyectos, no solo en lo que respecta a los **aspectos de diseño de la futura obra, sino también a los de construcción y explotación de la misma**. Será necesario también que exista un mecanismo que permita a estos poderes públicos **comprobar el estricto cumplimiento** de las mismas por parte de los proyectos correspondientes. La comprobación de este cumplimiento constituye la denominada **tramitación de los proyectos**, y de ella se desprenderá la **autorización para su ejecución**, si el proyecto cumple los requisitos, **o la denegación**, en caso contrario.

La **ejecución del proyecto** constituye la fase en la que **se materializa físicamente** lo definido en el proyecto técnico previamente redactado y aprobado. Esta etapa comprende todas las actividades constructivas y de instalación necesarias para llevar a cabo la obra o infraestructura planteada, conforme a la planificación prevista, la normativa vigente y los requisitos de seguridad y calidad.

La puesta en marcha del proyecto constituye la fase final del proceso de ejecución, en la cual se verifica y garantiza que todos los sistemas, instalaciones y equipos de la infraestructura o planta industrial funcionen de acuerdo con los parámetros establecidos en el proyecto aprobado. Esta etapa incluye las pruebas operativas, la validación del cumplimiento normativo, la calibración de los sistemas y, en su caso, la formación del personal encargado de la operación. Su objetivo es asegurar que la infraestructura esté en condiciones óptimas para iniciar su explotación regular de forma segura, eficiente y conforme a los requisitos técnicos y legales aplicables.

La dirección del proyecto es la función técnica y organizativa encargada de supervisar y coordinar todas las fases del proyecto, desde su planificación y tramitación hasta su ejecución, puesta en marcha y cierre. Su responsabilidad principal es asegurar que el desarrollo del proyecto se realice conforme a los objetivos definidos, cumpliendo los plazos, el presupuesto aprobado, la normativa vigente y los estándares de calidad y seguridad. La dirección del proyecto implica la toma de decisiones estratégicas, la gestión de los recursos y la interlocución con las distintas partes interesadas, incluyendo los poderes públicos, contratistas, técnicos y promotores.

### 4.2. Normativa aplicable

Como ya se especificó en la Sección 2.1, la legislación que regula la tramitación de proyectos industriales en España se estructura en varios niveles: estatal, autonómico y local. Algunas de las normas más relevantes son:

- **Normativa estatal:**
  - Ley 21/2013, de Evaluación Ambiental [1]
  - Ley 38/1999, de Ordenación de la Edificación [2]

- Ley 24/2013, del Sector Eléctrico [3]
- Ley 34/1998, del Sector de Hidrocarburos [4]
- Reglamentos técnicos según el tipo de instalación
- **Normativa autonómica y local:** Cada comunidad autónoma puede establecer requisitos adicionales, especialmente en materia de medio ambiente, ordenación territorial y urbanismo. Además, los ayuntamientos intervienen mediante licencias de obra, actividades y apertura.

### 4.3. Parámetros de la tramitación

En la tramitación de los proyectos influyen distintas variables, lo que hace que cada caso concreto tenga una **tramitación específica**. Estas **variables** pueden resumirse en cuatro:

- **Objeto del proyecto.** Es evidente que, para cada uno de ellos, existirá una tramitación específica. Para la tramitación de los diferentes proyectos serán de aplicación sus **respectivas legislaciones** –aguas, puertos, costas, suelo, actividades industriales, etc.– y las normas de carácter interno de las distintas unidades administrativas.

**Ejemplo 4.1** *El proyecto de un puerto deportivo deberá pasar por oficinas diferentes que el de una mina a cielo abierto, una vivienda, una planta productora de hidrógeno o un avión de transporte.*

- **Órgano de la administración a quien compete resolver.** Puede pertenecer a la **administración del Estado, a una comunidad autónoma o a una administración local**, en función del número de territorios involucrados en el mismo. Así, proyectos de la misma tipología pueden tener distintas tramitaciones por pertenecer a esferas distintas los órganos competentes para resolver. Evidentemente, existe un **marco legal** que, con carácter general, es de aplicación a todas las administraciones públicas, pero, como es sabido, las comunidades autónomas pueden dictar disposiciones de carácter legal y reglamentario que podrían incidir en la tramitación de los proyectos de modo desigual, ya que también podría ser desigual el impacto de estas actuaciones sobre la colectividad en las distintas comunidades autónomas.
- **Tipo de resolución** que pretende obtenerse. Hay dos grandes grupos:
  - **Proyectos que el peticionario tiene derecho a ejecutar**, siempre y cuando cumpla con los requisitos establecidos en la normativa. El resultado puede ser favorable automáticamente, si el proyecto cumple todas las disposiciones que le afectan, obteniendo la correspondiente aprobación, **permiso o licencia** de ejecución de las obras.
  - **Proyectos que el peticionario no tendría, en principio, derecho a ejecutar.** El derecho corresponde a la colectividad en su conjunto, pero pretende arrogárselo el peticionario con la intención de producir un bien o prestar un servicio de carácter público o que tienen utilidad pública. En este grupo se encuentran los **proyectos que van a afectar a terrenos de dominio público o incluso de terceros, o pretenden utilizar bienes de carácter público**. En estos casos, el proyecto servirá para que las autoridades competentes analicen el alcance de lo que se pretende hacer y sus efectos (positivos o negativos) sobre la colectividad. La **resolución es discrecional**<sup>1</sup> por parte de la administración, que impondrá unas determinadas condiciones y percibirá, generalmente, unas tasas, de acuerdo con procedimientos muy diversos. Esta resolución favorable recibe el nombre de **autorización o concesión**.
- **Personalidad del peticionario.** El peticionario puede ser un **individuo o una sociedad, una institución, etc. de carácter privado, o ser una administración pública**. La tramitación a la que se va a hacer referencia corresponde al primer tipo. Aunque no existen grandes diferencias en cuanto a los requisitos normativos, sí hay **variaciones en el procedimiento administrativo y en la forma de gestión** según se trate de un promotor público o privado:
  - En proyectos promovidos por **agentes privados**, la tramitación es principalmente suplicatoria, es decir, se basa en la solicitud de licencias y autorizaciones a las administraciones correspondientes. Todas las actuaciones están sujetas a control externo (licencias, autorizaciones, inspecciones).

<sup>1</sup>La discrecionalidad hace referencia a la potestad atribuida a los órganos administrativos por las leyes sin predeterminedar por completo el contenido u orientación que han de tener sus decisiones. Por ello, el titular de las potestades o competencias queda habilitado para elegir dentro de las diversas opciones decisorias que se le presentan.



- En proyectos promovidos por **administraciones públicas**, la tramitación legal forma parte de un proceso más amplio, como es la **aprobación de expedientes de contratación para la ejecución de obras públicas**. En estos casos, la administración puede autoautorizarse mediante actos administrativos y no siempre requiere licencia municipal, aunque sí debe cumplir la normativa técnica y urbanística aplicable.

**Ejemplo 4.2** *Un ayuntamiento solicita un proyecto para la construcción de naves industriales en suelo de su propiedad para alquilar asequible y promover la actividad industrial en el municipio. No se tramita la licencia de obras porque el promotor y quien la concede son el mismo, pero sí se debe tramitar en el ámbito industrial en cuanto a la legalización de las instalaciones de dichas naves.*

En la tramitación de un proyecto, intervienen distintas personas y organismos (**agentes**) que pueden encuadrarse en cuatro grandes grupos:

- El peticionario o su representante.
- El órgano de la administración competente para resolver.
- Unidades de otras administraciones públicas.
- Personas físicas o jurídicas presuntamente afectadas.

#### 4.4. Proceso de tramitación, ejecución y puesta en marcha del proyecto

En sus líneas más generales, para llevar a cabo un proyecto industrial, es necesario desarrollar las siguientes fases:

- **Estudio previo del emplazamiento.** Antes de iniciar cualquier trámite, se debe estudiar la viabilidad legal y técnica del emplazamiento, analizando la normativa específica de la localidad y el tipo de proyecto.
- **Redacción del proyecto/memoria técnica.** En función de las características de la instalación, será necesario desarrollar el proyecto (según lo visto en el Tema 2) o una memoria técnica. En este último caso, se seguirán los apartados especificados en la normativa aplicable.

**Ejemplo 4.3** *El necesitar proyecto/memoria técnica está especificado en cada reglamento. Así:*

- El “Reglamento electrotécnico para baja tensión e ITC” establece, en la ITB-BT-04, artículos 3 y 4, las instalaciones que requieren proyecto o memoria técnica de diseño, respectivamente.
- El “Reglamento de instalaciones técnicas en los edificios” establece, en su artículo 15, las instalaciones que requieren proyecto o memoria técnica.

- **Visado del proyecto**, si procede. El Real Decreto 1000/2010, de 5 de agosto, sobre visado colegial obligatorio [5], concreta los supuestos de trabajos profesionales en que únicamente será obligatorio obtener el visado colegial. Es decir, la regla general es que el visado es de **carácter voluntario**<sup>2</sup> y solo será obligatorio en los supuestos indicados en el artículo 2 de dicho RD. Esto es así porque, según su preámbulo, en los trabajos mencionados en dicho artículo ha quedado acreditada la necesidad de que esté sometido obligatoriamente al visado colegial por existir una **relación de causalidad directa entre el trabajo profesional y la afectación a la integridad física y seguridad de las personas, y por resultar el visado el medio de control más apropiado**, teniendo en cuenta los distintos instrumentos de control posibles. El objeto del visado es **comprobar**, al menos:
  - **La identidad y habilitación profesional** del autor del trabajo.
  - **La corrección e integridad formal de la documentación** del trabajo profesional de acuerdo con la normativa aplicable al trabajo del que se trate.

<sup>2</sup>En los proyectos industriales en los cuales el visado no es obligatorio, se puede sustituir este por la declaración responsable del técnico competente.

- **Trámites administrativos.** La documentación anterior se presenta en las oficinas del órgano de la administración a quien compete resolver. El funcionario correspondiente **comprobará la documentación y, en caso de errores de hecho o falta de algún documento, lo notificará al interesado para su subsanación.**

Los proyectos de cualquier obra de edificación o instalación industrial deben cumplir necesariamente el **plan general de ordenación urbana** (donde se establece el trazado de calles, zonas verdes, zonas industriales, etc.) y las **ordenanzas municipales** (que determinan las condiciones de edificación y los tipos de industrias permitidos según la zona de la ciudad). Por tanto, antes de comenzar la obra proyectada es necesario solicitar al ayuntamiento la correspondiente licencia. Los requisitos y el proceso de tramitación podrán llegar a ser muy distintos según la obra o instalación a realizar. Las licencias más habituales son:

- *Autorizaciones sectoriales:* Dependiendo del tipo de proyecto, pueden requerirse permisos específicos:
  - Medioambientales
  - Industriales (seguridad, explosivos, emisiones)
  - Energéticos (instalaciones eléctricas, gas, petróleo)
- *Licencia de obras y actividad:* Licencia otorgada por el ayuntamiento tras comprobar la conformidad del proyecto con el planeamiento urbanístico y la normativa técnica (permite construir y usar un espacio según las normas urbanas). Supone la **autorización municipal para realizar las obras y autorizar el establecimiento de la actividad** que se quiere realizar. Su fin es **comprobar la adecuación de la solicitud de licencia a lo establecido en la normativa urbanística**. En el caso de que el proyecto a realizar no esté contemplado, o sus características sean distintas de las recogidas como permitidas en el “Texto Refundido de la Ley de Ordenación del Territorio y de la Actividad Urbanística” (TRLOTAU) [6], el proyecto deberá someterse a la tramitación del **cambio de calificación urbanística del suelo**<sup>3</sup>. De forma conjunta a la petición de la licencia de obras y actividad, y antes de que se inicie la obra, muchos ayuntamientos exigen solicitar una serie de **permisos provisionales de obra** para poder efectuar los trabajos de construcción (contenedores de retirada de escombros, vallado, acometida a la red de saneamiento, acometida a la red de agua, etc.).
- *Autorización administrativa:* Permiso otorgado por una administración pública competente (ya sea estatal, autonómica o local) que permite la realización de una determinada actividad o uso, tras verificar que se cumplen las condiciones legales, técnicas y medioambientales exigidas por la normativa vigente. Su obtención puede requerir informes técnicos vinculantes, periodos de información pública o autorizaciones de otros organismos.

En función del tipo de proyecto, será necesario tramitar solo la licencia de obras y actividad, solo la autorización administrativa, o ambas.

Además, los **proyectos que afecten a terrenos de dominio público o de terceros** deben someterse a la **confrontación del proyecto**, donde se comprueba en el terreno lo expuesto en los planos del proyecto para confirmar la veracidad, en cuanto al alcance de la afección, de lo allí expuesto. Asimismo, estos proyectos pasan por una fase de **información pública** (que suele ser de un mes de duración y anunciarse en los boletines oficiales y en la prensa) el proyecto estará expuesto, para su análisis por parte de los interesados,  **pudiendo formular estos las alegaciones** que estimen oportunas.

- **Resolución de la licencia de obras y actividad y autorización administrativa.** Con el análisis de la documentación presentada, la confrontación del proyecto con el terreno, los informes de los diversos organismos y las alegaciones formuladas por terceros, así como las respuestas del peticionario a las mismas, el órgano competente tiene ya elementos de juicio para dictar resolución, positiva o negativa, de la licencia de obras y actividad y de la autorización administrativa.
  - *Licencia de obras y actividad:* Si la conceden, previa a su emisión, hay que liquidar el **Impuesto sobre Construcciones, Instalaciones y Obras (ICIO)**, que se calcula como un porcentaje del PEM, y varía de unos ayuntamientos a otros, normalmente entre el 2 y el 4 %.

<sup>3</sup>Se refiere a la modificación o reasignación de la clasificación o categoría asignada a un terreno según el plan urbanístico o el código de zonificación vigente en una determinada área. Este proceso implica cambiar la designación original del suelo (por ejemplo, de residencial a industrial) para permitir el desarrollo de actividades industriales en esa ubicación. Suele aumentar el trámite de concesión de la licencia de obras en hasta 9 meses.

- *Autorización administrativa*: En ocasiones se permite la ejecución de las obras, pero con unas **determinadas restricciones** (modificación de dimensiones, obligatoriedad de introducción de algún elemento o material adicional, o limitaciones en cuanto a la explotación).

Contra ambas resoluciones cabe siempre **interposición de recursos** por parte del interesado, en primer lugar, el **recurso de alzada**<sup>4</sup> y, posteriormente, el **de reposición**<sup>5</sup>, previo al **recurso contencioso administrativo**<sup>6</sup>.

- **Plan de seguridad y salud en el trabajo**: Constituye el instrumento básico para garantizar la protección de los trabajadores durante la ejecución de una obra. Este documento se elabora a partir del ESS o del EBSS, y desarrolla, adapta y concreta las previsiones contenidas en el ESS o EBSS, considerando las características específicas de la obra a ejecutar, así como las actividades reales que se llevarán a cabo. Por lo tanto, establece las medidas preventivas y de protección necesarias para eliminar o minimizar los riesgos laborales durante la ejecución del proyecto. Este plan debe incluir, como mínimo:

- Identificación de riesgos derivados de los trabajos concretos de la obra.
- Medidas preventivas y de protección a aplicar.
- Equipos de trabajo, herramientas y equipos de protección individual.
- Procedimientos de actuación en caso de emergencia.
- Coordinación de actividades empresariales (en caso de concurrencia de varias empresas o subcontratas).
- Planificación de la actividad preventiva y control del cumplimiento.

Debe elaborarlo la **empresa contratista** y aprobarlo el **coordinador de seguridad y salud durante la ejecución de la obra** o, en su defecto, la **dirección facultativa**. Es un documento que se queda en obra y sirve para realizar la apertura como **centro de trabajo**.

- **Ejecución del proyecto**. Durante esta fase, intervienen distintos agentes con funciones específicas, cuyas responsabilidades están claramente definidas por la normativa vigente, especialmente por la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación [2]. Aunque ya se mencionaron en la Sección 1.5, se destacan aquí los relacionados más directamente con la ejecución del proyecto:

- **Promotor o titular**. Responsable de contratar la ejecución de las obras y de garantizar los recursos necesarios. Es la persona física o jurídica que decide, impulsa, programa y financia las obras.
- **Proyectista/s**. Persona/s que, por encargo del promotor y con sujeción a la normativa técnica y urbanística correspondiente, redacta/n el proyecto. En caso de que la redacción sea por varios proyectistas, cada uno de ellos desarrollando uno o varios proyecto/s parcial/es u otros documentos técnicos, cada proyectista asumirá la titularidad de su proyecto.
- **Contratista o empresa constructora**. Ejecuta los trabajos materiales de construcción, instalaciones, suministros y demás actividades necesarias. Debe ejecutar la obra con sujeción al proyecto, designar un jefe de obra competente y asignar los medios humanos y materiales adecuados, así como firmar el **acta de replanteo o de comienzo** (firmada también por el promotor y el director facultativo) y el **acta de recepción de la obra** (firmada también por el promotor y el director facultativo).

<sup>4</sup>Medio legal de carácter administrativo mediante el cual una persona puede solicitar que una autoridad superior revise la decisión tomada por una autoridad inferior dentro de la misma estructura jerárquica. El objetivo es que dicha autoridad superior evalúe si la decisión fue correcta conforme a Derecho y, en su caso, la modifique o revoque. En otras palabras, permite impugnar un acto administrativo sin necesidad de acudir directamente a los tribunales, agotando primero la vía administrativa.

<sup>5</sup>Medio legal de carácter administrativo que se interpone contra actos administrativos que ponen fin a la vía administrativa. Se presenta ante el mismo órgano que dictó la resolución que se impugna, con el fin de que revise su propia decisión y, en su caso, la revoque o modifique si no se ajusta a Derecho. En resumen, permite solicitar a la misma autoridad que emitió el acto que lo revise, sin necesidad de acudir aún a una instancia superior o judicial.

<sup>6</sup>Medio de impugnación que se interpone ante los órganos jurisdiccionales (jueces o tribunales), y no ante la propia Administración, con el fin de que revisen la legalidad de un acto administrativo. Se presenta cuando ya se ha agotado la vía administrativa (por ejemplo, tras haber presentado un recurso de alzada o de reposición sin éxito, o cuando el acto impugnado pone fin directamente a la vía administrativa). Su objetivo es que un juez determine si la actuación de la Administración se ajusta a la ley y, en su caso, la anule o modifique. En resumen: es la vía judicial para cuestionar una decisión administrativa una vez finalizados los recursos dentro de la propia Administración.

- **Dirección facultativa.** Encargada de supervisar técnicamente la ejecución de las obras, velando por el cumplimiento del proyecto y de la normativa aplicable, es designada por el promotor. En obras de gran envergadura, está compuesta por:
  - *Director de obra/director facultativo:* responsable de que la obra se ejecute conforme al proyecto aprobado, dirigiendo el desarrollo en los aspectos técnicos, estéticos, urbanísticos y medioambientales; generalmente, no suele estar de manera permanente en la obra, sino que va haciendo visitas de forma esporádica para comprobar que todo lo ejecutado es correcto. Es quien firma el certificado final de obra.
  - *Director de ejecución:* asume la función técnica de dirigir la ejecución material de la obra y controlar cualitativa y cuantitativamente la construcción y la calidad de lo edificado. Es la persona que está permanentemente en la obra y que vela para que todo se realice de manera correcta.
  - *Coordinador de seguridad y salud.* Cuando procede según el Real Decreto 1627/1997 [7], se encarga de garantizar la seguridad laboral en obra conforme al plan de seguridad aprobado. Si el promotor no hace la designación directa de quién es el coordinador de seguridad y salud, estas funciones las asume directamente el director facultativo.
- **Entidades y laboratorios de control.** Son entidades de control de calidad de la edificación aquellas capacitadas para **prestar asistencia técnica en la verificación de la calidad del proyecto, de los materiales y de la ejecución de la obra y sus instalaciones** de acuerdo con el proyecto y la normativa aplicable. Pueden ser laboratorios de ensayos (realización de ensayos o pruebas de servicio de los materiales, sistemas o instalaciones del proyecto), organismos de control autorizados (OCA, para verificar el cumplimiento de los requisitos técnicos y emitir los certificados necesarios para la posterior legalización), etc.

Durante la ejecución del proyecto, se desarrollan las siguientes **tareas** fundamentales:

- **Replanteo y señalización.** Se verifica que el terreno y el proyecto son adecuados mediante el **acta de replanteo**, que certifica el inicio efectivo de las obras y va firmado por el constructor, el director facultativo y el promotor.
- **Gestión y control de calidad.** Se realizan ensayos, comprobaciones y verificaciones de materiales, procesos constructivos y elementos instalados, conforme al plan de control de calidad incluido en el proyecto. Estos controles pueden ser realizados por laboratorios acreditados o por OCA.
- **Seguimiento del cronograma.** El contratista presenta un **plan de obra** que debe ser aprobado por el director facultativo y que se convierte en el elemento básico de control del proyecto.
- **Documentación de obra.** Se redactan actas de obra, informes de seguimiento y anotaciones en el **libro de órdenes y asistencias**, documento obligatorio en cualquier obra de edificación según el Decreto 462/1971, de 11 de marzo, por el que se dictan normas sobre la redacción de proyectos y la dirección de obras de edificación [8], registra las visitas, incidencias y órdenes que se producen durante el desarrollo de la obra [9].
- **Supervisión administrativa.** La Administración puede realizar inspecciones para verificar que la obra se ejecuta conforme a la normativa y a las condiciones impuestas en la licencia o autorización.

Si durante la ejecución material surgen imprevistos técnicos, económicos o administrativos que exigen modificación del proyecto, será necesario redactar un **modificado de proyecto** o presentar documentación complementaria, que deberá ser aprobada por el órgano competente antes de su aplicación. Las modificaciones pueden ser:

- **Cambios o sustituciones:** se detecta una solución alternativa que, por razones constructivas, de mercado o de tiempo, es de interés.
- **Ampliaciones:** añaden elementos nuevos al diseño original con el correspondiente incremento de coste.

La **evaluación técnica** suele hacerla la **empresa de ingeniería**, quien, a su vez, debe dar su aprobación. La **aprobación del gasto** corresponde al **promotor**, quien a su vez es el que **asume este coste** la mayor parte de las veces. Sin embargo, si las modificaciones se deben a una **mala ejecución**, el coste debe correr a cargo del **contratista responsable**. Por otro lado, los **errores debidos al diseño**

de la empresa de ingeniería deben ser **asumidos por esta**, que tiene la responsabilidad de volver a ejecutar los planos y documentos necesarios para corregir sus errores.

Además, se debe cumplir con la normativa sobre **gestión de residuos de construcción y demolición** (Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de la construcción y demolición, [10]), garantizando su adecuada separación, reciclaje y trazabilidad, conforme al plan de gestión aprobado.

- **Puesta en servicio.** Es la fase final de la ejecución material de un proyecto, que se extiende desde la finalización del montaje hasta el inicio de la operación normal de la instalación (**puesta en marcha**). En esta etapa, es fundamental una **planificación detallada** y la adopción de las **precauciones necesarias**, ya que el objetivo principal es verificar que todos los sistemas funcionen correctamente y que la instalación pueda operar en **condiciones normales de producción**, alcanzando al menos los niveles de rendimiento establecidos como estándar.
- **Puesta en marcha y legalización.** Una vez completadas las obras e instalaciones, y se ha comprobado en la puesta en servicio que se puede operar en condiciones normales, es necesario conseguir la siguiente documentación para la puesta en marcha:
  - *Certificados finales.*
    - Certificado final de obra firmado por el director facultativo, donde se deja constancia de que la ejecución se ha realizado conforme al proyecto aprobado y a la normativa vigente. Este certificado es un requisito previo indispensable para la legalización.
    - Si se ha visado el proyecto, es necesario visar también el certificado final de obra; si no ha sido necesario el visado, el director facultativo debe firmar también la declaración responsable
    - Certificados de instalaciones (eléctricas, incendios, gas, climatización, etc.)
  - *Inscripción en registros oficiales.*
    - Registro industrial de la comunidad autónoma
    - Registro de instalaciones (energéticas, ambientales, térmicas, hidráulicas, contra incendios...)
  - *Licencia de funcionamiento.* Antes de iniciar la actividad, es necesario obtener la licencia de funcionamiento, que autoriza al titular la **puesta en marcha**. Para concederla, debe verificarse que las **obras y el montaje de todos los equipos** de la instalación se han realizado de acuerdo con lo establecido en el **proyecto de licencia de actividad**. Esta verificación puede incluir una inspección previa por parte del ayuntamiento o de un OCA.

Una vez legalizada, la instalación puede entrar en explotación. El titular deberá:

- Asumir el mantenimiento preventivo y correctivo.
- Cumplir con inspecciones periódicas obligatorias.
- Mantener vigentes los seguros correspondientes (decenal, responsabilidad civil, etc.).
- Atender a las garantías legales de la obra conforme al Código Civil o la Ley de Ordenación de la Edificación.

## 4.5. Dirección del proyecto

La dirección de proyectos no es nueva, sino que se realiza desde la antigüedad. Tradicionalmente, la dirección de proyectos ha sido una profesión accidental, porque la evolución de la carrera venía de ser algo técnico (por ejemplo, un analista, un consultor, un ingeniero, etc.), que llega a su tope dentro de la jerarquía de la organización y saltaba a la capa de gestión para poder seguir progresando. Sin embargo, esto es un **error**: no por ser muy buen técnico o tener muchos años de experiencia como técnico, se va a ser un buen director de proyectos, sino que hay que tener unos conocimientos a nivel de gestión para poder luego gestionar bien los proyectos.

**Definición 4.1** La **dirección de proyectos** consiste en la aplicación de **conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas** a las actividades del proyecto para conseguir cumplir los requisitos del

mismo. Por tanto, es el proceso de guiar un proyecto desde su inicio, pasando por su ejecución, hasta su cierre.

La dirección de un proyecto generalmente incluye, pero no se limita, a:

- Identificación de los requisitos del proyecto.
- Abordar las diversas necesidades, preocupaciones y expectativas de las partes interesadas.
- Establecer y mantener una comunicación activa con las partes interesadas.
- Gestión de recursos.
- Equilibrar las restricciones del proyecto, que incluyen, principalmente: alcance, cronograma, coste, calidad, riesgo.

En el entorno empresarial actual, los gestores de proyectos deben ser capaces de gestionar con **presupuestos más ajustados, plazos más cortos, escasez de recursos, tecnología que cambia rápidamente...**

En cuanto al objetivo de la dirección de proyectos, es proporcionar un resultado de **calidad** contando con las principales componentes/restricciones del proyecto (**alcance, cronograma y costes**, que serán las tres **líneas base** del proyecto). De hecho, es necesario planificar esa calidad dentro del proyecto teniendo en cuenta los **riesgos** (eventos inciertos que pueden afectar al proyecto de forma negativa o positiva):

- **Negativos:** Hay que identificarlos, hacer análisis cualitativos y cuantitativos, proponer cómo se va a responder si aparecen e intentar mitigarlos.
- **Positivos:** Hay que intentar que aparezcan, potenciar, este tipo de riesgos, puesto que supondrían nuevas oportunidades.

Esto puede representarse de forma gráfica como se muestra en la Figura 4.1.

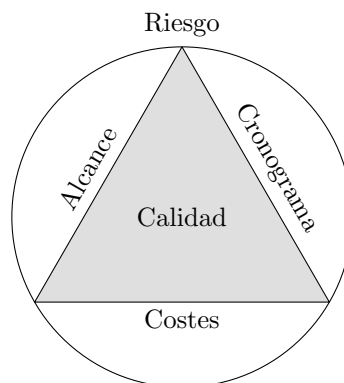


Figura 4.1: Objetivos de la dirección de proyectos

La **gestión eficaz de proyectos** ayuda a individuos, grupos y organizaciones a:

- Cumplir con los objetivos de negocio.
- Satisfacer las expectativas de las partes interesadas.
- Ser más predecible.
- Aumentar las posibilidades de éxito.
- Entregar el producto correcto en el momento adecuado.
- Resolver problemas y cuestiones.
- Responder a los riesgos de manera oportuna.
- Optimizar el uso de los recursos de la organización.
- Identificar, recuperar o finalizar proyectos fallidos.

- Administrar restricciones.
- Equilibrar la influencia de las restricciones en el proyecto (triple restricción).
- Gestionar mejor los cambios.

Los **proyectos mal gestionados** (o la ausencia de dirección de proyectos) pueden dar lugar a:

- Incumplimiento de plazos.
- Sobrecostos.
- Mala calidad.
- Re-trabajos.
- Expansión incontrolada del proyecto.
- Pérdida de reputación para la organización.
- Partes interesadas insatisfechas.
- Fracaso en la consecución de los objetivos para los que se emprendió el proyecto.

#### 4.5.1. El rol del director de proyecto

El director de proyecto (project manager, PM) lidera al equipo del proyecto para conseguir los objetivos definidos en su concepción y satisfacer las expectativas de los interesados.

**Definición 4.2** El **project manager** es la persona asignada por la organización ejecutante del proyecto para **dirigir el equipo** responsable de lograr los **objetivos** del proyecto.

El trabajo del PM es **difícil**. Aunque la propia experiencia laboral del PM suele ser de naturaleza técnica, su éxito requiere una gran capacidad para identificar y resolver **problemas organizativos e interpersonales** delicados.

**Ejemplo 4.4** *A menudo, el PM coordina a profesionales técnicamente especializados, que pueden tener poca experiencia trabajando juntos, para lograr un objetivo común.*

El PM realiza el trabajo a través del **equipo de proyecto** y otros **stakeholders**, por lo que debe tener **tres competencias** fundamentales.

- **Gestión técnica de proyectos:** Habilidades técnicas relacionadas con la dirección de proyectos, es decir, con las áreas de conocimiento (costes, riesgos, cronograma, etc.). Según los estudios, algunos de los aspectos destacables de los PM eficientes son:
  - Dedicar tiempo a la planificación del proyecto.
  - Manejar todos los elementos del proyecto de una manera integradora.
  - Ser capaz de adaptarse a cada proyecto.
- **Liderazgo:** Habilidades para dirigir, motivar, coordinar y gestionar al equipo. El PM debe liderar al equipo, por lo que deben poseer ciertas capacidades:
  - Ser optimista y positivo.
  - Ser colaborativo.
  - Gestionar relaciones y conflictos creando un ambiente de confianza.
  - Dar crédito a quien se lo merezca.
  - No dejar de aprender.
  - Ser respetuoso e íntegro.
- **Gestión estratégica y de negocio:** Conocimiento de la industria y del negocio/organización para obtener el mayor resultado de beneficios posible en el proyecto (entender el core de la organización, hacia dónde va orientado el negocio para tenerlo en cuenta dentro de los proyectos):

- Ser capaces de explicar a terceras partes los aspectos esenciales del negocio que afecten al proyecto (hacer un resumen a alto nivel de qué es lo que se está haciendo en el proyecto).
- Trabajar conjuntamente con el sponsor, equipo y expertos de la organización.
- Implementar estrategias que potencien el valor de negocio del proyecto.

Las **presiones a corto plazo** del trabajo como PM pueden incitar a tomar **atajos**, aparentemente más fáciles, para proyectos más pequeños y menos formales donde parezca que no existe la necesidad de una planificación y un control organizados. Esto puede hacer que el PM, el equipo, o incluso la organización, paguen un precio en el futuro.

**Ejemplo 4.5** Posibles atajos que pueden traer problemas a medio/largo plazo:

- **Pasar directamente de iniciar el proyecto a realizar el trabajo por falta de tiempo:** Esta lógica es ilógica. Hay tiempo y recursos limitados para abordar las cuestiones críticas, y definitivamente no se puede permitir el cometer errores, lo que suele ocurrir al trabajar bajo presión. Por tanto, no se puede permitir el no planificar, sino que deben definirse las tareas/el trabajo a realizar.
- **La gestión estructurada de proyectos es solo para grandes proyectos:** No importa el tamaño del proyecto, la información que se necesita para realizarlo es la misma. ¿Qué hay que producir? ¿Qué trabajo hay que hacer? ¿Quién lo va a hacer? ¿Cuándo terminará? ¿Se han cumplido las expectativas? Los grandes proyectos pueden requerir muchas semanas o meses para desarrollar respuestas satisfactorias a estas preguntas, mientras que los proyectos pequeños que duran unos días o menos pueden requerir solo 15 minutos; pero, en cualquier caso, hay que responder a las preguntas.
- **Este proyecto ya se ha hecho muchas veces, así que ¿por qué hay que planificarlo de nuevo?:** Aunque los proyectos pueden ser similares a otros anteriores, algunos elementos siempre son diferentes (ver Sección ??): puede ser una ubicación distinta, haber gente nueva, una tecnología diferente, etc. Hay que asegurarse de que el plan tiene en cuenta la situación actual.

## Referencias

- [1] Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental. Boletín Oficial del Estado, 2013.
- [2] Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación. Boletín Oficial del Estado, 1999.
- [3] Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico. Boletín Oficial del Estado, 2013.
- [4] Ley 34/1998, de 7 de octubre, del sector de hidrocarburos. Boletín Oficial del Estado, 1998.
- [5] Real Decreto 1000/2010, de 5 de agosto, sobre visado colegial obligatorio. Boletín Oficial del Estado, 2010.
- [6] Decreto Legislativo 1/2010, de 18 de mayo, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Ordenación del Territorio y de la Actividad Urbanística. Boletín Oficial del Estado, 2010.
- [7] Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción. Boletín Oficial del Estado, 1997.
- [8] Decreto 462/1971, de 11 de marzo, por el que se dictan normas sobre la redacción de proyectos y la dirección de obras de edificación. Boletín Oficial del Estado, 1971.
- [9] José Luis Fuentes Bargues. *El Libro de Órdenes y Asistencias*. <https://riunet.upv.es/handle/10251/167610>. 2021.
- [10] Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de la construcción y demolición. Boletín Oficial del Estado, 2007.



---

## Tema 5

# Estudios de viabilidad

---

### 5.1. Introducción

El estudio de viabilidad, también conocido como “estudio previo” o “estudio preliminar” (primera fase de un proyecto, como se especificó en el Tema 1), sirve para comprobar que **existen soluciones** cumplen los objetivos definidos en el planteamiento inicial del proyecto, y determinar que son viables a todos los niveles, es decir:

- Físicamente (técnicamente).
- Legalmente.
- Socialmente.
- Económicamente.
- Financieramente.
- Medioambientalmente.

Además, permite obtener una visión global del proyecto, conociéndolo en su conjunto, obteniendo posibles soluciones y estudiando la viabilidad de las diferentes soluciones analizadas. Es necesario comprobar que el proyecto es viable, puesto que, en caso de no serlo, **no se sigue adelante** con el desarrollo del mismo. Por tanto, es necesario analizarlo desde una perspectiva multicriterio, que englobe todos los aspectos mencionados anteriormente.

Tras el estudio, se puede llegar a la conclusión de que el proyecto:

- No es viable.
- Entre todas las alternativas analizadas, solo 1 es viable (o 1 de ellas destaca sobre el resto).
- Hay varias alternativas viables, en cuyo caso habrá que determinar la “óptima”.

La importancia del estudio de viabilidad previo a la ejecución de los proyectos es evidente, ya que, al incorporar recursos escasos, **su utilización en unos impide la posible realización de otros**, quizá más ventajosa. Por otra parte, la inversión tiene **carácter irreversible**, de manera que, una vez realizada, si no se ha previsto adecuadamente la rentabilidad, puede llegar incluso a ser la ruina de la empresa o, como mínimo, una **pérdida de oportunidades** en proyectos mucho más interesantes. Si el estudio de viabilidad es completo, incluye una serie de estudios de distinto tipo, aunque suelen agruparse en 3: **estudio de mercado, estudio de viabilidad técnica y estudio de viabilidad económico-financiera** [1]:

- **Estudio de mercado.** Se detalla en la Sección 5.2.

- **Estudio de viabilidad técnica.** Se encarga de resolver todo lo concerniente a la **instalación y funcionamiento del proyecto**, identificando posibles soluciones técnicas del proyecto y su evaluación. Se deben definir una serie de parámetros a partir de los cuales se efectúa la evaluación y posterior selección de la solución más adecuada. Suele incluir determinar el tamaño del proyecto, los procesos aplicables, la tecnología a utilizar, la localización y emplazamiento óptimos, el impacto ambiental y la estimación de la inversión. La selección que se tomará será la que suponga la mejor combinación de la **relación entre costes de inversión y costes de producción**.
- **Estudio de viabilidad económico-financiera.** Incluye las fuentes de financiación y presupuesto de ingresos y gastos (flujo de caja, evaluación y análisis). Se detalla en la Sección 5.3.

Aunque el estudio esté perfectamente desarrollado, es muy frecuente que los resultados previstos no sean alcanzados por el futuro proyecto. La visión del empresario será fundamental a la hora de tomar la decisión de invertir.

## 5.2. Estudio de mercado

El estudio de mercado tiene por objeto estimar la cantidad de los bienes o servicios procedentes de una nueva unidad de producción, que la comunidad está dispuesta a adquirir a determinados precios. Es decir, con este estudio se confirma que existe un número suficiente de individuos, empresas u otras entidades económicas que presentan una demanda que justifica la puesta en marcha de un determinado proyecto. Suele incluir los estudios de análisis de la demanda, de la oferta, de los canales de comercialización y de precios [1, 2].

### 5.2.1. Análisis de la demanda

**Definición 5.1** *La demanda hace referencia a la cantidad de bienes y servicios que el mercado requiere o solicita para buscar la satisfacción de una necesidad específica a un precio determinado.*

La demanda depende de una **serie de factores** más allá de la necesidad que se tiene de ese bien o servicio; también es función del precio o del nivel de ingresos de la población, por lo que es necesario limitarla geográficamente, tanto a efectos de determinar el tamaño del mercado como la distribución de los posibles consumidores. Hay que considerar que el origen de esta demanda suele estar en una **demanda insatisfecha** (precios altos o intervenidos<sup>1</sup>), o en una **demand por sustitución** (innovación técnica o sustitución). En muchas ocasiones, las entidades financieras deniegan las solicitudes de crédito para nuevas iniciativas debido a la falta de confianza en las estimaciones de demanda presentadas. Por ello, resulta fundamental realizar un análisis riguroso de la demanda futura.

Existen diversos métodos que permiten estimar la demanda futura. Se presentan tres alternativas a continuación:

- **Modelo de media móvil.** Método de suavizado que utiliza los datos pasados para estimar algo a futuro, calculando el promedio de los últimos  $n$  períodos. La fórmula es:

$$Y_{t+1} = \frac{1}{n} \sum_{i=t-n+1}^t Y_i, \quad (5.1)$$

donde:

- $Y_{t+1}$  = Parámetro estimado para el siguiente período (demanda futura).

<sup>1</sup>El precio intervenido se refiere a un precio que ha sido modificado, regulado o fijado por una autoridad (generalmente, el gobierno) en lugar de dejarlo determinado únicamente por la oferta y la demanda en el mercado. Esto puede hacerse para controlar la inflación, proteger a los consumidores o productores, o garantizar el acceso a bienes esenciales. Existen distintos tipos de intervención:

- **Precio máximo:** Se establece un límite superior para evitar que los precios sean demasiado altos (ejemplo: control del precio del pan o los alquileres).
- **Precio mínimo:** Se fija un precio por debajo del cual no se puede vender un producto o servicio (ejemplo: salario mínimo o precios de productos agrícolas para proteger a los productores).
- **Precio subsidiado:** El Estado cubre parte del costo para que el precio final sea más bajo para los consumidores (ejemplo: gasolina o transporte público en algunos países).

- $Y_i$  = Parámetro observado (demanda observada) en los períodos anteriores (donde  $i$  es el índice del período).
- $n$  = Número de períodos que se utilizan para calcular el promedio (recomendado, de 3 a 5).

Este modelo **suaviza las fluctuaciones** de la demanda a corto plazo, promediando los valores de demanda pasados. Es útil cuando no hay una tendencia clara, ya que permite suavizar fluctuaciones aleatorias. Por tanto, el modelo de **media móvil** es útil cuando:

- La demanda es **relativamente estable** y no muestra tendencias marcadas ni estacionalidad.
- Se quiere reducir el **ruido aleatorio** de los datos para identificar una tendencia general.
- No se espera una **gran variabilidad** en la demanda a corto plazo.

**Ejercicio 5.1** Una empresa que produce zumos naturales quiere estimar cuántas unidades deberá preparar para los siguientes meses, basándose únicamente en el comportamiento de la demanda reciente.

Se dispone del siguiente historial de demanda (en miles de unidades) durante los últimos 12 meses:

Mes	Demanda
1	25
2	27
3	26
4	28
5	29
6	30
7	31
8	30
9	29
10	28
11	27
12	26

Utilizando únicamente los datos históricos proporcionados, se pide estimar cuánta demanda se puede esperar para los siguientes 3 meses.

- **Modelo de suavizamiento exponencial simple.** Modelo que predice un valor futuro ponderando los datos pasados de forma exponencial, por lo que los datos más recientes tienen más peso en la predicción. La ecuación es:

$$Y_{t+1} = \alpha \cdot X_t + (1 - \alpha) \cdot Y_t, \quad (5.2)$$

donde:

- $Y_{t+1}$  = Pronóstico de la variable para el siguiente período (demanda futura).
- $X_t$  = Variable observada en el período  $t$  (demanda en el periodo  $t$ ).
- $Y_t$  = Pronóstico de la variable para el período  $t$  (valor de la demanda anterior de la predicción).
- $\alpha$  = Coeficiente de suavizamiento (valor entre 0 y 1). Un valor cercano a 1 da más peso a los datos más recientes.

Este modelo suaviza las fluctuaciones de la demanda, dando más peso a los datos más recientes. La fórmula permite ajustarse rápidamente a cambios recientes en la demanda, lo cual es útil si la demanda cambia con frecuencia. Es recomendable usar el suavizamiento exponencial cuando:

- La demanda tiene **fluctuaciones aleatorias** pero no sigue una tendencia fuerte.
- Se quiere **dar más peso a los datos recientes** para hacer predicciones más dinámicas.
- Hay **variabilidad** en la demanda y se busca **adaptarse rápidamente** a esos cambios.

**Ejercicio 5.2** Una empresa desea estimar la demanda futura del último producto que lanzó al mercado. Para ello, decide aplicar un método que dé más peso a los datos más recientes, con el fin de adaptarse rápidamente a los cambios recientes en la demanda.

Se dispone de la siguiente información de demanda observada (en miles de unidades) durante los últimos 12 meses:

Mes	Demanda $X_t$
1	120
2	130
3	125
4	135
5	140
6	138
7	142
8	145
9	143
10	147
11	144
12	148

Estimar la demanda para el mes de **enero del próximo año**, aplicando un modelo que otorgue mayor peso a los datos más recientes. Considerar un coeficiente de suavizamiento  $\alpha = 0,3$  y asumir que el primer pronóstico es igual al primer valor observado.

- **Modelo de regresión lineal múltiple.** Modelo que predice una variable dependiente a partir de varias variables independientes. En este caso, la variable dependiente es la demanda, mientras que las variables independientes son los factores que pueden influir en ella (precio, ingresos, gasto en publicidad, etc.). La ecuación general es:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_1 + \beta_2 \cdot X_2 + \dots + \beta_n \cdot X_n + \epsilon, \quad (5.3)$$

donde:

- $Y$  = Variable dependiente (demanda estimada).
- $X_1, X_2, \dots, X_n$  = Variables independientes (factores que afectan a la demanda).
- $\beta_0$  = Término constante (valor de la variable dependiente cuando todas las variables independientes tienen un valor de 0).
- $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$  = Coeficientes que indican cómo cada  $X_i$  afecta a la demanda.
- $\epsilon$  = Error aleatorio (diferencia entre el valor real observado de la variable dependiente y el valor predicho por el modelo).

La regresión lineal busca *ajustar* una recta (o un hiperplano, en el caso de múltiples variables) a los datos históricos, minimizando la suma de los errores cuadráticos (la diferencia entre la demanda real y la estimada). Este modelo es ideal cuando:

- Hay **varias variables** que afectan la demanda.
- Existen **datos históricos** que relacionan la demanda con estas variables.
- Se busca **cuantificar el impacto** de cada factor en la demanda.

**Ejercicio 5.3** Una empresa desea predecir la demanda mensual (en miles de unidades) de una bebida energética en función de tres factores:

- $X_1$ : Precio por unidad (en €).
- $X_2$ : Gasto en publicidad mensual (en miles de €).
- $X_3$ : Ingreso promedio mensual de los consumidores (en miles de €).

Se conocen los datos de los últimos 12 meses:

Mes	Precio ( $X_1$ )	Publicidad ( $X_2$ )	Ingreso ( $X_3$ )	Demanda ( $Y$ )
1	2,5	15	3,2	21
2	2,6	16	3,4	22
3	2,7	14	3,3	20
4	2,5	18	3,5	25
5	2,4	17	3,6	26
6	2,6	15	3,4	23
7	2,7	14	3,2	21
8	2,8	13	3,1	19
9	2,5	16	3,3	23
10	2,4	19	3,6	27
11	2,3	20	3,7	29
12	2,5	18	3,5	26

Se pide:

1. Obtener la ecuación estimada de la demanda.
2. Predecir la demanda futura si:
  - Precio: 2,6 €
  - Publicidad: 17 mil €
  - Ingreso: 3,5 mil €

### Resumen comparativo de modelos de pronóstico

A modo de resumen, se comparan aquí los tres enfoques:

- **Media móvil:** Promedio de los últimos  $n$  períodos. Adecuado para datos estables sin tendencia ni estacionalidad.
- **Suavizamiento exponencial simple:** Pondera más los datos recientes. Ideal para series sin tendencia clara pero con cierta variabilidad.
- **Regresión lineal múltiple:** Predice una variable dependiente a partir de múltiples factores independientes.

En la Tabla 5.1 se muestran diferentes criterios para determinar qué modelo utilizar según los datos que se posean.

Algunas recomendaciones para saber cuándo usar cada método son:

- Usar **media móvil** si la demanda es estable y se quiere eliminar el ruido a corto plazo.
- Usar **suavizamiento exponencial simple** si se necesita una reacción más ágil a los cambios recientes sin requerir múltiples variables.
- Usar **regresión lineal múltiple** cuando se dispone de variables externas que afectan la demanda y se desea cuantificar su impacto.

	Media móvil	Suavizamiento exponencial simple	Regresión lineal múltiple
Uso principal	Suavizar datos estables	Reaccionar a cambios recientes	Cuantificar impacto de múltiples factores
Peso a datos recientes	Igual para todos	Mayor peso a los más recientes	No aplica
Capacidad de adaptación	Baja	Media (según $\alpha$ )	Alta (si factores cambian)
Variables necesarias	Historial de demanda	Historial de demanda	Historial de demanda y factores explicativos
Parámetros a definir	$n$	$\alpha$	Variables independientes
Interpretación	Muy sencilla	Sencilla	Compleja pero rica en análisis

Tabla 5.1: Resumen comparativo de métodos de estimación de la demanda

### 5.2.2. Análisis de la oferta

**Definición 5.2** *La oferta hace referencia a la cantidad de bienes y servicios que un cierto número de oferentes (productores) están dispuestos a poner a disposición del mercado a un precio determinado.*

Similar a la demanda, hay que hacer las estimaciones pertinentes hacia el futuro utilizando técnicas estadísticas adecuadas. Hay que considerar:

- Número de productores.
- Localización.
- Capacidad instalada.
- Calidad y precio de los productos.
- Planes de expansión.
- ...

### 5.2.3. Análisis de los precios

Además de estimar la demanda futura, también es fundamental analizar la influencia de los precios en la proyección de la demanda, ya que, aunque suelen considerarse constantes, la realidad es muy distinta. Los precios de las materias primas necesarias pueden variar, lo que hará que el precio final del producto también deba ajustarse. Por ello, suele ser habitual fijar tres niveles de precios posibles (mínimo, máximo y probable) y analizar la demanda para cada uno de esos tres escenarios. También puede ser útil emplear herramientas como el análisis de sensibilidad (Sección 5.3.6).

### 5.2.4. Análisis de la comercialización

**Definición 5.3** *La comercialización es la actividad que permite al productor hacer llegar un bien o un servicio al consumidor con los beneficios de tiempo y lugar.*

Los “beneficios de tiempo y lugar” se refieren a que una buena comercialización es aquella que coloca al producto en un sitio y momento adecuados, para dar al consumidor la satisfacción que espera con la compra.

### 5.2.5. Lienzos para el inicio del proyecto

Un **lienzo** (*canvas*) para el inicio de un proyecto es una herramienta visual que se utiliza para definir y organizar los elementos clave de un proyecto en una sola página. Su objetivo es proporcionar una visión clara y concisa del proyecto, permitiendo a los equipos y partes interesadas comprender rápidamente los aspectos fundamentales y la dirección del mismo. Suele incluir secciones o **bloques específicos** que se enfocan en diferentes aspectos del proyecto.

### Lienzo de la propuesta de valor (Value Proposition Canvas)

La propuesta de valor se centra en analizar y comprender las necesidades principales de los clientes para **determinar de qué manera la propuesta del proyecto satisface dichas necesidades de forma única**. Es una descripción clara y específica de los beneficios que un producto o servicio ofrece al cliente, diseñada para resolver un problema o satisfacer una necesidad concreta. Este proceso, conocido como “creación de valor”, consiste en identificar y comunicar de manera precisa qué se le aporta al cliente para solucionar su problema de forma efectiva y diferenciada [3]. Como seres humanos, no somos criaturas pensantes que sienten, sino criaturas sensibles que piensan. Así que hay que determinar en qué emociones positivas hay que enfocarse para, de forma efectiva, crear, proporcionar y capturar valor del producto.

El lienzo de la propuesta de valor (VPC, por el término en inglés value proposition canvas) hace que las propuestas de valor sean visibles y tangibles para que así sean más fáciles de analizar y gestionar; se trata de una aproximación gráfica para determinar el encaje entre la propuesta de valor del proyecto y los potenciales clientes. Se integra perfectamente con el lienzo del modelo de negocio (ver la Sección 5.2.5). El VPC tiene dos lados: el **perfil del cliente** (donde se aclara la comprensión que se tiene sobre él) y el **mapa de valor** (donde se describe cómo se pretende crear valor para ese cliente). Se consigue el encaje entre los dos cuando ambos coinciden [3]. El lienzo de generación de valor permite visualizar y evaluar cómo todos estos componentes se interrelacionan para crear y entregar valor a los clientes, ayudando a identificar áreas de mejora, oportunidades de innovación y a alinear los esfuerzos del proyecto en torno a la generación de valor para los clientes. En la Figura 5.1 se muestra un esquema típico del lienzo de generación de valor.

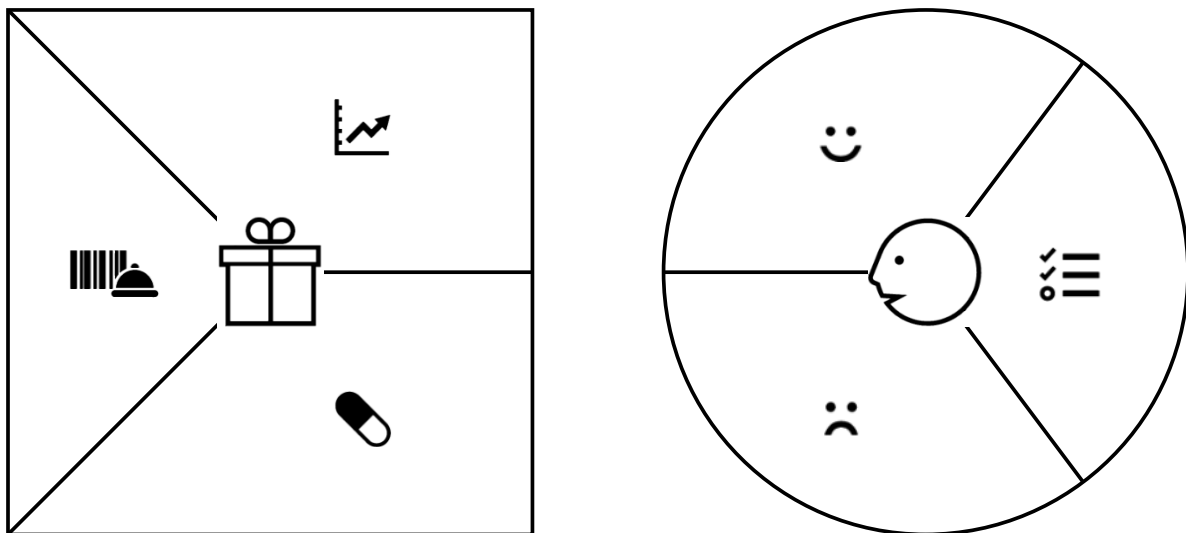


Figura 5.1: Value proposition canvas

El perfil del segmento del cliente describe de manera más estructurada y detallada un segmento de clientes específico, estando dividido en [3]:

- **Trabajos:** Describen aquello que los clientes intentan resolver en su vida personal y laboral.
- **Frustraciones:** Describen los malos resultados, riesgos y obstáculos relacionados con los trabajos del cliente.
- **Alegrías:** Describen los resultados que quieren conseguir los clientes o los beneficios concretos que buscan.

Se recomienda concretar y describir de la manera más concreta posible los trabajos, frustraciones y alegrías.

El mapa de la propuesta de valor describe de manera estructurada y detallada las características de una propuesta de valor específica, y está dividida en [3]:

- **Productos y servicios:** Lista de todos los productos y servicios alrededor de la cual se construye una propuesta de valor.

- **Aliviadores de frustraciones:** Describen cómo los productos y servicios mitigan las frustraciones del cliente.
- **Creadores de alegrías:** Describen cómo los productos y servicios crean alegrías al cliente.

El encaje se consigue cuando el mapa de valor coincide con el perfil del cliente, cuando los productos y servicios generan aliviadores de frustraciones y creadores de alegrías que coinciden con alguno de los trabajos, frustraciones y alegrías importantes para el cliente.

*Trabajos del cliente* Los trabajos describen las actividades que los clientes intentan resolver en su vida laboral o personal, como tareas que intentan terminar, problemas que intentan solucionar, necesidades que intentan satisfacer... Los trabajos del cliente suelen depender del contexto específico en el que se realizan, que puede imponer determinadas restricciones o limitaciones. Es importante reconocer que no todos los trabajos tienen la misma importancia para los clientes. Hay algunos que son más importantes en su vida, ya que no resolverlos podría acarrear graves consecuencias. Sin embargo, otros son insignificantes porque al cliente le importan más otras cosas. A veces, se considera crucial un trabajo porque ocurre con frecuencia o porque dará como resultado algo deseado/no deseado. Por tanto, hay que adoptar la perspectiva del cliente cuando se investiguen los trabajos, ya que puede ocurrir que lo que se considere no sea el trabajo que el cliente intenta resolver. Se distinguen los siguientes tipos de trabajos:

- **Trabajos funcionales:** Aquellos en los que los clientes intentan realizar o terminar una tarea específica, o solucionar un problema.
- **Trabajos sociales:** Aquellos en los que los clientes quieren quedar bien, ganar poder o estatus. Estos trabajos describen cómo quieren que los perciban los demás.
- **Trabajos personales/emocionales:** Aquellos en los que los clientes buscan alcanzar un estado emocional específico, como sentirse bien, encontrar la paz mental en lo referente a inversiones o lograr sensación de seguridad en el puesto de trabajo.
- **Trabajos de apoyo:** Los clientes también realizan trabajos de apoyo en el contexto relacionado con la adquisición y el consumo de valor, ya sea como consumidores o como profesionales. Estos trabajos surgen de tres papeles diferentes. Son los siguientes:
  - Comprador de valor: Trabajos relacionados con la compra de valor, como comparar ofertas, decidir qué productos adquirir, esperar en una cola para pagar, completar una compra u optar por el envío de un producto o servicio.
  - Cocreador de valor: Trabajos relacionados con la cocreación de valor con tu empresa.
  - Transferencia de valor: Trabajos relacionados con el fin del ciclo de vida de una propuesta de valor, como cancelar una suscripción, deshacerse de un producto, transferirlo a terceros, o revenderlo.

A veces, los trabajos sociales o emocionales son más importantes que los trabajos funcionales “visibles”. Puede ser más importante “quedar bien ante los demás” que encontrar una gran solución técnica que ayude a terminar el trabajo de manera efectiva.

Muchas veces, solo se entienden los trabajos del cliente de manera superficial. Para evitarlo, es necesario preguntarse por qué se quiere realizar un trabajo determinado y ahondar en sus motivaciones reales.

**Ejemplo 5.1** *¿Por qué quiere alguien aprender una lengua extranjera? A lo mejor es porque el trabajo “real” es mejorar su currículum. Pero, ¿por qué quiere mejorarlo? Quizás quiere ganar más dinero.*

No hay que conformarse hasta llegar a comprender de verdad lo que hay detrás de los trabajos que realmente motivan a los clientes.

*Frustraciones del cliente* Las frustraciones describen lo que molesta a los clientes antes, durante y después de intentar resolver un trabajo o, simplemente, lo que les impide resolverlo. También describen los riesgos, es decir, los potenciales resultados negativos relacionados con resolver mal un trabajo o directamente no resolverlo. Al igual que los trabajos pueden ser importantes o insignificantes, una frustración puede ser extrema o moderada para el cliente. Hay que identificar tres tipos de frustraciones del cliente y lo importantes que pueden ser:



- **Características, problemas y resultados no deseados:** Las frustraciones son funcionales (puede ocurrir que una solución no funcione, no funcione bien o que tenga efectos secundarios negativos), sociales (“quedo mal haciendo esto”) o secundarias (“es un fastidio tener que ir a la tienda a comprar esto”). También pueden conllevar sensaciones no deseadas (“es aburrido correr en el gimnasio” o “este diseño es feo”).
- **Obstáculos:** Los elementos que impiden que los clientes empiecen un trabajo o que los hacen ir más lentos (“me falta tiempo para hacer esto como es debido” o “no me puedo permitir ninguna de las soluciones existentes”).
- **Riesgos (resultados potenciales no deseados):** Lo que podría salir mal y tener importantes consecuencias negativas (“puede que pierda credibilidad cuando utilice este tipo de solución”, o “un fallo de seguridad sería desastroso para nosotros”).

Se deberían añadir las barreras que impiden o hacen difícil resolver un trabajo, así como los riesgos relacionados con no resolver el trabajo.

La siguiente lista de preguntas puede ayudar a pensar en varias frustraciones potenciales del cliente:

- ¿Cómo definen los clientes que algo es demasiado costoso: lleva mucho tiempo hacerlo, cuesta demasiado dinero o exige esfuerzos considerables?
- ¿Qué provoca que los clientes se sientan mal? ¿Qué molestias, fastidios o quebraderos de cabeza tienen?
- ¿En qué fallan las actuales propuestas de valor para los clientes? ¿Qué elementos les faltan? ¿Hay cuestiones de rendimiento que les molesten, mencionan fallos?
- ¿Cuáles son los principales retos y dificultades con los que se encuentran los clientes? ¿Entienden cómo funcionan las cosas, tienen dificultades haciendo algunos trabajos o se resisten a hacer algunos determinados por motivos específicos?
- ¿Con qué consecuencias sociales negativas se topan o cuáles temen: les asusta una pérdida de prestigio, poder, confianza o estatus?
- ¿Qué riesgos temen los clientes: los técnicos, sociales o financieros? ¿Se preguntan qué podría salir mal?
- ¿Qué les hace perder el sueño? ¿Cuáles son sus grandes preocupaciones?
- ¿Qué errores comunes cometen los clientes? ¿Utilizan una solución de manera equivocada?
- ¿Cuáles son las barreras que impiden que tus clientes adopten una propuesta de valor? ¿Hay costes de inversión iniciales, una curva de aprendizaje pronunciada u otros obstáculos que impidan su adopción?

*Alegrías del cliente* Las alegrías describen los resultados y beneficios que quieren los clientes. Algunas son necesarias, esperadas, deseadas, y otras serían una “sorpresa”. Entre ellas se incluyen la utilidad funcional, las alegrías sociales, las emociones positivas y los ahorros en costes. Al igual que los trabajos y las frustraciones, una alegría puede resultar esencial o agradable para el cliente. Hay que intentar identificar cuatro tipos de alegrías desde el punto de vista de los resultados y beneficios:

- **Alegrías necesarias:** Se trata de alegrías sin las cuales una solución no funcionaría. La expectativa más básica que tenemos de un smartphone, por ejemplo, es que podamos realizar una llamada con él.
- **Alegrías esperadas:** Son alegrías relativamente básicas que se espera de una solución, incluso cuando podría funcionar sin ellas. Desde que Apple lanzó el iPhone, esperamos que los teléfonos estén bien diseñados y sean bonitos.
- **Alegrías deseadas:** Las que van más allá de lo que esperamos de una solución, pero que nos encantaría tener si pudiéramos. Suelen ser alegrías que los clientes mencionarían si les preguntaras. Por ejemplo, deseamos que los smartphones estén perfectamente integrados con nuestros otros dispositivos.

- **Alegrías inesperadas:** Aquellas que van más allá de las expectativas y deseos de los clientes. Ni siquiera las mencionarían si les preguntaras. Antes de que Apple comercializara las pantallas táctiles y la App Store, nadie había pensado en ellas como parte de un teléfono.

Hay que evitar poner las mismas ideas en frustraciones y alegrías como elementos opuestos. Es decir, si uno de los trabajos que tiene que resolver el cliente es “ganar más dinero”, puede que se añada como alegría “aumento de salario” y “reducción de salario” como frustración.

La siguiente lista de preguntas puede ayudar a pensar en varias alegrías potenciales del cliente:

- ¿Qué ahorros harían felices a los clientes? ¿Qué ahorros valorarían desde el punto de vista del tiempo, dinero y esfuerzo?
- ¿Qué niveles de calidad esperan? ¿De cuáles quisieran más o menos?
- ¿Cómo satisfacen las actuales propuestas de valor a los clientes? ¿Con qué características específicas disfrutan? ¿Qué rendimiento y calidad esperan?
- ¿Qué les haría la vida más fácil a los clientes? ¿Podría haber una curva de aprendizaje más plana, más servicios o costes de propiedad más bajos?
- ¿Qué consecuencias sociales positivas desean los clientes? ¿Qué les hace quedar bien? ¿Qué aumenta su poder o estatus?
- ¿Qué buscan más los clientes: buen diseño, garantías, más características o que estas sean más específicas?
- ¿Con qué sueñan los clientes? ¿Qué aspiran conseguir? ¿Qué representaría un alivio para ellos?
- ¿Cómo miden los clientes el éxito o el fracaso? ¿Cómo calculan el rendimiento o el coste?
- ¿Qué aumentaría la probabilidad de que los clientes adopten una propuesta de valor: desean un coste más bajo, menos inversión, menor riesgo o mejor calidad?

*Crear el perfil del cliente* A partir del lienzo del perfil del cliente, es necesario elaborar el mapa del perfil del cliente. Para ello:

1. Seleccionas el segmento de clientes sobre el que se quiere hacer el perfil.
2. Identificar los trabajos del cliente, preguntándoles qué trabajos intentan acabar. Se recomienda escribir cada uno en una nota adhesiva (post-its).
3. Identificar las frustraciones del cliente, anotando todas las frustraciones que se consideren, incluyendo obstáculos y riesgos. Se recomienda escribir cada uno en una nota adhesiva (post-its).
4. Identificar las alegrías del cliente, los resultados y beneficios que quieren conseguir. Se recomienda escribir cada uno en una nota adhesiva (post-its).
5. Una vez se tienen los trabajos, frustraciones y alegrías del cliente, se recomienda clasificarlos de importantes a insignificantes (trabajos), de extremas a moderadas (frustraciones) y de esenciales a agradables (alegrías).

*Productos y servicios* Se trata de una lista de lo que se ofrece, es decir, todos los artículos que los clientes pueden adquirir, una enumeración de todos los productos sobre los que se construye la propuesta de valor. Estos pueden ayudar a los clientes a realizar trabajos funcionales, sociales o emocionales, o a satisfacer necesidades básicas. Los productos y servicios no crean valor por sí solos, sino en relación con el segmento de clientes y sus trabajos, frustraciones y alegrías. La lista de productos y servicios también puede incluir aquellos que ayudan a los clientes a desempeñar los papeles de comprador (comparar ofertas, decidir y comprar), co-creador (codiseñar propuestas de valor) y transferidor (deshacerse de un producto). Es esencial admitir que para los clientes, no todos los productos tienen la misma importancia para los clientes, sino que algunos son esenciales, mientras que otros son simplemente agradables. La propuesta de valor puede estar compuesta de varios tipos de productos y servicios:

- **Físicos/Tangibles:** Los bienes, como los productos manufacturados.

- **Intangibles:** Productos como los derechos de autor o servicios como el de posventa.
- **Digitales:** Productos como las descargas musicales o servicios como las recomendaciones online.
- **Financieros:** Productos como fondos de inversión y seguros o servicios como la financiación de una compra.

*Aliviadores de frustraciones* Los aliviadores de frustraciones describen de manera exacta cómo los productos y servicios alivian las frustraciones específicas de los clientes, resumiendo de manera explícita cómo se pretende eliminar o reducir algunas de las cosas que les molestan antes, durante o después de resolver un trabajo, o las que les impiden resolverlo. Las buenas propuestas de valor se centran en las frustraciones que importan a los clientes. No es necesario aportar un aliviador para cada frustración identificada, sino lograr solucionar las que tienen una importancia extrema. Un aliviador de frustraciones puede resultar más o menos valioso para el cliente, por lo que hay que diferenciar entre esenciales (aplacan cuestiones extremas, normalmente de manera radical, y crean mucho valor) y agradables (simplemente mitigan frustraciones moderadas).

La siguiente lista de preguntas puede ayudar a pensar maneras distintas de cómo los productos y servicios pueden aliviar las frustraciones de los clientes. Podrían los productos y servicios...:

- ¿Generar ahorros? Desde el punto de vista del tiempo, dinero o esfuerzo.
- ¿Hacer que los clientes se sientan mejor? Eliminando frustraciones, molestias u otros elementos.
- ¿Arreglar soluciones de bajo rendimiento? Introduciendo novedades, mejor rendimiento y calidad.
- ¿Poner fin a las dificultades y retos con los que se encuentran los clientes? Haciendo las cosas más fáciles o eliminando obstáculos.
- ¿Borrar consecuencias sociales negativas a las que se enfrentan o temen? Desde el punto de vista de la pérdida de prestigio, poder, confianza o estatus.
- ¿Eliminar riesgos que les asustan? De tipo financiero, social, técnico o cosas que podrían salir mal.
- ¿Ayudar a los clientes a dormir mejor? Abordando cuestiones significativas, disminuyendo o eliminando preocupaciones.
- ¿Limitar o erradicar los errores habituales que cometen? Ayudándoles a usar una solución de manera adecuada.
- ¿Eliminar barreras que hacen que los clientes no adopten propuestas de valor? Introduciendo costes de inversión iniciales más bajos o eliminándolos, con una curva de aprendizaje más plana, o suprimiendo otros obstáculos.

*Creadores de alegrías* Los creadores de alegrías describen cómo los productos y servicios crean alegrías para el cliente. Resumen de manera explícita cómo se pretenden producir resultados y beneficios que el cliente espera, desea o con los que se sorprendería, entre los que se incluyen la utilidad funcional, las alegrías sociales, las emociones positivas y el ahorro de costes. Igual que los aliviadores de frustraciones, los creadores de alegrías no necesitan abordar cada alegría identificada en el perfil del cliente, sino que hay que centrarse en aquellas que son relevantes para ellos y en los puntos en los que los productos y servicios pueden marcar la diferencia.

La siguiente lista de preguntas puede ayudar a pensar de manera distinta cómo los productos y servicios pueden hacer a los clientes conseguir resultados y beneficios necesarios, deseados, esperados o inesperados. Podrían los productos y servicios...:

- ¿Generar ahorros que les interesen a los clientes? Desde el punto de vista del tiempo, dinero o esfuerzo.
- ¿Producir resultados que esperan o que excedan sus expectativas? Ofreciendo niveles de calidad o variando la cantidad de algún elemento.
- ¿Ofrecer un mejor rendimiento que las actuales propuestas de valor y dejar encantados a los clientes? En cuanto a características específicas, rendimiento o calidad.

- ¿Hacerles la vida o el trabajo más fácil? A través de una mejor usabilidad, accesibilidad, más servicios o un coste de propiedad más bajo.
- ¿Crear consecuencias sociales positivas? Haciéndoles quedar bien o ayudándoles a obtener un aumento de poder o estatus.
- ¿Hacer algo específico que los clientes buscan? Desde el punto de vista del buen diseño, las garantías o tener más características específicas.
- ¿Cumplir un deseo con el que sueñan? Ayudándoles a conseguir sus aspiraciones o librándoles de un apuro.
- ¿Producir resultados positivos que se correspondan con los criterios de éxito y de fracaso que tienen los clientes? Desde el punto de vista de un rendimiento mejor o de costes más bajos.
- ¿Ayudar a que la adopción sea más fácil? Mediante un coste más bajo, menos inversiones, menor riesgo, mejor calidad, rendimiento o diseño.

Un creador de alegrías puede producir resultados y beneficios más o menos relevantes para el cliente, igual que se ha visto con los aliviadores de frustraciones, por lo que hay que asegurarse de diferenciar entre esenciales y agradables.

*Creación del mapa de la propuesta de valor* Con el lienzo de la propuesta de valor, es necesario elaborar el mapa de valor. Para ello:

1. Hacer una lista de productos y servicios (existentes o nuevos).
2. Resumir cómo los productos y servicios ayudan a los clientes a aliviar frustraciones (eliminando resultados, obstáculos o riesgos no deseados). Se recomienda escribir cada uno en una nota adhesiva (post-its).
3. Resumir cómo los productos y servicios crean resultados y beneficios esperados o deseados para los clientes. Se recomienda escribir cada uno en una nota adhesiva (post-its).
4. Clasificar productos y servicios, aliviadores de frustraciones y creadores de alegrías según lo esenciales que sean para los clientes.

*Buscar el encaje* Al encaje se llega cuando los clientes se ilusionan con la propuesta de valor, algo que ocurre cuando se abordan trabajos importantes, se alivian frustraciones extremas y se crean alegrías esenciales para ellos. Los clientes esperan y desean muchas cosas de los productos y servicios, aunque también saben que no pueden tenerlo todo; por eso, hay que centrarse en las alegrías que les importan más y marcan la diferencia. Además, también tienen un montón de frustraciones y ninguna empresa puede encargarse de todas ellas, por lo que hay que centrarse en los quebraderos de cabeza que sean más importantes y no se hayan abordado lo suficiente.

Buscar el encaje es el proceso que consiste en diseñar propuestas de valor de productos y servicios que cubren los trabajos, frustraciones y alegrías que realmente importan a los clientes. El encaje entre lo que ofrece una empresa y lo que quieren los clientes es el primer requisito para lograr una propuesta de valor de éxito. Tiene lugar en tres etapas:

- **Encaje problema-solución:** Se identifican los trabajos, frustraciones y alegrías relevantes del cliente que se considera que se pueden abordar con la propuesta de valor. Es decir:
  - Se tienen pruebas de que a los clientes les importan determinados trabajos, frustraciones y alegrías.
  - Se ha diseñado una propuesta de valor que aborda esos trabajos, frustraciones y alegrías.

Sin embargo, aún no se tienen pruebas de que realmente a los clientes les importe la propuesta de valor, por lo que es el momento en el que hay que esforzarse por identificar los trabajos, frustraciones y alegrías más relevantes para ellos y diseñar propuestas de valor de acuerdo con ello. Es posible que sea necesario realizar prototipos de múltiples propuestas de valor alternativas para elegir las que produzcan el mejor encaje.

- **Encaje producto-mercado:** Los clientes reaccionan de manera positiva a la propuesta de valor y esta encuentra tracción en el mercado. Es decir, se tienen pruebas de que los productos y servicios, los aliviadores de frustraciones y los creadores de alegrías realmente crean valor para el cliente. Aquí hay que esforzarse por validar o invalidar las suposiciones relativas a la propuesta de valor. De modo inevitable se descubrirá que muchas ideas del principio no crean valor para el cliente, lo que implicará tener que diseñar propuestas de valor nuevas. Encontrar este segundo tipo de encaje es un proceso largo y repetitivo.
- **Encaje modelo de negocio:** La tercera sucede cuando se encuentra un modelo de negocio escalable y rentable, es decir, se tienen pruebas de que la propuesta de valor puede insertarse en un modelo de negocio. Una gran propuesta de valor sin un gran modelo de negocio puede suponer un éxito financiero por debajo de lo esperado o incluso conducir al fracaso. Ninguna propuesta de valor puede sobrevivir sin un modelo de negocio seguro. La búsqueda del encaje de modelo de negocio conlleva un constante ir y venir entre diseñar una propuesta de valor que cree valor para el cliente y un modelo de negocio que cree valor para la organización. No se consigue hasta que no se generan más ingresos con la propuesta de valor que lo que se ha gastado para crearla y ofrecerla.

*Etapas para completar el VPC* El proceso de diseño y validación de una propuesta de valor se puede estructurar en cuatro etapas clave: observar, diseñar, validar y ajustar. A continuación, se detalla cada una de estas etapas:

1. **Observar.** En esta etapa, el objetivo es comprender en profundidad las necesidades, frustraciones y deseos del cliente. Para ello, se utilizan diversas técnicas de investigación y análisis:

- Investigación del cliente:
  - Realizar entrevistas con clientes potenciales para identificar sus trabajos, frustraciones y alegrías.
  - Llevar a cabo observaciones etnográficas para entender cómo los clientes interactúan con productos o servicios en su entorno natural.
  - Analizar datos secundarios, como informes de mercado, tendencias de búsqueda en Google, y comentarios en redes sociales, para obtener insights adicionales.
- Identificación de problemas no resueltos:
  - Detectar trabajos críticos que los clientes no pueden resolver adecuadamente.
  - Identificar frustraciones extremas que generan insatisfacción y alegrías deseadas que los clientes no están obteniendo.
  - Priorizar aquellos trabajos que son importantes, tangibles, lucrativos y no resueltos.

Esta etapa es fundamental para asegurar que la propuesta de valor se base en necesidades reales del cliente y no en suposiciones.

2. **Diseñar.** Una vez comprendidas las necesidades del cliente, se generan y prototipan ideas que aborden esos problemas. Esta etapa se caracteriza por la creatividad y la exploración de múltiples alternativas:

- Generación de ideas:
  - Utilizar técnicas como brainstorming, dibujos en servilletas y ad-libs para generar una amplia gama de ideas.
  - Explorar múltiples direcciones sin comprometerse demasiado pronto con una sola solución.
- Prototipado rápido:
  - Crear prototipos de baja fidelidad (como storyboards, representaciones visuales o modelos conceptuales) para visualizar las ideas.
  - Utilizar el lienzo de la propuesta de valor para esbozar cómo los productos o servicios alivian frustraciones y crean alegrías.
- Enfoque en el cliente:
  - Diseñar propuestas de valor que aborden tanto aspectos funcionales (resolución de problemas concretos) como emocionales y sociales (deseos y aspiraciones del cliente).

- Asegurarse de que la propuesta de valor esté alineada con cómo los clientes miden el éxito.

Esta etapa permite transformar las ideas en conceptos tangibles que pueden ser probados y validados.

3. **Validar.** En esta etapa, el objetivo es probar las hipótesis clave relacionadas con la propuesta de valor y el modelo de negocio. Para ello, se realizan experimentos y se recopilan datos:

- Pruebas con clientes:
  - Realizar experimentos rápidos y de bajo coste para validar el interés del cliente, sus preferencias y su disposición a pagar.
  - Utilizar técnicas como páginas de aterrizaje, ventas simuladas, split-tests y preventas para medir el interés del mercado.
- Ciclo construir-medir-aprender:
  - Diseñar prototipos conceptuales y productos mínimos viables (PMV) para probar las hipótesis más críticas.
  - Medir el rendimiento de los prototipos y aprender de los resultados para ajustar la propuesta de valor.

Esta etapa permite reducir la incertidumbre y asegurar que la propuesta de valor resuene con el mercado.

4. **Ajustar.** Finalmente, en esta etapa se itera y mejora la propuesta de valor en función de los aprendizajes obtenidos:

- Iteración y mejora continua:
  - Basarse en los datos recopilados durante las pruebas para ajustar la propuesta de valor.
  - Pivotar si es necesario, buscando nuevos segmentos de clientes, propuestas de valor alternativas o modelos de negocio diferentes.
- Medición del progreso:
  - Utilizar herramientas como la tarjeta de aprendizaje y la tabla de progresos para hacer seguimiento de las pruebas y evaluar el avance.
  - Validar si se ha alcanzado el encaje problema-solución, producto-mercado y modelo de negocio.
- Alineación interna:
  - Comunicar los ajustes a todas las partes interesadas internas (ventas, marketing, socios, empleados) para asegurar que todos estén alineados con la propuesta de valor actualizada.
  - Asegurarse de que los mensajes y estrategias de marketing reflejen los ajustes realizados.

Esta etapa cierra el ciclo iterativo, permitiendo que la propuesta de valor evolucione y se adapte a las necesidades del mercado.

El proceso de observar, diseñar, validar y ajustar es un enfoque sistemático e iterativo que permite reducir el riesgo y la incertidumbre en el diseño de propuestas de valor. Al centrarse en las necesidades reales del cliente y validar continuamente las hipótesis, se asegura que la propuesta de valor final sea relevante, viable y sostenible. Este marco es aplicable tanto en startups como en empresas establecidas, y es fundamental para la innovación y el crecimiento empresarial.

### Lienzo de modelo de negocio (Business Model Canvas)

**Definición 5.4** *Un modelo de negocio describe el fundamento de cómo una organización crea, entrega y captura valor.*

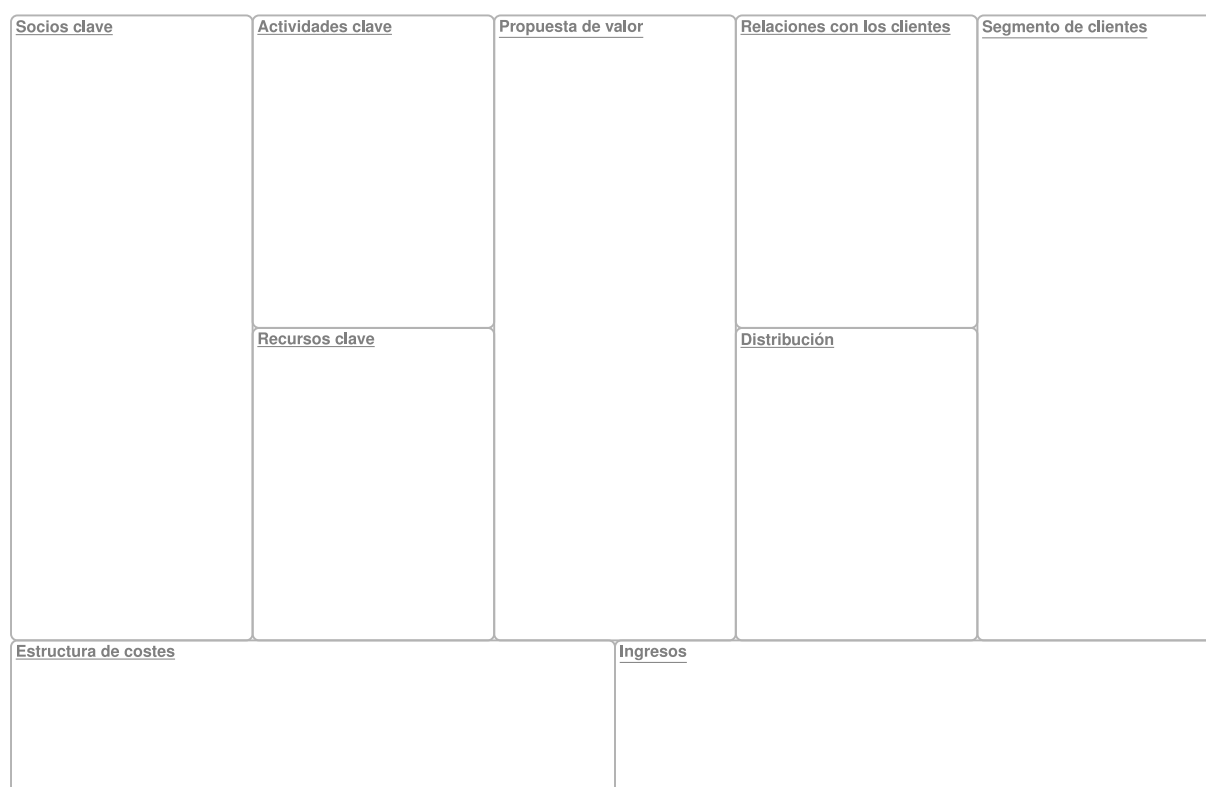


Figura 5.2: Business model canvas

Por tanto, recoge las bases de creación de valor de un negocio. El business model canvas (BMC) es una herramienta popular de eficacia probada para crear, evaluar o reinventar un modelo de negocio, ya que permite desarrollar y visualizar modelos de negocio por medio de **nueve bloques** básicos que muestran cómo una compañía piensa **conseguir clientes y obtener beneficios** (Figura 5.2). Los nueve bloques cubren las cuatro áreas principales de un negocio: clientes, oferta, infraestructura y viabilidad financiera. El modelo de negocio es como un anteproyecto de una estrategia que se implementará a través de estructuras, procesos y sistemas organizacionales.

Para empezar a realizarlo, es necesario identificar el **reto** que se quiere abordar o resolver. Con ese reto en mente, el primer paso es seleccionar la **idea** (basándose en la experiencia e intuición) que tiene la mayor oportunidad de abordar el reto o solucionar el problema. Se resumen a continuación los nueve bloques de forma breve, siguiendo la secuencia recomendada para la realización del BMC [4, 5]:

1. **Segmento de clientes.** Los clientes son el objetivo hacia donde se dirigirá el negocio. Aunque es muy tentador seleccionar numerosos segmentos de clientes que puedan tener interés en las propuestas de valor, si se está empezando, se recomienda elegir solo uno, el más importante; en cualquier otro caso, la lista tendrá entre cinco y siete segmentos de clientes.
2. **Propuestas de valor.** Hay que determinar qué valor que se pueda crear y proporcionar será el más importante para los segmentos de clientes, es decir, qué se les va a ofrecer.
3. **Canales de distribución.** Los canales son un elemento crítico del modelo empresarial, ya que la propuesta de valor se entrega a los clientes a través de la comunicación, distribución y canales de ventas.
4. **Relaciones con los clientes.** Determina cómo establecer relaciones auténticas con los segmentos de clientes y cómo mantenerlas y socios estratégicos para conseguir confianza y lealtad.
5. **Flujos o fuentes de ingresos.** Identificar cómo se generarán ingresos a partir de la propuesta de valor. Es a lo que se refiere el “capturar el valor que se crea y entrega”.
6. **Recursos clave.** Activos que se necesitan para proporcionar las propuestas de valor. Los recursos clave normalmente corresponden a cuatro categorías: físicos, humanos, intelectuales y financieros.
7. **Actividades clave.** Acciones más importantes que una organización realiza diariamente. Normalmente incluyen operaciones, producción, marketing y ventas, y administración financiera.

8. **Asociaciones clave.** Hay que identificar alianzas estratégicas para el éxito del modelo. Normalmente, incluyen alianzas estratégicas entre no competidores, joint ventures, o co-creación de valor con los clientes.
9. **Estructura de costes.** Analizar los costes en los que se incurrirá al crear y entregar las propuestas de valor a los segmentos de clientes.

*Segmento de clientes* Los segmentos de clientes representan los diferentes grupos de personas o empresas a los que una empresa quiere llegar. Cada organización debe tomar una decisión consciente sobre qué segmentos atender y qué segmentos ignorar, ya que no todos los clientes son rentables.

Los segmentos de clientes pueden dividirse en:

- **Mercado de masas** (grupo amplio con necesidades similares): Los modelos comerciales centrados en los mercados masivos no distinguen entre diferentes segmentos de clientes. Las propuestas de valor, los canales de distribución y las relaciones con los clientes se centran en un grupo grande de clientes con necesidades y problemas muy similares.
- **Mercado de nicho** (grupo reducido con necesidades específicas): Los modelos de negocio dirigidos a nichos de mercado se adaptan a segmentos de clientes específicos y especializados. Las propuestas de valor, los canales de distribución y las relaciones con los clientes se adaptan a los requisitos específicos del nicho de mercado. Estos modelos de negocio se encuentran a menudo en las relaciones entre proveedores y compradores.
- **Mercados segmentados** (diferencias leves dentro de un mismo grupo): Se distinguen entre segmentos de mercado con necesidades y problemas ligeramente diferentes, por lo que estaría entre el mercado de masas y el mercado de nicho.

Una organización también puede tener un modelo de negocio de **clientes diversificado**, donde atiende a dos segmentos de clientes no relacionados con necesidades y problemas muy diferentes. Asimismo, existen también las **plataformas de varios lados**, que son modelos de negocio que dependen de dos o más grupos de clientes que se necesitan mutuamente para que la plataforma funcione.

*Propuestas de valor* Las propuestas de valor son las razones por las que los clientes eligen una empresa sobre otra. Una propuesta de valor crea valor (resolviendo un problema, satisfaciendo una necesidad...) para un segmento de clientes a través de una combinación distinta de elementos que satisfacen las necesidades de ese segmento. Los valores pueden ser **cuantitativos** (precio, velocidad de servicio), **cualitativos** (personalización, diseño, experiencia del cliente) o **cambio del juego** (innovación disruptiva que transforma una industria).

Los siguientes elementos pueden contribuir a crear valor para el cliente:

- **Novedad:** Satisfacen un conjunto completamente nuevo de necesidades que los clientes anteriormente no percibían porque no había una oferta similar.
- **Actuación:** Mejoran el rendimiento de un producto o servicio ya existente.
- **Personalización:** Adaptan productos y servicios a las necesidades específicas de clientes individuales o segmentos de clientes.
- **Diseño:** Aunque es importante, es difícil cuantificar la mejora de valor debido al diseño.
- **Marca:** Se puede encontrar valor en el simple hecho de usar y mostrar una marca específica.
- **Precio:** Ofrecer un valor similar a un precio más bajo.
- **Reducción de costes:** Ayudar a los clientes a reducir costes.
- **Reducción de riesgos:** Reducir los riesgos en los que incurre el comprador al comprar productos o servicios.
- **Accesibilidad:** Hacer que los productos y servicios estén disponibles para clientes que anteriormente no tenían acceso a ellos. Esto puede resultar de la innovación del modelo de negocio, nuevas tecnologías o una combinación de ambos.



- **Conveniencia/Usabilidad:** Hacer las cosas más convenientes o fáciles de usar puede generar un valor sustancial.

El **lienzo de la propuesta de valor** ayuda a visualizar cómo un producto soluciona problemas del cliente. En la Sección 5.2.5 se presenta este lienzo.

*Canales de distribución* Los canales son los medios a través de los cuales una empresa comunica y entrega su propuesta de valor a los clientes. Son los puntos de contacto con el cliente, y pueden ser **canales directos** (la empresa se comunica y vende directamente al cliente sin intermediarios) e **indirectos** (involucran intermediarios que venden o distribuyen los productos o servicios de la empresa), así como **canales propios** (son controlados y operados por la propia empresa, lo que permite mayor margen de ganancia y control sobre la experiencia del cliente) y **asociados** (son operados por terceros, lo que permite ampliar el alcance pero con menos control sobre la experiencia del cliente).

Los canales tienen cinco fases distintas, aunque cada canal puede cubrir alguna (o todas) estas fases:

1. **Sensibilización:** ¿Cómo se da a conocer los productos y servicios de la empresa?
2. **Evaluación:** ¿Cómo se ayuda a los clientes a evaluar la propuesta de valor de la organización? El canal de distribución debe elevar la percepción del cliente acerca de los productos/servicios que se comercializan.
3. **Compra:** ¿Cómo se permite que los clientes compren productos y servicios específicos?
4. **Entrega:** ¿Cómo se entrega la propuesta de valor a los clientes?
5. **Postventa:** ¿Cómo se proporciona atención al cliente postventa?

*Relaciones con los clientes* Describe los tipos de relaciones que una empresa establece con segmentos de clientes específicos, debiendo especificar el tipo de relación (personal, online, etc.) con cada segmento. Se trata de desarrollar relaciones auténticas que conduzcan a la confianza y la fidelidad de los clientes. Estas relaciones pueden estar impulsadas por las siguientes motivaciones:

- Adquisición de clientes.
- Retención de clientes.
- Aumento de ventas.

Las relaciones con los clientes están estrechamente ligadas a los canales de distribución. Se pueden distinguir varias categorías de relaciones con los clientes:

- **Asistencia personal:** Esta relación se basa en la interacción humana. El cliente puede comunicarse con un representante en cualquier etapa del proceso de compra, ya sea para recibir asistencia durante la venta o soporte después de la compra. Esto puede ocurrir en el punto de venta, a través de centros de atención telefónica, por correo electrónico o mediante otros canales de comunicación.
- **Asistencia personal dedicada:** Esta relación consiste en asignar un representante exclusivo a un cliente en particular. Es el tipo de relación más cercana y personalizada, que suele desarrollarse a lo largo del tiempo.
- **Autoservicio:** En este tipo de relación, la empresa no interactúa directamente con los clientes, sino que les proporciona las herramientas necesarias para que resuelvan sus propias dudas o problemas de forma autónoma.
- **Servicios automatizados:** Este tipo de relación combina un autoservicio avanzado con procesos automatizados. Los sistemas automatizados pueden identificar a cada cliente y sus preferencias para proporcionar información relevante sobre sus pedidos o transacciones.
- **Comunidades:** Cada vez más, las empresas crean comunidades de usuarios para fortalecer su relación con clientes y prospectos, además de fomentar la interacción entre ellos. Muchas de estas comunidades en línea permiten a los usuarios compartir conocimientos y ayudarse mutuamente a resolver problemas. Además, estas comunidades brindan a las empresas una mejor comprensión de las necesidades y expectativas de sus clientes.

- **Co-creación:** Cada vez más empresas van más allá de la relación tradicional entre cliente y proveedor para co-crear valor junto con sus usuarios.

Es importante distinguir entre las estrategias de adquisición/atracción de clientes de las estrategias de retención de sus clientes. De hecho, las investigaciones muestran que, a menudo, el mejor camino hacia la rentabilidad proviene más de la retención de clientes que de la captación de clientes.

*Flujos de ingresos* El bloque de flujos de ingresos representa el efectivo que una empresa genera de cada cliente, por lo que responde a la pregunta: ¿Cuánto valor o precio está dispuesto a pagar cada segmento de clientes? Existen varias estrategias de precios, destacando:

- **Precio fijo:** El precio del producto o servicio se mantiene estable y no varía según el cliente o la demanda. Se pueden establecer diferentes niveles de precio según características o calidad del producto.
- **Precios con descuento:** Se inicia con un precio alto y luego se ofrecen descuentos para atraer a más clientes. Es común en promociones, liquidaciones o para captar clientes iniciales.
- **Precios basados en volumen:** El precio varía según la cantidad comprada: a mayor volumen, menor coste por unidad. Se usa para incentivar compras más grandes.
- **Precios según el mercado:** El cliente paga una tarifa recurrente (mensual, trimestral o anual) para acceder al producto o servicio.

Existen varias formas de generar fuentes de ingresos:

- **Venta de activos:** Este flujo de ingresos es el más común y proviene de la venta de derechos de propiedad sobre un producto físico.
- **Tarifa por uso:** En este modelo, los clientes pagan en función del uso que hagan de un servicio (cuanto más lo utilicen, mayor será el coste).
- **Cuota de suscripción:** Este flujo de ingresos se genera al vender acceso continuo a un servicio a cambio de un pago recurrente, que puede ser mensual, trimestral o anual. Este modelo de ingresos es ampliamente utilizado en plataformas digitales, medios de entretenimiento y servicios de software.
- **Préstamo/Alquiler/Arrendamiento:** Este flujo de ingresos se genera al conceder a un cliente el derecho exclusivo de usar un activo durante un período determinado a cambio de una tarifa. Para el propietario o prestamista, esto representa ingresos recurrentes, mientras que para el inquilino o arrendatario supone la ventaja de pagar solo por el tiempo de uso, sin asumir los costes totales de propiedad. Este sistema es común en sectores como el inmobiliario, la automoción y la tecnología, donde las empresas ofrecen equipos, software o bienes físicos bajo un esquema de arrendamiento.
- **Licencia:** Este flujo de ingresos se genera cuando se otorga a los clientes el derecho de usar propiedad intelectual protegida a cambio de una tarifa de licencia. Esta estrategia permite a los propietarios de los derechos obtener ingresos sin necesidad de fabricar productos o comercializar servicios directamente. Es común en la industria de los medios, donde los creadores de contenido retienen los derechos de autor, pero venden licencias de uso a terceros. También se aplica en el sector tecnológico, donde las empresas titulares de patentes otorgan a otras compañías el derecho de utilizar sus tecnologías a cambio de una tarifa.
- **Honorarios de corretaje:** Este flujo de ingresos se genera a través de servicios de intermediación entre dos o más partes, a cambio de una comisión o tarifa. Este modelo es común en sectores como el financiero, inmobiliario y de comercio electrónico, donde la intermediación agrega valor al facilitar transacciones entre terceros.
- **Publicidad:** Este flujo de ingresos es el resultado de tarifas por anunciar un producto, servicio o marca en particular. Tradicionalmente, la industria de los medios y los organizadores de eventos dependían en gran medida de los ingresos por publicidad. En los últimos años, otros sectores, incluidos el software y los servicios, han comenzado a depender más de los ingresos publicitarios.

Además, los dos principales tipos de flujos de ingresos son:

- **Ingresos por transacción:** Resultado de pagos únicos de clientes.
- **Ingresos recurrentes:** Pagos continuos a entregar una propuesta de valor a los clientes, o brindar soporte al cliente posterior a la compra.

*Recursos clave* Los recursos clave representan los activos necesarios para que un modelo de negocio funcione. Los recursos pueden ser propios de la empresa, arrendados por la empresa a terceros, o bien adquiridos a partir de los socios clave.

Los recursos clave se pueden clasificar en:

- **Físicos:** Incluye instalaciones de fabricación, edificios, vehículos, máquinas, materiales, sistemas, sistemas de punto de venta, almacenes y redes de distribución.
- **Intelectuales:** Son activos no físicos que dan valor a una empresa y la diferencian de la competencia. Las marcas (el reconocimiento y reputación de una empresa), las patentes y derechos de autor (protegen inventos, software o contenido original; se trata en más detalle en el Tema ??), el conocimiento especializado (información valiosa que la empresa ha desarrollado con el tiempo), las alianzas estratégicas (acuerdos con otras empresas que aportan valor, como colaboraciones en investigación o licencias de tecnología) y las bases de datos de clientes (información detallada sobre los clientes que permite personalizar productos y servicios), son componentes cada vez más importantes dentro de un modelo de negocio sólido. Aunque desarrollar estos recursos puede ser un proceso complejo y exigente, cuando se gestionan con éxito, pueden generar un valor significativo.
- **Humanos:** Toda empresa requiere recursos humanos, pero las personas son particularmente prominentes en ciertos modelos comerciales. Además, es necesario evaluar su experiencia, contactos, habilidades...
- **Financieros:** La mayoría de los modelos de negocio necesitan una cantidad significativa de recursos financieros, los cuales pueden provenir de diversas fuentes. Estas incluyen el capital en efectivo, líneas de crédito bancarias y, en algunos casos, la emisión de opciones sobre acciones a cambio de inversiones. Para las empresas emergentes o startups, los recursos financieros suelen provenir de los ahorros personales de los fundadores y, en muchas ocasiones, del apoyo de familiares y amigos. Este respaldo inicial puede ser clave para poner en marcha el negocio antes de acceder a fuentes de financiamiento más grandes, como inversionistas o préstamos bancarios.

*Actividades clave* Son las acciones más importantes que una empresa debe llevar a cabo para que su modelo de negocio funcione. Estas actividades permiten desarrollar y entregar las propuestas de valor, mantener las relaciones con los clientes y garantizar el buen funcionamiento de la empresa. Al igual que los recursos clave, deben crear y ofrecer una propuesta de valor, llegar a los mercados, mantener relaciones con los clientes y obtener ingresos.

Las actividades clave se pueden clasificar en función de cómo base una empresa su modelo de negocio. Destacan:

- **Producción:** Se relaciona con las empresas que crean productos físicos. Su modelo de negocio se basa en diseñar (crear productos innovadores y atractivos para los clientes), fabricar (producir en grandes volúmenes o con altos estándares de calidad) y entregar los productos (asegurar que los productos lleguen a los clientes de manera eficiente).
- **Resolución de problemas:** Algunos negocios se centran en resolver problemas específicos de sus clientes. En estos casos, su modelo de negocio gira en torno a encontrar soluciones innovadoras y personalizadas. Sus modelos de negocio requieren actividades como la gestión del conocimiento (desarrollar y actualizar información útil para encontrar soluciones eficaces) y la formación continua (capacitar a los profesionales para que siempre estén al día con nuevas metodologías y tecnologías).
- **Plataforma/Red:** Hay empresas que basan su modelo de negocio en una plataforma, un sistema que conecta a diferentes usuarios (compradores y vendedores, clientes y proveedores, etc.), en lugar de vender un producto o servicio directamente. Para que funcione bien, la empresa debe realizar actividades clave relacionadas con la gestión (mejorar el sistema, corregir errores y mantener su funcionamiento estable), suministro de servicios (garantizar que los usuarios puedan usar la plataforma de manera eficiente) y promoción de la plataforma (atraer más usuarios para que el ecosistema siga creciendo).

*Asociaciones clave* En muchos modelos de negocio, las asociaciones estratégicas juegan un papel fundamental. Son alianzas que ayudan a optimizar operaciones, reducir riesgos y acceder a recursos clave que la empresa, por sí sola, no podría obtener fácilmente.

Se pueden distinguir cuatro tipos de asociaciones clave en los negocios:

- **Alianzas estratégicas entre no competidores:** Son acuerdos entre empresas que no compiten entre sí, pero que pueden beneficiarse mutuamente.
- **Coopetencia** (asociaciones estratégicas entre competidores): Dos empresas que son competidoras directas colaboran en ciertos aspectos para obtener beneficios mutuos (compartir recursos, expandirse a nuevos mercados).
- **Joint ventures:** Dos o más empresas crean una nueva empresa conjunta para desarrollar un producto o servicio innovador, lo que da lugar a un nuevo negocio.
- **Relaciones comprador-proveedor:** Se establecen alianzas estratégicas con proveedores para garantizar un suministro estable y de calidad de materiales, productos o servicios.

*Estructura de costes* Describe todos los costes incurridos para operar un modelo comercial. La creación y entrega de valor, el mantenimiento de las relaciones con los clientes y la generación de ingresos generan costes, que se pueden calcular con relativa facilidad después de definir los recursos clave, las actividades clave y las asociaciones clave. Sin embargo, algunos modelos comerciales se basan más en los costes que otros.

Naturalmente, los costes deben minimizarse en todos los modelos comerciales. Pero las estructuras de bajo coste son más importantes para algunos modelos comerciales que para otros. Por lo tanto, puede ser útil distinguir entre dos clases amplias de estructuras de costes de modelos de negocios: basadas en costes y basadas en valores (aunque muchos modelos de negocios se encuentran entre estos dos extremos):

- **Modelos orientados al coste:** Se enfocan en minimizar los gastos tanto como sea posible, por lo que buscan operar con una estructura de costes ligera y eficiente. Generalmente, ofrecen precios bajos en sus productos o servicios.
- **Modelos orientados al valor:** No se centran tanto en reducir costes, sino en crear un alto valor para los clientes, ofreciendo experiencias premium y servicios personalizados. Suelen tener precios más altos porque brindan un valor excepcional.

Además, las estructuras de costes pueden tener las siguientes características:

- **Costes fijos:** Costes que permanecen iguales a pesar del volumen de bienes o servicios producidos.
- **Costes variables:** Costes que varían proporcionalmente con el volumen de bienes o servicios producidos.
- **Economía de escala:** Se da cuando el coste unitario de producción disminuye a medida que se produce en mayor cantidad (cuanto más se produce, más barato sale cada unidad). Ocurre porque los costes fijos (como maquinaria o infraestructura) se distribuyen entre más unidades producidas.
- **Economía de alcance:** Se da cuando es más barato producir varios productos juntos que producirlos por separado. Se comparten recursos (instalaciones, personal, tecnología) para fabricar diferentes productos o servicios.

*¿Cómo presentar el BMC?* En el proceso de crear el lienzo de modelo de negocio para nuevas ideas, se aprende mucho. Es importante recordar que no hay que aferrarse al primer modelo de negocio, sino que, a medida que se comparte la idea con otros, se van descubriendo formas de mejorarla. Esto significa que el lienzo puede ir cambiando.

En las primeras fases, contar el BMC no es un ejercicio de promoción, sino una oportunidad de aprendizaje. Más adelante, cuando ya se ha refinado el modelo, es el momento de presentarlo de manera inspiradora, para motivar a otros a que ayuden a convertir la idea en un negocio rentable.

Algunas recomendaciones clave para una presentación efectiva del BMC son:

- **Lo que se debe hacer:**

- Contar el modelo de negocio como una historia. La presentación debe desarrollarse escena a escena, como un relato bien estructurado.
- Explicar lo que se ha aprendido, compartiendo cómo se fue ajustando el modelo al contrastarlo con otras opiniones.
- Demostrar cómo el modelo permite competir, explicando por qué es viable y qué lo hace sólido en el mercado.

■ **Lo que NO se debe hacer:**

- No intentar mostrar todo de golpe. Presentar demasiada información a la vez abruma a la audiencia.
- No intentar convencer a la fuerza. En lugar de vender la idea como perfecta, se recomienda ser humilde y pedir retroalimentación para mejorarla.
- No esperar a que el modelo sea perfecto para compartirlo. Es mejor presentarlo temprano y con frecuencia para recibir comentarios valiosos.

### 5.2.6. Propiedad industrial

#### Investigación e innovación

Según la RAE [6], la investigación es:

*Acción y efecto de investigar,*

donde investigar hace referencia a:

*Realizar actividades intelectuales y experimentales de modo sistemático con el propósito de aumentar los conocimientos sobre una determinada materia.*

Por tanto, se puede definir la investigación como un proceso sistemático y riguroso que tiene como objetivo obtener nuevos conocimientos, comprender fenómenos, resolver problemas o validar teorías existentes, que se lleva a cabo a través de la recopilación, análisis e interpretación de datos y evidencias, con el propósito de responder preguntas específicas o abordar inquietudes dentro de un campo de estudio particular. Se lleva a cabo en una amplia gama de disciplinas, como ciencias naturales, sociales, de la educación, ingeniería, medicina, humanidades... , pudiendo tener objetivos variados. Sin embargo, pese a que cada campo tiene sus propios desafíos y áreas de enfoque, todos contribuyen al avance de la comprensión humana en sus respectivas áreas.

En España, la investigación se realiza en variedad de instituciones [7], destacando:

- **Universidades.** Las universidades españolas, tanto públicas como privadas, desempeñan un papel fundamental en la investigación en una amplia gama de disciplinas. De hecho, según [8], la producción científica española representó en 2020 el 3,3 % de la producción mundial, mostrando una notable eficiencia en su desempeño, tanto a nivel de producción científica como de posición en los rankings internacionales.
- **Organismos Públicos de Investigación (OPI).** Son considerados OPI de la Administración General del Estado los creados para la ejecución directa de actividades de investigación científica y técnica, de actividades de prestación de servicios tecnológicos y de aquellas otras actividades de carácter complementario, necesarias para el adecuado progreso científico y tecnológico de la sociedad, que les sean atribuidas por la ley o por sus normas de creación y funcionamiento:
  - Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT)
  - Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)
  - Instituto de Salud Carlos III (ISCIII)
  - Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial Esteban Terradas (INTA)
  - Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC)

La coordinación de las actuaciones de los OPI es responsabilidad del Ministerio de Ciencia e Innovación [9].

- **Institutos de Investigación.** Hay una serie de institutos de investigación específicos, dentro de las universidades, que se dedican a áreas de estudio particulares. Por ejemplo, en Castilla-La Mancha, en 2019 existían un total de 35 institutos universitarios de investigación, siendo 12 de ellos de la rama de ingeniería y arquitectura [9].

- **Centros tecnológicos.** Son organismos de investigación privados, sin ánimo de lucro, que disponen de los recursos materiales y humanos propios necesarios para la realización de actividades destinadas tanto a la generación de conocimiento tecnológico como a facilitar su explotación (ya sea por empresas existentes o mediante la generación de nuevas iniciativas empresariales) y cuyo éxito se mide en función de la mejora competitiva de las empresas y de su contribución al desarrollo económico de su entorno. Suelen actuar como socios estratégicos de las empresas, al constituir un enlace ágil y eficaz de apoyo a la I+D+i dirigido específicamente al sector productivo [10].
- **Empresas e industrias.** Muchas empresas también realizan investigación y desarrollo en sus áreas de especialización. Estas empresas pueden tener departamentos de investigación internos o colaborar con instituciones académicas y centros de investigación.

Hay varias formas de presentar los resultados de una investigación, y la elección depende del propósito, la audiencia y el ámbito en el que se encuentre. Entre ellas, las principales son:

- **Póster.** Es una presentación visual que resume los aspectos clave de una investigación en un formato gráfico. Es habitual utilizar esta forma en conferencias académicas y ferias científicas. Los pósteres suelen incluir una combinación de texto, imágenes, gráficos y tablas para comunicar los hallazgos de manera concisa y visualmente atractiva. Al menos uno de los autores está presente junto al póster para discutir los resultados con los asistentes.
- **Ponencia.** Es una presentación oral en la que se presentan los hallazgos ante una audiencia en una conferencia, simposio o seminario, en un tiempo establecido (generalmente, entre 10 y 15 min). Las presentaciones orales suelen ser más detalladas que los pósteres, y permiten una interacción más directa con el público a través de preguntas y respuestas después de la presentación.
- **Artículo.** Es una forma común de compartir resultados de investigación en revistas académicas. Los artículos científicos son documentos formales que presentan el contexto teórico, la metodología utilizada, los hallazgos y la discusión de los resultados. Los artículos científicos pasan por un proceso de revisión por pares antes de ser aceptados para su publicación, por lo que necesitan un alto grado de innovación.

La estructura de cualquier investigación suele ser muy parecida a la de los informes (ver Sección 2.6). En general, pueden considerarse las siguientes secciones:

- Título y autores, incluyendo su afiliación.
- Resumen (abstract).
- Palabras clave.
- Introducción, donde se incluye el estado del arte de la cuestión.
- Metodología/Material.
- Caso de estudio.
- Resultados.
- Discusión/Conclusiones.
- Bibliografía.
- Anexos.

Según la RAE [6], la innovación es:

*Acción y efecto de innovar,*

donde innovar hace referencia a:

*Mudar o alterar algo, introduciendo novedades.*

Cuando se habla de innovación, hay que focalizarse en diseñar el futuro. **Innovar es generar nuevas ideas, productos, conceptos, marcas, procesos, estructuras, tecnologías de producción, competencias,** etc., y existen dos categorías de innovación:

- **Sustentadoras:** Proveen mejor calidad o funcionalidad adicional a los clientes más exigentes. Pueden ser mejoras incrementales. Se relacionan con “mejorar algo”.

- **Disruptivas:** No van dirigidas a mejorar, ni a satisfacer las necesidades de los clientes existentes, sino que es algo completamente diferente. Sin embargo, son normalmente más simples, más convenientes y menos caras, por lo que atraen a clientes nuevos o menos exigentes.

**Ejemplo 5.2** *Los vuelos low cost son una innovación disruptiva. No se ha mejorado el servicio, sino todo lo contrario, se baja el precio a costa de menos confort.*

La innovación implica una serie de **riesgos**, que deben considerarse normales en cualquier clase de proceso antes de alcanzar un resultado final:

- Un riesgo técnico derivado de la incertidumbre sobre si el resultado final del trabajo de investigación va a resultar exitoso.
- Un riesgo financiero, pues hasta la obtención de rendimientos puede pasar un periodo largo “valle de la muerte”.
- Un riesgo comercial que genera la incertidumbre sobre si la innovación será o no aceptada en el mercado.
- El riesgo derivado del hecho de que, una vez alcanzados los muy costosos resultados de los procesos de investigación y desarrollo y lanzado el producto al mercado, este puede ser objeto de imitación o copia por competidores. Para evitarlo, es necesario utilizar los derechos de propiedad industrial (o intelectual).

### Derechos de las creaciones personales

Los sistemas legales reconocen que la difusión de las creaciones puede **beneficiar a la sociedad** en general y estimular actividades creativas adicionales. Por eso, permiten a su creador **controlar el acceso** de otras personas a los productos generados por su creatividad y, de este modo, beneficiarse de los mismos. La legislación reconoce que los productos fruto de la creatividad pueden ser de diversos tipos, aunque comparten un objetivo común (*proteger ideas originales*), están regulados por diferentes leyes:

- **Propiedad intelectual.** Hace referencia a los derechos legales que tienen los titulares respecto de las obras que crean. Estas obras, consideradas *únicas*, pueden ser novelas, películas, dibujos, fotografías, esculturas, reglamentos para juegos, programas de ordenador. . . , así como todas las **obras derivadas** (traducciones, revisiones, resúmenes, arreglos musicales) y **colecciones** (antologías, bases de datos) que quedan protegidas mediante *derechos de autor* (copyright).
- **Propiedad industrial.** Hace referencia a las creaciones (generalmente, comerciales) que están relacionadas con la actividad industrial. Esto abarca elementos que identifican y diferencian productos y servicios en el mercado, clasificados de la siguiente manera:
  - *Diseños industriales.* Apariencia externa/estética de los productos.
  - *Marcas y nombres comerciales (signos distintivos).* Combinaciones gráficas y/o denominativas para distinguir unos productos o servicios de otros similares.
  - *Patentes y modelos de utilidad.* Invenciones consistentes en productos, procedimientos y métodos susceptibles de reproducción y reiteración con fines industriales. El titular tiene el derecho exclusivo de producir, utilizar o vender la invención durante un período determinado.

### Aspectos fundamentales de la propiedad industrial

La propiedad industrial tiene por objetivo principal proteger las creaciones aplicadas a la industria y al comercio mediante el otorgamiento de derechos exclusivos sobre determinados activos intangibles. Estos derechos permiten a sus titulares controlar el uso y explotación de sus invenciones o signos distintivos durante un tiempo determinado y en un territorio concreto.

El derecho de propiedad industrial se adquiere a través del **registro formal** ante una oficina competente. En el caso de España, el organismo encargado es la **Oficina Española de Patentes y Marcas** (OEPM), cuya función es proteger la propiedad industrial y fomentar la innovación y la creatividad en el país [11]. Para que este derecho sea reconocido, el solicitante debe cumplir con una serie de obligaciones, entre las que destacan:

- La **divulgación clara** de la invención

- Su **explotación efectiva**<sup>2</sup>
- El abono de las tasas correspondientes

Sin este registro, no se puede gozar de la protección jurídica que ofrece este ámbito del derecho. Además, para poder registrar los distintos tipos de derechos de propiedad industrial, es necesario cumplir ciertos **requisitos** y evitar las prohibiciones expresamente establecidas:

- **Patentes y modelos de utilidad:** Deben presentar **novedad, actividad inventiva y aplicación industrial**, y no deben haber sido divulgados públicamente antes del registro (ni siquiera por los propios autores).
- **Diseños industriales:** Deben ser nuevos y singulares.
- **Marcas y nombres comerciales:** No deben estar **registrados previamente** por otros, ya que ello podría generar conflictos y denegar el registro.

Uno de los rasgos más característicos de la propiedad industrial es el **monopolio de explotación** que confiere al titular. Esto significa que la persona o entidad titular del derecho puede **utilizar de manera exclusiva su creación e impedir que terceros la utilicen** sin su autorización. En caso de infracción, se pueden ejercer **acciones legales** tanto civiles como penales para defender dichos derechos.

En cuanto a la **duración**, los derechos de propiedad industrial no son indefinidos. Por lo general, tienen una vigencia determinada, tras la cual **caducan** y la creación protegida pasa a formar parte del **dominio público**. En términos generales:

- Las **patentes** tienen una duración de **20 años**
- Los **modelos de utilidad** tienen una duración de **10 años**
- Los **diseños industriales** tienen una duración de **25 años**
- Las **marcas** tienen una duración de **10 años**, aunque pueden renovarse indefinidamente si se cumplen ciertos **requisitos legales**:
  - Debe **usarse en el mercado**, en relación con los productos o servicios para los que fue registrada.
  - Se puede renovar indefinidamente por períodos sucesivos de 10 años, siempre que se pague la tasa de renovación y se presente la solicitud dentro del plazo (generalmente desde 6 meses antes hasta 6 meses después del vencimiento, con recargo en este último caso).

Otro principio esencial es la **territorialidad**. Los derechos de propiedad industrial son válidos únicamente en el **territorio en el que se ha efectuado el registro**, lo que implica que solo se puede ejercer la protección en aquellos países en los que se haya solicitado y concedido el derecho. Por tanto, si se desea protección internacional, será necesario registrar **en cada país** donde se quiera gozar de dicho derecho. No obstante, existen mecanismos que facilitan la protección multiterritorial, como la **Oficina Europea de Patentes** (EPO), que permite solicitar una patente europea válida en varios países miembros [12], o la **Organización Mundial de la Propiedad Intelectual** (WIPO), una agencia especializada y autofinanciada de las Naciones Unidas, con 193 Estados miembros, que se ocupa de promover la protección de la propiedad intelectual. Su objetivo principal es fomentar la protección de la propiedad intelectual en todo el mundo mediante la cooperación de los Estados y la colaboración con otras organizaciones internacionales. Permite a los solicitantes presentar una única solicitud internacional de patente que tiene efecto en múltiples países, facilitando el proceso de protección en varios territorios [13].

Además, la propiedad industrial forma parte de los **activos intangibles**, por lo que puede ser transmitida legalmente a través de licencias<sup>3</sup>, cesiones<sup>4</sup>, ventas<sup>5</sup> o garantías de pago<sup>6</sup>. La forma más común

---

<sup>2</sup>El titular del derecho debe poner en uso real la invención protegida, es decir, producirla, utilizarla o comercializarla de forma tangible y concreta. No basta con registrar la invención y dejarla “guardada en un cajón”, sino que la ley espera que la invención se utilice de manera productiva en el mercado o en el ámbito industrial, ya que esa es la finalidad del sistema de propiedad industrial (**fomentar la innovación y su aplicación práctica**). Esta obligación busca evitar que alguien registre un invento solo para bloquear a otros sin intención de desarrollarlo o compartirlo con la sociedad.

<sup>3</sup>**Permiso que el titular da a otra persona** (natural o jurídica) para que use su derecho, **sin perder la propiedad** del mismo.

<sup>4</sup>**Transferencia total del derecho** a otra persona o empresa, total o parcial y con o sin prestación económica, por lo que el nuevo titular **pasa a ser el dueño** del derecho total/parcialmente.

<sup>5</sup>Tipo específico de cesión total en la que hay una **contraprestación económica**. Se trata del traspaso de la propiedad del derecho a cambio de dinero.

<sup>6</sup>Se usa el derecho de la propiedad industrial como garantía de pago en una operación financiera



de transmisión es la **licencia de uso**, mediante la cual se autoriza a un tercero a utilizar el derecho a cambio de una **remuneración económica**. Esto convierte a la propiedad industrial en parte del **patrimonio de una empresa**, con un valor económico real.

**Ejemplo 5.3** *A continuación, se presentan diferentes ejemplos de transmisiones de activos intangibles:*

- *Una empresa A tiene una patente y le da una licencia a la empresa B para fabricarla y venderla a cambio de un pago o porcentaje de ventas.*
- *Una universidad desarrolla una patente y decide cedérsela gratuitamente a una ONG para que la use con fines humanitarios.*
- *Una empresa cede a otra el uso de su marca solo en América Latina, pero mantiene los derechos en Europa y Asia.*
- *Al vender una marca registrada a otra empresa, se deja de ser el titular.*
- *Una empresa con una marca valiosa puede darla en garantía a un banco a cambio de un préstamo. Si la empresa no paga, el banco podría ejecutar esa garantía.*

### ¿Qué es una patente?

Una **patente** es un título legal que otorga a su titular el derecho exclusivo de explotar una invención durante un período determinado. El objetivo principal de la patente no es tanto permitir al titular fabricar o comercializar el producto (algo que ya puede hacer), sino **excluir a otros** de hacerlo sin autorización. Es decir, se trata de un **derecho de exclusión**. Este derecho exclusivo permite al inventor recuperar la inversión realizada en investigación y desarrollo (I+D), ya que puede incorporar ese coste al precio del producto. Además, el titular puede obtener beneficios adicionales mediante una transmisión legal (ver Sección 5.2.6), especialmente en mercados o áreas que no puede cubrir directamente. Como contrapartida, la patente debe **hacerse pública**, permitiendo el acceso al conocimiento técnico de la invención por parte de la sociedad.

En el ámbito de la ingeniería industrial, la propiedad industrial juega un papel fundamental como motor de innovación y competitividad empresarial, ya que las patentes pueden ser la clave del éxito de una empresa si se utilizan adecuadamente, manteniendo su competitividad y mejorando su posición en el mercado. Para ello, es fundamental gestionar bien las carteras de propiedad intelectual, de manera que se obtenga el máximo número de ingresos a través de las transmisiones legales. De hecho, en empresas industriales como Siemens, Philips o General Electric, gran parte de su valor proviene de activos intangibles protegidos por derechos de propiedad industrial. Según datos de Fortune 500, entre el 45 % y 75 % de la riqueza de estas compañías procede de beneficios derivados de derechos de propiedad industrial.

*¿Qué es patentable?* Según el Artículo 4.1 de la Ley 24/2015, de 24 de julio, sobre Patentes [14], son patentables las invenciones nuevas, que impliquen actividad inventiva y sean susceptibles de aplicación industrial. Por tanto, para que una invención sea patentable, debe cumplir con los requisitos de la Figura 5.3.

Además de todo esto, es necesario que la patente no esté incluida en las excepciones de patentabilidad incluidas en el apartado 4 del art. 4, ni en el art. 5 de la Ley 24/2015, de 24 de julio, sobre Patentes [14]. Entre estas excepciones, se encuentran los **programas de ordenador**, que no se consideran una “invención” (esto supone que el código fuente o cualquier otra forma de expresión particular de un programa de ordenador están excluidos del ámbito de la patentabilidad) y se protegen legalmente mediante propiedad intelectual. No obstante, si la ejecución del programa produce efectos técnicos que van más allá de los habituales y comunes en la ejecución de los programas informáticos, y en la medida en que formen parte de la solución a un problema técnico, sí pueden ser objeto de protección por una patente. Por ello, sí puede patentarse una *invención implementada en ordenador*. Estas invenciones requieren la utilización de un ordenador, red informática u otro aparato programable en los que la ejecución de, al menos, un programa informático produce un efecto técnico que forma parte de la solución al problema técnico planteado.

REVISAR LO QUE TENÍA ANTES DE LAS IIO

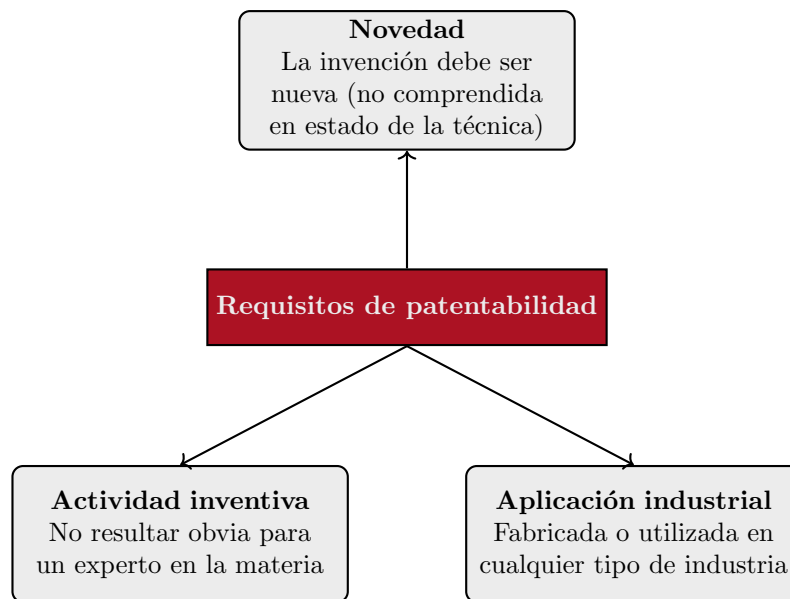


Figura 5.3: Requisitos de patentabilidad

- La novedad se juzga con relación al estado de la técnica. Según el artículo 6.2 de la Ley 24/2015, de 24 de julio, sobre Patentes [14], “todo lo que antes de la fecha de presentación de la solicitud se ha hecho accesible al público en España o en el extranjero por una descripción escrita u oral, por una utilización o por cualquier otro medio” se considera estado de la técnica.
- Se considera que una invención implica una actividad inventiva si, teniendo en cuenta el estado de la técnica, aquella no resulta obvia<sup>7</sup> para un experto en la materia<sup>8</sup>.

El **método problema-solución** es una herramienta utilizada para evaluar la actividad inventiva de una invención. Consiste en los siguientes pasos:

1. ¿Cuál es el estado de la técnica más próximo?
  2. ¿Cuál es la diferencia, expresada en términos de características técnicas reivindicadas, entre la invención reivindicada y el estado de la técnica más próximo?
  3. ¿Qué efecto técnico se deriva de esa diferencia?
  4. ¿Cuál es, en consecuencia, el problema técnico objetivo subyacente en la invención reivindicada?
  5. ¿El experto en la materia, sobre la base de la totalidad de los conocimientos recogidos en el estado de la técnica y sin emplear en ningún momento capacidad inventiva alguna, hubiera reconocido dicho problema y lo hubiera resuelto de la manera indicada?
- Se considera que una invención es susceptible de aplicación industrial cuando su objeto puede ser fabricado o utilizado en cualquier clase de industria. La invención debe tener carácter industrial en:
    - **Su objeto:** Debe pertenecer al campo de la industria (no ornamental, artístico, etc.).
    - **Su aplicación:** Debe ser susceptible de ser realizada industrialmente (no son patentables los descubrimientos y teorías científicas).
    - **Su resultado:** El resultado de una invención son los efectos producidos por los medios que la constituyen.

<sup>7</sup>Que no va más allá del progreso ordinario de la tecnología, que se deduce de modo simple y lógico a partir del estado de la técnica o aquello que no supone el ejercicio de ninguna pericia o habilidad más allá de lo esperado para un experto en la materia

<sup>8</sup>Especialista hipotético en el campo de la técnica de la invención que es muy activo y tiene acceso al estado de la técnica al completo en la fecha relevante.

*¿Qué no es patentable?* No son patentables las siguientes categorías:

- Descubrimientos, teorías científicas y métodos matemáticos.
- Obras literarias o artísticas.
- Reglas de juegos, métodos para hacer negocios.
- Programas de ordenador.
- Formas de presentar la información.
- Métodos de tratamiento quirúrgico o diagnóstico aplicado al cuerpo humano o animal.
- Invenciones contrarias al orden público o las buenas costumbres.
- Procedimientos esencialmente biológicos de obtención de animales o vegetales.

*Solicitar una patente* Según el art. 21 de la Ley de Patentes [14], la solicitud de una patente debe incluir los siguientes documentos:

- Instancia dirigida al Director de la OEPM.
- Una descripción del invento para el que se solicita la patente.
- Una o varias reivindicaciones.
- Los dibujos a los que se refieran la descripción o las reivindicaciones.
- Un resumen de la invención (menos de 150 palabras).

En general, el documento de solicitud de patente contiene las siguientes partes:

- Hoja **portada** con datos bibliográficos.
- Campo técnico y técnica anterior.
- Objetivo técnico.
- **Descripción general** de la solución inventiva.
- **Descripción detallada** de la solución inventiva con ayuda de una realización específica ejemplificada. La invención debe ser descrita en la solicitud de patente de manera suficientemente clara y completa para que un experto en la materia pueda ejecutarla. Se trata de un requisito básico de la ley de patentes, ya que, a cambio de contribuir al avance de la tecnología, el inventor obtiene su monopolio. Una descripción insuficiente no se puede remediar con posterioridad a la presentación de la solicitud, ya que se añadiría materia no presentada originalmente.
- **Reivindicaciones** (la parte más importante de la patente). Definen el objeto para el que se solicita la protección, teniendo **importancia jurídica**. Deben ser claras y concisas y han de fundarse en la descripción. El alcance de la protección conferida por la patente o por la solicitud de patente se determina por las reivindicaciones. La descripción y los dibujos servirán para interpretar las reivindicaciones.
  - **Por categorías:**
    - De producto.
    - De procedimiento.
    - De uso.
  - **Por clases:**
    - Independientes: Incorporan todas las características técnicas que proporcionan la solución al problema técnico al que se enfrenta la invención [A + B + C].
    - Dependientes: Incorporan todas las características técnicas de las reivindicaciones de las que dependen y, además, unas características adicionales que restringen el alcance de su protección (realizaciones particulares) [A + B + c, donde c es un subconjunto de C].
- **Dibujos.**

*Tramitación nacional de una patente* La tramitación de propiedad industrial en España sigue un proceso legal y administrativo que consta de varios pasos. El resultado de la tramitación de una patente o modelo de utilidad es un proceso largo y tedioso que, dada la rapidez de la evolución de la técnica actual, puede tener la consecuencia de que un determinado producto o diseño esté obsoleto al finalizar el plazo de obtención de la patente. Este problema se minimiza al contar con protección desde el instante de presentación de la solicitud, no de la concesión, pudiendo reclamar a otros competidores compensaciones económicas por usurpación de propiedad industrial en caso de “copiar” la solución e introducirla en el mercado sin el consentimiento del titular de la patente.

Para una patente, la tramitación nacional sigue los siguientes pasos:

1. **Presentación de la solicitud.** Una vez que la solicitud está lista, se debe presentar ante la OEPM.
2. **Otorgamiento de fecha de prioridad y admisión a trámite.** Dentro de los 10 días siguientes a la entrada de la solicitud en la OEPM, se examina si reúne los requisitos para poder otorgar una fecha de presentación y si se ha abonado la tasa de depósito. Si existen defectos, la OEPM los comunica al solicitante para que los subsane en el plazo de 1 o 2 meses, según el tipo de defecto. Si no hay defectos, la solicitud se admite a trámite y se otorga fecha de presentación. Esta fecha se conoce como “fecha de prioridad”, y es la fecha que “bloquea” el estado de la técnica a considerar para evaluar la novedad y actividad inventiva de la invención.
3. **Examen formal y de oficio de la solicitud.** Una vez recibida la solicitud, el órgano competente examinará si se han consignado todos los datos (**examen formal**), donde se revisa la instancia y la memoria. En cuanto al **examen de oficio**, el órgano competente examinará si el objeto de la solicitud constituye un diseño en sentido legal, si no es contrario al orden público o las buenas costumbres y si no contiene símbolos o emblemas oficiales como el escudo, la bandera y otros emblemas de España. También se examina de oficio si el solicitante está legitimado para ser titular de un diseño registrado en España. Si existen defectos, los comunica al solicitante para que los subsane en el plazo de 2 meses.
4. **Realización del informe sobre el estado de la técnica (IET) y la opinión escrita.** La OEPM realiza una búsqueda de cualquier divulgación anterior que pudiera afectar a la patentabilidad de la invención reivindicada y emite el informe sobre el estado de la técnica (IET). El IET se traslada al solicitante acompañado de una opinión escrita preliminar, acerca de si la invención cumple los requisitos de patentabilidad.
5. **Publicación de la solicitud y del IET.** Transcurridos 18 meses desde la fecha de presentación, la OEPM pone a disposición del público la solicitud de patente, realizando un anuncio en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial (BOPI) y publicando un folleto con el contenido íntegro de la solicitud de patente y el IET. A partir de ese momento, el expediente es consultable en la sede electrónica de consulta de expedientes OEPM, conocido como INVENES [15]. En este momento, se abre el plazo de oposiciones de terceros sobre requisitos de patentabilidad.
6. **Petición del examen sustantivo.** El solicitante debe pedir el examen sustantivo desde la presentación de la solicitud hasta 3 meses después de la publicación del IET. También debe realizar el pago de la tasa de examen sustantivo.
7. **Examen sustantivo y resolución (concesión o denegación).** La OEPM realiza el examen sustantivo para determinar si se cumplen los requisitos de patentabilidad y si la descripción es suficiente. Si no hay objeciones, concede la patente. Si hay objeciones, una comisión de expertos examina toda la documentación y concede o deniega la patente. La resolución se publica en el BOPI y frente a ella se puede interponer recurso de alzada en el plazo de 1 mes desde la fecha de publicación de la resolución.
8. **Mantenimiento de la patente.** Para mantener la validez de la patente, es necesario pagar tasas de mantenimiento periódicas. Estas tasas aumentan a lo largo del tiempo.

Es importante mencionar que este proceso puede variar en función de los detalles de cada caso y de las leyes y regulaciones vigentes en el momento de la solicitud.

### ¿Qué es un modelo de utilidad?

El **modelo de utilidad** protege invenciones con menor rango inventivo que las protegidas por patentes, consistentes, por ejemplo, en dar a un objeto o producto una configuración, estructura o composición de la que se derive alguna utilidad o ventaja prácticamente apreciable para su uso o fabricación. El dispositivo, instrumento o herramienta protegible por el modelo de utilidad se caracteriza por su **utilidad** y **practicidad** y no por su “estética” como ocurre en el diseño industrial. La **protección** del modelo de utilidad atribuye a su titular los mismos derechos que la patente de invención, aunque su duración es de 10 años desde la presentación de la solicitud.

*Objetos susceptibles de protección* Podrán protegerse como modelos de utilidad las invenciones industrialmente aplicables que, siendo nuevas e implicando actividad inventiva, consisten en dar a un objeto o producto una configuración, estructura o composición de la que resulte alguna ventaja prácticamente apreciable para su uso o fabricación. Al igual que las patentes, los requisitos de protección para un modelo de utilidad son:

- **Novedad:** Se considera que el objeto de la invención es nuevo cuando no está comprendido en el estado de la técnica.
- **Actividad inventiva:** Se considera que una invención implica una actividad inventiva, si no resulta del estado de la técnica<sup>9</sup> de una manera **muy evidente** para un experto en la materia. Sin embargo, ni la doctrina ni los tribunales han podido determinar lo que deba entenderse por “muy evidente” en comparación con el régimen general previsto para las patentes. El preámbulo de la Ley 24/2015 [14] especifica que la diferencia esencial con las patentes sigue siendo la exigencia para los modelos de un nivel de actividad inventiva inferior a la de las patentes.

*¿Cuándo es interesante un modelo de utilidad?* El modelo de utilidad puede ser una **opción estratégica** interesante en diversas situaciones, especialmente cuando se desea proteger una invención de manera rápida, económica y con menores exigencias de actividad inventiva que una patente.

Una de las razones clave para optar por un modelo de utilidad es la posibilidad de utilizarlo como herramienta de **publicación defensiva**. Al publicarse la solicitud, su contenido pasa a formar parte del estado de la técnica, lo que impide que terceros puedan posteriormente proteger esa misma invención por carecer de novedad. Esto resulta útil cuando se busca evitar que otros obtengan derechos exclusivos sobre una solución técnica que queremos mantener de dominio público.

Además, el modelo de utilidad puede ser adecuado cuando la **actividad inventiva de la invención es reducida o dudosa**. Dado que el requisito de actividad inventiva es menos exigente que en una patente, resulta más difícil invalidar un modelo de utilidad por este motivo. Así, si el IET de una solicitud de patente reconoce la novedad, pero cuestiona la actividad inventiva, puede ser conveniente cambiar de modalidad y convertir la solicitud en un modelo de utilidad.

Otra situación favorable es cuando se desea **obtener una fecha de prioridad** rápidamente, especialmente si no se prevén cambios sustanciales en la invención. En estos casos, el modelo de utilidad puede servir como solicitud prioritaria para extender la protección a otros países dentro del año de prioridad, siempre que su rápida publicación no resulte perjudicial desde el punto de vista estratégico.

Por último, el modelo de utilidad es útil cuando el objetivo es **detener a terceros lo antes posible**. Su tramitación ágil y su publicación anticipada permiten establecer derechos en un plazo más corto que el de una patente, lo cual puede ser determinante en mercados competitivos.

### Comparativa de patentes y modelos de utilidad

La Tabla 5.2 muestra una comparativa entre los principales aspectos y requisitos de las patentes y los modelos de utilidad.

## 5.3. Viabilidad económico-financiera

Una vez se sabe que el proyecto es viable técnicamente y se considera que se conseguirá una demanda suficiente mediante el estudio de mercado, lo habitual es que el **criterio de selección** entre las

<sup>9</sup>El estado de la técnica con referencia al cual debe juzgarse la novedad y la actividad inventiva de las invenciones protegibles como modelos de utilidad, será el mismo que el establecido en el artículo 6.2 de la Ley 24/2015 sobre Patentes.

	Patente	Modelo de utilidad
<b>Objeto de protección</b>	Productos, Procedimientos, Usos	Productos
<b>Novedad</b>	Sí	Sí
<b>Estado de la técnica</b>	Lo descrito en <b>el mundo</b> y en las solicitudes españolas no publicadas	Lo descrito en <b>el mundo</b> y en las solicitudes españolas no publicadas
<b>Actividad inventiva</b>	Lo no <b>evidente</b>	Lo no <b>muy evidente</b>
<b>Duración</b>	20 años (25 años para productos farmacéuticos y fitosanitarios), improrrogables	10 años improrrogables
<b>Concesión</b>	Con IET realizado por la OEPM y examen sustantivo	Según oposiciones de terceros y resolución de la OEPM (IET solo en caso de acciones legales)
<b>Tramitación</b>	Más de 2 años	Menos de 1 año
<b>Coste</b>	Elevado	Reducido
<b>Caducidad</b>	Ante impago de anualidades	Ante impago de anualidades
<b>Internacionalización</b>	Fácil vía patente o convenios internacionales	No todos los países contemplan esta modalidad

Tabla 5.2: Comparación entre patentes y modelos de utilidad

distintas alternativas posibles de inversión sea fundamentalmente económico, ya que el objetivo principal de las empresas es la obtención de beneficios. Así, el concepto de **rentabilidad** viene asociado a la relación entre beneficios obtenidos e inversión necesaria para la obtención de dichos beneficios. La fórmula de la rentabilidad es:

$$R = 100 \cdot \left(1 - \frac{C}{P}\right) \quad (5.4)$$

donde  $R$  es la rentabilidad del proyecto (en %),  $C$  son los costes incurridos en su realización (en unidades monetarias) y  $P$  es el precio (o presupuesto) predefinido (también en unidades monetarias). Por tanto, la rentabilidad económica se puede definir como los **beneficios por unidad monetaria invertida**:

- La **viabilidad económica** estudia la rentabilidad económica del proyecto como indicador de su grado de atractivo para decidir la conveniencia o no de llevarlo a cabo.
- La **viabilidad financiera**, en caso de que *los recursos propios no sean suficientes* o no sea conveniente su utilización exclusiva, estudia la posibilidad de obtención de recursos externos, ya sea de entidades financieras o de otro tipo.

**Ejemplo 5.4** Si se destinan 70 h de trabajo para la realización de un proyecto, con un coste por hora de 50 €, más 100 € en concepto de desplazamientos y dietas, y el presupuesto total del proyecto son 6.000 €, ¿cuál es la rentabilidad del proyecto?

Sol.:  $R = 40\%$

### 5.3.1. Conceptos básicos

- **Inversión:** En general, invertir es **renunciar a unas satisfacciones inmediatas** y ciertas a cambio de unas expectativas, es decir, de unas esperanzas de **beneficios futuros**. En un contexto empresarial, las renunciaciones y satisfacciones se medirán en unidades monetarias, por lo cual se entenderá en este caso por inversión todo proceso que implique unos **pagos** más o menos **inmediatos** y unos **cobros futuros**.
- **Ingresos y Gastos vs. Cobros y Pagos:** Para evaluar económicamente una inversión, los datos básicos son los instantes en que se producen **entradas y salidas de dinero** y los importes de estos movimientos. Los ingresos y gastos se producen cuando **se reconoce la obligación** de pagar de una parte a otra, mediante un contrato o una factura. Los cobros y los pagos son los **movimientos efectivos** de dinero. Puede ocurrir que un proyecto tenga un volumen de ingresos que permita afrontar los gastos necesarios, pero **si los pagos y los cobros no están bien temporizados, pueden originarse graves problemas de tesorería y financiación**. En definitiva, son tan importantes las cantidades como los tiempos asociados.

- **Costes fijos:** Costes que no varían prácticamente con el volumen de producción o carga de trabajo, y en los que se debería seguir incurriendo aún en el supuesto de que la carga de trabajo fuese nula. Entre ellos, se encuentran los costes de seguros, alquiler, impuestos y gestión de la empresa. Estos costes constituyen la parte más importante de los **costes indirectos**.
- **Costes variables:** Costes que son incurridos en función de la carga de trabajo, sea esta un volumen de producción o un nivel de prestación de servicio. Normalmente, son **costes directos**, aunque pueden tener un componente indirecto.
- **Horizonte:** Desde el punto de vista económico, la vida de un proyecto es el **tiempo durante el cual se producirán cobros y pagos**; a este tiempo se le denomina **horizonte de la inversión** y puede no coincidir con la vida del proyecto desde el punto de vista técnico. Por ejemplo, una empresa decide construir una planta de energía solar, con un horizonte económico proyectado de 10 años (para recuperar la inversión y obtener beneficios durante 10 años a partir del momento en que la planta comience a operar). Sin embargo, la vida técnica útil de los paneles solares y otros componentes de la planta podría ser más larga, 25 o 30 años, aunque desde el punto de vista económico puede dejar de ser rentable (por ejemplo, por cambios en la normativa, depreciación de los equipos, aumento de mantenimiento...).
- **Periodo:** Aunque cobros y pagos pueden tener lugar en cualquier instante, en la práctica el horizonte se considera dividido en **períodos de igual duración** (tales como un año, un mes, etc.) y normalmente se tratan todos los cobros y pagos de un período como si tuvieran lugar en el **instante final del mismo**.
- **Presupuesto de inversión:** Es la cantidad de dinero necesaria para poner en pie el objeto del proyecto. Es algo previo al funcionamiento del proyecto, pero es todo el dinero **necesario para poner en marcha lo proyectado**. El presupuesto de inversión **real** se conocerá una vez construido o fabricado totalmente el objeto del proyecto.
- **Balance de situación:** Situación patrimonial<sup>10</sup> en una fecha concreta, donde los *activos* se refieren a los recursos de que dispone una empresa para realizar sus operaciones y los *pasivos* son las deudas y obligaciones de la empresa.  
El activo puede clasificarse en:
  - **Activo corriente:** Es aquel que se renueva en periodos inferiores a un año.
  - **Activo no corriente:** Es aquel que se considera “permanente” porque se renueva en períodos superiores a un año.
 De manera similar, el pasivo puede clasificarse en:
  - **Pasivo corriente:** Es aquel que supone gastos en períodos inferiores a un año.
  - **Pasivo no corriente:** Es aquel que se considera “permanente” porque se amortiza a lo largo de periodos superiores a un año.
- **Fondo de maniobra:** Capital que necesita un negocio (o proyecto), una vez realizada la inversión, para poder afrontar su **actividad normal**. Es decir, es el que cubre las **diferencias existentes entre los calendarios de pagos y los cobros**, financia los almacenamientos de materias primas, productos semielaborados y productos terminados que todo negocio (o proyecto) necesita para realizar su actividad normal. Hay veces en las que este circulante tiene una gran importancia por su cuantía o porque si no se dispone de él, puede crear **problemas de tesorería** con los consiguientes costes financieros que afectan a la rentabilidad del proyecto, Figura 5.4. El fondo de maniobra se calcula como la diferencia entre el activo corriente y el pasivo corriente, y lo ideal es que sea mayor que 0:

$$FM = AC - PC > 0 \quad (5.5)$$

- **Amortización** (de inmovilizado material): El inmovilizado material incluye todos los bienes tangibles que una empresa usa para su actividad diaria, como máquinas, edificios, vehículos o herramientas. Estos bienes pierden valor con el tiempo debido al uso, el desgaste o porque se vuelven obsoletos (anticuados). A esta pérdida de valor se le llama **depreciación**. La amortización es la forma en que las empresas reparten el coste de estos bienes a lo largo de su vida útil, sirviendo también como forma de “guardar dinero” para poder reemplazarlo cuando sea necesario.

<sup>10</sup>Se entiende por **patrimonio** el conjunto de bienes, derechos y obligaciones para desarrollar una actividad económica.

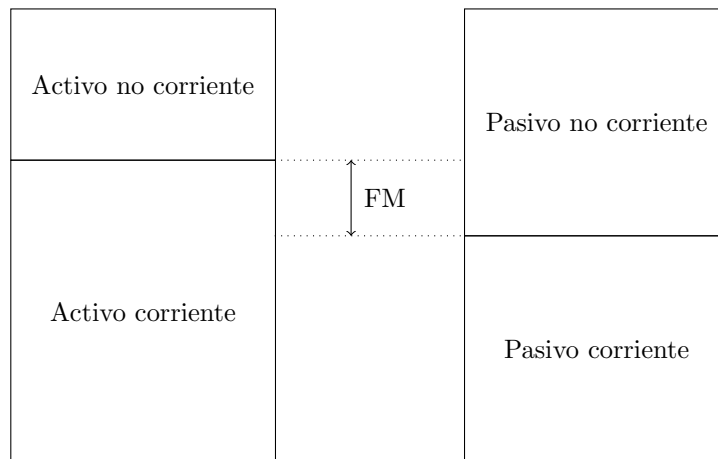


Figura 5.4: Fondo de maniobra

**Ejemplo 5.5** Si una máquina cuesta 10.000 € y se usa durante 10 años, cada año se “amortiza” 1.000 € en la contabilidad de la empresa.

Los elementos integrantes del inmovilizado material están determinados en el subgrupo 21 del Real Decreto 1514/2007, de 16 de noviembre, por el que se aprueba el Plan General de Contabilidad [16], el cual reúne las siguientes cuentas:

- 210 **Terrenos y bienes naturales.** Solares de naturaleza urbana, fincas rústicas, otros terrenos no urbanos, minas y canteras. Aunque pertenecen al inmovilizado material, **los terrenos NO se deprecian/amortizan**, ya que se considera que tienen una vida útil ilimitada.
- 211 **Construcciones.** Edificaciones en general cualquiera que sea su destino dentro de la actividad productiva de la empresa.
- 212 **Instalaciones técnicas.** Unidades complejas de uso especializado en el proceso productivo, que comprenden: edificaciones, maquinaria, material, piezas o elementos, incluidos los sistemas informáticos que, aun siendo separables por naturaleza, están ligados de forma definitiva para su funcionamiento y sometidos al mismo ritmo de amortización; se incluirán asimismo, los repuestos o recambios válidos exclusivamente para este tipo de instalaciones.
- 213 **Maquinaria.** Conjunto de máquinas o bienes de equipo mediante las cuales se realiza la extracción o elaboración de los productos. En esta cuenta figurarán todos aquellos elementos de transporte interno que se destinen al traslado de personal, animales, materiales y mercaderías dentro de factorías, talleres, etc. sin salir al exterior.
- 214 **Utillaje.** Conjunto de utensilios o herramientas que se pueden utilizar autónomamente o conjuntamente con la maquinaria, incluidos los moldes y plantillas.
- 215 **Otras instalaciones.** Conjunto de elementos ligados de forma definitiva, para su funcionamiento y sometidos al mismo ritmo de amortización, distintos de los señalados en la cuenta 212; incluirá asimismo, los repuestos o recambios cuya validez es exclusiva para este tipo de instalaciones.
- 216 **Mobiliario.** Mobiliario, material y equipos de oficina, con excepción de los que deban figurar en la cuenta 217.
- 217 **Equipos para procesamiento de información.** Ordenadores y demás conjuntos electrónicos.
- 218 **Elementos de transporte.** Vehículos de todas clases utilizables para el transporte terrestre, marítimo o aéreo de personas, animales, materiales o mercaderías, excepto los que se deban registrar en la cuenta 213.
- 219 **Otro inmovilizado material.** Cualesquiera otras inmovilizaciones materiales no incluidas en las demás cuentas del subgrupo 21. Se incluirán en esta cuenta los envases y embalajes que por sus características deban considerarse como inmovilizado y los repuestos para inmovilizado cuyo ciclo de almacenamiento sea superior a un año.

- **Punto de equilibrio (punto muerto, umbral de rentabilidad):** Indica el nivel de ventas que se debe alcanzar para empezar a obtener beneficios, por lo que sirve de guía a la hora de elaborar



el presupuesto de ventas. Si el presupuesto de ventas estimado fuera inferior al punto muerto, se tiene la certeza de que van a obtenerse pérdidas. Se calcula como:

$$\text{Punto de equilibrio} = \frac{\text{Costes fijos}}{\text{Margen de contribución}} \quad (5.6)$$

donde el margen de contribución es:

$$\text{Margen de contribución} = (\text{Precio venta} - \text{Costes variables}) \Big|_{\text{unitarios}} \quad (5.7)$$

**Ejemplo 5.6** Una empresa tiene unos costes fijos de 1.800.000 € y ha obtenido unos ingresos por la venta de 100.000 unidades del producto 2.000.000 €. Si los costes variables unitarios suponen un 40 % del precio de venta, determinar el punto muerto y el beneficio que se obtendría si se vendiesen 200.000 unidades.

Sol.: Punto muerto = 150.000 unidades

Beneficio = 600.000 €

**Ejemplo 5.7** Una empresa se plantea elegir una de las siguientes alternativas para fabricar un nuevo producto que se venderá a 300 €:

- Alternativa 1. Costes fijos anuales de 450.000 € y costes variables unitarios de 150 €
- Alternativa 2. Costes fijos anuales de 496.000 € y costes variables unitarios de 140 €

¿Qué alternativa es más interesante? Tras un análisis de mercado, se ha determinado que se pueden conseguir vender 10.000 unidades en dos años. En este nuevo supuesto, ¿qué alternativa se elegiría?

Sol.: Inicialmente, la alternativa 1 es más interesante, puesto que tiene un punto muerto menor que la alternativa 2. Sin embargo, con los datos del estudio de mercado, los beneficios son mayores con la alternativa 2.

### 5.3.2. Beneficios y costes en un proyecto

Los **beneficios** que se consiguen en un proyecto, considerados como “efectos positivos”, están relacionados con los bienes y servicios obtenidos a partir de ese proyecto que van a generar unos ingresos. Los beneficios pueden ser **ordinarios** (relacionados con la venta de productos y subproductos del proyecto, suelen aumentar gradualmente) o **extraordinarios** (relacionados con el valor residual al final de la vida útil).

Los **costes** que se generan en un proyecto, considerados como “efectos negativos”, están relacionados con los recursos consumidos y, por tanto, con los gastos y pagos relacionados con la necesidad de adquirir nuevos recursos. En un proyecto, se tienen los siguientes costes:

- **Costes iniciales.** Engloban:
  - **Pagos preliminares.** Relacionados con asesorías y estudios iniciales técnicos, económicos, topográficos, etc., licencias, impuestos y honorarios del ingeniero.
  - **Presupuesto de ejecución del proyecto.** Todo lo englobado en el presupuesto del proyecto (ver Sección 2.4.7): ejecución de obras e instalaciones, dirección de obra e instalaciones, compra directa de maquinaria y equipos, estudios de impacto ambiental y seguridad y salud. . .
  - **Pagos de establecimiento.** Vinculados a la constitución de una sociedad, creación de la red de ventas y publicidad, selección, contratación y financiación del personal, etc.
  - **Terrenos.** Coste de los terrenos y derechos notariales y registrales.
  - **Por utilización de inversiones ya existentes.** En maquinaria o edificaciones ya existentes, se computa como inversión su valor al inicio del proyecto.
- **Costes ordinarios (anuales) de explotación.** Relacionados con la adquisición de materias primas, mano de obra, conservación de edificaciones, instalaciones, maquinaria, etc., carburantes y lubricantes, energía eléctrica y agua, intereses del capital circulante, seguros e impuestos, etc.

- **Costes extraordinarios.** Entrarían en esta categoría los costes de reposición (reponer material existente al final de su vida útil), nuevas adquisiciones y, en su caso, el servicio de la deuda en créditos y préstamos.
- **Costes de oportunidad.** Cese de percepción de beneficios en otra inversión por haber realizado la explotación actual.

**Ejemplo 5.8** Se tienen 100.000 €, y se duda entre:

- Invertirlos en la creación de una frutería.
- Comprar 12.500 acciones que cotizan a 8 € en bolsa.

Pasados dos años, la frutería ha dado un beneficio de 20.000 €, y las acciones han bajado a 4 €. ¿Cuál ha sido el coste de oportunidad, si se decidió comprar las acciones? Si las acciones subieran a 10 €, ¿cuál habría sido el beneficio?

Sol.: 70.000 €; 25.000 €

### 5.3.3. Flujos de caja

El flujo de caja del proyecto se obtiene a partir de los movimientos reales de dinero (**pagos y cobros**) del proyecto, organizados por período temporal. Es decir, refleja cuánto dinero entra y sale de la caja de la empresa, los movimientos reales de dinero.

- Entre los pagos estarían los pagos a proveedores por compra de materias primas, pagos a subcontratistas, pagos correspondientes a la remuneración de mano de obra de la empresa, pagos por gastos financieros, pagos de gastos de formación, mantenimiento, y cualesquiera otros pagos derivados de la utilización de recursos en el proyecto.
- Entre los cobros están los pagos del cliente, promotores, servicio de deuda, y los procedentes de subvenciones si las hubiera.

Supóngase que se plantea la realización de un determinado proyecto de inversión que se extiende a lo largo de  $n$  **períodos**, normalmente expresado en años. Dicho proyecto supone la realización de unos cobros y pagos en cada uno de los diferentes años de vida de la inversión. Se define el **flujo neto de caja**  $Q_j$ , como la **diferencia entre los cobros (+) y los pagos (-)** que tengan lugar en un momento determinado del tiempo. Así, en el año  $j$ , el flujo neto de caja  $Q_j$  vendrá dado por la diferencia entre los cobros sucedidos durante ese año  $C_j$  y los pagos del mismo  $P_j$ :

$$Q_j = C_j - P_j \quad (5.8)$$

El flujo de caja proporciona una información que permite cuantificar los flujos netos de los fondos, después del cálculo de impuestos, con la finalidad de reflejar los costes y beneficios en el horizonte temporal establecido. Para calcularlo, se parte de la cuenta de pérdidas y ganancias, cuya estructura de cada periodo temporal  $j$  es la siguiente<sup>11</sup>:

(+) Ingresos de explotación

(-) Gastos de explotación

(-) Amortizaciones

---

(=) **Beneficio antes de intereses e impuestos (BAIT)**

(-) Gastos financieros

---

(=) **Beneficio antes de impuestos (BAT)**

(-) Impuestos

---

(=) **Beneficio neto (BN) o beneficio después de impuestos (BDT)**

<sup>11</sup>Se recomienda revisar los apuntes de gestión empresarial

Como puede observarse, para determinar el BAIT se restan las amortizaciones. Sin embargo, el flujo de caja **mide el movimiento real de dinero** (entradas y salidas). Dado que la amortización no implica una salida de dinero (no es un gasto), sino un **ajuste contable**, para llegar al flujo de caja del año  $j$ :

$$Q_j = BDT_j + \text{amortizaciones}_j \quad (5.9)$$

De esta manera, se añaden al calcular el flujo de caja para deshacer el impacto de haberlos restado al calcular el BAIT. De esta manera, al agregarlos (ecuación (5.9)), devuelve su contribución al flujo de caja a 0. Por tanto, la estructura general para calcular el flujo de caja del año  $j$  ( $Q_j$ ) es:

(+) Ingresos de explotación
(-) Gastos de explotación
(-) Amortizaciones
(=) <b>Beneficio antes de intereses e impuestos (BAIT)</b>
(-) Gastos financieros
(=) <b>Beneficio antes de impuestos (BAT)</b>
(-) Impuestos
(=) <b>Beneficio neto (BN) o beneficio después de impuestos (BDT)</b>
(+) Amortizaciones
(=) <b>Flujo de caja</b>

**Ejemplo 5.9** *Un carpintero abre su propia tienda. En el año de la apertura, compra todas las herramientas necesarias por 50.000 €. Asumiendo que no se necesita ningún elemento adicional y que las herramientas duran 10 años, para un contable, esos 50.000 € se pueden repartir durante el período de 10 años en que los utiliza, con un coste de 5.000 € al año. Sin embargo, ese coste de 5.000 €/año en realidad no se pagaron, sino que se pagaron 50.000 € en el año 0, no 5.000 dólares cada año a partir de entonces. Por tanto, si no se suma la amortización en el flujo de caja, se estaría reportando 2 veces el coste de dichas herramientas (una vez en el año 0, y otra al considerar la amortización de año en año en el BAIT).*

El flujo de caja va variando a lo largo de la vida útil del proyecto. En la Figura 5.5 se muestra un ejemplo típico de la evolución de los flujos de caja en 25 años. El primer año solo se producen los gastos correspondientes a los costes iniciales del proyecto (ver Sección 5.3.2); suele coincidir con un año en el que no hay ganancias (o son muy pequeñas), en función del tiempo que se necesite para empezar a explotar el proyecto. A partir de ese momento, los costes que se tienen son los ordinarios y extraordinarios, por lo que se mantendrán prácticamente constantes; sin embargo, los beneficios irán en aumento paulatinamente, generando flujos de caja positivos. Es habitual que los beneficios también sean similares, año a año, durante la mayor parte de la vida útil del proyecto. Únicamente al final los beneficios empiezan a decaer, ya sea porque la tecnología queda obsoleta, competencia, cambio de legislación... y, aunque sigue dando ciertos beneficios, a largo plazo deja de ser rentable.

**Ejercicio 5.4** *Calcular el flujo de caja del siguiente supuesto:*

- Ingresos por ventas de productos: 500.000 €
- Gastos de explotación:
  - Materias primas: 150.000 €
  - Salarios: 100.000 €
  - Otros gastos (luz, agua, etc.): 30.000 €
  - Amortización: 20.000 €
- Gastos financieros (intereses): 15.000 €
- Impuestos: 25 % sobre el beneficio antes de impuestos

Sol.: 158.750 €

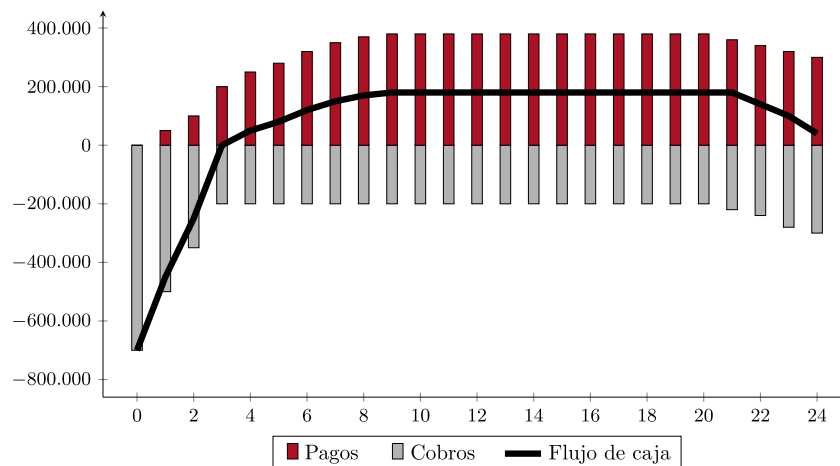


Figura 5.5: Flujos de caja de un proyecto

### 5.3.4. Valor del dinero en el tiempo

El valor del dinero en el tiempo hace referencia a un concepto económico que busca explicar el fenómeno por el cual el **dinero presente**, sea expresado en cualquier divisa, tendrá un **menor poder de compra** en el futuro. Por ello, es importante comprender el funcionamiento de la **inflación**, una escalada generalizada y prolongada en los precios, que implica que cada vez se pueda comprar menos con la misma cantidad de dinero (reducción de poder de compra del dinero). Este efecto puede notarse en la cotidianidad, como en el poder de compra que tiene una persona al ir a un supermercado. Lo que se adquiere con un billete de 50 € es inferior a lo que compraba hace 5 años con la misma cantidad. En este caso, la inflación que ha vivido el país en esos últimos años se refleja en la capacidad de compra de las personas.

Por tanto, se puede decir que tener conocimiento de cuánto vale el dinero en el tiempo puede influir en las decisiones financieras. Supóngase que se tiene cierta cantidad de dinero y se decide simplemente guardarla en casa, en lugar de invertirla: la inflación reducirá el valor del dinero que se tiene. Y, si en una fecha futura se decide invertir, ese dinero tendrá un menor poder de compra: **el dinero que no se invierte pierde su valor en el tiempo**.

Supóngase que se invierte una cantidad de dinero  $P$  en el momento presente. Pasado un número de periodos  $n$  (generalmente, expresado en años), la cantidad de dinero que se tendrá en el futuro  $F$ , si la tasa de actualización (o descuento) es  $i$ , será:

$$F = P \cdot (1 + i)^n, \quad (5.10)$$

donde debe tenerse en cuenta que  $i$  y  $n$  vayan expresados en la misma forma temporal (años, meses, semanas...). De manera análoga, si desea calcularse cuánto dinero es necesario invertir hoy ( $P$ ) para conseguir una cantidad  $F$  pasados  $n$  periodos a una tasa de actualización  $i$ :

$$P = \frac{F}{(1 + i)^n} \quad (5.11)$$

Estas dos expresiones se repiten de nuevo en la Sección 5.3.7.

La tasa de actualización o de descuento  $i$  es un factor financiero que se utiliza, en general, para **determinar el valor del dinero en el tiempo** y, en particular, para calcular el valor actual de un capital futuro o para evaluar proyectos de inversión. Es el tipo de interés que permite “traducir” el **dinero del futuro a dinero del presente (y viceversa)**. En general, suele depender de tres aspectos:

1. **Inflación.** La inflación hace referencia al aumento generalizado y sostenido de los precios de los bienes y servicios en una economía durante un periodo de tiempo. Cuando hay inflación, el valor del dinero disminuye, es decir, con la misma cantidad de dinero se pueden comprar menos cosas que antes.
2. **Recursos financieros** (interés en el mercado de los préstamos bancarios). Estos recursos financieros pueden ser **propios** (aportaciones del inversor, es decir, el capital), **ajenos** (aportaciones de los acreedores o prestamistas) o **mixtos** (mediante fondos propios y ajenos). Por lo tanto, para calcular

el coste de los recursos totales, se debe analizar **en qué proporción intervienen** cada uno de estos recursos en el proyecto y cuál es su coste:

- **Proyecto financiado solo con fondos propios.** Si cuando se decide entrar en una inversión, se dispone de la totalidad de los fondos necesarios y no se necesitan recursos ajenos (se financia el proyecto con el 100 % de los recursos propios), se debe tener claro, lógicamente, que a esta nueva inversión se debe exigirle, al menos, lo mismo que se dejaría de obtener por no dedicar nuestros fondos a otra inversión alternativa más segura. Es decir, la rentabilidad de la inversión que se está evaluando debe igualar, como mínimo, la más alta rentabilidad que se obtendría con el dinero en otra inversión con una duración similar, como puede ser un plazo fijo, un depósito bancario, bonos del estado, etc. Esto es lo que se conoce como **coste de oportunidad**.
- **Proyecto financiado solo con fondos ajenos.** Si, por el contrario, no se dispone de fondos (recursos propios) y hay que acudir para ello a la financiación bancaria mediante un préstamo (financiando el 100 % del proyecto con recursos ajenos), la tasa de descuento mínima será el coste de dicho préstamo; es decir, el tipo de interés más los gastos bancarios (TAE). Esto es lo que se denomina **coste de la deuda**. No suele darse en proyectos privados, pero sí en los públicos.
- **Proyecto financiado con fondos propios y ajenos.** Por último, se puede dar el caso intermedio, en el que se financia la inversión tanto con recursos propios como con recursos ajenos. Este es el caso con el que se trabaja **más habitualmente**. Lo que procede es calcular el coste medio ponderado entre los recursos propios y los recursos ajenos (la media del coste de ambas fuentes de financiación ponderada por el volumen de cada una de ellas). Esto se denomina **coste de capital**. El término completo es *coste medio ponderado de capital*, **CMPC** (o bien **WACC**, por sus siglas en inglés *weighted average cost of capital*). El WACC es la tasa por debajo de la cual no se lleva a cabo la inversión. El WACC puede calcularse según [17]:

$$WACC = E \cdot k_E + D \cdot k_D \cdot (1 - IS), \quad (5.12)$$

donde  $E$  hace referencia al porcentaje de fondos propios,  $k_E$  la rentabilidad exigida por los socios de la empresa,  $D$  es el porcentaje de la financiación ajena,  $k_D$  es el interés de la financiación ajena e  $IS$  es el impuesto de sociedades, expresado en tanto por uno (alrededor del 25 %).

**Ejemplo 5.10** Se necesitan 400.000 € para llevar a cabo un nuevo proyecto. Los socios de la empresa aportan el 85 % y esperan una rentabilidad del 10 %; el resto de fondos se obtendrán por financiación ajena, con un interés del 5 %. ¿Cuál es el WACC?

Sol.: 9,1 %

3. **Riesgo asociado a la inversión.** Una vez calculado el coste de los recursos financieros se debe analizar otra cuestión muy importante que puede afectar considerablemente al valor de la tasa de descuento. Es el **riesgo** que puede albergar cada una de las inversiones (la analizada y la que se toma de referencia) y que se necesita incorporar a la tasa de descuento para que los flujos de caja de estos proyectos de inversión sean homogéneos. Si la nueva inversión que se está analizando presenta **más riesgo** que la que se está tomando de referencia, se debería exigir más rentabilidad a la nueva inversión, es decir, **aumentar la tasa de descuento**. El método más utilizado para introducir este dato consiste en añadir una **prima de riesgo** a la tasa de descuento, de tal forma que, la prima será mayor cuanto más riesgo represente el proyecto de inversión respecto a la inversión comparable. Por tanto, la tasa de descuento puede calcularse como:

$$i = \text{rentabilidad mínima} + \text{prima de riesgo} \quad (5.13)$$

En este caso, la “rentabilidad mínima” sería el coste de oportunidad (en caso de usar fondos propios), el coste de la deuda (si solo se necesitan fondos ajenos) o el WACC (en el caso de usar fondos propios y ajenos).

### 5.3.5. Métodos de evaluación de la rentabilidad

Cuando se habla de la **rentabilidad de un proyecto**, se piensa inmediatamente en el beneficio económico a obtener. Pero la rentabilidad es un concepto muy amplio que, en función del tipo de proyecto, puede incluir aspectos más cualitativos o intangibles, como pueden ser:

- Conocimiento adquirido.
- Mejoras operativas conseguidas.
- Rentabilidad social, derivada de aquellos beneficios que un proyecto puede reportar al entorno en el que se desarrolla. Este aspecto es especialmente relevante, por ejemplo, en proyectos solidarios, como los desarrollados por las ONGs.

Sin embargo, no hay duda de que en muchos proyectos existe el objetivo explícito fundamental de conseguir una rentabilidad económica. Existen fundamentalmente cuatro índices de rentabilidad que se emplean como indicadores que permiten la comparación entre diversas alternativas para un mismo proyecto o, simplemente, para comparar la rentabilidad de una inversión dada frente a otro tipo de inversión posible:

1. **Plazo de recuperación (PR).** Es el número de periodos (años) que la empresa tarda en recuperar el valor de la inversión inicial del proyecto a través de los flujos de caja generados. Este método selecciona aquellos proyectos cuyos beneficios permiten recuperar más rápidamente la inversión, es decir, **cuanto más corto sea el periodo de recuperación de la inversión mejor será el proyecto**. El PR se obtiene mediante la expresión:

$$\sum_{t=0}^n \underbrace{\frac{Q_t}{(1+i)^t}}_{Q_t \text{ actualizado}} = \sum_{t=0}^n \underbrace{\frac{I_t}{(1+i)^t}}_{I_t \text{ actualizado}} \quad (5.14)$$

siendo  $Q_t$  el flujo de caja neto en el año  $t$ ,  $i$  la tasa de descuento e  $I_t$  la inversión en el año  $t$ . Es decir, el PR se obtiene igualando la suma de los flujos de caja netos  $Q$  actualizados de  $n$  años a las inversiones  $I$  actualizadas durante  $n$  años. Se puede hacer mediante una tabla, donde se calcule cada  $Q_t$  actualizado y el total acumulado. Hay que tener en cuenta que los flujos de caja se consideran **al finalizar el año**, con lo que el año se toma como una unidad completa. Dado que, en realidad, los flujos se generan de forma continuada, hay que calcular la **parte proporcional** del año hasta alcanzar la inversión mínima mediante una regresión simple.

**Ejemplo 5.11** Un proyecto requiere una inversión de 50.000 €. Estimando que los flujos netos de caja actualizados en los cinco años de la inversión son: 10.000 €, 15.000 €, 25.000 €, 20.000 € y 30.000 €, ¿en qué año se recupera la inversión?

Sol.: Al tercer año

**Ejemplo 5.12** Un proyecto requiere una inversión de 34.000 €, y se estima que los flujos netos de caja actualizados en los cinco años de la inversión son: 9.000 €, 5.250 €, 6.700 €, 17.000 € y 5.500 €. La empresa tiene como política no considerar aquellos proyectos cuyos plazos de recuperación sean superiores a tres años. ¿Se aprueba o se rechaza?

Sol.: Se rechaza

**Ejemplo 5.13** Determinar el plazo de recuperación de una inversión, con un desembolso inicial de 30.000 €, que genera 15.000 € en el año uno, 5.000 € en el dos y 40.000 € en el tres (valores del dinero actualizados al momento presente).

Sol.: 2 años y 3 meses

**Ejemplo 5.14** Un proyecto requiere una inversión de 80.000 €. Estimando que los flujos netos de caja actualizados en los siete años de la inversión son: 10.000, 25.000, 30.000, 25.000, 30.000, 30.000 y 30.000, se pide determinar el plazo de recuperación si se considera que:

- Caso 1: Los flujos se producen al finalizar el año
- Caso 2: Los flujos se generen de forma continuada

Sol.: Caso 1: PR = 4 años

Caso 2: PR = 3 años y 7 meses

**Ejemplo 5.15** Se quieren analizar dos inversiones con el mismo desembolso inicial (30.000 €):

- I1 genera en cada uno de los dos primeros años 15.000 € y 1 € en el tercero (actualizados).

- I2 obtiene 15.000 € el primer año, 14.999 € en el segundo año y 200.000 € en el tercero (actualizados).

Con el método del plazo de recuperación, ¿qué inversión se elegiría? ¿Tiene sentido?

Sol.: I1

2. **Valor Actual Neto (VAN).** Es la suma de los valores actualizados de todos los flujos netos de caja esperados del proyecto, deducido el valor de la inversión inicial. Expresa en términos absolutos la rentabilidad del proyecto. Si un proyecto de inversión tiene un **VAN positivo**, el proyecto es **rentable** (no siendo rentable en caso contrario). Entre dos o más proyectos, el más rentable es el que tenga un **VAN más alto**. Así, el VAN sirve tanto para determinar que el proyecto es **económicamente viable** (si  $VAN > 0$ ) y para **jerarquizar** entre todas aquellas inversiones que son viables (elegir los que tengan un VAN más elevado). La fórmula para calcular el VAN es:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{Q_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=0}^n \underbrace{\frac{I_t}{(1+i)^t}}_{I_t \text{ actualizado}} \quad (5.15)$$

**Ejemplo 5.16** Un proyecto requiere una inversión de 50.000 €. Estimando que los flujos netos de caja en los cinco años de la inversión son de 20.000 €, con una tasa de descuento del 5 %, determinar el VAN.

Sol.:  $VAN = 36589,53 \text{ €}$

**Ejemplo 5.17** Una inversión requiere un desembolso inicial de 300.000 €, generando unos flujos de caja anuales de 80.000 €, 200.000 € y 200.000 €. La tasa de descuento es del 5 %. Determinar:

- Si la inversión es viable según el VAN.
- Si la inversión es (o no) preferible a otra con el mismo desembolso inicial y tasa de descuento, pero con unos flujos de caja anuales de 100.000 €, 180.000 € y 200.000 €.

Sol.: Es viable según el VAN

Es preferible la segunda inversión

**Ejemplo 5.18** Dados los tres proyectos de inversión siguientes que está evaluando una empresa, ordenar las inversiones por su orden de preferencia aplicando:

- El criterio del VAN
- El criterio del PR

Supóngase una tasa de actualización del 6 %.

€	$I_0$	$Q_1$	$Q_2$	$Q_3$	$Q_4$	$Q_5$
A	10.000.000	0	0	6.000.000	6.000.000	8.000.000
B	20.000.000	3.000.000	4.000.000	5.000.000	6.000.000	8.000.000
C	16.000.000	4.000.000	5.000.000	8.000.000	3.000.000	3.000.000

Sol.: Criterio del VAN:  $A > C > B$

Criterio del PR:  $C > A > B$

**Ejemplo 5.19** A un inversor se le ofrecen las siguientes posibilidades para realizar una determinada inversión:

€	$I_0$	$Q_1$	$Q_2$	$Q_3$	$Q_4$	$Q_5$
A	1.000.000	100.000	150.000	200.000	250.000	300.000
B	1.500.000	200.000	300.000	350.000	400.000	500.000
C	1.700.000	400.000	600.000	300.000	600.000	400.000

Determinar la alternativa más rentable según el criterio del Valor Actualizado Neto, si la tasa de descuento es del 7 %.

Sol.: C

3. **Tasa Interna de Rentabilidad (TIR).** También conocida como **tasa interna de retorno**, es la **tasa de descuento** que hace que el valor actual neto de una inversión sea igual a cero, es decir, el interés mínimo a partir del cual la inversión es rentable. Para que el proyecto sea rentable, es necesario que la *TIR* sea mayor que la tasa de descuento *i* previamente definida (que, como se ha comentado, será igual o similar al WACC,  $TIR > WACC$ ). Para calcular la *TIR*, es necesario ir iterando en la siguiente expresión:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{Q_t}{(1 + TIR)^t} - \sum_{t=0}^n \underbrace{\frac{I_t}{(1 + i)^t}}_{I_t \text{ actualizado}} = 0 \quad (5.16)$$

hasta conseguir que  $VAN \approx 0$ .

**Ejemplo 5.20** Un proyecto requiere una inversión de 20.000 €. Estimando que los flujos netos de caja en los dos primeros años de la inversión son de 13.000 € cada uno, calcular si el proyecto es rentable o no siguiendo el criterio de la tasa interna de rentabilidad, para una tasa de descuento del 8 %.

Sol.: Es rentable

4. **Índice beneficio-coste (IBC).** Mide la relación entre los beneficios y los costes asociados a un proyecto de inversión. Por tanto, es una medida relativa que informa sobre lo que el proyecto genera por unidad económica invertida. Se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$IBC = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{Q_t}{(1 + i)^t}}{\sum_{t=0}^n \underbrace{\frac{I_t}{(1 + i)^t}}_{I_t \text{ actualizado}}} \quad (5.17)$$

Cuando el *IBC* es mayor que 1, los beneficios superan los costes, por lo que el proyecto debe ser considerado.

**Ejemplo 5.21** Un proyecto requiere una inversión de 50.000 €. Estimando que los flujos netos de caja en los cinco años de la inversión son de 20.000 €, a una tasa de descuento del 5 %, ¿cuál es su IBC?

Sol.:  $IBC = 1,73$

Para que un proyecto sea rentable, al menos es necesario que se cumplan las condiciones de VAN y TIR.

**Ejemplo 5.22** Dados los dos proyectos siguientes, determinar cuál es más interesante suponiendo que  $WACC = 9\%$ . Considerar la tasa de descuento como  $i = WACC$ .

Miles de €	$I_0$	$Q_1$	$Q_2$	$Q_3$	$Q_4$
A	4000	400	3800	50	150
B	4000	600	2200	1000	6600

Sol.: El proyecto B

### 5.3.6. Análisis de sensibilidad

Los análisis de sensibilidad se utilizan para determinar **cuánto varía una salida cuando se modifica una variable de entrada** y el resto permanece constante. Por ejemplo, se podría ver cómo cambian los métodos de evaluación anteriores al modificar:

- La producción.
- Los precios de venta.
- Los precios de compra.



- Los costes de energía.
- La tasa de interés de créditos.
- Los plazos de ejecución.
- ...

Para realizar los análisis de sensibilidad, es importante analizar variables relevantes. Así, por ejemplo, se recomienda realizar siempre un análisis de sensibilidad de la rentabilidad en función de la tasa de actualización, debido a la dificultad de elegir correctamente dicho valor.

### 5.3.7. Fórmulas de interés compuesto

El interés simple es la tasa aplicada sobre un capital inicial que permanece constante en el tiempo, es decir, no se añade a periodos sucesivos. Esto implica que la cantidad futura  $F$  que se tendrá tras  $n$  periodos únicamente depende de la tasa de interés  $i$ , el valor o suma de dinero en el momento presente  $P$  y el número de periodos  $n$ :

$$F = P \cdot (1 + i \cdot n) \quad (5.18)$$

**Ejemplo 5.23** Se ingresan 1.000 € en un fondo de inversión que proporciona un interés simple del 5 % anual. ¿Qué cantidad habrá pasados 3 años?  
Sol.: 1.150 €

Se dice que el interés es compuesto cuando los intereses que gana el capital invertido se capitalizan periódicamente, es decir, se suman al capital a intervalos iguales de tiempo, constituyendo de ese modo un nuevo capital al final de cada unidad de tiempo. Esto implica que se van generando **intereses sobre intereses**. La fórmula para determinar el capital futuro es la mostrada en la ecuación (5.10).

**Ejemplo 5.24** Se ingresan 1.000 € en un fondo de inversión que proporciona un interés compuesto del 5 % anual. ¿Qué cantidad habrá pasados 3 años?  
Sol.: 1.157,63 €

La nomenclatura que se va a seguir es la siguiente [18]:

- P** Valor o suma de dinero en el momento presente, expresado en términos monetarios.
- F** Valor o suma de dinero en algún tiempo futuro, al final de  $n$  periodos a partir de hoy, expresado en términos monetarios.
- A** Serie de sumas de dinero consecutivo, igual al fin de los  $n$  periodos, denominadas valor equivalente por periodo o valor anual.

En la Figura 5.6 se muestra la representación gráfica de esta nomenclatura, que se utilizará también en las diferentes fórmulas.



Figura 5.6: Representación gráfica de la nomenclatura del interés compuesto

- **Capital futuro  $F$  en función del capital presente  $P$ .** Se corresponde con la expresión (5.10), que se repite aquí por comodidad. Permite determinar el capital que se tendrá en el futuro en función del dinero que se ha invertido en el presente:

$$F = P \cdot (1 + i)^n \quad (5.19)$$

**Ejemplo 5.25** Un total de 5.000 € se deposita en un proyecto durante 15 años. Si la tasa de descuento anual es del 12 %, ¿cuál sería el importe pasado ese tiempo?

Sol.: 27.367,83 €

- **Capital presente  $P$  en función del capital futuro  $F$ .** Se corresponde con la expresión (5.11), que se repite aquí por comodidad. Permite determinar el capital que hay que invertir en el presente para tener una cantidad determinada en el futuro:

$$P = \frac{F}{(1+i)^n} \quad (5.20)$$

**Ejemplo 5.26** Se estima que se necesitarán 15.000 € para completar la ejecución de un proyecto dentro de 5 años. ¿Cuánto hay que depositar en un fondo para que alcance esa cantidad, si el fondo paga un interés del 9,2 % anual?

Sol.: 9.660,02 €

- **Capital presente  $P$  en función de las anualidades  $A$ .** Permite determinar el capital que hay que invertir en el presente en función de la cantidad anual a pagar:

$$P = A \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i \cdot (1+i)^n} \right] \quad (5.21)$$

**Ejemplo 5.27** Hay que retirar de una cuenta la cantidad de 12.000 €/año para hacer frente a los gastos anuales de funcionamiento de un proyecto plurianual. La cuenta del proyecto paga un interés del 7,5 % anual. Si se espera que el proyecto dure 10 años, ¿cuál es la cantidad que debe depositarse ahora en la cuenta?

Sol.: 82.368,97 €

- **Anualidades a pagar  $A$  en función del capital presente  $P$ .** Permite determinar las anualidades a pagar según el capital que se invierte en el presente:

$$A = P \left[ \frac{i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] \quad (5.22)$$

**Ejemplo 5.28** Se necesita un equipo de 50.000 € para lanzar un proyecto. El coste total se financia al 13,5 % anual, y se paga durante 4 años. Calcular el precio anual que se pagará.

Sol.: 16.984,66 €

- **Capital futuro  $F$  en función de las anualidades  $A$ .** Permite determinar el capital que se tendrá (o se habrá pagado) en el futuro según las anualidades:

$$F = A \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i} \right] \quad (5.23)$$

**Ejemplo 5.29** Si se hace un pago anual de 5.000 € durante 10 años a un fondo de proyecto que paga 8 % anual, ¿cuánto se puede esperar que esté disponible pasado ese tiempo?

Sol.: 72.432,82 €

- **Anualidades a pagar  $A$  en función del capital futuro  $F$ .** Permite determinar las anualidades a pagar según el capital que se desea tener en el futuro:

$$A = F \left[ \frac{i}{(1+i)^n - 1} \right] \quad (5.24)$$

**Ejemplo 5.30** Se desea tener un fondo de 50.000 € para lanzar un proyecto. El coste total se financia al 13,5 % anual, y se paga anualmente durante 4 años. Calcular el precio anual que se pagará.

Sol.: 10.234,66 €

## Referencias

- [1] Manuel de Cos Castillo. *Teoría General del Proyecto — Volumen I: Dirección de Proyectos/Project Engineering*. Síntesis, S.A., 2007.
- [2] A. González-Marcos, F. Alba-Elías y J. Ordieres Meré. *Ingeniería de proyectos*. DEXTRA, 2021.
- [3] A Osterwalder et al. *Diseñando la propuesta de valor: Cómo crear los productos y servicios que tus clientes están esperando*. 2015.
- [4] Alexander Osterwalder e Yves Pigneur. *Business model generation: a handbook for visionaries, game changers, and challengers*. Vol. 1. John Wiley & Sons, 2010.
- [5] A Osterwalder. *Guía para el diseño de modelos de negocios basado en el Modelo Canvas*. 2012.
- [6] Real Academia Española. <https://dle.rae.es/>.
- [7] Ministerio de Ciencia e Innovación. *Red Española de Centros de I+D+I (RECIDI)*. <https://www.ciencia.gob.es/Estrategias-y-Planes/Sistema-de-Informacion-sobre-Ciencia--Tecnologia-e-Innovacion--SICTI-/Red-Espanola-de-Centros-de-I-D-I--RECIDI-.html>.
- [8] Juan Hernández Armenteros et al. "La universidad española en cifras, 2019/2020". En: (2023).
- [9] Ministerio de Ciencia e Innovación. *Organismos Públicos de Investigación (OPI)*. <https://www.ciencia.gob.es/Organismos-y-Centros/OPI.html>.
- [10] FEDIT. *¿Qué son los Centros Tecnológicos?* <https://fedit.com/que-son-los-centros-tecnologicos/>.
- [11] Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. *Oficina Española de Patentes y Marcas*. <http://www.oepm.es/es/>.
- [12] European Patent Office. <https://www.epo.org/>.
- [13] World Intellectual Property Organization. <https://www.wipo.int/portal/en/index.html>.
- [14] Ley 24/2015, de 24 de julio, de Patentes. Boletín Oficial del Estado, 2015.
- [15] INVENES. <https://consultas2.oepm.es/InvenesWeb/faces/busquedaInternet.jsp>.
- [16] Real Decreto 1514/2007, de 16 de noviembre, por el que se aprueba el Plan General de Contabilidad. Boletín Oficial del Estado, 2007.
- [17] A Alcocer. *Qué es el WACC y cómo se calcula*. <https://www.antonioalcocer.com/wacc-weighted-average-cost-of-capital/>.
- [18] Adedeji B Badiru. *Project management: Systems, principles, and applications*. CRC Press, 2011.



---

## Tema 6

# Gestión de calidad

---

### 6.1. Introducción

El **éxito de un proyecto** puede medirse basándose en:

- Cumplimiento de los **plazos** en los que debía ejecutarse.
- Cumplimiento del **presupuesto**.
- **Calidad** técnica esperada de los entregables.
- Nivel de **satisfacción** del cliente.

### 6.2. Definición de calidad

Entre las definiciones del término **calidad** que se muestran en el diccionario de la RAE [1], aparece la siguiente:

*Adecuación de un producto o servicio a las características especificadas.*

Una definición similar se proporciona en la norma UNE-EN ISO 9001:2015 [2]:

*La totalidad de las funciones y características de un producto o servicio que cumplen y satisfacen las necesidades o requerimientos implícitos o explícitos del mismo.*

Y la Sociedad Americana para la Calidad (American Society for Quality) [3] considera que la **calidad** es:

*El grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos.*

Por tanto, independientemente de la definición que se prefiera, se deduce que cuanto mejor responda un producto o servicio a las expectativas del cliente o usuario, mayor **calidad** tendrá. Es decir, la **calidad** siempre se debe entender como el **grado en el que el conjunto de características cumplen con los requisitos**, entendiendo por requisitos, las **necesidades o expectativas establecidas**, generalmente recogidas explícitamente en un **acuerdo o contrato**, o de forma implícita en normas obligatorias. Por ello, es necesario que las expectativas del cliente estén **perfectamente definidas, cuantificadas y recogidas** en la lista de especificaciones del proyecto.

Las **normas ISO 9000** son un conjunto de estándares internacionales relacionados con la **gestión de la calidad en las organizaciones**. Estas normas son desarrolladas y publicadas por la Organización Internacional de Normalización (ISO) y se utilizan ampliamente en todo el mundo para establecer **sistemas de gestión de calidad efectivos y eficientes**. Es importante destacar que las normas ISO 9000 **no son obligatorias**, pero muchas organizaciones eligen implementarlas para mejorar su desempeño, aumentar la satisfacción del cliente y obtener una ventaja competitiva en el mercado. Además, cumplir con los requisitos de estas normas puede conducir a la **certificación** por parte de un organismo externo, lo que demuestra el cumplimiento y la conformidad con los estándares establecidos. A continuación, se proporciona una breve descripción de las principales normas de la serie ISO 9000:

- **ISO 9000:2015**. Proporciona una introducción general a los conceptos y principios de gestión de la calidad que subyacen en la serie ISO 9000. No es una norma de certificación, pero ofrece orientación sobre cómo interpretar e implementar los requisitos de la norma ISO 9001 [4].

- **ISO 9001:2015.** Es la norma central y más reconocida de la serie ISO 9000. Establece los requisitos para un sistema de **gestión de calidad en una organización** y se aplica a cualquier tipo de empresa, sin importar su tamaño o sector. Establece principios y procesos para asegurar que una organización cumple con los requisitos del cliente, mejora continuamente y demuestra su capacidad para proporcionar productos y servicios de calidad [5].
- **ISO 9004:2018.** Proporciona pautas para **mejorar el desempeño y la eficacia de una organización** en general. Se centra en la mejora continua, la satisfacción del cliente y el logro de resultados sostenibles a largo plazo [6].

### 6.2.1. ISO 9001:2015

La norma ISO 9001:2015 [5] establece los requisitos que debe cumplir una organización para conseguir un sistema de gestión de calidad adecuado. Promueve la adopción de:

- **Enfoque basado en procesos.** La organización debe identificar y gestionar los procesos necesarios para el logro de los resultados deseados y la satisfacción del cliente.
- **Enfoque en el cliente.** Se enfatiza la importancia de comprender y cumplir con los requisitos y expectativas del cliente. La organización debe determinar y satisfacer las necesidades del cliente, y demostrar su capacidad para proporcionar productos o servicios que cumplan con esos requisitos.
- **Liderazgo y compromiso de la dirección.** Establece que la alta dirección debe demostrar liderazgo y compromiso con el sistema de gestión de calidad, estableciendo una política de calidad, asignando responsabilidades y autoridades y promoviendo la mejora continua en la organización.
- **Mejora continua.** Se trata de uno de los principios fundamentales de la norma. La organización debe buscar oportunidades para mejorar su desempeño y eficacia en el logro de los objetivos de calidad. Esto implica establecer objetivos medibles, realizar el seguimiento de su progreso y tomar acciones para mejorar, lo que se conoce como el **ciclo de mejora continua** (o ciclo PDCA: *Plan, Do, Check, Act* — Figura 6.1).

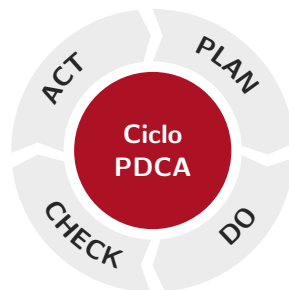


Figura 6.1: Ciclo PDCA

- *Plan* (Planificar): En esta etapa, se establecen los objetivos de calidad y los procesos necesarios para lograrlos. Para ello, se deben identificar los requisitos y expectativas del cliente, establecer métricas de desempeño y desarrollar planes de acción para cumplir los objetivos.
- *Do* (Hacer): Después, se implementan los planes y procesos definidos, ejecutando las actividades planificadas y recopilando información relevante sobre el desempeño de los procesos.
- *Check* (Comprobar): Ahora se monitoriza y compara el desempeño real (resultados en términos de rendimiento) con los objetivos y métricas establecidos en la etapa de planificación. Así, se evalúa si los procesos están funcionando de forma efectiva y si se están logrando los resultados deseados. Es necesario tener auditorías internas y revisiones por parte de la dirección.
- *Act* (Actuar): En función de los resultados, se deben tomar acciones, ya sea para incorporar lo aprendido (si no hay desviaciones entre lo obtenido y lo esperado) o para empezar el ciclo de nuevo si hay que corregir cualquier desviación identificada en la etapa anterior.

La aplicación de la norma ISO 9001:2015 en una organización puede proporcionar ciertos beneficios a esta. Al obtener dicha certificación, una organización demuestra su compromiso con la excelencia en la gestión y satisfacción del cliente, por lo que le proporciona:

- **Beneficios ante el mercado.** Una organización comprometida con la mejora continua y la satisfacción del cliente **mejora la imagen y reputación** de los productos y/o servicios ofrecidos, generando confianza en sus clientes y el mercado en general. Por tanto, se favorece su **desarrollo** y se afianza su posición, puesto que puede diferenciarse de sus competidores al ofrecer constantemente mejoras en sus productos, servicios o procesos. Esto puede ser atractivo y ayudar a la empresa a **ganar cuota de mercado y acceder a mercados exteriores** gracias a la confianza que genera entre los clientes y consumidores.
- **Beneficios ante los clientes.** Al mejorar la calidad de los productos de la organización, se produce un aumento de la **satisfacción del cliente**, puesto que se intenta comprender y cumplir con los requisitos y expectativas de estos. Al escuchar y actuar sobre los comentarios de los clientes, se logra una mayor satisfacción del cliente y se fortalecen las relaciones con ellos. De hecho, los clientes confían en que la organización está comprometida con la calidad, pudiendo **eliminar múltiples auditorías** (con el correspondiente ahorro de costes) e incluso acceder a **acuerdos de calidad concertada**<sup>1</sup>.
- **Beneficios para la gestión de la organización.** Al aplicar los principios y requisitos de la ISO 9001:2015, una organización puede mejorar su eficacia y eficiencia en diversas áreas. Al adoptar un enfoque sistemático y estructurado hacia la gestión de la calidad, se mejora la **eficacia y eficiencia de los procesos**, identificando y eliminando las actividades innecesarias o ineficientes de la organización. Como está basada en el ciclo PDCA, la organización establece un **proceso sistemático de mejora continua**, lo que permite identificar y abordar problemas, implementar acciones correctivas y preventivas, y buscar constantemente oportunidades de mejora. Además, al involucrar a los empleados en la identificación de problemas, la generación de ideas y la implementación de mejoras, se fomenta un ambiente de trabajo colaborativo, lo que puede conducir a una **mayor motivación y satisfacción laboral**.

### 6.2.2. Sistema de gestión de calidad: manual de calidad

Un sistema de gestión de calidad (SGC) es un conjunto de procesos, políticas, procedimientos y recursos organizados de manera sistemática para dirigir y controlar una organización en relación con la calidad. El objetivo principal de un SGC es asegurar que una organización cumpla con los requisitos del cliente, mejore continuamente su desempeño y logre la satisfacción del cliente. La implementación y el mantenimiento de un sistema de gestión de calidad deben ser adaptados a las necesidades y características específicas de cada organización, y pueden basarse en estándares internacionales, como la norma ISO 9001:2015 (ver Sección 6.2.1).

El manual de calidad de una organización es el **documento guía del SGC**. Sirve como referencia principal para comprender y establecer las **políticas, procedimientos, normas y pautas** relacionados con la calidad de los productos o servicios proporcionados por la organización. Se trata, por tanto, de una **herramienta fundamental** dentro del SGC. Proporciona una **descripción detallada** de cómo la organización cumple con los requisitos de la norma ISO 9001:2015 y cómo se implementa y mantiene el SGC, demostrando su **compromiso con la calidad y mejora continua**. Por tanto, es el manual de consulta básico para la implantación, mantenimiento y mejora continua del SGC.

El manual proporciona información sobre la forma en que **la organización cumple con los requisitos** de los clientes, reglamentarios y otros requisitos aplicables. Además, también puede incluir los objetivos y metas de calidad establecidos por la propia organización, así como las responsabilidades y autoridades asignadas a los miembros de la organización en relación con la calidad. Se deben describir también los procesos y procedimientos específicos que se utilizan para el control de la calidad, la gestión de riesgos, la mejora continua y la satisfacción del cliente, y puede abordar aspectos como la planificación de la calidad, la gestión de recursos, la auditoría interna y la revisión por la dirección.

Debe destacarse que el manual de calidad debe ser **revisado y actualizado regularmente para reflejar los cambios** en la organización, los requisitos del cliente y los avances en la gestión de la calidad. También debe estar **disponible y accesible** para todas las partes interesadas relevantes, tanto internas como externas, que deseen conocer cómo la organización gestiona y mejora la calidad en sus operaciones.

<sup>1</sup>Un acuerdo de “calidad concertada” supone para el cliente un menor coste en los controles de recepción, ya que los disminuyen por la confianza en el sistema de calidad de la empresa que ha realizado el proyecto. Este acuerdo se elabora conjuntamente entre cliente y empresa, figurando, además de los requisitos ya definidos en las especificaciones de producto, aspectos relativos al sistema de calidad. Ambas partes deben firmarlo. Periódicamente, el cliente realiza auditorías al proveedor para verificar que se cumplen los acuerdos de calidad concertada.

El contenido y la estructura del manual de calidad pueden variar según la organización y sus necesidades particulares. Sin embargo, en general, debe estar alineado con los requisitos establecidos en la norma ISO 9001:2015, en caso de que la organización la siga, por lo que se deberían **desarrollar todos los epígrafes** de dicha norma. **No es necesario** que se siga exactamente la misma estructura siempre y cuando se contemplen todos los conceptos y requisitos de la ISO 9001:2015 y la estructura sea coherente y ordenada. En [7] se puede ver un ejemplo de manual de calidad para empresas de transporte por carretera.

### 6.2.3. ¿Cómo puede mejorarse la calidad?

Existen diferentes factores que permiten que se mejore la calidad, como pueden ser:

- Mejor diseño.
- Mejores materiales.
- Potenciar la formación.
- Mejorar la comunicación interna.
- Mejor asignación de recursos a tareas.
- ...

En general, todo esto implica, al final, un **aumento de costes**. Puesto que el director del proyecto ha de considerar permanentemente el coste del proyecto, si se intenta promover una calidad razonable en todo lo que se proyecta, va a repercutir en un aumento del coste total. La implantación de un plan de calidad en un proyecto engloba dos tipos de costes: los costes de la calidad y los costes de la no calidad (Figura 6.2, [8]):

- **Costes de la calidad.** Son los costes en los que incurre la organización que está dispuesta a mejorar la calidad de lo que hace. A medida que la calidad mejora, los costes van aumentando. Se categorizan en:
  - *Costes de prevención.* Destinados a evitar o reducir errores y posibles problemas de calidad. Entraría aquí el departamento de calidad de la organización, mantenimiento de maquinaria, revisión del diseño, recursos suplementarios para asegurar el servicio, formación, ensayos de materiales...
  - *Costes de evaluación.* Analizan los proyectos elaborados mediante auditorías, homologaciones, ensayos... También se debe comprobar el grado de satisfacción del cliente.
- **Costes de la no calidad.** Son los costes ocasionados como consecuencia de una mala proyección o ejecución. Estos costes son más elevados cuanto peor es la calidad. Se pueden desglosar en:
  - *Costes internos.* Se detectan internamente en la organización antes de la entrega definitiva del proyecto. Provocan pérdidas económicas directas (tiempo y material, realizar acciones correctivas, repetir ensayos...) o indirectas (alargar el plazo de proyección, interferencia con otros proyectos, horas extras...)
  - *Costes externos.* Los detecta el cliente una vez recibido el proyecto, lo que puede afectar a futuras contrataciones por parte de dichos clientes o a posibles clientes que no contratan a la organización por haber recibido malas referencias. Pueden resolverse o minimizarse mediante asistencia técnica, reparaciones, sustituciones..., causando, en general, una pérdida de imagen.

Como se muestra en la Figura 6.2 y como ya se ha comentado, la mejora de la calidad puede suponer un coste añadido, aunque también repercutirá en un **ahorro de costes** debido a la reducción de operaciones repetidas, a la disminución de reparaciones y sustituciones de elementos, etc. De esta forma, por lo general, una mayor inversión en la calidad puede causar una **disminución de los costes**, siempre que no se supere un cierto punto (coste total mínimo) a partir del cual la calidad del producto es tan buena que mejorarla supone un **gran esfuerzo** que no se ve compensado por la mejora de calidad obtenida. Por ello, la clave para que un buen equipo de proyectos trabaje con calidad óptima, es que consiga alcanzar el **punto de coste mínimo**, bien entendido que dicho punto siempre debe quedar **a la derecha del nivel mínimo de calidad**, y que cuanto más a la derecha se sitúe dicho punto, más competente demuestra ser el equipo de proyectos [9]. Por ello, es recomendable aplicar la **regla del 1-10-100**:



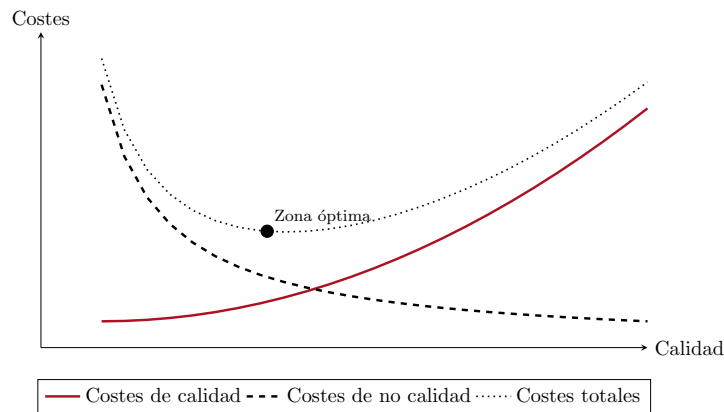


Figura 6.2: Costes de calidad y no calidad

*Cada unidad monetaria invertida en la prevención, producirá los mismos efectos que 10 invertidas en la evaluación, que impedirá un coste de 100 por razón de fallos.*

Por tanto, **resulta más rentable invertir en costes de la calidad que no hacerlo.**

### 6.3. Gestión de la calidad en proyectos (ISO 10006:2017)

La gestión del proyecto debe incluir todas las actividades necesarias para asegurar que el proyecto satisfará al cliente y resultará beneficioso para la empresa. Para el cliente, la calidad óptima del proyecto se consigue cuando:

- Lo proyectado cumple con las especificaciones de forma óptima.
- El proyecto se realiza en el plazo contratado.
- El proyecto se realiza al coste contratado.
- La documentación generada es óptima.

Sin embargo, para el equipo de proyectos, la calidad óptima del proyecto se obtiene cuando:

- Se genera la documentación necesaria.
- No se producen errores.
- No se repiten actividades.
- Se programan adecuadamente las actividades.
- Se identifica al responsable de cada actividad.
- Se definen correctamente los recursos necesarios para cada actividad.
- Se presupueste adecuadamente el proyecto.
- Se distribuye correctamente la carga del proyecto entre los recursos del equipo.
- ...

Cuando el equipo de proyectos consigue todo esto, se logra más fácilmente la plena satisfacción del cliente (que es un objetivo prioritario en cualquier proyecto) al menor coste, proyectando, por tanto, con mayor calidad.

Por lo tanto, la gestión de la calidad del proyecto podrá definirse como [8]:

*El conjunto de actividades de la dirección y gestión que determinan la política de calidad, objetivos y responsabilidades, así como su desarrollo por medios tales como planificación de la calidad, control de la calidad, aseguramiento de la calidad y mejora de la calidad, dentro del sistema de calidad.*

La norma ISO 10006:2017 [10] resume los **principios y prácticas de gestión de calidad en lo que respecta a la gestión de proyectos**, proporcionando directrices generales pero sin establecer requisitos específicos que deban cumplirse obligatoriamente. Su objetivo principal es ayudar a las organizaciones a establecer un **marco de referencia** sólido para la gestión de la calidad en proyectos y promover la mejora continua en este ámbito. Es aplicable a proyectos de diversa complejidad y tamaño, y las directrices se pueden aplicar a los proyectos gestionados por un individuo o por un equipo de trabajo, incluso de un programa o de una cartera de proyectos. Dado que la norma ISO 10006:2017 es un documento de orientación, su objetivo general es **crear y mantener la calidad en los proyectos a través de un proceso sistemático** que asegure:

- Necesidades expresadas o implícitas de los **clientes**.
- Necesidades de las **partes interesadas**.
- **Política de calidad de la organización** que incorpora la gestión de proyectos.

En muchos ámbitos, todavía persiste un concepto erróneo de calidad en el proyecto, bajo el cual un proyecto de calidad es aquel que vaya **más allá de los requisitos para los que ha sido desarrollado**, y nada más lejos de la realidad. Otorgar más prestaciones o extras de los requeridos por el cliente es lo que se denomina **“Gold Plating”**, y es una **práctica nada recomendable** porque nos hace incurrir en costes que probablemente **no aporten valor para nuestro cliente**, o en su caso, están más allá del alcance y costes acordados.

La gestión de la calidad en el proyecto se articula alrededor de tres procesos fundamentales:

- **Planificar la calidad.** Es el proceso por el cual se **identifican los requisitos de calidad y/o normas para el proyecto**, documentando la manera en que el proyecto demostrará el cumplimiento con los mismos (**CÓMO** se cumplirán esos requisitos/normas).
- **Realizar el aseguramiento de calidad.** Se refiere al proceso utilizado para **garantizar que un proyecto cumple** con los estándares y requisitos de calidad establecidos. Consiste en auditar los requisitos de calidad y los resultados de las medidas de control de calidad, para asegurar que se utilicen las normas de calidad apropiadas y las definiciones operacionales (es un enfoque preventivo: la mejor corrección del error es no cometerlo). Como herramientas y técnicas usadas en el proceso se pueden destacar las **auditorías de calidad**, que consisten en una revisión estructurada e independiente para determinar si las actividades del proyecto **cumplen** con las políticas, procesos y procedimientos propios de la organización.
- **Realizar el control de calidad.** Es el proceso por el que se monitorizan y registran los **resultados de la ejecución de actividades de control de calidad**, a fin de verificar y medir que **el entregable tenga la calidad aceptable** y recomendar cambios necesarios. Dicho control de calidad se realiza principalmente a través del **plan de inspección y ensayos**, aplicado a los procesos de ingeniería, adquisiciones, contratos y construcción. Es importante destacar que **se controla la calidad tanto del objeto del proyecto como del desarrollo del proyecto**. Así, no solo se comprueba que el producto cumple con las especificaciones determinadas en su descripción, sino que también se comprueba que se desarrolla con fidelidad al programa (plazos y costes) previsto.

Para efectuar el control de la calidad del producto, se pueden utilizar las siguientes técnicas y herramientas:

- **Inspección.** Verificar la conformidad de un producto, servicio o proceso con las normas establecidas o las especificaciones previamente definidas. Su objetivo principal es identificar defectos, problemas o desviaciones con respecto a los estándares y, en caso necesario, tomar medidas correctivas.
- **Gráficos de control.** Diagrama que muestra los valores de la medición de una característica de calidad, ubicados en una serie cronológica. Tiene una línea central que muestra el valor nominal, que es el objetivo del proceso, y uno o más límites de control, tanto superior como inferior, para determinar cuándo es necesario analizar una eventualidad. Se muestra un ejemplo en la Figura 6.3.
- **Diagramas de Pareto.** Diagrama que permite comparar de forma cuantitativa y ordenada diferentes factores según su contribución a un efecto. Se basa en el **principio de Pareto**, que dice que, en todo grupo de factores que contribuyen a un mismo efecto, unos pocos son los responsables de la mayor parte de dicho efecto. Por tanto, se puede distinguir entre:

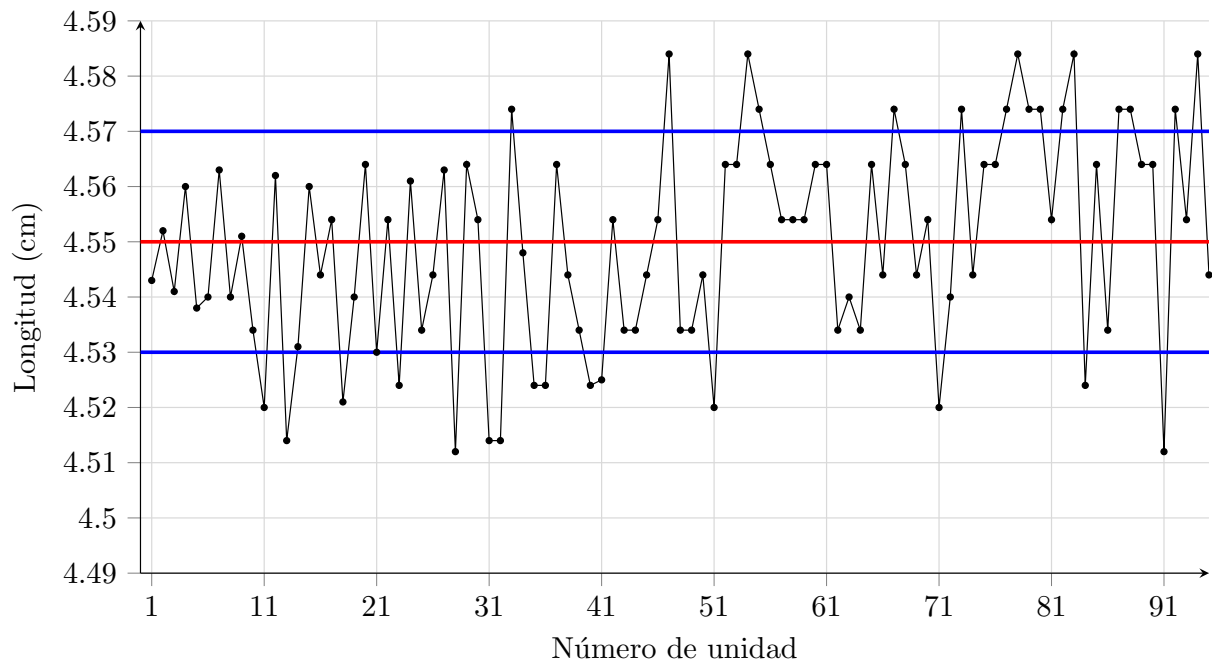


Figura 6.3: Gráfico de control

- *Pocos vitales*: elementos muy importantes en su contribución al efecto
- *Muchos triviales*: elementos poco importantes en su contribución al efecto

En general, puede decirse que los *pocos vitales* representan el 80 % del efecto, siendo los *muchos triviales* el 20 %. El diagrama de Pareto (Figura 6.4) se debe utilizar para:

- Identificar oportunidades para mejorar.
- Identificar un producto/servicio para mejorar la calidad.
- Identificar causas principales de problemas y establecer prioridad de las soluciones.

Para construirlo, hay que seguir los siguientes pasos:

1. Elaborar lista de factores  $i$  que contribuyen al efecto en estudio.
2. Cuantificar la presencia de dichos factores (frecuencia,  $f_i$ ).
3. Construir una tabla, ordenando de mayor a menor según su frecuencia:
  - Calcular la frecuencia acumulada (FA):

$$FA = f_i + f_{i-1} \quad (6.1)$$

- Calcular la frecuencia acumulada en tanto por ciento:

$$FA \% = \frac{FA}{\sum FA} \quad (6.2)$$

4. Realizar el gráfico:

- En el eje horizontal se representan los factores.
- En el eje vertical IZQUIERDO se incluye la magnitud (frecuencia) del efecto estudiado (de 0 al total).
- En el eje vertical DERECHO se muestran las frecuencias acumuladas en % (de 0 al 100 %).
- Se grafican barras verticales de cada factor, que representan los elementos contribuyentes (según eje izquierdo).
- Se añade un gráfico lineal del % acumulado (según eje derecho).
- Hacer una línea horizontal desde el % más cercano a 80 %.
- Hacer una línea vertical para identificar *pocos vitales* y *muchos triviales*.

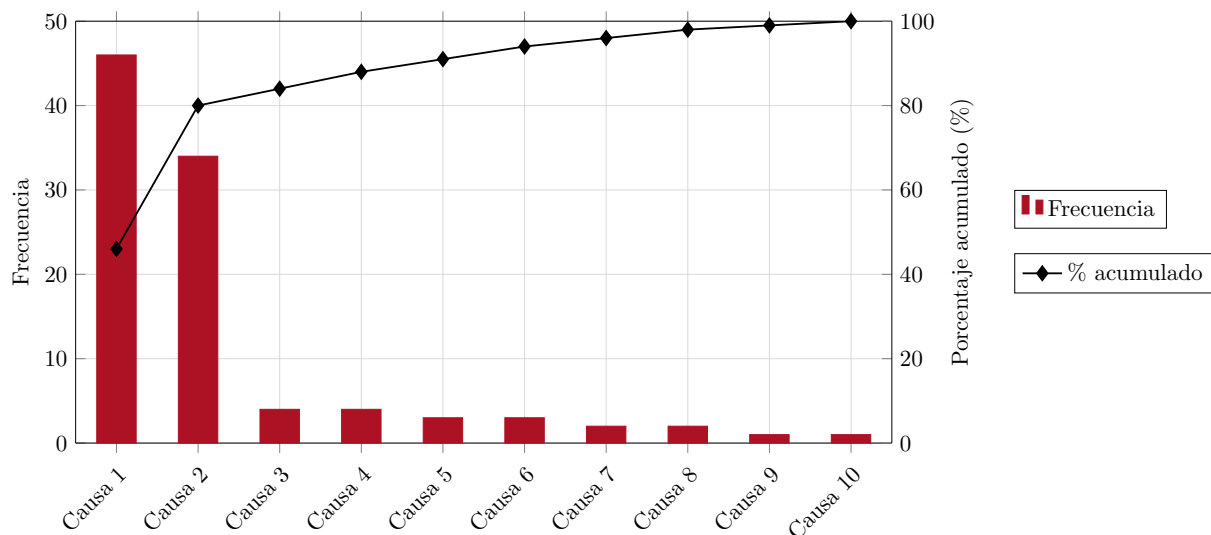


Figura 6.4: Diagrama de Pareto

- **Diagramas de causa-efecto.** Se representan varios elementos (causas) que pueden contribuir a un problema (efecto), por lo que sirve para identificar posibles causas de un problema específico (Figura 6.5). Permite organizar grandes cantidades de información del problema y determinar las posibles causas. No ofrece una respuesta a una pregunta, puesto que se ignora si estas causas son (o no) responsables de los efectos. Se debe utilizar si se puede contestar Sí al menos a una de estas preguntas:

- ¿Es necesario identificar las causas principales de un problema?
- ¿Existen ideas u opiniones sobre las causas de un problema?

Para su realización, se pueden seguir los siguientes pasos:

1. Definir el efecto del que se quieren identificar las causas.
  2. Trazar una flecha horizontal.
  3. Identificar las causas principales que contribuyen al efecto, y conectarlas con la flecha horizontal. En caso de no poder identificar cuáles son las causas principales, puede seguirse como referencia el método de las 6M (o las 4M, en negrita):
    - **Mano de obra.**
    - **Maquinaria.**
    - **Material.**
    - **Método.**
    - Técnica de medición.
    - Medioambiente.
  4. Añadir causas a cada rama principal (causas de las causas principales), de manera paralela a la flecha horizontal
- **Brainstorming.**
  - **Muestreo estadístico.**
  - **Análisis de tendencia.** Permite observar la evolución de alguna variable empresarial (ventas, costes, etc.). Además, se puede ajustar una recta de regresión para poder analizar futuras tendencias, como se muestra en la Figura 6.6.

## Referencias

- [1] Real Academia Española. <https://dle.rae.es/>.
- [2] UNE 9001:2015 — *Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos (ISO 9001:2015)*. Una Norma Española, 2015.
- [3] American Society for Quality. <https://asq.org/>.

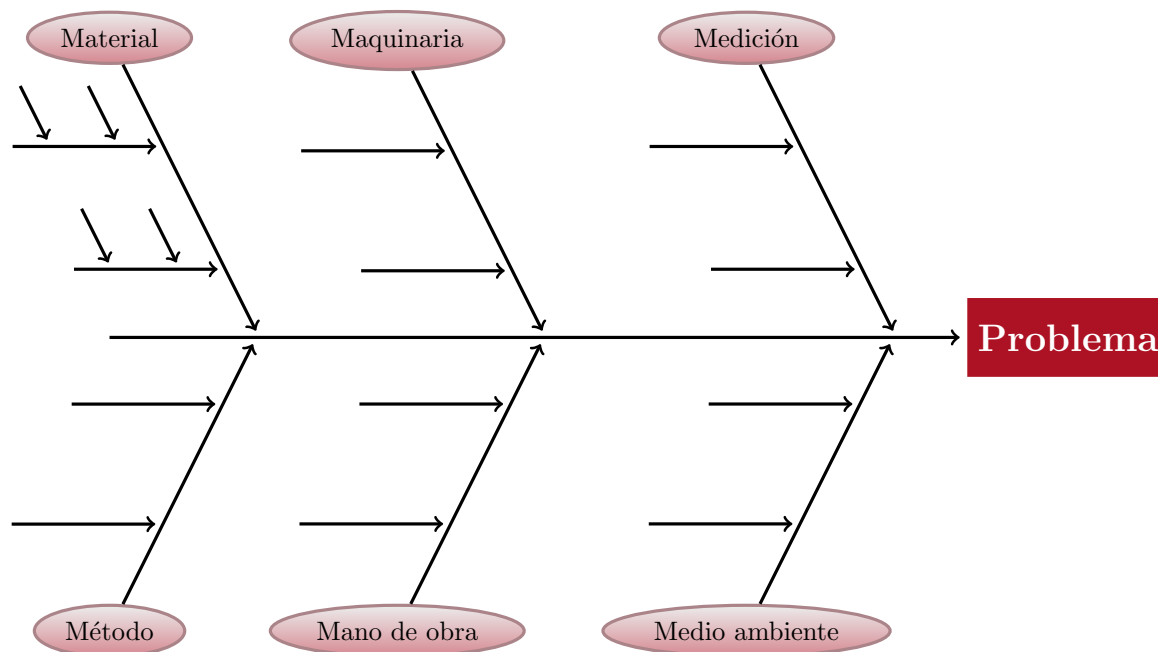


Figura 6.5: Diagrama de causa-efecto

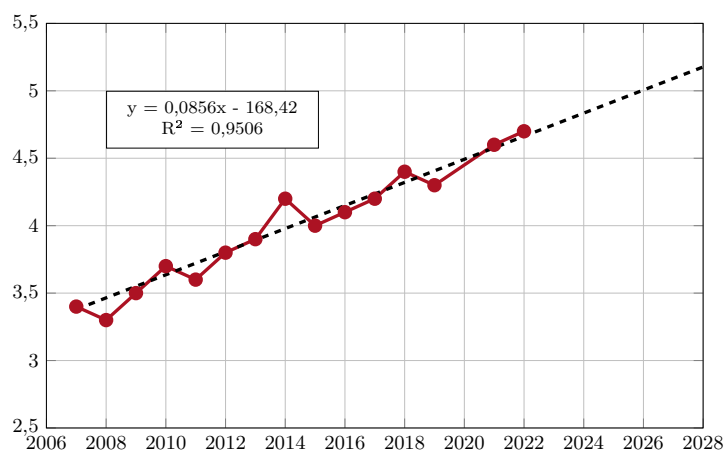


Figura 6.6: Análisis de tendencia

- [4] ISO 9000:2015 *Quality management systems — Fundamentals and vocabulary*. International Organization for Standardization, 2015.
- [5] ISO 9001:2015 *Quality management systems — Requirements*. International Organization for Standardization, 2015.
- [6] ISO 9004:2018 *Quality management — Quality of an organization — Guidance to achieve sustained success*. International Organization for Standardization, 2018.
- [7] HELMUT ROEGELE S.A. *Manual de la calidad de HELMUT ROEGELE S.A. bajo norma UNE-EN ISO 9001:2015*. <https://www.roegele.com/wp-content/uploads/2020/11/MANUAL-DE-LA-CALIDAD.pdf>.
- [8] M. Socorro García Cascales. *Proyectos de Ingeniería*. 2012.
- [9] Ana María Nieto Morote y Francisco de Asís Ruz Vila. *Proyectos de Ingeniería*. <https://ocw.bib.upct.es/course/view.php?id=140&topic=3>. 2013.
- [10] ISO 10006:2017 *Quality management — Guidelines for quality management in projects*. International Organization for Standardization, 2017.

