

DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTOS

ANA FERNÁNDEZ GUILLAMÓN
LUIS SERRANO GÓMEZ

Septiembre de 2024




© 2024 Ana Fernández Guillamón, Luis Serrano Gómez



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

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

Índice general	I
1 Introducción a la dirección de proyectos	1
1.1. Proyecto	1
1.2. Entorno del proyecto	9
1.3. Tipos de estructuras organizativas	11
1.4. Interesados	14
1.5. Componentes de la dirección de proyectos	15
1.6. Gestión de datos e información	24
1.7. Dirección de proyectos	25
2 Gestión de la integración	31
2.1. Gestión de la integración	31
2.2. Grupo de procesos de inicialización	31
2.3. Grupo de procesos de planificación	36
2.4. Grupo de procesos de ejecución	38
2.5. Grupo de procesos de monitorización y control	42
2.6. Grupo de procesos de cierre	48
2.7. Resumen	50
3 Gestión del alcance	51
3.1. Gestión del alcance	51
3.2. Grupo de procesos de planificación	52
3.3. Grupo de procesos de monitorización y control	66
3.4. Resumen	68
4 Gestión del cronograma	69
4.1. Introducción: planificación y programación	69
4.2. Gestión del cronograma	70
4.3. Grupo de procesos de planificación	72
4.4. Grupo de procesos de monitorización y control	104
4.5. Resumen	106
5 Gestión de los recursos	107
5.1. Gestión de los recursos	107
5.2. Grupo de procesos de planificación	107
5.3. Grupo de procesos de ejecución	117
5.4. Grupo de procesos de monitorización y control	131
6 Gestión de costes	135
6.1. Gestión de costes	135
6.2. Grupo de procesos de planificación	138
6.3. Grupo de procesos de monitorización y control	147
6.4. Resumen	157

7	Gestión de riesgos e incertidumbre	159
7.1.	Gestión de riesgos	159
7.2.	Grupo de procesos de planificación	161
7.3.	Grupo de procesos de ejecución	178
7.4.	Grupo de procesos de monitorización y control	179
7.5.	Resumen	180
8	Proyectos ágiles	181
8.1.	Introducción a la dirección de proyectos ágiles	181
8.2.	Gestión de la integración	185
8.3.	Gestión del alcance	185
8.4.	Gestión del cronograma	188
8.5.	Gestión de los recursos	194
8.6.	Gestión de costes	196
8.7.	Gestión de riesgos e incertidumbre	196

Tema 1

Introducción a la dirección de proyectos

1.1. Proyecto

Definición 1.1 Un **proyecto** es un esfuerzo **temporal** que se lleva a cabo para crear un resultado (producto/servicio) **único**.

La naturaleza temporal de los proyectos indica que tienen un comienzo y un final definidos, aunque no significa que tenga una duración corta. El “final” se alcanza cuando se cumple al menos una de las siguientes condiciones:

- Se han alcanzado los objetivos del proyecto.
- El objetivo no se cumplirá o no podrá cumplirse.
- La financiación se ha agotado o ya no está disponible.
- La necesidad de la que surgió el proyecto ya no existe.
- Los recursos ya no están disponibles.
- El proyecto se termina por causa legal o conveniencia.

Los proyectos se emprenden para cumplir los objetivos mediante la producción de entregables, que pueden ser:

- Un **producto único** que puede ser un componente de otro artículo, una mejora o corrección de un artículo, o un nuevo artículo final en sí mismo (por ejemplo, la corrección de un defecto en un artículo final).
- Un **servicio/capacidad única** para realizar un servicio (por ejemplo, una función comercial que admite producciones o distribución).
- Un **resultado único**, como un documento (por ejemplo, un proyecto de investigación que desarrolla conocimientos que se pueden utilizar para determinar si existe una tendencia o si un nuevo proceso beneficiará a la sociedad).
- Una **combinación única** de uno o más productos, servicios o resultados (por ejemplo, una aplicación de software y su documentación asociada).

Aunque los elementos repetitivos pueden estar presentes en los proyectos, cada uno tiene unas características distintivas.

Ejemplo 1.1 *Dos edificios de oficinas están contruidos con los mismos materiales y por el mismo equipo; sin embargo, su ubicación, diseño, entorno, situación... , son diferentes.*

1.1.1. Componentes principales que definen un proyecto

Independientemente del tamaño del proyecto, este tiene siempre tres componentes principales:

- **Alcance específico:** Los resultados deseados.
- **Cronograma:** Las fechas establecidas de cuándo empieza y acaba el proyecto.
- **Costes:** Directamente relacionados con la cantidad necesaria de personas, materiales y otros recursos necesarios.

Aunque hay muchas otras consideraciones que pueden afectar al rendimiento de un proyecto, estos tres componentes son la base de la definición de un proyecto por las tres razones siguientes:

- La única razón de ser de un proyecto es producir los resultados especificados en su alcance.
- La fecha de finalización del proyecto es una parte esencial de la definición de lo que constituye un rendimiento satisfactorio: el resultado deseado debe proporcionarse en un plazo determinado para satisfacer la necesidad prevista.
- El coste del proyecto se refiere a los recursos financieros necesarios para llevar a cabo las actividades del proyecto y entregar los resultados esperados, lo que incluye mano de obra, materiales, equipos, servicios y otros gastos relacionados con el proyecto. Es crucial mantener los costes dentro del presupuesto asignado para evitar excesos presupuestarios que puedan comprometer la viabilidad del proyecto.

Además, como se muestra en la Figura 1.1, cada uno de estos tres componentes afecta a los otros dos.

Ejemplo 1.2 Ampliar el tipo y las características de los resultados deseados (ampliar el alcance) puede requerir más tiempo (una fecha de finalización posterior) o más recursos, lo que implica un aumento de los costes; adelantar la fecha final puede requerir reducir el alcance o aumentar los costes del proyecto (pagar horas extra); si los costes aumentan, puede ser necesario reducir el alcance o reprogramar actividades para mantener el proyecto dentro del presupuesto.

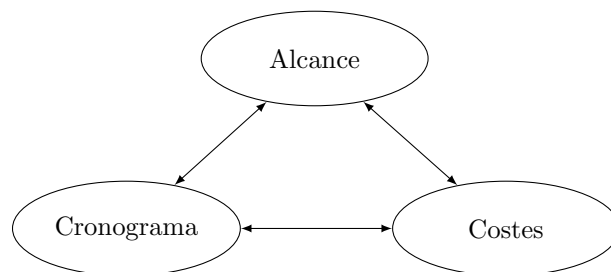


Figura 1.1: Relación entre los principales componentes de un proyecto

1.1.2. Reconocer la diversidad de proyectos

Los proyectos tienen formas y tamaños muy diversos, ya que pueden ser grandes o pequeños, implicar a muchas personas o solo a una, estar definido por un contrato legal o por un acuerdo informal y estar relacionado con el ámbito laboral o personal.

Ejemplo 1.3 Ejemplos de formas y tamaños de proyectos:

- **Grandes/Pequeños:**
 - Instalar un nuevo sistema de metro, que puede costar más de 1.000.000.000 € y tardar entre 10 y 15 años en completarse.
 - Preparar un informe de las cifras de ventas mensuales, que puede hacerse en un día.
- **Implicar a muchas personas o solo a una:**

- *Formar a 10.000 empleados de una organización en una nueva política.*
- *Reorganizar el mobiliario y los equipos de la oficina.*
- *Estar definido por un contrato legal o por un acuerdo informal:*
 - *Un contrato firmado con un cliente para construir una casa.*
 - *La promesa informal de instalar un nuevo paquete de software en el ordenador de un amigo.*
- *Relacionado con el ámbito laboral o personal:*
 - *Llevar a cabo la campaña anual de donación de sangre de la organización.*
 - *Organizar una cena para 15 personas.*

Sean cuales sean las características individuales del proyecto, se definen **los mismos tres componentes**: resultados (o alcance), fechas de inicio y fin (cronograma), y recursos (costes). La información que se necesita para planificar y gestionar el proyecto es la misma para cualquier proyecto que se gestione, aunque la facilidad y el tiempo para desarrollarla diferirán. Cuanto más a fondo se planifiquen y gestionen los proyectos, más probabilidades de que estos sean exitosos.

1.1.3. Origen de los proyectos

Los proyectos impulsan el cambio en las organizaciones. Desde una perspectiva empresarial, un proyecto está destinado a modificar una organización de un estado a otro para lograr un objetivo específico. La finalización exitosa de un proyecto da como resultado que la organización pase al estado futuro y logre el objetivo específico. De hecho, **los proyectos permiten la creación de valor empresarial**, entendiéndose este como el beneficio que los resultados de un proyecto específico proporcionan a la organización. Estos beneficios pueden ser tangibles, intangibles o ambos:

- **Beneficios tangibles:**
 - Activos monetarios
 - Capital de los accionistas
 - Infraestructuras
 - Cuota de mercado
- **Beneficios intangibles:**
 - Reconocimiento de marca
 - Beneficio público
 - Reputación

El origen de los proyectos en una organización es muy diverso. En general, los líderes de la organización inician los proyectos en respuesta a ciertos factores que actúan sobre su organización. Estos factores se pueden agrupar en 4 categorías:

1. Cumplir requisitos regulatorios, legales o sociales (cambio en una regulación, necesidad social...)
2. Satisfacer las solicitudes o necesidades de los interesados (pedidos de clientes)
3. Implementar o cambiar las estrategias de negocio o tecnológicas
4. Crear, mejorar o reparar productos, procesos o servicios (demanda de mercado)

Un proyecto puede estar relacionado con varias categorías simultáneamente.

Cuando una organización tiene varios proyectos, debe analizar cuáles son prioritarios, cuáles van a entregar más valor o cuáles van alineados realmente con los objetivos de la organización. Al tener recursos limitados, se deben potenciar los proyectos más valiosos o, si son igual de importantes, habrá que repartir recursos.

Ejemplo 1.4 Si un requisito legal bloquea la ejecución de algún proyecto y, por tanto, no se puede continuar haciendo el trabajo sin implementar ese requisito, sería prioritario.

Ejercicio 1.1 Determinar con qué categorías de origen de los proyectos estarían relacionados los siguientes proyectos:

- Una empresa de electrónica autoriza un nuevo proyecto para desarrollar un ordenador portátil más rápido, más barato y más pequeño, basado en los avances de la tecnología electrónica y de memoria informática.
- La bajada de precios de los productos de un competidor obliga a reducir los costes de producción para seguir siendo competitivos.
- Un puente municipal presenta grietas en algunos de sus soportes, lo que da lugar a un proyecto para solucionar los problemas.
- Una empresa automovilística autoriza un proyecto para fabricar coches que consuman menos combustible por la escasez de gasolina.
- Una recesión económica provoca un cambio en las prioridades de un proyecto en curso.
- Una compañía eléctrica autoriza un proyecto de construcción de una subestación para dar servicio a un nuevo parque industrial.
- Un fabricante de productos químicos autoriza un proyecto para establecer directrices para la correcta manipulación de un nuevo material tóxico.

1.1.4. Proyectos industriales

Dentro del marco de las instalaciones industriales, los proyectos industriales pueden involucrar muchas actividades diferentes que, en general, están relacionadas con los siguientes campos:

- Infraestructura.
- Arquitectura y construcción.
- Estructuras y cimentaciones.
- Mecánica.
- Electricidad.
- Tuberías.
- Instrumentación y control.

Infraestructura

El objetivo es acondicionar el terreno para la implantación de los distintos elementos del proyecto y la organización de los accesos a dicho terreno. Hacen referencia a todo lo existente a nivel del terreno y por debajo de la superficie, excepto las cimentaciones. Algunas actividades propias son:

- Implantación definitiva de las áreas de producción, servicios generales y auxiliares y servicios sociales.
- Establecimiento de ejes de coordenadas para el terreno y distintas áreas.
- Situación de áreas, edificios, estructuras, equipos, etc.
- Movimiento de tierras: terraplenes, terrazas y plataformas.
- Vallas y cerramientos.

- Accesos y tráfico.
- Red viaria: anchos, secciones, tipos, radios de curvatura, cruces.
- Cunetas y drenajes.
- Aparcamientos.
- Zonas ajardinadas.
- Redes de evacuación: pluviales, fecales, efluentes industriales.
- Red de abastecimiento de agua.

Arquitectura y construcción

El objetivo es aislar adecuadamente algunos volúmenes del exterior, tanto para proteger el buen funcionamiento del proceso, como para albergar determinados servicios generales, auxiliares o sociales. Algunas actividades propias son:

- Distribuciones en planta.
- Alturas libres. Números de plantas. Cotas.
- Cerramientos, forjados y pavimentos.
- Cubiertas y desagües.
- Carpinterías exteriores e interiores.
- Vidrieras.
- Aparatos sanitarios.
- Pinturas y acabados.

Estructuras y cimentaciones

El objetivo es estudiar las cargas fijas y móviles y las distintas hipótesis sobre su actuación para determinar la forma más adecuada de soportarlas. Algunas actividades propias son:

- Tipo, modulación y materiales de cada estructura.
- Cimentaciones de edificios.
- Cimentaciones de estructuras para equipos de proceso.
- Cimentaciones de torres y tanques.
- Cimentaciones de equipos mecánicos y eléctricos.
- Muros de contención, interiores y exteriores.
- Canaletas.
- Pórticos, puentes, ménsulas y soportes de tuberías y bandejas de cables.
- Plataformas, escaleras y barandillas.
- Acabado y pintura.

Mecánica

El objetivo es seleccionar los equipos y maquinaria tanto para el proceso de fabricación utilizado como para los servicios auxiliares. Algunas actividades propias son:

- Instalaciones auxiliares: tratamiento de agua, tratamiento de efluentes, vapor, vacío, refrigeración, aire comprimido, gases, combustible, etc.
- Cimentaciones de edificios.
- Instalaciones generales mecánicas: aire acondicionado, calefacción, ventilación, fontanería.
- Máquinas rotativas: compresores, bombas, agitadores, ventiladores y soplantes.
- Recipientes y reactores: torres y columnas, reactores y tanques.
- Intercambio de calor: cambiadores, aero-refrigerantes, hornos, calderas, condensadores, evaporadores.
- Máquinas motrices: motores de combustión interna, turbinas de vapor, turbinas de gas, máquinas alternativas de vapor.
- Movimiento y manipulación de sólidos: cintas transportadoras, grúas, básculas, elevadores de transporte neumático, silos, cribas.
- Otros: máquinas herramientas, molinos, prensas, equipos especiales.

Electricidad

El objetivo es desarrollar los trabajos relacionados con la componente eléctrica que se da en cualquier proyecto industrial. Algunas actividades propias son:

- Alimentación en alta tensión.
- Transformación de tensión.
- Centros de control de motores.
- Clasificación de áreas peligrosas.
- Redes de fuerza.
- Redes de alumbrado.
- Estudio y coordinación de protecciones.
- Distribución en zanjias y bandejas.
- Estudio y corrección del factor de potencia.
- Red de tierra.
- Corriente continua (si procede).
- Sistemas de emergencia.
- Instalaciones especiales: pararrayos y antenas, telefonía, comunicaciones por radio, intercomunicadores, timbres, instalaciones de seguridad (incendios y seguridad).

Tuberías

El objetivo principal es conseguir el mejor diseño y el más económico, compatible con la operatividad, mantenimiento y seguridad de la planta: es el responsable de todo lo referente al transporte de fluidos en los proyectos de plantas químicas. Algunas actividades propias son:

- Especificaciones de los materiales de las tuberías.
- Codificación de líneas en diagramas (P&I).
- Implantación definitiva.
- Selección de válvulas y accesorios.
- Estudio de estructuras unifilares.
- Planos de plantas, alzados y secciones.
- Planos isométricos.
- Lista de materiales.
- Modelos y maquetas.
- Cálculos de flexibilidad (stress).
- Soportes de tuberías y válvulas.

Instrumentación y control

El objetivo es la aplicación de dispositivos y técnicas para medir, presentar la información, vigilar y regular el funcionamiento de equipos y procesos industriales, así como definir los instrumentos de medida y elementos finales de control. Algunas actividades propias son:

- Cálculo de válvulas de control y seguridad.
- Instrumentación de panel.
- Lista de instrumentos.
- Esquemas de control.
- Lista de cables.
- Planos de situación de instrumentos.
- Planos de recorridos de cables.
- Conexiones a proceso.
- Materiales de montaje.

1.1.5. Programa, portafolio y dirección de proyectos organizacional

Definición 1.2 Un **programa** es un conjunto de proyectos **coordinados** de tal manera que su resultado final es superior a la suma de sus resultados individuales.

Por tanto, un programa encapsula varios proyectos que tienen relación entre sí, y la suma de los resultados de estos proyectos da un beneficio mayor al que da cada proyecto por separado. Los programas pueden incluir elementos de trabajo que están fuera del alcance de los proyectos específicos del programa. Dentro de un programa, los proyectos se relacionan mediante el resultado común o la capacidad colectiva.

Ejemplo 1.5 Una organización quiere hacer un cambio tecnológico en su software de gestión. Para ello, crean diferentes proyectos para aplicar dicho cambio en cada departamento. Todos esos proyectos se tratarán como un

programa, de manera que, además del beneficio de cada proyecto, se consigue hacer un cambio tecnológico a nivel organizativo. Entonces es el sumatorio de proyectos lo importante, que es el programa en sí.

Se entiende por **gestión de programas** la gestión centralizada de un programa para asegurar la consecución de los objetivos del programa y los beneficios definidos en su concepción.

Definición 1.3 Un **portfolio** es un conjunto de proyectos o programas agrupados para facilitar la gestión eficaz de ese trabajo para cumplir con los **objetivos estratégicos** del negocio.

La parte importante es precisamente conseguir los objetivos estratégicos del propio negocio. El portfolio es la cartera de todos los proyectos que se tienen a nivel de organización y lo suele dirigir la gerencia (capa más alta), porque va alineado con los objetivos estratégicos del negocio. Es importante destacar que los proyectos o programas del portfolio **no son necesariamente interdependientes ni están directamente relacionados**.

La **gestión de portfolios** es la gestión de los elementos del portfolio, de manera adecuada, con el fin de conseguir los objetivos del negocio. Todo esto puede verse gráficamente en la Figura 1.2.

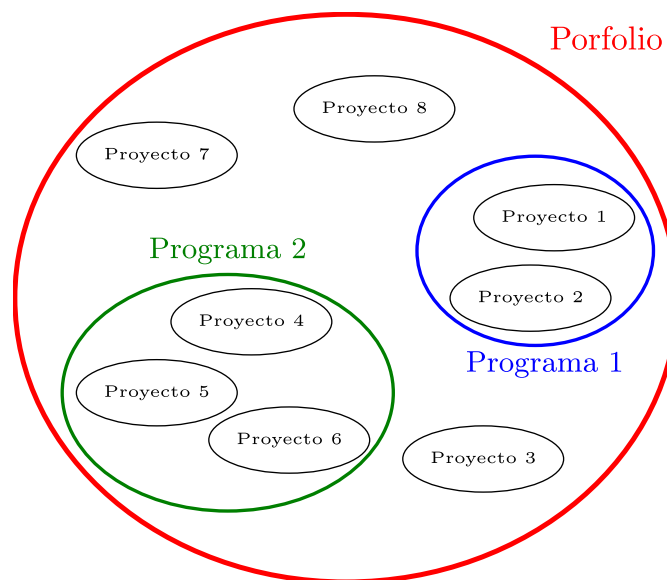


Figura 1.2: Proyecto, programa y portfolio

Muchas organizaciones que llevan a cabo proyectos **no obtienen los resultados previstos**, ya sea porque no consiguen los objetivos de tiempo y coste, o simplemente porque el entregable final no cumple con los requisitos demandados por el cliente. Esto, en muchas ocasiones, sucede al entender los diferentes proyectos de una organización como “islas aisladas” y no verlos como un todo, un archipiélago de islas interrelacionadas. La **dirección de proyectos organizacional** (organizational project management, OPM) sirve como guía/impulsor para la dirección de proyectos, programas y portfolio. Es un marco de referencia para mantener toda la organización enfocada en la estrategia general, puesto que proporciona indicaciones acerca de cómo se deben priorizar, gestionar, ejecutar y medir los proyectos, programas y portfolios para cumplir de la mejor manera los objetivos estratégicos. Por tanto, la OPM va a permitir gestionar de forma activa los procesos de **mejora continua y cambio organizacional** para que la organización consiga sus **objetivos y fines estratégicos**.

Definición 1.4 La OPM proporciona un marco estratégico para usar y guiar la gestión de portfolios, programas y proyectos para lograr los **objetivos estratégicos** de la organización.

- Gestión de portfolio: Selecciona los programas y proyectos que mejor encajan con los objetivos estratégicos de la organización.
- Gestión de programa: Coordina la gestión de proyectos relacionados para lograr beneficios específicos que apoyen los objetivos estratégicos de la organización.

- **Gestión de proyecto:** Gestiona el esfuerzo para desarrollar un alcance específico, que apoye los objetivos de gestión del portafolio o programa y, por último, los objetivos estratégicos de la organización.

Debe tenerse en cuenta que todos los esfuerzos realizados en la organización (sean parte de un proyecto, programa o portafolio) deben estar **guiados por los objetivos estratégicos de la organización** y, a su vez, **respaldar tales objetivos**. Esto implica que, todo cambio en la estrategia de la organización, demandará cambios en los portafolios, programas y proyectos de la organización, tanto para los esfuerzos presentes como para las iniciativas futuras.

Ejemplo 1.6 *Si un proyecto deja de estar alineado con la estrategia de la organización, el proyecto puede modificarse sobre la marcha para volver a alinearse o puede cancelarse.*

Así, los portafolios, programas y proyectos deben ser impulsados por la estrategia de la organización y deben estar alineados con las estrategias de la organización, buscando los objetivos de negocio que se hayan planteado.

1.2. Entorno del proyecto

Los trabajos en las organizaciones se pueden dividir en dos grandes grupos:

- **Operaciones:** Trabajo que se hace diariamente, como “core” del negocio.
- **Proyectos:** Trabajo temporal y único que se hace para implementar una solución a una demanda o a una oportunidad que se ha identificado.

Ejemplo 1.7 *Una operación podría ser el trabajo que hace el departamento de una empresa encargado del mantenimiento de los servidores de correo, que diariamente van dando de alta los buzones que son necesarios para nuevos empleados o nuevos departamentos. Se trata de algo continuo y repetitivo.*

Siguiendo con el mismo ejemplo, un proyecto sería cuando se realiza el montaje, instalación y configuración de estos servidores de correo en la empresa. Se trata de algo temporal y único.

Los proyectos existen y operan en un **entorno** que puede tener una **influencia** en ellos. Estas influencias pueden tener un **impacto favorable o desfavorable** en el proyecto. En general, se pueden identificar tres factores de influencia para un proyecto:

- Factores ambientales de la organización.
- Activos de los procesos de la organización.
- Ciclo de vida del proyecto (se desarrolla en la Sección 1.5.1).

1.2.1. Factores ambientales de la organización

Los factores ambientales se originan en el entorno fuera del proyecto y, en ocasiones, fuera de la empresa. Pueden tener un impacto a nivel organizacional, de cartera, de programa o de proyecto.

Definición 1.5 Los **factores ambientales** se refieren a las **condiciones** no controladas por el equipo del proyecto, que **afectan** (influyen, restringen o dirigen) al proyecto.

Estos factores ambientales pueden ser internos y externos a la organización:

- **Factores ambientales internos:**
 - **Cultura organizacional, estructura y gobierno:** Visión, misión, valores, creencias, normas culturales, estilo de liderazgo, jerarquía, estilo organizacional, ética y código de conducta.
 - **Distribución geográfica de instalaciones y recursos:** Ubicaciones de fábricas, equipos virtuales, sistemas compartidos y computación en la nube.
 - **Infraestructura:** Instalaciones existentes, equipos, canales de telecomunicaciones organizacionales, hardware de tecnología de la información, disponibilidad y capacidad.

- **Software de tecnología de la información:** Herramientas de software de programación, interfaces web para otros sistemas automatizados en línea, etc.
- **Disponibilidad de recursos:** Restricciones de contratación y compra, proveedores y subcontratistas aprobados, acuerdos de colaboración...
- **Capacidad de los empleados:** Experiencia existente en recursos humanos, habilidades, competencias y conocimientos especializados.

■ **Factores ambientales externos:**

- **Condiciones de mercado:** Competidores, reconocimiento de cuota de mercado de la marca y marcas comerciales.
- **Influencias y problemas sociales y culturales:** Clima político, códigos de conducta, ética, ...
- **Restricciones legales:** Leyes y regulaciones nacionales o locales relacionadas con la seguridad, la protección de datos, comerciales, de empleo y adquisiciones.
- **Bases de datos comerciales:** Resultados de evaluación comparativa, datos de estimación estandarizados, información de estudios de riesgo de la industria y bases de datos de riesgo.
- **Investigación académica:** Estudios de la industria, publicaciones y resultados de evaluación comparativa.
- **Estándares gubernamentales o de la industria:** Regulaciones de agencias reguladoras y estándares relacionados con productos, producción, medio ambiente, calidad y mano de obra.
- **Consideraciones financieras:** Tipos de cambio de divisas, tasas de interés, tasas de inflación, tarifas y ubicación geográfica.
- **Elementos ambientales físicos:** Condiciones de trabajo, clima y limitaciones.

Además, como puede deducirse de los ejemplos anteriores, los factores ambientales pueden mejorar o restringir las opciones de dirección de proyectos, pueden tener influencia positiva o negativa en el resultado y varían ampliamente en tipo o naturaleza.

1.2.2. Activos de los procesos de la organización

Los activos de los procesos de la organización son internos de la organización. Estos pueden surgir de la propia organización, una cartera, un programa, otro proyecto o una combinación de estos.

Definición 1.6 Los activos de los procesos de la organización son los **planes, procesos, políticas, procedimientos y bases** de conocimiento específicos que ya están implementados en la organización y que se deben seguir al realizar nuevos proyectos.

Los activos de los procesos de la organización incluyen cualquier objeto, práctica o conocimiento de la organización involucrada en el proyecto, las **lecciones aprendidas** de la organización en proyectos anteriores e información histórica (cronogramas completos, datos de riesgo y datos de valor ganado). Se pueden actualizar y agregar según sea necesario a lo largo del proyecto (rendimiento financiero, lecciones aprendidas, métricas y problemas de rendimiento y defectos). Se agrupan en dos categorías:

■ **Procesos, políticas y procedimientos** de la organización, que pueden incluir:

- Estándares organizacionales específicos, como **políticas**: Políticas de recursos humanos, de seguridad y salud, de seguridad y confidencialidad, políticas de calidad, de adquisiciones y ambientales.
- **Plantillas**: Planes de dirección de proyectos, documentos de proyectos, formatos de informes, plantillas de contratos, categorías de riesgo, registro de partes interesadas, registro de riesgos, registro de problemas y registro de cambios.
- **Listas de proveedores preaprobadas** y varios tipos de **acuerdos contractuales**: Contratos de precio fijo, reembolsables y de tiempo y materiales.
- **Procedimientos de control de cambios**, incluidos los pasos por los cuales se modificarán los estándares, políticas, planes y procedimientos de la organización o cualquier documento de proyecto, y cómo se aprobarán y validarán los cambios.

- Control de **disponibilidad de recursos** y gestión de asignaciones.
- Requisitos de **comunicación** de la organización: Tecnología de comunicación, medios de comunicación autorizados, videoconferencia.
- **Directrices o requisitos de cierre** de proyectos: Auditorías finales, evaluación del proyecto, aceptación de entregables, cierre del contrato.
- **Bases de conocimiento organizacional** para almacenar y recuperar información:
 - Bases de datos de conocimientos de gestión de la **configuración** que contienen las versiones de los componentes de software y hardware.
 - Bases de **datos financieros**: Información como horas de trabajo, costes incurridos, presupuestos y cualquier sobrecoste del proyecto.
 - Bases de datos de **información histórica** y conocimientos sobre **lecciones aprendidas**: Registros y documentos de proyectos, información sobre los resultados y el rendimiento de los proyectos, información de las actividades de gestión de riesgos.
 - Bases de datos de **gestión de problemas y defectos** que contienen el estado de los problemas y defectos, la información de control, la resolución de problemas y defectos, y los resultados de los elementos de acción.
 - Bases de datos para **métricas** utilizadas para recopilar y poner a disposición datos de medición sobre procesos y productos.
 - **Archivos de proyectos anteriores**: Línea base de medición de alcance, cronograma y rendimiento, calendarios de proyectos, diagramas de redes de proyectos, registro de riesgos, informes de riesgos y registros de partes interesadas.

Toda esta **base de conocimiento** (información histórica, archivos de proyecto que ya se hayan hecho, lecciones aprendidas, etc.) es muy importante a la hora de arrancar un nuevo proyecto, puesto que se puede obtener mucha información útil que se podrá reutilizar para el nuevo proyecto y adecuarlo en función de las necesidades.

1.3. Tipos de estructuras organizativas

Hay tres tipos de organizaciones:

- **Funcionales.** Organizaciones que reúnen en **grupos funcionales** (departamentos) a personas que realizan tareas similares o que utilizan el mismo tipo de competencias y conocimientos. En esta estructura, las personas se gestionan mediante líneas claras de autoridad que se extienden a través de cada grupo hasta el subdirector y, en última instancia, hasta una única persona en la cúspide (director general). Por ejemplo, en la Figura 1.3, se ve que todas las personas que desempeñan funciones de recursos humanos de la organización (como contratación, formación y gestión de beneficios) están en el grupo de recursos humanos, que depende del director general. En la estructura funcional, el director del proyecto tiene menos autoridad sobre los miembros del equipo que en cualquier otro tipo de estructura organizativa. De hecho, actúa más como coordinador del proyecto que como director del mismo, ya que los subdirectores mantienen toda la autoridad sobre los miembros del equipo del proyecto y el presupuesto del mismo. En la Figura 1.3 se muestra un ejemplo de organización funcional, donde el personal sombreado sería aquel involucrado en las actividades del proyecto que se está realizando.
 - Ventajas:
 - Cada grupo funcional es experto en su área de especialización.
 - Relaciones jerárquicas claras.
 - Los grupos funcionales proporcionan a las personas un entorno de trabajo centrado y de apoyo.
 - Desventajas:
 - Dificulta la colaboración eficaz entre diferentes grupos funcionales.
 - El principal interés de los miembros del grupo funcional es realizar eficazmente las tareas de su área más que lograr objetivos y resultados.

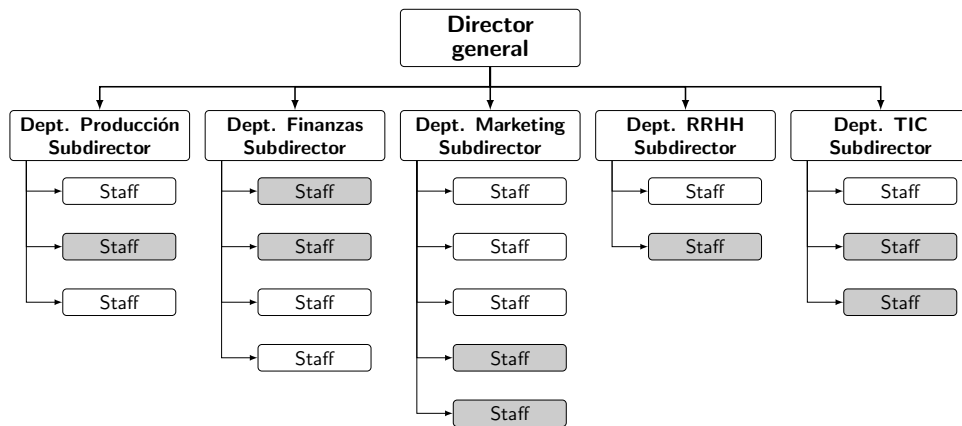


Figura 1.3: Ejemplo de organización funcional

- Un grupo funcional puede tener dificultades para conseguir la adhesión y el apoyo a su proyecto de otros grupos funcionales que deberían apoyar el proyecto o se verán afectados por él.
- **Proyectizadas.** Agrupa a todo el personal que trabaja en un proyecto concreto. Los miembros del equipo del proyecto suelen estar juntos y bajo la autoridad directa del director del proyecto durante la duración del mismo. El director de proyecto tiene una **autoridad casi total** sobre los miembros de su equipo en la estructura proyectizada. Realiza las asignaciones y dirige las tareas de los miembros del equipo; controla el presupuesto del proyecto; lleva a cabo las evaluaciones de rendimiento y aprueba los aumentos, bonificaciones y vacaciones de los miembros del equipo y de los miembros del equipo. En la Figura 1.4 se ve que en los proyectos 1 y 2 están trabajando 4 personas, mientras que en el proyecto 3 hay 5 empleados.

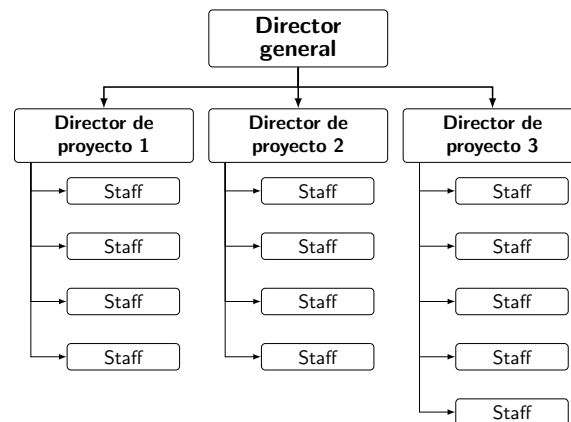


Figura 1.4: Ejemplo de organización proyectizada

- Ventajas:
 - Todos los miembros del equipo de proyectos dependen directamente del director de proyecto.
 - Los miembros del equipo de proyectos pueden desarrollar más fácilmente un sentido compartido de identidad, lo que se traduce en un mayor compromiso mutuo y posibilidad de éxito del proyecto.
 - Todos los miembros del equipo comparten los procesos para realizar el trabajo del proyecto, la comunicación, la resolución de conflictos y la toma de decisiones.
- Desventajas:
 - Altos costes de personal.
 - Reducción del intercambio técnico entre proyectos.
 - Reducción de la continuidad de la carrera profesional, de las oportunidades y de la sensación de seguridad en el empleo.

- **Matriciales.** Cada vez con mayor frecuencia, los proyectos implican y afectan a muchas áreas funcionales de una organización. Como resultado, el personal de estas diferentes áreas debe trabajar conjuntamente para llevar a cabo con éxito el trabajo del proyecto. La estructura organizativa matricial combina elementos de las estructuras funcional y proyectizada para facilitar la participación receptiva y eficaz de personas de distintas partes de la organización en proyectos que requieren de sus conocimientos especializados. Como muestra la Figura 1.5, en una estructura organizativa matricial, se asignan personas de distintas áreas de la organización para trabajar en proyectos. Los jefes de proyecto dirigen la realización de las actividades del proyecto, mientras que los supervisores directos de las personas (de los departamentos de finanzas, producción y ventas) realizan tareas administrativas, como la evaluación formal del rendimiento de las personas y la aprobación de ascensos, aumentos salariales o solicitudes de permisos. Dado que una persona puede estar en un proyecto menos del 100 % de su tiempo, puede trabajar en más de un proyecto a la vez.

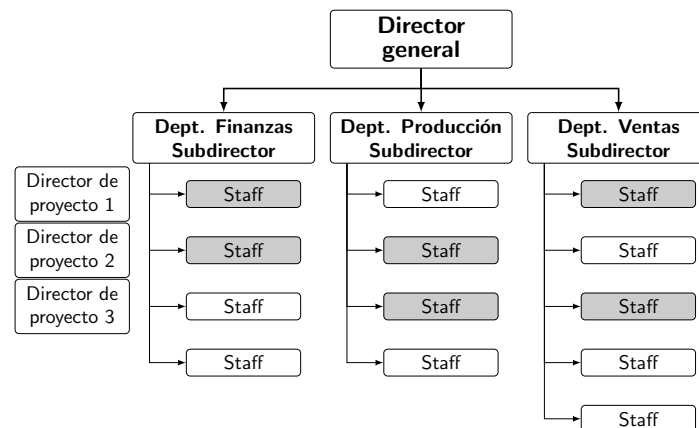


Figura 1.5: Ejemplo de organización matricial

- **Ventajas:**
 - Los equipos pueden reunirse rápidamente.
 - Conseguir el apoyo de las unidades funcionales de los miembros del equipo es más fácil con la estructura matricial que con las estructuras funcionales o por proyectos.
 - Se maximiza la utilización de los recursos humanos.
- **Desventajas:**
 - El control es compartido, al menos, entre dos jefes.
 - Los miembros del equipo pueden no estar familiarizados con los estilos y conocimientos de los demás.
 - Los miembros del equipo pueden centrarse más en sus tareas individuales y menos en el proyecto y sus objetivos.

Un entorno matricial se clasifica como débil, fuerte o equilibrado, en función del grado de autoridad de los directores de proyecto sobre sus equipos:

- **Matricial débil:** Los miembros del equipo del proyecto reciben la mayor parte de sus instrucciones de sus jefes funcionales. Los directores de proyecto tienen poca o ninguna autoridad directa sobre los miembros del equipo y en realidad funcionan más como coordinadores de proyecto que como gestores.
- **Matricial fuerte:** Las empresas con estructuras matriciales fuertes eligen a los jefes de proyecto para los nuevos proyectos de entre un grupo de personas cuyo único trabajo es gestionar proyectos, por lo que estas personas nunca actúan como miembros del equipo. A menudo, estos directores de proyectos forman una única unidad organizativa que depende de un subdirector de directores de proyectos. Además de dirigir y orientar el trabajo del proyecto, estos directores de proyectos tienen bastante autoridad administrativa sobre los miembros del equipo, como el derecho a participar en sus evaluaciones de rendimiento. Por ello, en una estructura matricial fuerte, los subdirectores tienen, en general, poca autoridad sobre los empleados.

- *Matricial equilibrada*: Las personas son asignadas para dirigir proyectos o actuar como miembros de un equipo en función de las necesidades de los proyectos y no de la descripción de su puesto. Aunque el director de proyecto puede tener cierta autoridad administrativa sobre los miembros del equipo (como aprobar las solicitudes de permisos), en su mayor parte, el director de proyecto guía, coordina y facilita el proyecto. Así, en estas estructuras la autoridad es media tanto para los subdirectores como para los gestores de proyecto.

La Figura 1.6 muestra el nivel de autoridad del gestor de proyecto y el subdirector según el tipo de estructura organizativa.

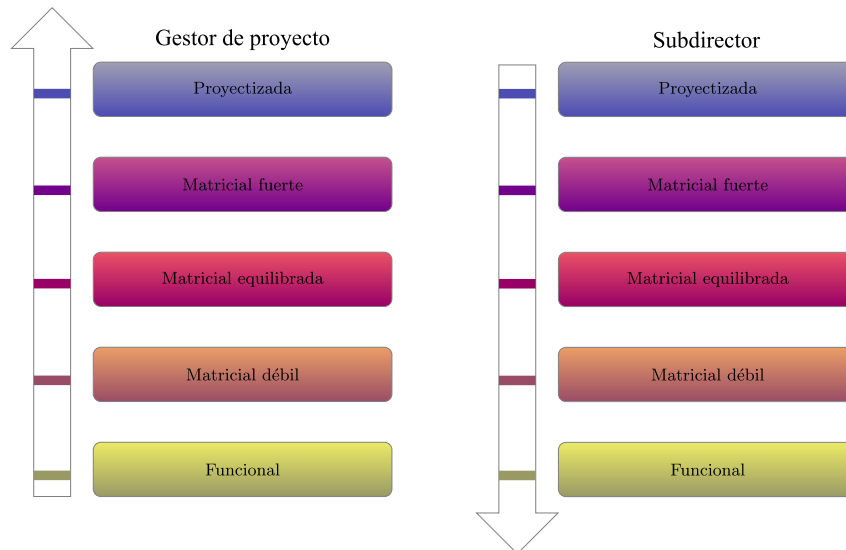


Figura 1.6: Autoridad del gestor de proyectos y subdirector según el tipo de estructura organizativa

1.4. Interesados

También se les conoce como **stakeholders** e incluirían todas las partes interesadas en el proyecto.

Definición 1.7 Stakeholders son todos los individuos, grupos u organizaciones que están **involucrados** activamente en el proyecto o que pueden **afectar**, **verse afectados** o **sentirse afectados**, positiva o negativamente, por una decisión, actividad o resultado del proyecto.

No debe ser únicamente una lista de la gente meramente interesada en el proyecto, sino de aquellas personas o grupos que apoyan o se ven afectados por éste. Los stakeholders pueden **participar activamente** en el proyecto, por lo que es muy importante para el project manager **identificar a todos los stakeholders** de forma temprana, puesto que estos stakeholders van a ser los que pongan los **requisitos** del proyecto (las necesidades que debe satisfacer el proyecto para alcanzar con éxito su propósito). Asimismo, se deben **identificar sus expectativas** para satisfacerlas, siendo muy importante que haya una **comunicación fluida** con ellos desde el principio, y crear una estrategia para **gestionar su influencia** dentro del proyecto. Todo esto es un **proceso continuo** a lo largo del ciclo de vida del proyecto, por lo que se trata de un **documento vivo**: identificar a los stakeholders, comprender sus grados relativos de influencia y equilibrar sus demandas, necesidades y expectativas son fundamentales para el éxito del proyecto, puesto que el resultado del proyecto se basa en cómo lo valoren los stakeholders (es decir, si el proyecto cumple (o no) sus expectativas). De hecho, **no hacerlo** puede provocar retrasos, aumentos de costes, problemas inesperados y otras consecuencias negativas, incluida la cancelación del proyecto.

Ejemplo 1.8 Una empresa de tecnología decide lanzar un nuevo software de gestión empresarial. El equipo de desarrollo trabaja en el diseño y la implementación del software, centrándose principalmente en las necesidades de los usuarios finales y en los requisitos técnicos. Sin embargo, no contaron con el departamento de cumplimiento normativo de la empresa, un stakeholder clave, al encargarse de garantizar que el software cumpla con todas las regulaciones y normativas relevantes, como las relacionadas con la privacidad de los datos o la

seguridad de la información. A medida que el proyecto avanza y se acerca al lanzamiento, el departamento de cumplimiento normativo revisa el software y encuentra que no cumple con ciertas regulaciones importantes, lo que obliga a detener el lanzamiento del producto.

Para aumentar las posibilidades de **identificar a todos los stakeholders**, se los puede agrupar por **categorías**:

- **Internos:** Personas y grupos dentro de la organización:
 - *Alta dirección:* Dirección de nivel ejecutivo responsable de la supervisión general de todas las operaciones de la organización.
 - *Solicitantes:* La persona a la que se le ocurrió la idea del proyecto y todas las personas por las que pasó la solicitud.
 - *Director del proyecto (PM):* La persona con la responsabilidad general de llevar a buen término el proyecto.
 - *Miembros del equipo*¹: Personas asignadas al proyecto cuyo trabajo dirige el gestor del proyecto.
 - *Grupos normalmente implicados:* Grupos que suelen participar en la mayoría de proyectos de la organización, como los departamentos de recursos humanos, finanzas, contratos y departamentos jurídicos.
 - *Grupos necesarios solo para este proyecto:* Grupos o personas con conocimientos específicos relacionados con este proyecto.
- **Externos:** Personas y grupos externos a la organización:
 - *Clientes o usuarios:* Personas o grupos que compran o utilizan los productos o servicios.
 - *Colaboradores:* Grupos u organizaciones con los que puede llevar a cabo empresas conjuntas relacionadas con el proyecto.
 - *Vendedores, proveedores y contratistas:* Organizaciones que proporcionan personal, materias primas, equipos u otros recursos necesarios para realizar el trabajo del proyecto.
 - *Organismos reguladores:* Organismos gubernamentales que establecen normas y directrices que rigen algún aspecto del trabajo del proyecto.
 - *Sociedades profesionales:* Grupos de profesionales que pueden influir o estar interesados en el proyecto.
 - *El público:* La comunidad local, nacional e internacional de personas que pueden verse afectadas por el proyecto o estar interesadas en él.

Además de todos ellos, hay que destacar al **patrocinador/sponsor**, la persona que paga y patrocina el proyecto, por lo que se convierte en la máxima autoridad dentro del proyecto.

1.5. Componentes de la dirección de proyectos

Los proyectos constan de varios **componentes** clave que, cuando se gestionan de manera efectiva, dan como resultado la conclusión del proyecto de manera exitosa. Los diversos componentes se interrelacionan entre sí durante la gestión de un proyecto.

¹El PM junto con aquellos miembros del equipo que tienen conocimientos de gestión de proyectos (control de costes, tiempo, etc.) forman el *equipo de gestión del proyecto*. De esta manera, el equipo de dirección del proyecto:

- Ayuda y asume ciertas funciones del PM.
- Es el grupo de soporte al PM dentro del proyecto.
- Le ayudan en la toma de decisiones.
- Le ayudan a controlar el proyecto.
- Le ayudan a evaluar riesgos.
- ...

Al final hacen funciones de PM, para descargar un poco al propio PM; según el volumen del proyecto, se necesitará más colaboración o menos de miembros del equipo que tengan conocimientos de gestión para repartir el trabajo.

1.5.1. Ciclo de vida de un proyecto

Antes de definir el ciclo de vida de un proyecto, es necesario entender qué es una fase y un punto de control.

■ Fase de un proyecto.

Definición 1.8 Una **fase de proyecto** es la recopilación de actividades del proyecto relacionadas lógicamente que culmina con la **finalización de uno o más entregables**.

Las fases de un ciclo de vida se pueden describir mediante una variedad de atributos, destacando:

- Nombre
- Número
- Duración
- Necesidad de recursos

Ejemplo 1.9 *Descripciones de fases de un proyecto según diferentes atributos:*

- La fase A dura 4 semanas
- Tres fases en el proyecto necesitan personal y equipos
- La fase de propuesta solo necesita personal y dura 3 días
- “Desarrollo de conceptos”, “Estudio de viabilidad”, “Requisitos del cliente”, “Revisión de hitos”...

Las fases que componen el ciclo de vida del proyecto pueden ser secuenciales (consecutivas), iterativas (cíclicas) o superpuestas (simultáneas en puntos), dando lugar a diferentes tipos de ciclos de vida del proyecto: **predictivos** (orientados a planes, con fases secuenciales), **ágiles** (iterativos, incrementales, adaptativos, con fases iterativas) o **híbridos** (mezcla de predictivos y ágiles).

■ Punto de control.

Definición 1.9 Un **punto de control** se encuentra al final de una fase.

El desempeño y el progreso del proyecto se compara con los planes y se toma una decisión como resultado de esta comparación para:

1. Continuar con la siguiente fase.
2. Continuar con la siguiente fase con las modificaciones pertinentes.
3. Finalizar el proyecto.
4. Permanecer en la fase.
5. Repetir la fase o elementos de la misma.

El ciclo de vida del proyecto es **independiente del ciclo de vida del producto** que puede ser fruto del proyecto. El ciclo de vida del producto es una serie de fases que representan la evolución de un producto, desde el concepto hasta la entrega, el crecimiento, la madurez y la retirada del mismo.

Definición 1.10 El **ciclo de vida** de un proyecto representa la **serie de fases** que atraviesa un proyecto desde su inicio hasta su finalización.

En función de cómo sean las fases del ciclo de vida, éste será predictivo, ágil o híbrido.

Ciclo de vida predictivo

En un ciclo de vida predictivo (en cascada) el **alcance** se conoce al principio del ciclo de vida, y se sabe exactamente cuál es el tiempo necesario y los requisitos de coste para entregar. Se prioriza un **proceso definido** de control y coordinación y se realiza un esfuerzo significativo de **planificación al inicio del proyecto**, seguido de una ejecución secuencial de las fases predefinidas. Las **tareas son asignadas por el director de proyecto** según una planificación establecida, y se espera que el equipo las complete siguiendo las especificaciones funcionales y el cronograma establecido. El enfoque se basa en la idea de **planificar todo por adelantado y seguir rigurosamente el plan establecido**. Sin embargo, esta **rigidez** puede resultar problemática en entornos donde la incertidumbre y los cambios son frecuentes, ya que cualquier modificación requiere ajustes significativos en la planificación y aprobaciones adicionales (hay que gestionarlos a través de un proceso de control de cambios); por ello, se tiende a **evitar el cambio**.

Las **principales fases** de este ciclo de vida son las siguientes:

1. **Inicio del proyecto:** Esta etapa consiste en generar, evaluar y enmarcar la necesidad empresarial del proyecto y el enfoque general para llevarlo a cabo, así como de realizarlo y acordar la preparación de un plan de proyecto detallado. Los resultados de esta fase pueden incluir la aprobación para pasar a la siguiente fase, la documentación de la necesidad del proyecto y estimaciones aproximadas del tiempo y los recursos necesarios para llevarlo a cabo (a menudo, incluidos en el acta de constitución), y una lista inicial de personas que pueden estar interesadas, implicadas o afectadas por el proyecto (stakeholders).
2. **Organización y preparación:** En esta fase se elabora un plan que especifique los resultados deseados, el trabajo a realizar, el tiempo, el coste y otros recursos necesarios, así como un plan para la ejecución del proyecto. Los resultados de esta etapa pueden incluir un plan de proyecto que documente los resultados previstos del proyecto y el tiempo, los recursos y los procesos de apoyo para conseguirlos.
3. **Ejecución del trabajo:** Esta fase consiste en crear el equipo del proyecto y los sistemas de apoyo al proyecto, realizar el trabajo previsto y supervisar y controlar el rendimiento para garantizar el cumplimiento del plan actual. Los productos de esta etapa pueden incluir los resultados del proyecto, los informes de avance del proyecto y otras comunicaciones.
4. **Cierre del proyecto:** Esta fase consiste en evaluar los resultados del proyecto, obtener la aprobación del cliente, transferir a los miembros del equipo del proyecto a nuevas tareas, cerrar las cuentas financieras y realizar una evaluación del proyecto. Los resultados de esta fase pueden incluir los resultados finales, aceptados y aprobados del proyecto, así como recomendaciones y sugerencias para aplicar las lecciones aprendidas de este proyecto a iniciativas similares en el futuro.

Para proyectos pequeños, todo este ciclo de vida puede durar unos días; para proyectos más grandes, puede llevar varios años. De hecho, para centrarse más en los aspectos clave y facilitar el seguimiento y el control del trabajo, los directores de proyectos suelen subdividir los proyectos más grandes en fases separadas, cada una de las cuales se trata como un “miniproyecto” y pasa por estas cuatro fases. Sin embargo, por sencillo o complejo que sea el proyecto, estas cuatro etapas son las mismas y están siempre presentes. Aunque, aparentemente, están muy diferenciadas, el éxito de un proyecto requiere a menudo un **enfoque flexible** que responda a las situaciones reales a las que puede enfrentarse, por lo que **no siempre** se completa una fase del proyecto antes de pasar a la siguiente.

Ejemplo 1.10 *A veces las cosas cambian inesperadamente. Las evaluaciones iniciales de viabilidad y beneficios son sólidas y el plan es detallado y realista. Sin embargo, algunos miembros clave del equipo del proyecto abandonan la organización sin previo aviso durante el proyecto. O surge una nueva tecnología que resulta más apropiada que la que figuraba en los planes originales. Ignorar estos sucesos puede poner en grave peligro el éxito del proyecto, por lo que se debe volver a las fases anteriores y replantearlas a la luz de esta nueva realidad.*

Los **niveles de coste y personal** son bajos al principio, aumentan a medida que se lleva a cabo el trabajo y disminuyen rápidamente a medida que el proyecto llega a su fin (ver Figura 1.7). Sin embargo, como muestra la Figura 1.8, el **riesgo** es mayor al comienzo del proyecto y disminuye a lo largo del ciclo de vida, a medida que se toman decisiones y se aceptan los entregables. Por último, el **coste de los cambios** y la **corrección de errores** generalmente aumenta sustancialmente a medida que el proyecto se acerca a la finalización.

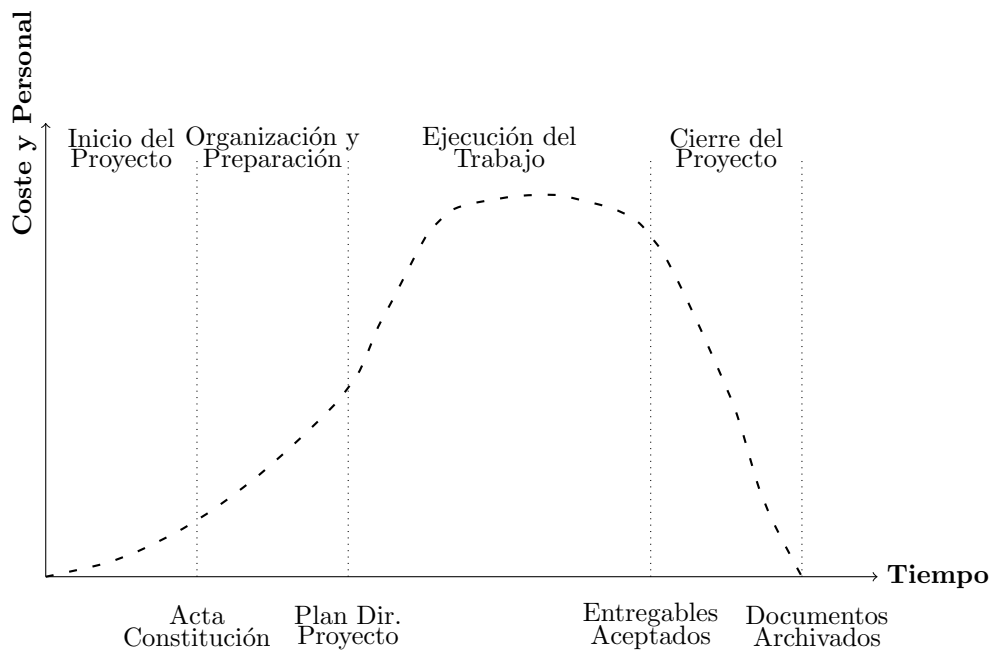


Figura 1.7: Niveles de coste y personal en el ciclo de vida predictivo

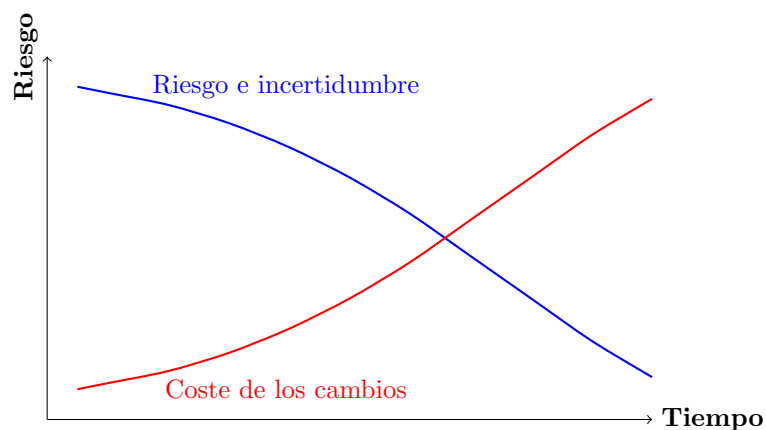


Figura 1.8: Riesgo y coste de los cambios en el ciclo de vida predictivo

Ciclo de vida ágil

El **enfoque ágil** se fundamenta en un **proceso de aprendizaje continuo**, realizando el trabajo **en iteraciones** y, refinando progresivamente el producto en cada paso del camino (**elaboración progresiva**, ver Figura 1.9). Esto se debe a que no se conoce el alcance detallado del proyecto completo al inicio, por lo que es necesario realizar un **proceso iterativo** de aumento del nivel de detalle a medida que se dispone de mayores cantidades de información. Las tareas se almacenan en una **cola priorizada**, y el equipo selecciona las tareas a abordar en cada iteración. Por tanto, el equipo se organiza alrededor del trabajo y la **colaboración** es clave. La planificación se realiza de manera **incremental y adaptable**, permitiendo ajustes en función del feedback recibido y los cambios en las necesidades del cliente. Se promueve la autoorganización y la autogestión del equipo, lo que fomenta la creatividad y la **capacidad de adaptación** a medida que se avanza en el proyecto. Además, **se acepta el cambio** como parte natural del proceso, lo que facilita una respuesta rápida a las demandas del cliente y del mercado. Se entra en más detalles del ciclo de vida ágil en el Tema 8.

Ciclo de vida híbrido

Un ciclo de vida híbrido es una combinación de los enfoques anteriores. Se puede utilizar un enfoque predictivo para los elementos del proyecto que se conocen y un enfoque ágil para los elementos que se harán evidentes con el tiempo.

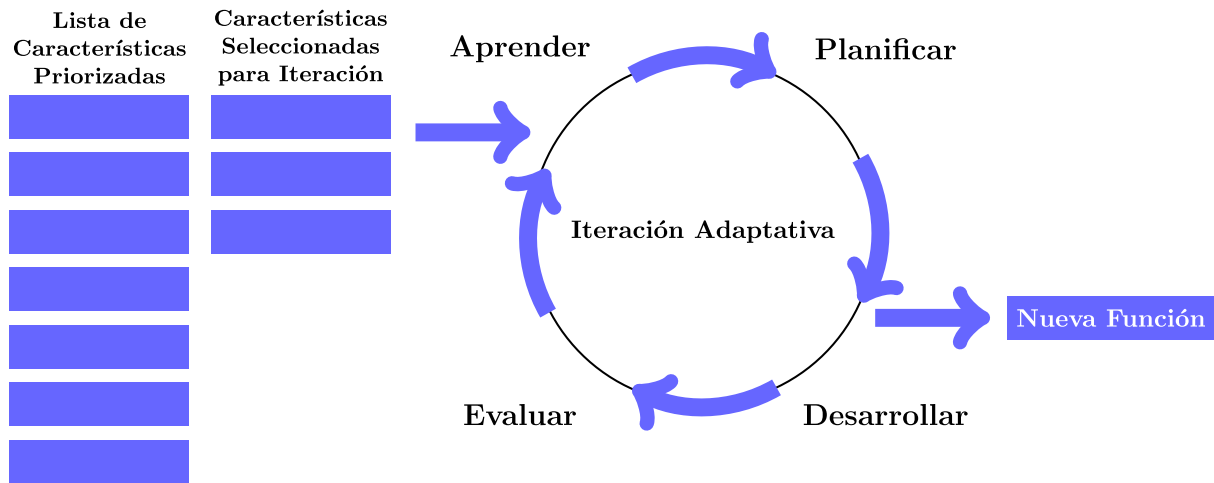


Figura 1.9: Ciclo de vida ágil

Consideraciones para elegir el ciclo de vida

Para seleccionar al iniciar el proyecto qué ciclo de vida utilizar, se debe considerar la incertidumbre en cuanto a los **requerimientos y tecnología** del proyecto, como se muestra en la Figura 1.10.

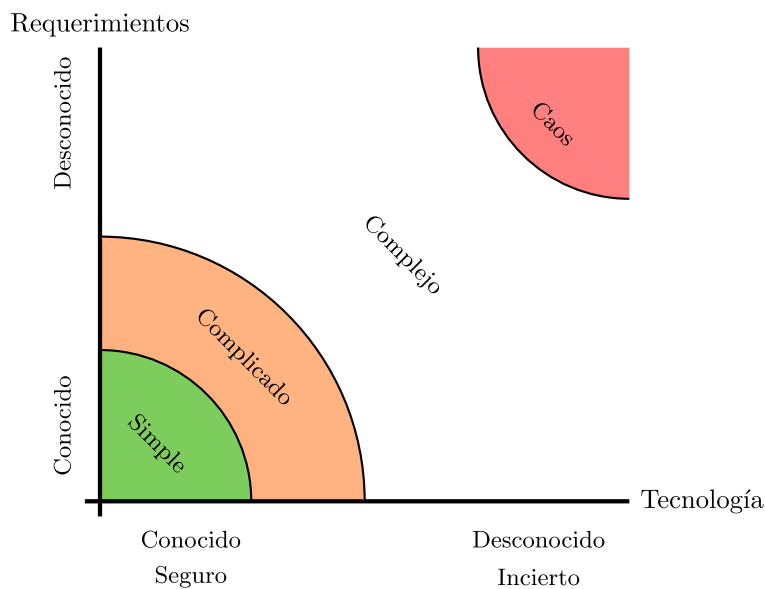


Figura 1.10: Consideraciones para elegir el ciclo de vida del proyecto

- Cuando se conocen los requerimientos y la tecnología, se dice que se tiene un **proyecto simple**. En ese caso, se recomienda hacerlo mediante un **ciclo de vida predictivo**: se pueden hacer todas las planificaciones desde el inicio y luego ir controlando que se cumplen tanto las planificaciones como la forma de ejecutar el proyecto.
- Cuando hay cierta incertidumbre en cuanto a requerimientos y tecnología, se tiene un **proyecto complicado**. Puede utilizarse un **modelo híbrido** (usando la tradicional en lo que se tiene asegurado y la ágil en las partes con más riesgo) o seguir haciéndose con el **modelo predictivo**, porque en cualquier proyecto hay riesgos asociados a las actividades, pero se pueden mitigar incluyendo contingencias para aquello que aún no está del todo claro; de esta forma, se puede ir resolviendo durante el proyecto sin que afecte a las líneas base y se pueda gestionar.
- Cuando hay mucha incertidumbre en tecnología y requerimientos, se tiene un **proyecto complejo**. Se debería usar un **ciclo de vida ágil**, porque no se puede hacer la planificación ni definir unas líneas base del proyecto para luego ir comparando. Por tanto, se va trabajando con lo conocido y según se va avanzando, se va planificando lo nuevo que se va conociendo (trabajo por iteraciones y mejora continua).

- Cuando no se conoce nada, no se debería empezar hasta conocer más información (**proyecto caos**).

Ejemplo 1.11 ■ *La construcción de una casa estándar puede seguir un ciclo de vida predictivo. Los requerimientos y la tecnología están bien definidos y son conocidos desde el inicio. Se sabe cómo construir una casa porque ya se ha hecho muchas veces antes. Los planos, los materiales y los métodos de construcción están claramente especificados.*

- *La implementación de un nuevo sistema ERP (Enterprise Resource Planning) en una empresa grande. Aunque se conocen los requerimientos y la tecnología, existen ciertas incertidumbres debido a la complejidad de integrar el sistema con los procesos existentes y la personalización que se pueda necesitar. Sin embargo, se pueden prever estas incertidumbres y mitigar los riesgos a través de planes de contingencia, por lo que puede seguir un ciclo de vida predictivo.*
- *El desarrollo de una aplicación de software innovadora con tecnologías emergentes debería seguir un ciclo de vida ágil. La idea es clara, pero tanto los requerimientos como la tecnología están sujetos a cambios frecuentes debido a la evolución del mercado, la tecnología o las necesidades del usuario. La innovación y la rapidez de los cambios tecnológicos generan una gran incertidumbre.*
- *El desarrollo de una tecnología revolucionaria que aún está en fase de investigación como la teletransportación cuántica. No hay información suficiente sobre cómo se podría realizar el proyecto, ni sobre los requerimientos ni sobre la tecnología. El proyecto está lleno de incertidumbres insuperables en su estado actual. Por eso, se trata de un proyecto caos y no debe iniciarse hasta que se disponga de más información.*

1.5.2. Procesos de dirección de proyectos

El ciclo de vida predictivo del proyecto se gestiona mediante la ejecución de una serie de actividades de gestión conocidas como procesos de gestión de proyectos.

Definición 1.11 Los **procesos de dirección de proyectos** describen las **acciones necesarias** para gestionar el proyecto.

Cada proceso de dirección de proyectos produce uno o más **outputs** (salidas) de uno o varios **inputs** (entradas) mediante el uso de **tools & techniques** (herramientas y técnicas) de dirección de proyectos apropiadas (ver Figura 1.11).

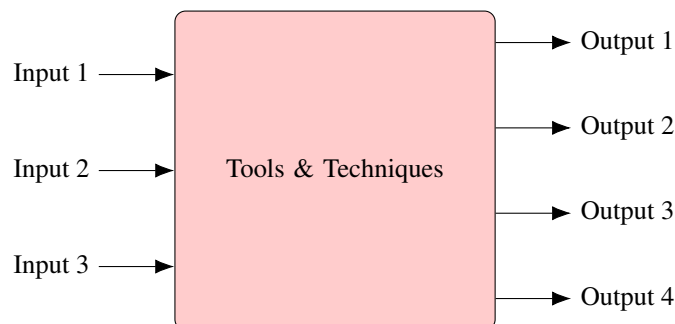


Figura 1.11: Proceso de dirección de proyectos

El resultado de un proceso generalmente resulta en:

- Un input a otro proceso.
- Un entregable del proyecto o fase del proyecto.

En general, los procesos se pueden clasificar en tres categorías:

- **Procesos utilizados una vez o en puntos predefinidos del proyecto:** Por ejemplo, desarrollar el plan de ejecución del proyecto; cerrar una fase del proyecto.

- **Procesos que se realizan periódicamente según sea necesario:** Por ejemplo, el proceso de adquisición de recursos se realiza a medida que se necesitan recursos; el proceso de realizar adquisiciones se realiza antes de necesitar el artículo adquirido.
- **Procesos que se realizan de forma continua a lo largo del proyecto:** Por ejemplo, muchos de los procesos de monitorización y control están en curso desde el inicio del proyecto hasta que se cierra.

Para llevar a cabo con éxito estos procesos se requiere lo siguiente:

- **Información:** Datos precisos, oportunos y completos para la planificación, el seguimiento del rendimiento y la evaluación final del proyecto.
- **Comunicación:** Intercambio de información claro, abierto y oportuno con las personas y grupos adecuados durante toda la duración del proyecto.
- **Compromiso:** Compromiso personal de los miembros del equipo para cumplir con los resultados acordados a tiempo y dentro del presupuesto.

1.5.3. Grupos de procesos de dirección de proyectos

Definición 1.12 Un grupo de procesos es un agrupamiento lógico de procesos de la dirección de proyectos para alcanzar objetivos específicos del proyecto.

Los procesos de la dirección de proyectos se agrupan en **cinco grupos de procesos**:

- **Inicialización:** Se reconoce que el proyecto, la fase o la actividad debe comenzar (aclarar la necesidad empresarial). Este proceso incluye la definición de los objetivos, las expectativas de alto nivel y los presupuestos de recursos del proyecto/fase/subproyecto. Se empieza a identificar los stakeholders y se realiza el **acta de constitución** del proyecto, que supone la autorización para empezar el proyecto.

Todos los proyectos empiezan con una idea. Los responsables de la toma de decisiones tienen en cuenta las dos cuestiones siguientes a la hora de decidir si seguir adelante con un proyecto:

- **¿Se debería hacer?:** ¿Merecen la pena los beneficios que se espera obtener frente a los costes que habrá que pagar?
- **¿Se puede hacer?:** ¿Es el proyecto técnicamente viable? ¿Se dispone de los recursos necesarios?

Si la respuesta a ambas preguntas es “Sí”, el proyecto puede pasar al grupo de procesos de planificación, durante la cual se elabora un plan de proyecto. Si la respuesta a cualquiera de las dos preguntas es un “No” rotundo y definitivo, el proyecto no debe avanzar bajo ninguna circunstancia. Si no se puede hacer nada para que sea deseable y viable, los responsables de la toma de decisiones deben cancelar el proyecto inmediatamente. Cualquier otra cosa garantiza el despilfarró de recursos, la pérdida de oportunidades y la frustración del personal.

Ejemplo 1.12 El responsable del departamento de publicaciones de una empresa acaba de recibir una solicitud para imprimir un documento de 20000 páginas en diez minutos, lo que requiere un equipo que pueda imprimir 2000 páginas por minuto. La impresora de la organización tiene una velocidad máxima de 500 páginas por minuto, y los proveedores de la organización confirman que el equipo de impresión más rápido disponible en la actualidad tiene una velocidad máxima de 1000 páginas por minuto. ¿Se debe aceptar planificar y llevar a cabo este proyecto cuando se sabe que no se puede cumplir la solicitud? Por supuesto que no. En lugar de prometer algo que se sabe que no se puede cumplir, se debe considerar la posibilidad de preguntar al cliente si puede cambiar la petición. Por ejemplo, ¿puede aceptar el documento en 20 minutos? ¿Puede reproducir ciertas partes del documento en los primeros diez minutos y el resto más tarde?

- **Planificación:** Se detalla el alcance del proyecto, los plazos, los recursos y los riesgos, así como los enfoques previstos para las comunicaciones del proyecto, la calidad y la gestión de las compras externas de bienes y servicios. En general, se **diseña un plan** para cumplir con los objetivos, que se pondrá por escrito para aclarar detalles y reducir las posibilidades de olvidar algo. A menudo, la

presión por obtener resultados rápidos anima a la gente a saltarse la planificación e ir directamente a las tareas. Aunque esta estrategia puede generar mucha actividad inmediata, también crea grandes posibilidades de despilfarro y errores, por lo que no es una práctica recomendable. De hecho, el éxito del proyecto depende en gran medida de la **claridad y precisión** del plan, así como de si la gente considera que puede cumplirlo o no. Por eso, considerar proyectos pasados e involucrar a la gente en el desarrollo del plan, lo hacen más realizable y anima al personal a cumplirlo.

- **Ejecución:** Es el momento de ejecutar el plan creado y **realizar las tareas** asegurando la calidad según el alcance y dentro de plazo y coste. Se establece y gestiona el equipo del proyecto, coordinando los recursos para llevar a cabo el plan determinado. Se miden y obtienen datos para tomar decisiones. Es importante **reportar el estado** de lo que se genera para hacer el proceso de monitorización y control.
- **Monitorización y control:** Se debe asegurar que se siguen los planes del proyecto y que se alcanzan los resultados deseados. Para ello, se comprueba el **rendimiento del proyecto**, fase o actividad (se compara con lo planificado), para tomar las decisiones y/o acciones correctoras necesarias para ayudar a garantizar que los planes del proyecto se implementan con éxito y se consigan los **resultados deseados**. Si hay que hacer cambios, se deberán modificar las planificaciones y repetir el proceso hasta llegar al final proyecto, cuando se hará el cierre. En este grupo de procesos es muy importante **mantener informados** a los stakeholders sobre los logros del proyecto, los problemas que se están encontrando y las posibles revisiones al plan establecido.
- **Cierre:** Formalización de la **aceptación** del producto o servicio final (objetivo del proyecto) y fin de proyecto. También puede darse una **finalización anticipada** si el proyecto se sale del alcance de presupuesto, de tiempo, etc., y no interesa acabarlo. Es recomendable realizar una evaluación posterior al proyecto con el equipo del proyecto para reconocer los logros del proyecto y debatir las lecciones que puede aplicar al siguiente proyecto. (Como mínimo, tome notas informales sobre estas lecciones y cómo las utilizará en el futuro).

La Figura 1.12 muestra cómo interaccionan los grupos de procesos de la dirección de proyectos.

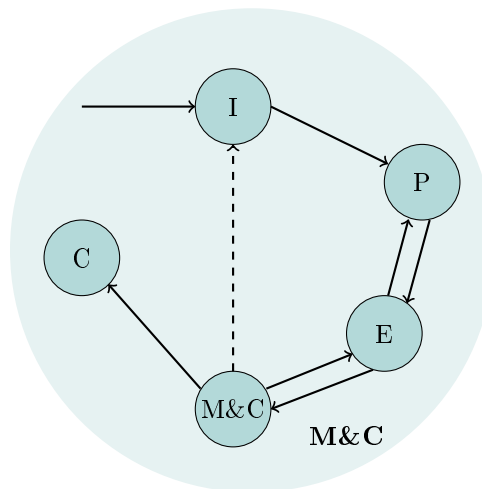


Figura 1.12: Grupos de procesos

- Las flechas que se mueven en el sentido de las agujas del reloj desde el inicio indican que el proceso se mueve generalmente en orden desde el inicio hasta la planificación, la ejecución, la monitorización y el control, y el cierre.
- Las flechas dobles entre los grupos de procesos de planificación, ejecución y control ilustran que a menudo se pasa de uno a otro en función de los acontecimientos. Si durante la ejecución se dispone de nueva información, se puede volver a la planificación.

Ejemplo 1.13 El proceso de control integrado de cambios forma parte del grupo de procesos de control, pero se ocupa de las solicitudes de cambio realizadas durante el grupo de procesos de ejecución. Una vez

finalizado, se vuelve a la ejecución para llevar a cabo los cambios aprobados y comunicar los resultados del control integrado de cambios.

- La flecha de puntos que vuelve de monitorización y control a la iniciación indica que, en determinadas circunstancias limitadas, se puede entrar en la iniciación.

Ejemplo 1.14 *El proyecto tiene tantos problemas que se reevalúa la necesidad empresarial.*

- El círculo sombreado con la etiqueta M&C que encierra el resto de los grupos de procesos representa que la monitorización y control se lleva a cabo de principio a fin en el proyecto. El trabajo en todos los demás grupos de procesos tiene lugar en el contexto de la monitorización y control continuos.

1.5.4. Áreas de conocimiento de dirección de proyectos

Además de los grupos de procesos, los procesos también se clasifican en diez áreas de conocimiento.

Definición 1.13 Un **área de conocimiento** es un área identificada de la dirección de proyectos definida por sus **requisitos de conocimientos** y que se describe en términos de los **procesos**, prácticas, entradas, salidas, herramientas y técnicas que la componen.

Por lo tanto, representan los diferentes aspectos que un PM debe abordar durante el ciclo de vida de un proyecto. Las diez áreas de conocimiento son:

- **Integración:** Incluye los procesos y actividades para identificar, definir, combinar, unificar y coordinar los diversos procesos y actividades de gestión de proyectos dentro de los grupos de procesos de gestión de proyectos.
- **Alcance:** Incluye los procesos necesarios para garantizar que el proyecto incluya todo el trabajo requerido, y **solo el trabajo requerido**, para completar el proyecto con éxito.
- **Cronograma:** Incluye los procesos necesarios para gestionar la finalización oportuna (en plazo) del proyecto.
- **Coste:** Incluye los procesos involucrados en la planificación, estimación, valoración, financiación, administración y control de costes para que el proyecto pueda completarse dentro del presupuesto aprobado.
- **Calidad:** Incluye los procesos para incorporar la política de calidad de la organización considerando la planificación, gestión y control de los requisitos de calidad del proyecto y del producto, con el fin de satisfacer las expectativas de las partes interesadas y cumplir las necesidades para las que fue creado.
- **Recursos:** Incluye los procesos para identificar, adquirir y administrar los recursos necesarios para la finalización exitosa del proyecto, haciendo el uso más efectivo de los recursos involucrados.
- **Comunicación:** Incluye los procesos necesarios para garantizar que se satisfagan las necesidades de información del proyecto y sus partes interesadas, mediante el desarrollo de artefactos y la implementación de actividades diseñadas para lograr un intercambio de información efectivo.
- **Riesgo:** Incluye los procesos de planificación de gestión de riesgos, identificación, análisis, planificación de respuestas, implementación de respuestas y monitorización de riesgos en un proyecto.
- **Adquisiciones:** Incluye los procesos necesarios para comprar o adquirir productos, servicios o resultados necesarios de fuera del equipo del proyecto o la organización.
- **Stakeholders:** Incluye los procesos necesarios para identificar a las personas, grupos u organizaciones que podrían tener un impacto o ser impactados por el proyecto, para analizar sus expectativas y su impacto en el proyecto, y para desarrollar estrategias de gestión apropiadas para involucrarlos efectivamente en las decisiones y la ejecución del proyecto.

1.5.5. Grupos de procesos y áreas de conocimiento

La Figura 1.13 muestra de manera esquemática la relación entre los procesos, los grupos de procesos y las áreas de conocimiento.

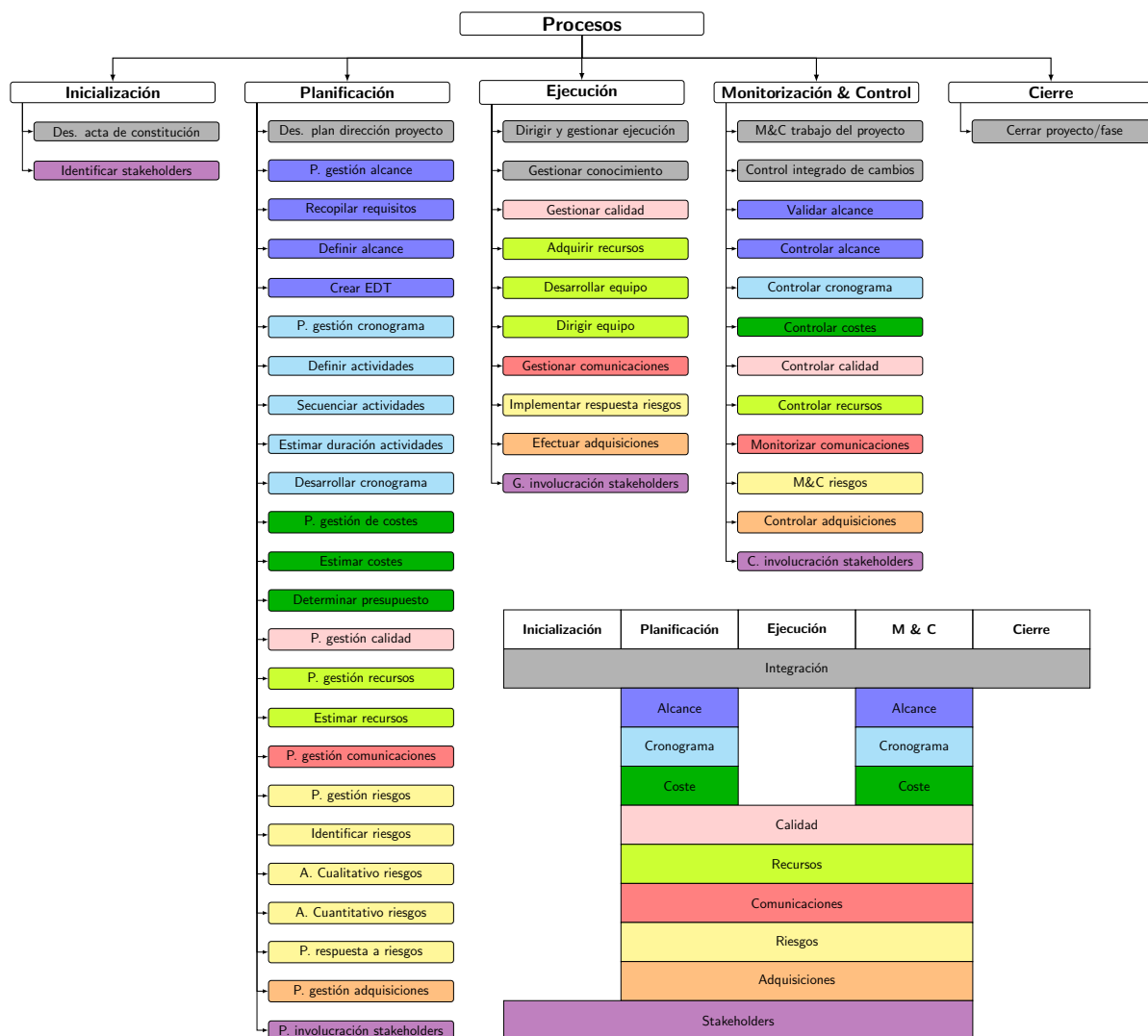


Figura 1.13: Grupos de procesos y áreas de conocimiento

Ejercicio 1.2 Hacer un diagrama análogo al de la Figura 1.13, pero agrupando por áreas de conocimiento y sombreando según el grupo de proceso.

1.6. Gestión de datos e información

Los datos del proyecto se recopilan y analizan regularmente a lo largo del ciclo de vida del proyecto:

- **Datos de rendimiento del trabajo (recopilar):** Las observaciones y mediciones identificadas durante las actividades realizadas para llevar a cabo el trabajo del proyecto.

Ejemplo 1.15 • Porcentaje reportado de trabajo completado físicamente.

- Fechas de inicio y finalización de las actividades programadas.
- Número de solicitudes de cambio.
- Coste real.
- Duración real.

- ...

- **Información de rendimiento del trabajo (análisis):** Los datos de rendimiento recopilados de varios procesos de control, analizados en contexto e integrados en función de las relaciones entre áreas.

- Ejemplo 1.16** • *Estado de los entregables.*
- *Estado de implementación de las solicitudes de cambio.*
 - *Estimaciones de pronóstico para completar.*
 - ...

- **Informes de desempeño del trabajo (representar):** La representación física o electrónica de la información del desempeño del trabajo compilada en documentos de proyectos, que tiene como objetivo generar decisiones o plantear problemas, acciones o conciencia.

- Ejemplo 1.17** • *Informes de estado.*
- *Justificaciones.*
 - *Notas de información.*
 - *Actualizaciones.*
 - ...

1.7. Dirección de proyectos

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 1.14 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 mostradas en la Figura 1.1 (**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 1.14.

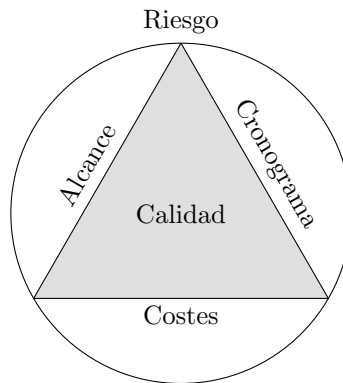


Figura 1.14: Objetivos de la dirección de proyectos

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.
- Sobrecostes.
- 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.

1.7.1. 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 1.15 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 1.18 *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, conocidas como el **triángulo del talento** (ver Figura 1.15):

- **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 (diseñar una estrategia a medida para el proyecto, seleccionando el mejor enfoque —tradicional/ágil—).
- **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.

Un PM puede liderar a su equipo de diferentes maneras y estilos, destacando:

- *Laissez faire/Dejar hacer:* Dejar que el equipo tome sus propias decisiones.
- *Transaccional:* Enfocarse en objetivos, feedbacks y recompensas.
- *Servant leader/Líder servicial:* Servir al equipo para la consecución de sus necesidades, enfocarse en el crecimiento de las personas.
- *Transformacional:* Inspiración, motivación, líder del cambio. . .
- *Carismático:* Alta energía, entusiasta, que contagia . . .



Figura 1.15: Triángulo del talento

- *Interaccional*: Combina transaccional, transformacional y carismático.

No hay que escoger un tipo de liderazgo, sino que interesa utilizar un **liderazgo situacional**: el **estilo de liderazgo irá cambiando en función de las necesidades y condiciones** del entorno, del equipo, etc. Es decir, el PM debe saber **adecuar** su liderazgo dependiendo del momento (actuar de una forma u otra según las necesidades y según se perciba al equipo). Se debe tener inteligencia emocional para saber identificar cómo está el equipo y el contexto de la situación para actuar de una forma u otra.

Ejemplo 1.19 *En un momento crítico o de mucho agobio, hay que hacer de servant leader, dar apoyo, ayudarles para que saquen el trabajo, resolver impedimentos, etc.*

- **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 1.20 *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 1.1): 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.

Además de todo esto, debido a la naturaleza temporal del proyecto, puede crear algunos retos de gestión:

- **Asignaciones adicionales**: Es posible que se pida a los empleados que acepten una asignación a un nuevo proyecto, **además de** (y no en lugar de) las asignaciones existentes. Y es posible que no se les pregunte cómo puede afectar el nuevo trabajo a sus proyectos actuales. Cuando surgen conflictos por el tiempo de una persona, es posible que la organización no disponga de directrices o procedimientos adecuados para resolverlos.
- **Gente nueva en equipos nuevos**: Personas que no han trabajado juntas antes y que ni siquiera se conocen pueden ser asignadas al mismo equipo del proyecto. Esta falta de familiaridad puede ralentizar el proyecto porque los miembros del equipo pueden:
 - Tener diferentes estilos de funcionamiento y comunicación.
 - Utilizar procedimientos diferentes para realizar el mismo tipo de actividad.

- No tener tiempo para desarrollar el respeto y la confianza mutuos.

Se entra en más detalle en la Sección 5.3.2.

- **Sin autoridad directa:** Según el tipo de estructura organizativa (ver Sección 1.3), el PM puede no tener autoridad directa sobre los miembros del equipo. Por tanto, no puede aplicar las recompensas que suelen fomentar el rendimiento del equipo (como aumentos salariales, evaluaciones de rendimiento superiores, ascensos laborales...). Además, los conflictos sobre compromisos de tiempo o dirección técnica pueden requerir la aportación de varias fuentes. Por ello, no pueden resolverse con una decisión unilateral.

Tema 2

Gestión de la integración

2.1. Gestión de la integración

La razón de ser del PM, es **hacer que todo funcione correctamente**, lo que se conoce como **gestión de la integración**. Se entiende por **integración** el equilibrio de todos los procesos del área de conocimiento entre sí (alcance, tiempo, coste, calidad, recursos, comunicaciones, riesgo, adquisiciones e interesados).

Definición 2.1 La **gestión de la integración** incluye los procesos y actividades para **identificar, definir, combinar, unificar y coordinar** los diversos procesos y actividades de dirección del proyecto dentro de los grupos de procesos de la dirección de proyectos.

Se trata de una doble integración:

- **Integración y ejecución de la estrategia:** Trabajar con el patrocinador del proyecto para comprender los objetivos estratégicos y asegurar la alineación de los objetivos y resultados del proyecto con los de la cartera, el programa y las áreas de negocio.
- **Integración de procesos, conocimientos y personas:** Guiar al equipo de trabajo en conjunto para centrarse en lo que es realmente esencial a nivel de proyecto (alcance, cronograma, costes, calidad, recursos, comunicaciones, riesgos, compras, stakeholders).

El objetivo de la gestión de la integración es establecer, conocer y saber aplicar los procesos base que permitan integrar todas las áreas de conocimiento y los procesos que las componen. Estos procesos se muestran en la Figura 2.1. Por tanto, las **actividades propias de la integración** son:

- Coordinar y alinear las actividades del proyecto con los grupos de proceso.
- La unificación, integración y consolidación son cruciales para conseguir los objetivos del proyecto y la satisfacción de los stakeholders.
- Gestión adecuada de los procesos para la gestión de proyectos.

El director de proyecto interactúa con los gerentes de programa y portfolio cuando su proyecto está dentro de un programa o portfolio, ya que a menudo se involucran con las mismas partes interesadas y pueden necesitar usar los mismos recursos, lo que puede generar conflictos en la organización.

2.2. Grupo de procesos de inicialización

En el grupo de procesos de inicialización, la gestión de la integración se encarga del proceso de **desarrollar el acta de constitución del proyecto**.

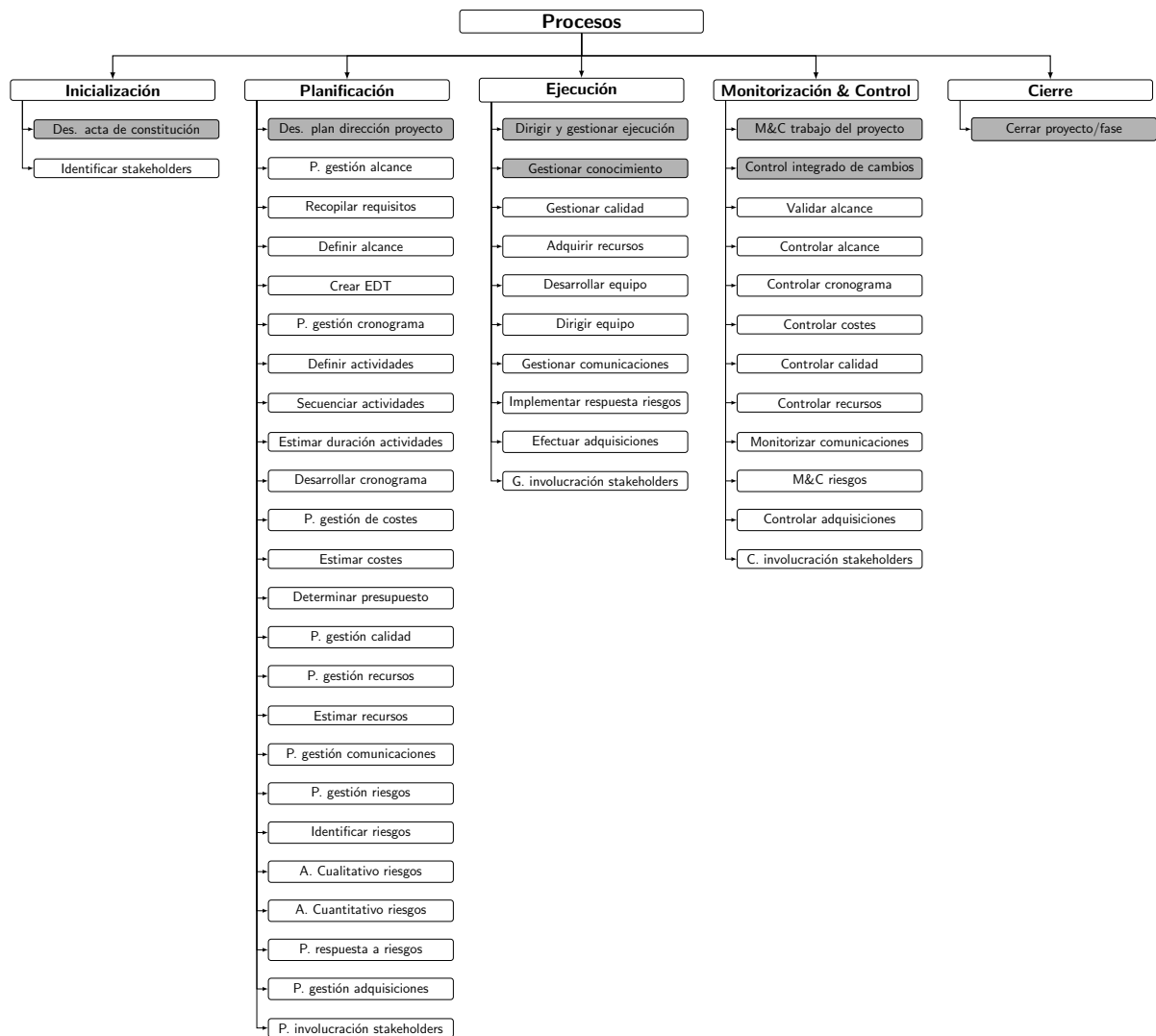


Figura 2.1: Procesos de la gestión de la integración

2.2.1. Desarrollar el acta de constitución del proyecto

Definición 2.2 El **acta de constitución** es un **documento** que **autoriza** formalmente la existencia de un proyecto y confiere al director de proyecto la **autoridad** para **asignar los recursos de la organización** a las actividades del proyecto.

Definición 2.3 **Desarrollar el acta de constitución del proyecto** es el proceso de desarrollar dicho documento.

Hasta que el acta de constitución no está firmado, no se puede empezar a trabajar en el proyecto, puesto que el PM no tiene poderes. Además del PM, también está involucrado el **sponsor**. El origen del acta de constitución es consecuencia del **origen del proyecto** nuevo (ver Sección 1.1.3), donde la empresa propone una **solución de negocio**.

Ejemplo 2.1 *Ejemplos de origen de proyectos nuevos:*

- *Demanda de mercado.*
- *Necesidad de negocio.*
- *Pedido de un cliente.*

- *Cambio tecnológico.*
- *Requisito legal.*
- *Necesidad social.*
- *Posicionamiento estratégico.*

El acta de constitución **debe contener:**

- **Título** del proyecto.
- **Descripción** del proyecto a alto nivel.
- **Justificación** del proyecto: Problema, oportunidad, requisito de negocio, etc., ligado a los documentos de negocio.
- **Objetivos y criterios de éxito:** Cuanto más claros estén definidos los objetivos del proyecto, mayores las posibilidades de alcanzarlos. Algunos consejos para desarrollarlos 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)
- **Requisitos generales del proyecto:** Del cliente, del sponsor y las necesidades y expectativas ya identificadas de los stakeholders, que se irán ampliando en la planificación.
- **Riesgos** del proyecto que ya estén identificados.
- **Resumen del cronograma** de hitos principales.
- **Presupuesto** preliminar.
- **Recursos** preasignados.
- **Criterios de aprobación:** Criterios que deben cumplirse para que el resultado del proyecto sea aprobado por el cliente sin ningún tipo de duda. Es recomendable establecer quién aprueba y firma si se cumplen estos criterios.
- **Stakeholders** clave y su **influencia** dentro del proyecto.
- **Asignación del PM**, su responsabilidad y nivel de autoridad.
- **Nombre y autoridad del patrocinador** que autoriza el proyecto (firma el acta de constitución).

Para conseguir toda esta información, es necesario que se lleven a cabo las siguientes acciones:

- Identificar a los interesados.
- Llevar a cabo reuniones con los interesados para confirmar los requisitos de alto nivel, el alcance del proyecto, riesgos, supuestos y polémicas.
- Definir el alcance del proyecto a alto nivel.
- Definir los criterios de aceptación.
- Definir los objetivos del proyecto.

- Recoger las restricciones con las que parte el proyecto.
- Documentar los riesgos.

Es importante destacar que **no se debe comenzar un proyecto sin tener el acta de constitución que autorice formalmente su inicio.**

La Figura 2.2 muestra los inputs, tools & techniques y outputs del proceso de desarrollar el acta de constitución.

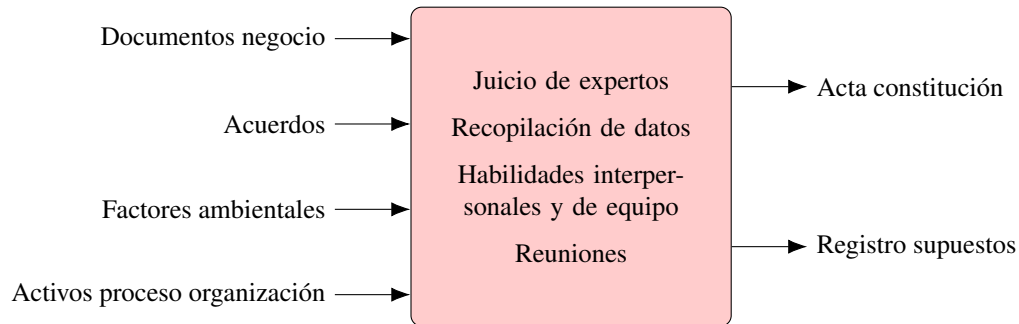


Figura 2.2: Proceso “Desarrollar el acta de constitución del proyecto”

Inputs Como inputs para desarrollar el acta de constitución del proyecto, se necesitan:

- **Documentos de negocio:** Justificación del proyecto desde el punto de vista de negocio (necesidad comercial, demanda insatisfecha, cambio tecnológico, requisito legal, etc.), determinando si es viable o no desde una perspectiva de inversión. Estos documentos son el *caso de negocio* y el *plan de gestión de beneficios*.
- **Acuerdos/Contratos:** Establecen las intenciones iniciales del proyecto, todo lo que ya se tenga para empezar el proyecto.
- **Factores ambientales:** Reconocen la estructura y cultura de la organización (más tradicional, más burocrática, más flexible, más innovadora...), los estándares de industria o gobierno, las condiciones del mercado, la tolerancia a los riesgos de los stakeholders... (ver Sección 1.2.1).
- **Activos del proceso de la organización:** Los procesos, procedimientos, políticas, normas, información histórica... que se ejecutan de forma regular cuando se hacen proyectos (ver Sección 1.2.2).

Tools & Techniques Las tools & techniques necesarias para desarrollar el acta de constitución del proyecto engloban:

- **Juicio de expertos:** Juicio que se brinda sobre la base de la experiencia en un área de aplicación, área de conocimiento, disciplina, industria, etc., según resulte apropiado para la actividad que se está ejecutando. Dicha pericia puede ser proporcionada por cualquier grupo o persona con educación, conocimiento, habilidad, experiencia o capacitación especializada.
- **Recopilación de datos:** Se utilizarán técnicas que sirvan para recoger toda la información que se necesita que quede reflejada en el acta de constitución:
 - *Brainstorming:* Técnica que se utiliza para identificar una lista de ideas en un corto período de tiempo. Se lleva a cabo en un entorno de grupo y es liderada por un facilitador. La tormenta de ideas comprende dos partes: generación de ideas y análisis. La tormenta de ideas puede utilizarse para recopilar datos y soluciones o ideas a partir de los interesados, expertos en la materia y miembros del equipo al desarrollar el acta de constitución del proyecto.
 - *Grupos focales:* Reúnen a interesados y expertos en la materia, previamente seleccionados, para conocer información sobre el riesgo percibido del proyecto, los criterios de éxito, sus expectativas y actitudes... Un moderador capacitado guía al grupo a través de una discusión interactiva diseñada para ser más conversacional que una entrevista individual.

- *Entrevistas.* Manera formal o informal de obtener información de los interesados, a través de un diálogo directo con ellos. Se lleva a cabo habitualmente realizando preguntas, preparadas o espontáneas y registrando las respuestas. Las entrevistas se realizan a menudo de manera individual entre un entrevistador y un entrevistado, pero también pueden implicar a varios entrevistadores y/o entrevistados. Entrevistar a participantes con experiencia en el proyecto, a patrocinadores y otros ejecutivos, así como a expertos en la materia, puede ayudar a identificar y definir características y funciones esperadas del proyecto e incluso para obtener información confidencial.

■ **Habilidades interpersonales y de equipo:** El PM debe poseer las siguientes habilidades:

- *Gestión de conflictos:* La gestión de conflictos es una habilidad esencial en cualquier entorno de trabajo colaborativo. La variedad de opiniones y la posibilidad de malentendidos pueden llevar a situaciones de conflicto que requieren intervenciones específicas para ser manejadas eficazmente. Un conflicto no debe entenderse como algo malo, puesto que puede servir para mejorar al identificar diferentes puntos de vista que a una sola persona se le pueden escapar. Lo que se debe hacer es **gestionarlo adecuadamente** para que no sea un problema en el proyecto. Los principales **métodos de gestión de conflictos** incluyen:
 - Resolución de problemas: Colaboración para resolver el problema (sería lo idílico).
 - Compromiso/Reconciliación: Llegar a un acuerdo entre ambas partes; generalmente, uno cederá en una parte y otro en otra, y así ambos llegan a un “acuerdo” de cómo se va a solucionar el conflicto.
 - Forzar/Dirigir: Imponer una solución en la que una parte gana y la otra pierde; aunque es lo menos adecuado, puede usarse en momentos puntuales.
 - Suavizar/Adaptarse: Suavizar el problema, enfatizar áreas de acuerdo, intentar llegar a puntos comunes y suavizar lo que está generando el problema.
 - Retirarse/Eludir: Evitar o posponer el problema. Tampoco sería muy recomendable, pero en ciertos puntos del proyecto puede ser una forma de actuar.

Ejemplo 2.2 *Si hay una reunión con dirección y viene alguien con un problema en concreto, decirle que en ese momento no se puede y que se verá más tarde.*

De forma genérica, las soluciones imperativas (de fuerza y de posponer/evitar), no serían las más adecuadas.

- *Facilitación:* La facilitación es la capacidad de guiar eficazmente un evento grupal hacia una decisión, solución o conclusión exitosa. El facilitador garantiza que haya una participación eficaz, que los participantes logren un entendimiento mutuo, que se consideren todas las contribuciones, que las conclusiones o los resultados tengan plena aceptación según el proceso de decisión establecido para el proyecto y que las acciones y los acuerdos alcanzados sean abordados luego de manera adecuada.
 - *Gestión de reuniones:* Incluye preparar la agenda, asegurarse de invitar a un representante de cada grupo clave de interesados y preparar y enviar el acta y las acciones de seguimiento.
- **Reuniones:** Reuniones con stakeholders clave para identificar objetivos, criterios de éxito, entregables clave, requisitos... y otra información resumida del proyecto para desarrollar el acta de constitución.

Outputs Como outputs del proceso se tienen:

- **Acta de constitución:** Documento emitido por el patrocinador, que autoriza formalmente la existencia de un proyecto y confiere al director del proyecto la autoridad para aplicar los recursos de la organización a las actividades del proyecto. Sirve para iniciar el proyecto, puesto que autoriza al PM y recoge su nivel de autoridad para evitar conflictos y problemas futuros. Debe ir siempre firmado por el patrocinador y asegura una comprensión común por parte de los interesados de los entregables clave, los hitos y los roles y responsabilidades de todos los involucrados en el proyecto.
- **Registro de supuestos:** Documento que se utiliza para registrar todos los supuestos y restricciones a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Por tanto, este documento va a seguir “vivo” durante todo el proyecto porque se irá actualizando; en esta primera fase, se obtienen esos supuestos y restricciones del proyecto ya identificadas.

2.3. Grupo de procesos de planificación

En el grupo de procesos de planificación, la gestión de la integración se encarga del proceso de **desarrollar el plan para la dirección del proyecto**.

2.3.1. Desarrollar el plan para la dirección del proyecto

Definición 2.4 El **plan para la dirección del proyecto** es un **documento** que establece cómo se llevará a cabo la **gestión, ejecución y control** del proyecto desde su inicio hasta su finalización.

Definición 2.5 **Desarrollar el plan para la dirección del proyecto** es el proceso de **definir, preparar y coordinar** todos los componentes del plan y **consolidarlos** en un plan integral para la dirección del proyecto.

Al desarrollar este plan, lo que se hace es **planificar antes de actuar**, lo que implica desarrollar las acciones necesarias para definir, integrar y coordinar todos los subplanes en un único documento, integrando las **salidas de todas las áreas de conocimiento** (alcance, cronograma, coste, calidad, recursos, comunicaciones, riesgos, adquisiciones y stakeholders, como se muestra en la Figura 2.3). De esta forma, se definen, preparan y coordinan todos los planes secundarios, de manera que **se establecen las bases** para todo el trabajo del proyecto. Por tanto, se trata de una de las principales guías con las que cuenta el PM para hacer bien su trabajo, ya que describe el modo en que el proyecto será ejecutado, monitorizado, controlado y cerrado.



Figura 2.3: Plan para la dirección del proyecto y salidas de las áreas de conocimiento

Además de todos estos subplanes, en el plan para la dirección del proyecto se van a tener, al menos, las tres **líneas base** del proyecto, que son (ver Sección 1.7):

- **Alcance**
- **Cronograma**

- **Costes**

que se corresponden con el “**triángulo de la triple restricción**”, puesto que si se cambia algo de cualquiera de ellos, afectaría a los otros lados (Figura 2.4).

Definición 2.6 Las **líneas base** del plan para la dirección del proyecto son las **referencias del proyecto** en cuanto a alcance, tiempo y coste, de modo que la **ejecución** del proyecto pueda ser **medida y comparada** con esas referencias y que se pueda **gestionar el desempeño**.

Además, también puede tenerse la **línea base de medición de desempeño** (también conocida como línea base de rendimiento) que sirve como punto de referencia para medir y comparar el progreso real del proyecto durante su ejecución con respecto a lo que se había planificado.

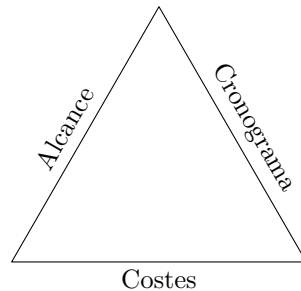


Figura 2.4: Líneas base de la dirección del proyecto

No se debe confundir el plan para la dirección del proyecto con los documentos del proyecto: el plan de dirección del proyecto es “una guía estratégica” que establece la dirección del proyecto y cómo se alcanzarán los objetivos establecidos, proporcionando una visión general y la estrategia para el proyecto, englobando todas las planificaciones de las áreas de conocimiento; sin embargo, los documentos del proyecto son los registros detallados y específicos que respaldan la ejecución y el seguimiento del proyecto. Aunque están estrechamente relacionados y se complementan entre sí, son diferentes en su naturaleza y propósito. El plan de dirección del proyecto establece el marco general, mientras que los documentos del proyecto respaldan la ejecución y el control detallados del proyecto.

Una vez se acaba la planificación (cuando se termina el plan para la dirección del proyecto), éste tiene que ser **aprobado** por los stakeholders y el patrocinador antes de empezar la fase de ejecución. Esto se valida mediante la **reunión de inicio** y supone el fin formal de la planificación y el arranque de la ejecución del proyecto.

La Figura 2.5 muestra los inputs, tools & techniques y outputs del proceso de desarrollar el plan para la dirección del proyecto.

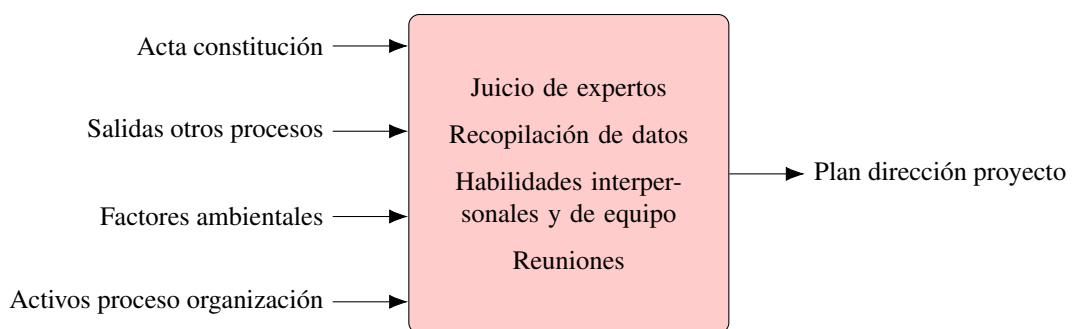


Figura 2.5: Proceso “Desarrollar plan para la dirección del proyecto”

Inputs Como inputs para desarrollar el plan para la dirección del proyecto, se necesitan:

- **Acta de constitución:** Ver Sección 2.2.1.
- **Salidas de todos los procesos individuales de la planificación:** Son los recogidos en la Figura 2.3.

- **Factores ambientales:** Ver Sección 1.2.1.
- **Activos del proceso de la organización:** Ver Sección 1.2.2.

Tools & Techniques Las tools & techniques necesarias para desarrollar el plan para la dirección del proyecto engloban:

- **Juicio de expertos:** Ver Sección 2.2.1.
- **Recopilación de datos:** Se utilizarán técnicas como:
 - *Brainstorming:* Ver Sección 2.2.1.
 - *Grupos focales:* Ver Sección 2.2.1.
 - *Entrevistas:* Ver Sección 2.2.1.
 - *Listas de verificación:* Lista de elementos, acciones o puntos a ser considerados que, a menudo, se utiliza como recordatorio. Puede guiar al PM en el desarrollo del plan o puede ayudar a verificar que toda la información requerida esté incluida en el plan para la dirección del proyecto.
- **Habilidades interpersonales y de equipo:** El PM debe saber:
 - *Gestión de conflictos:* Ver Sección 2.2.1.
 - *Facilitación:* Ver Sección 2.2.1.
 - *Gestión de reuniones:* Ver Sección 2.2.1.
- **Reuniones:** Ver Sección 2.2.1.

Outputs Como output del proceso se tiene:

- **Plan para la dirección del proyecto:** Documento donde se unen todos los planes de las áreas de conocimiento, y que va a ser la base para la ejecución y monitorización del proyecto.

2.4. Grupo de procesos de ejecución

En el grupo de procesos de ejecución, la gestión de la integración se encarga del proceso de **dirigir y gestionar el trabajo del proyecto** y del proceso de **gestionar el conocimiento**.

2.4.1. Dirigir y gestionar el trabajo del proyecto

Definición 2.7 Dirigir y gestionar el trabajo del proyecto es el proceso de **liderar y llevar a cabo el trabajo** definido en el plan para la dirección del proyecto e **implementar los cambios aprobados** para alcanzar los objetivos del proyecto.

Por tanto, se **supervisa, coordina y garantiza** que las actividades planificadas del proyecto se lleven a cabo según el plan para la dirección del proyecto, asegurando que se realice de **manera exitosa**.

Durante la ejecución del proyecto, la responsabilidad principal del PM es **hacer que el trabajo se desarrolle según lo establecido**, integrando toda la ejecución del trabajo en un esfuerzo coordinado que produzca los entregables y, en última instancia, el producto/servicio resultado. En este proceso están involucrados el PM y el equipo de trabajo¹, y requiere:

- Realizar las actividades para conseguir los objetivos del proyecto (es decir, ejecutarlo).
- Entrenar y gestionar a los miembros del equipo asignados al proyecto.
- Implementar los métodos y estándares planeados en el proceso de planificación que están recogidos en el plan para la dirección del proyecto.

¹El equipo de trabajo es el que va a facilitar los datos de las actividades que se están realizando, que se analizarán después para ver el rendimiento.

- Gestionar los contratos.
- Generar datos para analizar en la monitorización y control.
- Gestionar los riesgos.
- Recoger y documentar las lecciones aprendidas.

Para poder hacer todo esto de manera adecuada, es necesario que el PM gestione de manera adecuada la **comunicación** dentro del proyecto, que tenga **liderazgo con vocación de servicio** (ayudar al equipo a identificar problemas, solucionarlos, etc.) y gestionar el plan para la dirección del proyecto como un todo cohesionado, no solo como planes individuales sueltos.

La Figura 2.6 muestra los inputs, tools & techniques y outputs del proceso de dirigir y gestionar el trabajo del equipo.

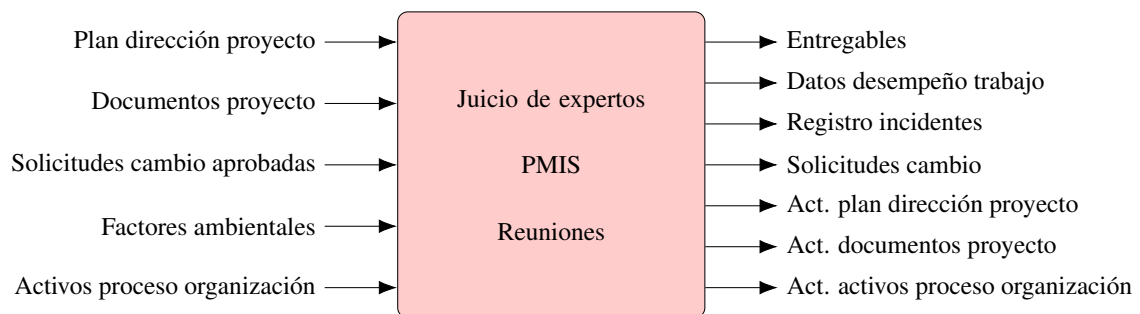


Figura 2.6: Proceso “Dirigir y gestionar el trabajo del proyecto”

Inputs Como inputs para dirigir y gestionar el trabajo del proyecto, se necesitan:

- **Plan para la dirección del proyecto:** Ver Sección 2.3.1.
- **Documentos del proyecto.**
- **Solicitudes de cambio aprobadas:** Las solicitudes de cambio aprobadas se implementarán mediante este proceso. La definición de una solicitud de cambio se hace en los outputs de este mismo proceso.
- **Factores ambientales:** Ver Sección 1.2.1.
- **Activos del proceso de la organización:** Ver Sección 1.2.2.

Tools & Techniques Las tools & techniques necesarias para dirigir y gestionar el trabajo del proyecto engloban:

- **Juicio de expertos:** Ver Sección 2.2.1.
- **Sistema de información para la dirección de proyectos (PMIS):** Aplicaciones/Herramientas de software informático, como herramientas de software para programación, sistemas de autorización de trabajo, sistemas de gestión de la configuración, sistemas de recopilación y distribución de la información, así como interfaces a otros sistemas automáticos en línea como repositorios de bases de conocimiento corporativas. Pertenecen a los activos del proceso de la organización.
- **Reuniones:** Ver Sección 2.2.1.

Outputs Como outputs del proceso se tienen:

- **Entregables:** Cualquier producto, resultado o capacidad único y verificable para ejecutar un servicio que se produce para completar un proceso, una fase o un proyecto. Por lo general, los entregables son los resultados del proyecto y pueden incluir componentes del plan para la dirección del proyecto. Una vez completada cada versión de un entregable, éste debe ser validado por el cliente para, en caso de no estar satisfecho, poder aplicar el control de cambios.
- **Datos de desempeño del trabajo:** Observaciones y mediciones brutas identificadas durante las actividades ejecutadas para llevar a cabo el trabajo del proyecto (fechas reales de comienzo y finalización de las actividades planificadas, estado de los entregables, número de solicitudes de cambio, avance del cronograma, costes reales incurridos, duraciones reales, etc.). Los datos se recopilan a través de la ejecución de los trabajos y se pasan a los procesos de control para su posterior análisis. En general, son datos indicativos de lo que se está ejecutando en cuanto a cronograma, coste, alcance, etc.
- **Registro de incidentes:** El PM normalmente enfrentará problemas, brechas, inconsistencias o conflictos que ocurren de manera inesperada y que requieren alguna acción para que no impacten el desempeño del proyecto. El registro de incidentes es un documento del proyecto en el que se registra y da seguimiento a todos los incidentes. Los datos sobre los incidentes pueden incluir:
 - Tipo de incidente.
 - Quién planteó el incidente y cuándo.
 - Descripción.
 - Prioridad.
 - ...

El registro de incidentes ayuda al PM a realizar el seguimiento y la gestión de los incidentes de manera efectiva, asegurando que sean investigados y resueltos.

- **Solicitudes de cambio:** Propuesta formal para modificar cualquier documento, entregable o línea base. Cuando se detectan problemas durante la ejecución del trabajo del proyecto, se pueden presentar solicitudes de cambio que pueden modificar las políticas o los procedimientos del proyecto, el alcance del proyecto o del producto, el coste o el presupuesto del proyecto, el cronograma del proyecto o la calidad del proyecto o los resultados del producto. Cualquier interesado del proyecto puede solicitar un cambio. Las solicitudes de cambio se procesan para su revisión y tratamiento por medio del proceso realizar el control integrado de cambios (Sección 2.5.2). Las solicitudes de cambio pueden incluir:
 - *Acciones correctivas:* Acciones que hay que realizar para volver a alinear el rendimiento del proyecto al plan para la dirección del proyecto. En general, *cuando hay desviaciones en el proyecto, hay que aplicar acciones correctivas.*
 - *Acciones preventivas:* Acciones que se realizan para reducir la probabilidad de sufrir consecuencias negativas que afecten al buen desarrollo del proyecto. Suelen ir asociadas a prevenir riesgos (a su impacto o a su probabilidad).
 - *Acciones de reparación de defectos:* Cuando se identifica formalmente un defecto en un entregable/parte del proyecto, este cambio implica una recomendación de reparar dicho defecto o reemplazarlo completamente.
 - *Actualizaciones:* Cambios en los documentos del proyecto para recoger los cambios que han sido aprobados, planes o documentos que se han modificado o añadido.

Estas solicitudes de cambio son procesadas de acuerdo con el plan de gestión cambios. Como resultado, los cambios pueden aprobarse, aplazarse o rechazarse. **Las solicitudes de cambio aprobadas se implementarán mediante este proceso.** Las solicitudes de cambio aplazadas o rechazadas se comunican a la persona o grupo que solicita el cambio. El estado de todas las solicitudes de cambio se registra en el registro de cambios como actualización a un documento del proyecto.

- **Actualizaciones al plan para la dirección del proyecto:** Cualquier cambio en el plan para la dirección del proyecto pasa por el proceso de control de cambios de la organización (Sección 2.5.2) mediante una solicitud de cambio. Cualquier componente del plan para la dirección del proyecto puede requerir una solicitud de cambio como resultado de este proceso.

- Actualizaciones de los documentos del proyecto.
- Actualizaciones a los activos del proceso de la organización.

2.4.2. Gestionar el conocimiento del proyecto

Definición 2.8 Gestionar el conocimiento del proyecto es el proceso de **utilizar el conocimiento existente y crear nuevo conocimiento** para alcanzar los objetivos del proyecto y contribuir al aprendizaje organizacional.

Hace referencia al **conocimiento explícito** (conocimiento que puede codificarse fácilmente mediante palabras, imágenes y números) y también al **conocimiento tácito** (conocimiento que tienen las personas del proyecto, es personal y difícil de expresar como creencias, percepciones, experiencia y el “saber hacer”). Desde un punto de vista de gestión, lo importante no es tan solo gestionar el conocimiento “escrito” (es decir, las lecciones aprendidas), sino crear un entorno favorable de comunicación y participación que permita y facilite la compartición del mismo. Se trata de que **el PM cree este entorno favorable** para que haya comunicación y participación por parte de todos los miembros del equipo y que este conocimiento **se difunda a todos los niveles** (puede incluir a los stakeholders cuando sea necesario), para que todo el mundo esté informado de lo que está pasando en el proyecto.

La Figura 2.7 muestra los inputs, tools & techniques y outputs del proceso de gestionar el conocimiento del proyecto.

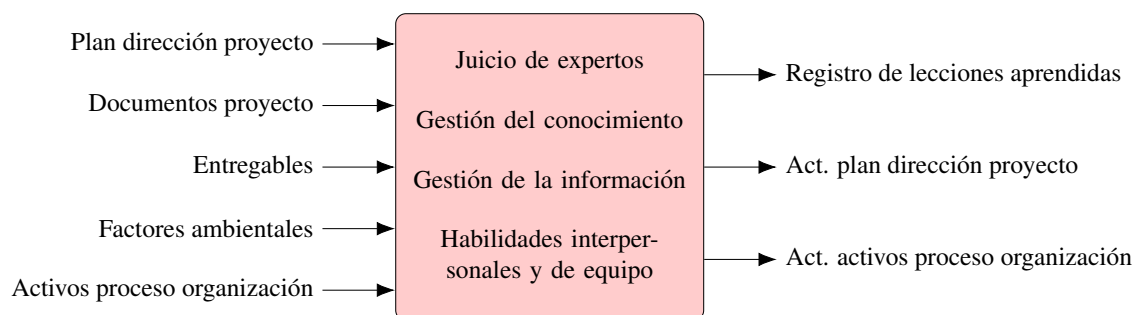


Figura 2.7: Proceso “Gestionar el conocimiento del proyecto”

Inputs Como inputs para gestionar el conocimiento del proyecto, se necesitan:

- **Plan para la dirección del proyecto:** Ver Sección 2.3.1.
- **Documentos del proyecto.**
- **Entregables:** Ver Sección 2.4.1.
- **Factores ambientales:** Ver Sección 1.2.1.
- **Activos del proceso de la organización:** Ver Sección 1.2.2.

Tools & Techniques Las tools & techniques necesarias para gestionar el conocimiento del proyecto engloban:

- **Juicio de expertos:** Ver Sección 2.2.1.
- **Gestión del conocimiento:** Conectan personas de modo que puedan trabajar juntas para crear nuevo conocimiento, compartir conocimiento tácito e integrar el conocimiento de diversos miembros del equipo. Las herramientas y técnicas incluyen, entre otras:
 - Creación de relaciones de trabajo mediante interacción social informal o redes sociales en línea (por ejemplo, foros donde los participantes puedan formular preguntas abiertas).
 - Reuniones, presenciales o virtuales.

- Talleres o aprendizaje por observación (“work shadowing”²) y observación invertida (“reverse shadowing”³)
- Ferias y cafés del conocimiento.
- ...
- **Gestión de la información:** Se utilizan para crear y conectar a las personas con la información. Son efectivas para compartir conocimiento explícito (simple, inequívoco y codificado). Incluyen, entre otras:
 - Servicios de biblioteca.
 - Recopilación de información (búsquedas web, lectura de artículos...).
 - Registro de lecciones aprendidas.
 - ...
- **Habilidades interpersonales y de equipo:** El PM debe poseer las siguientes habilidades interpersonales y de equipo:
 - *Facilitación:* Ver Sección 2.2.1.
 - *Liderazgo:* Ver Sección 1.7.1.
 - *Escucha activa:* Implican captar, aclarar y confirmar, comprender y eliminar las barreras que afectan negativamente a la comprensión.
 - *Creación de relaciones de trabajo:* Interactuar con otros para intercambiar información y desarrollar contactos. Las relaciones de trabajo proporcionan al PM y a su equipo el acceso a organizaciones informales para resolver problemas, influyen en las acciones de sus interesados e incrementan el apoyo por parte de los interesados al trabajo y los resultados del proyecto, mejorando su desempeño.
 - *Conciencia política:* Ayuda al PM a planificar las comunicaciones en base al entorno del proyecto y al entorno político de la organización. La conciencia política tiene que ver con el reconocimiento de las relaciones de poder, tanto formales como informales, y también con la voluntad de operar en el marco de estas estructuras. Comprender las estrategias de la organización, saber quién ejerce poder e influencia en este ámbito, y desarrollar la capacidad de comunicarse con estos interesados, son todos aspectos que hacen a la conciencia política.

Outputs Como outputs del proceso se tienen:

- **Registro de lecciones aprendidas:** Documento donde se van registrando las lecciones aprendidas que se van encontrando durante el proyecto. Puede incluir la categoría y la descripción de la situación, el impacto, las recomendaciones y las acciones propuestas relacionadas con la situación, puede registrar desafíos, problemas, riesgos y oportunidades realizados, u otro contenido según corresponda. Al final de un proyecto o fase, la información se transfiere a un activo de los procesos de la organización llamado “repositorio de lecciones aprendidas”.
- **Actualizaciones al plan para la dirección del proyecto:** Ver Sección 2.4.1.
- **Actualizaciones a los activos del proceso de la organización.**

2.5. Grupo de procesos de monitorización y control

En el grupo de procesos de monitorización y control, la gestión de la integración se encarga del proceso de **monitorizar y controlar el trabajo del proyecto** y del proceso de **control integrado de cambios**.

²Práctica en la que un individuo observa y sigue a otro en su trabajo diario para aprender de sus actividades, procesos y habilidades. Por lo general, el individuo que observa es alguien menos experimentado o que busca adquirir conocimientos específicos relacionados con el trabajo del otro individuo. Durante el proceso de shadowing, el observador puede hacer preguntas, tomar notas y participar en actividades menores, pero principalmente está allí para absorber y aprender de la experiencia del otro. En el contexto de la gestión del conocimiento de un proyecto, el work shadowing puede ser una herramienta valiosa para transferir conocimientos y habilidades entre miembros del equipo.

³Se refiere a la práctica en la que un individuo menos experimentado o más joven guía, enseña o asesora a un individuo más experimentado. En el contexto de la gestión del conocimiento de un proyecto, el reverse shadowing puede ser beneficioso al fomentar el intercambio de conocimientos bidireccional dentro del equipo. Permitir liderar sesiones de reverse shadowing donde comparten su conocimiento con colegas más experimentados puede ayudar a introducir nuevas ideas y perspectivas en el equipo.

2.5.1. Monitorizar y controlar el trabajo del proyecto

Definición 2.9 Monitorizar y controlar el trabajo del proyecto es el proceso de hacer **seguimiento, revisar e informar** el avance general a fin de cumplir con los objetivos de desempeño definidos en el plan para la dirección del proyecto.

Es decir, consiste en monitorizar, analizar y regular el avance. Se desarrolla a lo largo de todo el proyecto y proporciona información al equipo de gestión del proyecto sobre cómo va el proyecto, pudiendo identificar áreas que requieren una atención especial. El proceso general de monitorización y control del trabajo es:

1. En la fase de ejecución, se saca el dato del desempeño del trabajo (proceso de “dirigir y gestionar el trabajo del proyecto”, Sección 2.4.1).
2. En la fase de monitorización y control del trabajo, se analiza este dato y se contrasta con lo planificado: si va bien, se continúa igual; si hay desvíos, puede ser necesario abrir una solicitud de cambio.
3. Si fuera el caso, se lleva al control integrado de cambios (Sección 2.5.2) para hacer el cambio, que volvería a entrar como input en la fase de ejecución.

Por ello, es necesario difundir los datos que se han obtenido de la ejecución, analizarlos en esta fase de monitorización y control y, por último, generar un informe (conocido como **informe de estado**) para que sea difundido a las capas necesarias del proyecto. Este informe es la medida del progreso (si se va con lo planificado o no), ayuda también a hacer predicciones a futuro y supervisar si la implementación de los cambios aprobados han proporcionado el efecto deseado.

La Figura 2.8 muestra los inputs, tools & techniques y outputs del proceso de monitorizar y controlar el trabajo del proyecto.

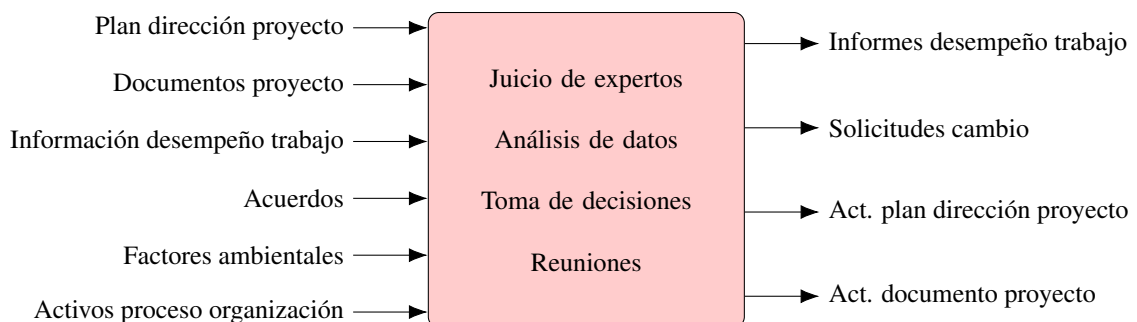


Figura 2.8: Proceso “Monitorizar y controlar el trabajo del proyecto”

Inputs Como inputs para monitorizar y controlar el trabajo del proyecto, se necesitan:

- **Plan para la dirección del proyecto:** Ver Sección 2.3.1.
- **Documentos del proyecto.**
- **Información de desempeño del trabajo:** Los datos de desempeño del trabajo se recopilan a través de la ejecución de los trabajos y se pasan a los procesos de control. Para transformarse en información de desempeño del trabajo, los datos de desempeño del trabajo se comparan con los componentes del plan para la dirección del proyecto, los documentos del proyecto y otras variables del proyecto. Esta comparación da una indicación del desempeño del trabajo. Las métricas específicas de desempeño del trabajo para el alcance, el cronograma, el presupuesto y la calidad se definen al comienzo del proyecto como parte del plan para la dirección del proyecto. Los datos de desempeño se recopilan durante el proyecto a través de los procesos de control y se comparan con el plan y otras variables para proporcionar un contexto para el desempeño del trabajo.

Ejemplo 2.3 Los datos de desempeño del trabajo relativos al coste pueden incluir fondos que se han gastado. Sin embargo, para ser útiles, los datos deben compararse con el presupuesto, el trabajo realizado, los recursos utilizados para llevar a cabo el trabajo y el cronograma de financiación.

Esta información adicional proporciona el contexto para determinar si el proyecto está dentro del presupuesto o si existe una variación. También indica el grado de variación con respecto al plan, y al compararla con los umbrales de variación del plan para la dirección del proyecto, puede indicar si es necesaria una acción preventiva o correctiva. La interpretación de los datos de desempeño del trabajo y de la información adicional en su conjunto proporciona un contexto que brinda una base sólida para las decisiones del proyecto.

- **Acuerdos:** Ver Sección 2.2.1.
- **Factores ambientales:** Ver Sección 1.2.1.
- **Activos del proceso de la organización:** Ver Sección 1.2.2.

Tools & Techniques Las tools & techniques necesarias para monitorizar y controlar el trabajo del proyecto engloban:

- **Juicio de expertos:** Ver Sección 2.2.1.
- **Análisis de datos:** Se emplean para pronosticar resultados potenciales sobre la base de posibles variaciones en las variables del proyecto o ambientales y sus relaciones con otras variables. Pueden usarse:
 - *Análisis de alternativas:* Se utiliza para seleccionar las acciones correctivas o una combinación de acciones correctivas y preventivas a implementar cuando ocurre una desviación.
 - *Análisis coste-beneficio:* Herramienta de análisis financiero utilizada para estimar las fortalezas y debilidades de las alternativas, a fin de determinar la mejor alternativa en términos de los beneficios que ofrecen. El análisis coste-beneficio ayuda a determinar la mejor acción correctiva en términos de coste en caso de desviaciones del proyecto.
 - *Análisis del valor ganado:* El valor ganado proporciona una perspectiva integral del alcance, el cronograma y el desempeño del coste. Se explica en detalle en la Sección 6.3.1.
 - *Análisis de causa raíz:* Se centra en identificar las razones principales de un problema. Se puede utilizar para identificar las razones de una desviación/variación/defecto y las áreas en las que el PM debería centrarse a fin de alcanzar los objetivos del proyecto. Cuando se eliminan todas las causas raíz de un problema, el problema no se repite.
 - *Análisis de tendencias:* El análisis de tendencias se utiliza para pronosticar el desempeño futuro en función de los resultados pasados. Examina el futuro del proyecto en busca de retrasos esperados y advierte con antelación al PM que, si las tendencias establecidas persisten, podrían ocurrir problemas más tarde en el cronograma. Esta información se pone a disposición lo suficientemente temprano en la línea de tiempo del proyecto, para que el equipo del proyecto tenga tiempo de analizar y corregir cualquier anomalía. Los resultados del análisis de tendencias pueden utilizarse para recomendar acciones preventivas, en caso de ser necesario.
 - *Análisis de variación:* El análisis de variación revisa las diferencias (o variaciones) entre el desempeño planificado y el real. Esto puede incluir estimaciones de la duración, estimaciones de costes, utilización de recursos, tarifas de recursos, desempeño técnico y otras métricas. En este caso, revisa las variaciones desde una perspectiva integral, considerando las variaciones de coste, tiempo, técnicas y de recursos relacionadas entre sí, para obtener una visión general de la variación del proyecto. Esto permite iniciar las acciones preventivas o correctivas adecuadas.
- **Toma de decisiones:** Principalmente, la *votación* para la toma de decisiones colectiva; es un proceso de evaluación que maneja múltiples alternativas, con un resultado esperado en forma de acciones futuras. Puede requerirse que la votación termine con unanimidad (todos están de acuerdo), mayoría (con apoyo de más del 50 % de los miembros del grupo) o pluralidad (el conjunto de personas más numeroso del grupo toma la decisión, aun cuando no se alcance la mayoría; recomendable cuando el número de opciones propuestas es superior a dos).
- **Reuniones:** Ver Sección 2.2.1.

Outputs Como outputs del proceso se tienen:

- **Informes de desempeño del trabajo:** La información de desempeño del trabajo se combina, registra y distribuye en forma física o electrónica para fin de crear conciencia y generar decisiones o acciones; estos informes constituyen la representación física o electrónica de la información sobre el desempeño del trabajo.
- **Solicitudes de cambio:** Ver Sección 2.4.1.
- **Actualizaciones al plan para la dirección del proyecto:** Ver Sección 2.4.1.
- **Actualizaciones a los activos del proceso de la organización.**

2.5.2. Realizar el control integrado de cambios

Definición 2.10 Realizar el control integrado de cambios es el proceso de **revisar las solicitudes de cambio; aprobar y gestionar cambios** a entregables, documentos del proyecto y al plan para la dirección del proyecto; y **comunicar** las decisiones. Este proceso revisa todas las solicitudes de cambio a documentos del proyecto, entregables o plan para la dirección del proyecto y **determina la resolución** de las solicitudes de cambio.

Se enfoca en que las solicitudes de modificación en el alcance, cronograma, costes u otros aspectos del proyecto se mantengan alineados con los objetivos, **controlando la integración del cambio dentro del proyecto**.

Los proyectos rara vez cumplen el plan fijado por el plan para la dirección del proyecto; es decir, ese documento **indica las bases**, pero es muy raro que todo salga perfecto. Entonces, se tiene que ir controlando que realmente se está siguiendo el plan y, si no es así, hacer los cambios necesarios para ajustarse lo máximo posible al plan que se había desarrollado en la planificación. El control integrado de cambios hay que implementarlo **durante todo el proyecto**, desde el principio hasta el final (excepto cuando se están haciendo planificaciones, puesto que no se está ejecutando nada). Pero una vez se tiene fijado el plan del proyecto y se empieza a ejecutar, hay que hacerlo siempre que se tenga que hacer un cambio, puesto que analiza las solicitudes de cambio para ver si realmente tiene sentido hacerlo o no.

Como se ha comentado en el proceso de monitorización y control del trabajo (Sección 2.5.1), el proceso de control de cambios puede verse resumido en la Figura 2.9:

1. En el proceso de dirigir y gestionar el trabajo (grupo de procesos de ejecución), se saca el dato del desempeño del trabajo (Sección 2.4.1).
2. En el proceso de monitorización y control del trabajo (Sección 2.5.1) se analiza este dato y se contrasta con lo planificado: si va bien, se continúa igual; si hay desvíos, puede ser necesario abrir una solicitud de cambio.
3. Si fuera el caso, se lleva al control integrado de cambios para hacer el cambio, que volvería a entrar como input en el proceso de ejecución.

Mientras que la supervisión y control del proyecto están a cargo del PM y su equipo de dirección, el proceso de control integrado de cambios supera al director de proyecto y requiere de un **comité de control de cambios (CCB)**.

Definición 2.11 El comité de control de cambios (CCB) grupo formalmente constituido responsable de **revisar, evaluar, aprobar, aplazar o rechazar** los cambios en el proyecto, así como de registrar y comunicar dichas decisiones.

Este grupo de personas puede incluir al PM, patrocinador, expertos, etc. Es importante destacar en este punto que, si el PM forma parte del CCB, tiene voz, pero no voto.

Sin embargo, no todos los cambios propuestos pasan por el CCB. Cuando al hacer la monitorización y control se ve que hay un desvío, se abre una petición de cambio. Aparecen entonces dos casos (ver Figura 2.10):

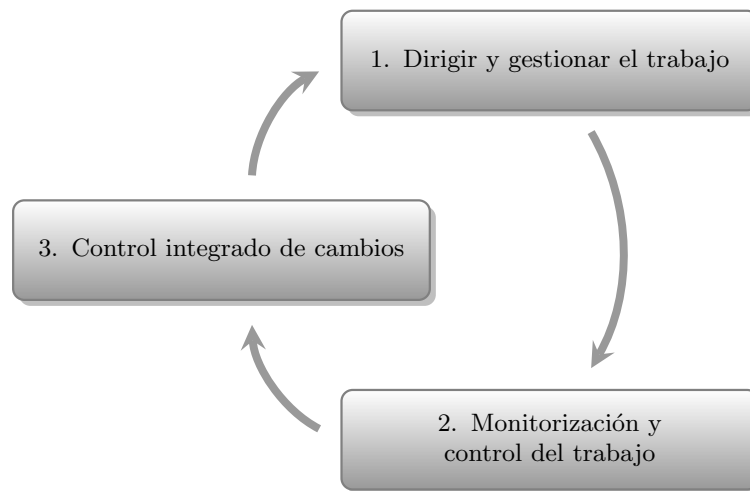


Figura 2.9: Control integrado de cambios

1. **Si afecta al plan para la dirección del proyecto, líneas base (alcance, cronograma y costes), procedimientos de la empresa, contratos y/o acta de constitución del proyecto:** El cambio tiene que aprobarlo el CCB para que valide si se debe hacer o no. Todos estos elementos están relacionados con el triángulo de las restricciones (ver Figuras 1.1 y 2.4) donde, si se cambia algo de uno de ellos, seguramente se deba cambiar también los otros dos. Por lo tanto, es algo **crítico** que debe aprobar un CCB con las personas que tengan implicación dentro del proyecto a más alto nivel.

Ejemplo 2.4 Se propone agregar una nueva funcionalidad al producto final del proyecto, que consiste en la integración de un módulo de chat en tiempo real para mejorar la comunicación entre los usuarios. Al aumentar el alcance del proyecto, es posible que haya que extender el cronograma y ajustar el presupuesto, pudiendo requerir recursos técnicos y humanos adicionales para el desarrollo, prueba e integración del módulo de chat en el producto. Por tanto, este cambio debería pasar por el CCB.

2. **Si no afecta al plan para la dirección del proyecto, líneas base (alcance, cronograma y costes), procedimientos de la empresa, contratos y/o acta de constitución del proyecto:** El PM puede aprobar o rechazar el cambio, sin necesidad de pasar por el CCB.

Ejemplo 2.5 Si un recurso va a estar de baja por una enfermedad de larga duración, el cambio de ese recurso no va a afectar a las líneas base, porque es cambiar un recurso por otro. Por tanto, el PM puede aprobar el cambio sin necesidad de pasar por el CCB.

Las actividades que incluye este proceso son:

- Identificar los cambios a ejecutar.
- Revisar los cambios solicitados.
- Mantener la integridad de las líneas base: **si el cambio va a tocar las líneas base, siempre se tendrá que elevar al CCB.**
- Controlar y actualizar las líneas de los planes de alcance, coste, presupuesto, cronograma y calidad incluidos dentro del plan para la dirección del proyecto según los cambios aprobados que les afecten. Si se aprueba un cambio que afecta a la planificación, habrá que actualizarlo.
- Prevenir los cambios antes de que estos sean necesarios, es decir, realizar acciones preventivas (viendo o anticipándose a que se pueda tener un problema).
- Documentar el impacto de los cambios que se han requerido.
- Controlar la calidad del proyecto contra los estándares.

Para gestionar los cambios, se recomienda seguir la secuencia siguiente (Figura 2.11):

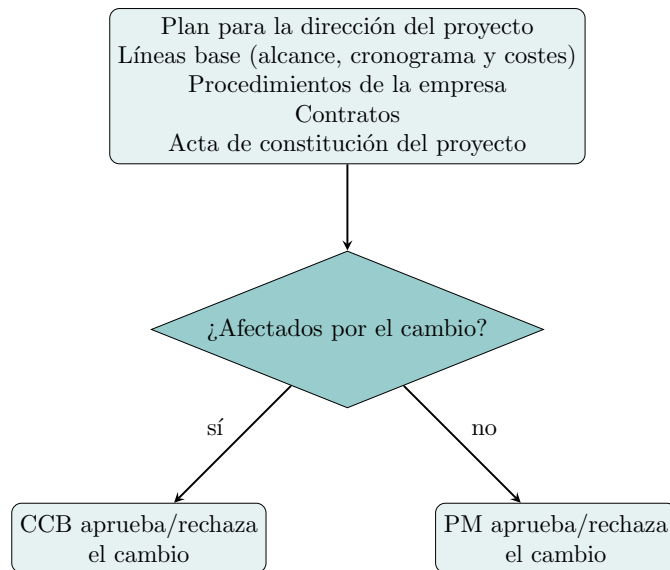


Figura 2.10: Cambios que pasan o no por el CCB

1. Prevenir las causas de los cambios, por eso se debe hacer un análisis de por qué se están produciendo esos cambios.
2. Identificar el cambio y especificar el beneficio que tenga que aportar.
3. Analizar el impacto de dicho cambio.
4. Crear la petición de cambio.
5. Hacer el control integrado de cambios, en caso de que tenga que ir al CCB.
6. Ajustar el plan para la dirección del proyecto, los documentos del proyecto y las líneas base, en caso de que se modifiquen.
7. Comunicar el cambio a los stakeholders afectados. **No se debe olvidar esta fase si afecta a las líneas base del proyecto:** además de que el cambio pase por el CCB, es necesario hacerlo extensivo a los stakeholders afectados que no pertenecen al CCB.
8. Gestionar el proyecto de acuerdo al nuevo plan para la dirección del proyecto y (a la actualización que se ha hecho) y a los documentos del proyecto que se hayan actualizado.

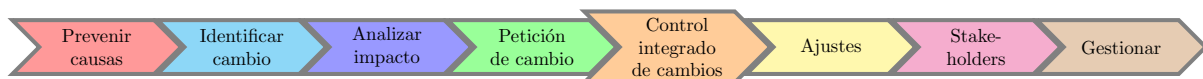


Figura 2.11: Gestión de los cambios

La Figura 2.12 muestra los inputs, tools & techniques y outputs del proceso de realizar el control integrado de cambios.

Inputs Como inputs para realizar el control integrado de cambios, se necesitan:

- **Plan para la dirección del proyecto:** Ver Sección 2.3.1.
- **Documentos del proyecto.**
- **Informes de desempeño del trabajo:** Ver Sección 2.5.1.
- **Solicitudes de cambio:** Ver Sección 2.4.1.
- **Factores ambientales:** Ver Sección 1.2.1.
- **Activos del proceso de la organización:** Ver Sección 1.2.2.

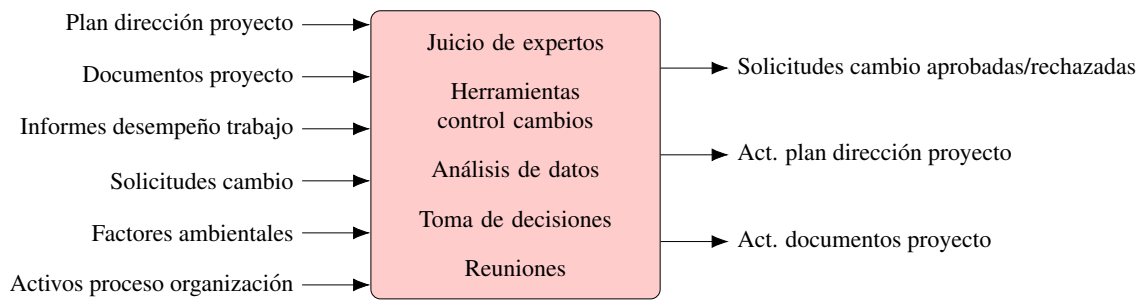


Figura 2.12: Proceso “Realizar el control integrado de cambios”

Tools & Techniques Las tools & techniques necesarias para realizar el control integrado de cambios engloban:

- **Juicio de expertos:** Ver Sección 2.2.1.
- **Herramientas de control de cambios:** Herramientas manuales/automatizadas que se utilicen para identificar/documentar/gestionar/controlar los cambios.
- **Análisis de los datos:** Destaca el uso de:
 - *Análisis de alternativas:* Ver Sección 2.5.1.
 - *Análisis coste-beneficio:* Ver Sección 2.5.1.
- **Toma de decisiones:** Incluyendo:
 - *Votación:* Ver Sección 2.5.1.
 - *Toma de decisiones autocrática:* Una persona asume la responsabilidad de tomar la decisión en nombre de todo el grupo.
 - *Análisis de decisiones con múltiples criterios* (Multi-Criteria Decision-Making, MCDM): Las herramientas de análisis de decisiones con múltiples criterios se pueden utilizar para identificar los principales incidentes y las alternativas adecuadas a fin de ser priorizados como un conjunto de decisiones para implementación. Los criterios se priorizan y se les asigna un peso antes de aplicarlos a todas las alternativas disponibles, para obtener una puntuación para cada alternativa. A continuación las alternativas se clasifican según puntuación. Algunas de estas técnicas se explicarán en los próximos temas (ver Secciones 3.2.2 y 5.3.1).
- **Reuniones:** Ver Sección 2.2.1.

Outputs Como outputs del proceso se tienen:

- **Solicitudes de cambio aprobadas/rechazadas:** Ver Sección 2.4.1.
- **Actualización del plan para la dirección del proyecto.** Ver Sección 2.4.1.
- **Actualización a los documentos del proyecto.**

2.6. Grupo de procesos de cierre

En el grupo de procesos de cierre, la gestión de la integración se encarga del proceso de **cerrar el proyecto** (o la fase).

2.6.1. Cerrar el proyecto

Definición 2.12 Cerrar el proyecto (o fase) es el proceso de **finalizar todas las actividades** para el proyecto, fase o contrato.

Esto implica:

- Asegurar que todo el trabajo ha sido completado.
- Finalizar todas las actividades de los grupos de los procesos (inicialización, planificación, monitorización y control, etc.).
- La aceptación formal de los entregables por parte del cliente o del propio patrocinador.

Debe tenerse en cuenta que el proceso “cerrar el proyecto” engloba **dos cierres**: el cierre administrativo y el cierre del contrato:

- **Cierre administrativo:** Son todas las actividades relacionadas con el cierre administrativo del proyecto, lo que lleva a la recolección de los archivos del proyecto, análisis de éxito/fracaso del proyecto, documentación de las lecciones aprendidas, etc.
- **Cierre de todos los contratos:** Actividades relacionadas con el cierre de todos los contratos y acuerdos establecidos y verificación del propio producto.

Por tanto, hacer el cierre total del proyecto es la suma del cierre administrativo con el de contrato.

La Figura 2.13 muestra los inputs, tools & techniques y outputs del proceso de cerrar el proyecto.

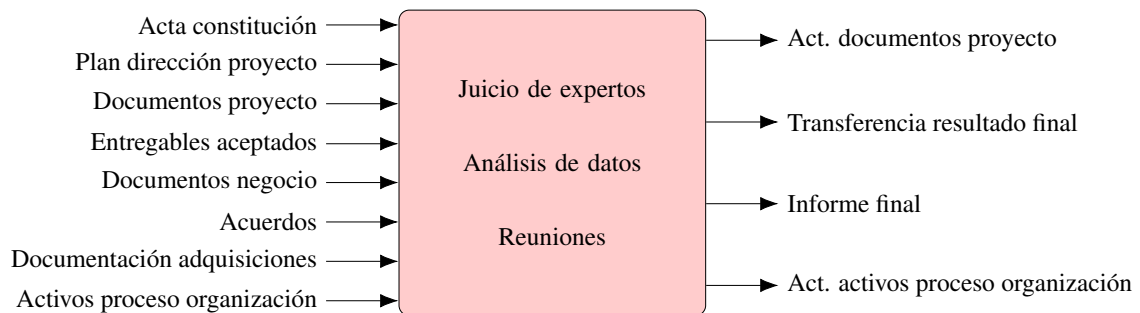


Figura 2.13: Proceso “Cerrar el proyecto”

Inputs Como inputs para el cierre del proyecto, se necesitan:

- **Acta de constitución del proyecto:** Ver Sección 2.2.1.
- **Plan para la dirección del proyecto:** Ver Sección 2.3.1.
- **Documentos del proyecto.**
- **Entregables aceptados:** Entregables que cumplen con los criterios de aceptación son formalmente firmados y aprobados por el cliente o el patrocinador.
- **Documentos de negocio:** Ver Sección 2.2.1.
- **Acuerdos/Contratos:** Ver Sección 2.2.1.
- **Documentación de las adquisiciones:** Contiene registros completos de apoyo para administrar los procesos de adquisición. La documentación de las adquisiciones incluye el enunciado del trabajo, información de pagos, información de desempeño del trabajo de los contratistas, planes, planos y demás correspondencia.
- **Activos proceso organización:** Ver Sección 1.2.2.

Tools & Techniques Las tools & techniques necesarias para el cierre del proyecto engloban:

- **Juicio de expertos:** Ver Sección 2.2.1.
- **Análisis de datos:** Destaca el uso de:
 - *Análisis de tendencias:* Ver Sección 2.5.1.
 - *Análisis de variación:* Ver Sección 2.5.1.
 - *Análisis de documentos:* Consiste en la revisión y evaluación de cualquier información documentada pertinente.
 - *Análisis de regresión:* Analiza las interrelaciones entre diferentes variables del proyecto que contribuyeron a los resultados del mismo, a fin de mejorar el desempeño en futuros proyectos.
- **Reuniones:** Ver Sección 2.2.1.

Outputs Como outputs se tienen:

- **Actualización a los documentos del proyecto.**
- **Transferencia del producto, servicio o resultado final:** Se refiere a transferir el resultado final para el que se autorizó el proyecto.
- **Informe final:** Proporciona un resumen del desempeño del proyecto.
- **Actualizaciones a los activos del proceso de la organización.**

2.7. Resumen

En la inicialización se hace el acta de constitución, que debe ser firmada.

En la fase de planificación se hace el desarrollo del plan para la dirección del proyecto, que integra todos los planes de las diferentes áreas (alcance, cronograma, coste, recursos, riesgos, comunicaciones, adquisiciones, stakeholders).

Durante la ejecución se sacan las mediciones de rendimiento en ese momento mediante dirigir y gestionar la ejecución, para hacer una comparación en la fase de monitorización y control con los planes que se habían gestionado. También se hace la gestión del conocimiento dentro del proyecto, que son todas las lecciones aprendidas y la información necesaria que deben tener todos los miembros del equipo y stakeholders.

En la monitorización y control se hace el análisis de los datos que se han sacado en la ejecución, se comparan con la planificación y se hace el informe a los interesados (monitorizar y controlar el trabajo del proyecto). Aparte, hay que controlar la integración del cambio, abriendo peticiones de cambio, analizando por qué ha sucedido esa petición y, dependiendo de la “importancia” de esta (si toca las líneas bases del proyecto o no), hay que elevarlo al CCB (integrado por los stakeholders claves, el cliente, el propio sponsor y el PM), y decidir si ese cambio tiene validez dentro del proyecto o no; si no toca las líneas base, el PM es quien decide si realizar o no ese cambio.

Por último, la fase del cierre del proyecto/fase donde se hace el cierre administrativo y el cierre del contrato.

Tema 3

Gestión del alcance

3.1. Gestión del alcance

Todos los proyectos se crean por una **razón**: alguien identifica una necesidad y concibe un proyecto para satisfacerla. El éxito o el fracaso del proyecto dependerá de **lo bien que se aborde la necesidad**.

Definición 3.1 El **alcance** del proyecto incluye todo el trabajo requerido y solo el trabajo requerido para completar el proyecto satisfactoriamente.

Definición 3.2 La **gestión del alcance** del proyecto incluye los procesos requeridos para **garantizar que el proyecto incluya todo el trabajo requerido**, y únicamente el trabajo requerido, para completar el proyecto con éxito.

Por tanto, se enfoca primordialmente en **definir y controlar qué se incluye y qué no se incluye en el proyecto**. Esto abarca la recolección de requisitos, la definición del alcance, la creación de la estructura de desglose del trabajo (EDT), la validación de los entregables y el control continuo del alcance para gestionar cualquier cambio. Los procesos que componen la gestión del alcance se muestran en la Figura 3.1. Por tanto, la gestión del alcance consiste en:

- Chequear de manera constante que el trabajo se ha completado.
- Hacer uso del sistema de control de cambios.
- Estar seguro de que todos los cambios se alinean con el acta de constitución.
- Definir y controlar lo que sí y lo que no es parte del proyecto.
- Prevenir el trabajo extra o “gold plating”.

Únicamente el **32 % de los proyectos son exitosos** y cumplen con las planificaciones con las que se han planeado al inicio; el 24 % son cancelados y el 44 % son excedidos, es decir, que se supera presupuesto, tiempo, o alguna de las líneas base del proyecto (Figura 3.2). Se entiende por **proyecto exitoso** el que cumple con:

- El alcance **planificado**.
- El tiempo **planificado**.
- El coste **planificado**.
- La calidad **planificada**.
- ...

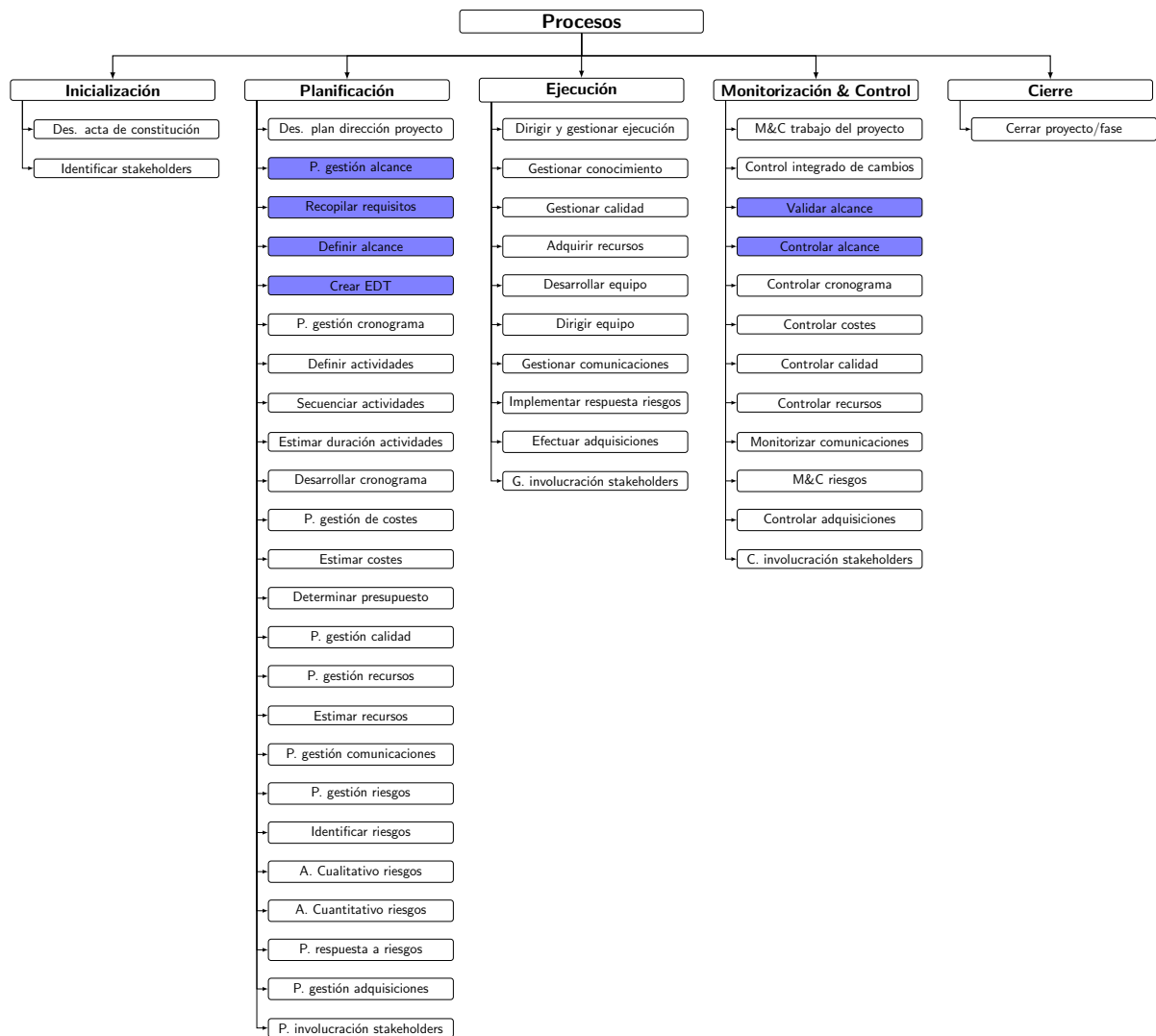


Figura 3.1: Procesos de la gestión del alcance

El reducido porcentaje de proyectos de éxito se debe a que **no se hace una buena planificación y gestión del alcance** dentro del proyecto. Por tanto, es importante hacer la gestión del alcance para:

- No hacer más/menos de lo que se necesita (debe) en el proyecto.
- No incurrir en gastos extras.
- Controlar los cambios del alcance dentro del proyecto.

3.2. Grupo de procesos de planificación

En el grupo de procesos de planificación, la gestión del alcance se encarga de los procesos de **planificar la gestión del alcance, recopilar requisitos, definir el alcance y crear la EDT**.

3.2.1. Planificar la gestión del alcance

En este proceso se recoge toda la información de cómo se va a obtener el alcance y cómo se va a medir según se ejecuta el trabajo (completando objetivos, viendo si se cumple el alcance o no, y cómo se van a gestionar los cambios que puedan afectar al alcance).

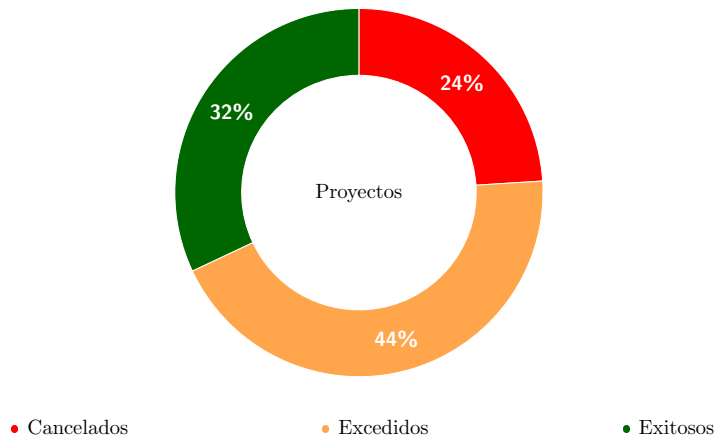


Figura 3.2: Porcentaje de proyectos cancelados, excedidos y exitosos

Definición 3.3 Planificar la gestión del alcance es el proceso de **crear** un plan para la gestión del alcance que documente cómo serán definidos, validados y controlados el alcance del proyecto.

Definición 3.4 El **plan de gestión del alcance** es un **componente** del plan para la dirección del proyecto que describe cómo será definido, desarrollado, monitorizado, controlado y validado el alcance del proyecto.

Esto implica que define cómo se van a recopilar los **requisitos**, ayuda a definir en detalle la **declaración del alcance** (documento donde se define el alcance), ayuda a crear y definir la EDT, y permite controlar y verificar el alcance del proyecto. Este documento se construye y se mantiene por **iteraciones sucesivas**: siempre que se haga algún cambio que afecte a cómo se ha definido o se va a definir el alcance, o cómo se tratan las peticiones de cambio, se debe actualizar el plan de gestión del alcance también.

La Figura 3.3 muestra los inputs, tools & techniques y outputs del proceso de planificar la gestión del alcance.

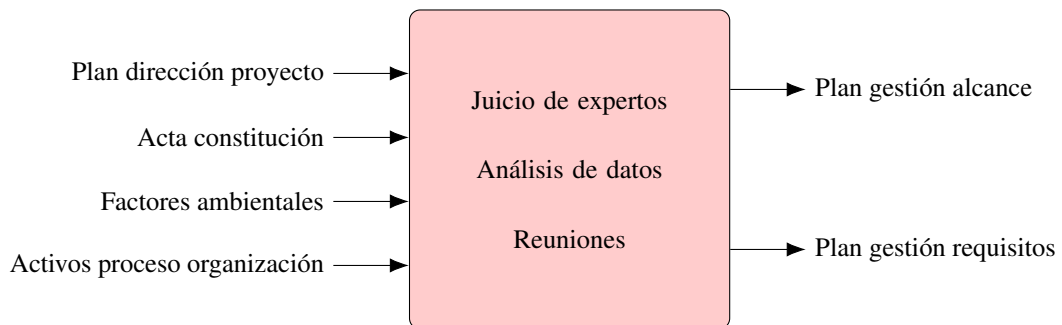


Figura 3.3: Proceso “Planificar la gestión del alcance”

Inputs Como inputs para planificar la gestión del alcance, se necesitan:

- **Plan para la dirección del proyecto:** Ver Sección 2.3.1.
- **Acta de constitución:** Ver Sección 2.2.1.
- **Factores ambientales:** Ver Sección 1.2.1.
- **Activos del proceso de la organización:** Ver Sección 1.2.2.

Tools & Techniques Las tools & techniques necesarias para planificar la gestión del alcance engloban:

- **Juicio de expertos:** Ver Sección 2.2.1.
- **Análisis de datos:** Destacando el *Análisis de alternativas*, ver Sección 2.5.1. Se evalúan diversas formas de recolección de requisitos, elaboración del alcance del proyecto y del producto, creación del producto, validación del alcance y control del alcance.
- **Reuniones:** Ver Sección 2.2.1.

Outputs Como outputs del proceso se tienen:

- **Plan de gestión del alcance:** Componente del plan para la dirección del proyecto donde se especifica cómo se va a:
 - Elaborar el enunciado del alcance.
 - Crear la EDT.
 - Aprobar y conservar la línea base del alcance.
 - Obtener la aceptación formal de los entregables.
- **Plan de gestión de requisitos:** Componente del plan para la dirección del proyecto que describe cómo se analizarán, documentarán y gestionarán los requisitos del proyecto.

3.2.2. Recopilar requisitos

Las necesidades a las que responde un proyecto no siempre son evidentes.

Ejemplo 3.1 Una organización tecnológica decide patrocinar una campaña de donación de sangre. ¿La verdadera razón de su proyecto es hacer frente a la escasez de sangre en el hospital, o mejorar la imagen de su organización en la comunidad?

Las necesidades que debe satisfacer el proyecto para alcanzar su objetivo se denominan requisitos del proyecto.

Definición 3.5 Un **requisito** es una condición/característica que debe estar presente en el resultado del proyecto para **satisfacer** una necesidad o expectativa de los stakeholders.

A veces, cuando se asigna inicialmente un proyecto, se espera conocer las necesidades que debe satisfacer. Sin embargo, a menudo solo se sabe **lo que hay que producir** (los resultados), y hay que **averiguar las necesidades**. En ese caso, deben considerarse las siguientes preguntas a la hora de definir los requisitos del proyecto:

- **¿Qué necesidades quiere satisfacer la gente con el proyecto?:** Consiste en identificar las necesidades y expectativas que condujeron a este proyecto, por lo que hay que preocuparse de si el proyecto puede realmente satisfacer estas necesidades o si es la mejor manera de hacerlo.
- **¿Cómo saber que las necesidades que se identifican son las verdaderas necesidades y expectativas que la gente tiene del proyecto?:** Determinar los verdaderos pensamientos y sentimientos de la gente puede ser difícil. A veces no quieren compartirlos o no saben cómo expresarlos con claridad. Por ello, se les debe animar a hablar sobre sus necesidades y expectativas (intentando clarificar las vaguedades), escuchar activamente para encontrar cualquier contradicción y pedirles que especifiquen la importancia relativa de cada una de las necesidades/expectativas encontradas.

Por ello, el siguiente esquema puede ser útil para **priorizar los requisitos** (ver Figura 3.4):

- **Debe:** El proyecto debe abordar estas necesidades, como mínimo.
- **Debería:** El proyecto debe abordar estas necesidades, si es posible.
- **Sería bueno:** Estaría bien que el proyecto abordara estas necesidades, si al hacerlo no afecta a nada más.

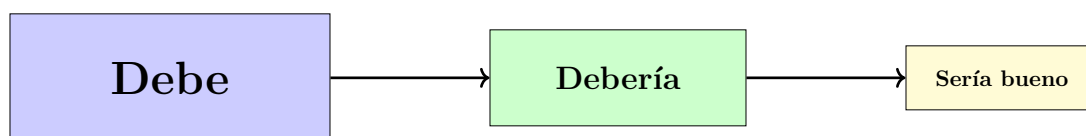


Figura 3.4: Esquema para priorizar requisitos

Debe tenerse en cuenta que los requisitos deben satisfacer tanto al cliente como a los stakeholders del proyecto, **transformando sus necesidades y expectativas en realidades concretas** dentro del proyecto. Estos requisitos deben estar alineados con los objetivos del proyecto que, en última instancia, deben estar alineados a los objetivos de la organización (ver Sección 1.1.3).

Definición 3.6 **Recopilar requisitos** es el proceso de **determinar, documentar y gestionar** las necesidades y los requisitos para cumplir con los objetivos del proyecto.

La Figura 3.5 muestra los inputs, tools & techniques y outputs del proceso de recopilar requisitos.

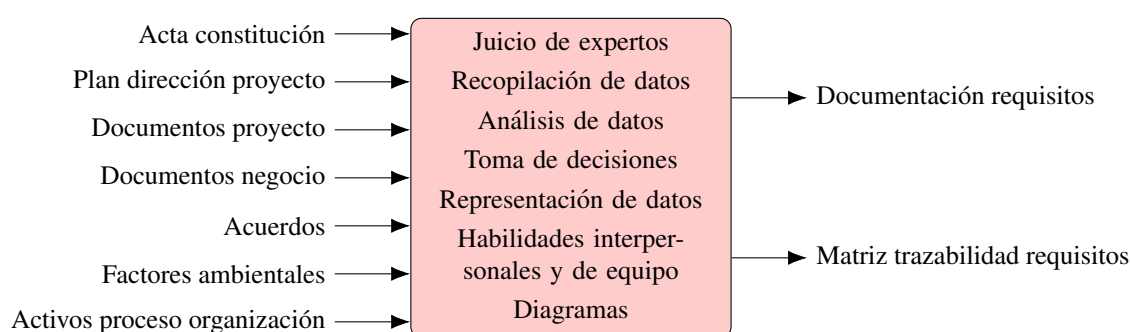


Figura 3.5: Proceso “Recopilar requisitos”

Inputs Como inputs para recopilar requisitos, se necesitan:

- **Acta de constitución:** Ver Sección 2.2.1.
- **Plan para la dirección del proyecto:** Ver Sección 2.3.1.
- **Documentos del proyecto.**
- **Documentos de negocio:** Ver Sección 2.2.1.
- **Acuerdos:** Ver Sección 2.2.1.
- **Factores ambientales:** Ver Sección 1.2.1.
- **Activos del proceso de la organización:** Ver Sección 1.2.2.

Tools & Techniques Los requisitos se recogen de manera iterativa. Las tools & techniques necesarias para recopilar requisitos engloban:

- **Juicio de expertos:** Ver Sección 2.2.1.
- **Recopilación de datos:** Por medio de una o varias de las siguientes opciones:
 - *Brainstorming:* Ver Sección 2.2.1.
 - *Entrevistas:* Ver Sección 2.2.1.
 - *Grupos focales:* Ver Sección 2.2.1.
 - *Cuestionarios y encuestas:* Conjuntos de preguntas escritas, diseñadas para recoger información rápidamente de un gran número de encuestados. Los cuestionarios y/o las encuestas resultan especialmente adecuados en casos de público variado, cuando se requiere una respuesta rápida, cuando los encuestados están geográficamente dispersos y cuando podría ser conveniente realizar análisis estadísticos.

- *Estudios comparativos*: Comparan prácticas reales o planificadas del proyecto con las de proyectos comparables para identificar las mejores prácticas, generar ideas de mejora y proporcionar una base para medir el desempeño. Permiten encontrar analogías entre proyectos de diferentes áreas de aplicación o de diferentes industrias.

■ **Análisis de datos**: Mediante *Análisis de documentos*, ver Sección 2.6.1.

■ **Toma de decisiones**: Mediante:

- *Votación*: Ver Sección 2.5.1.
- *Toma de decisiones autocrática*: Ver Sección 2.5.2.
- *Análisis de decisiones con múltiples criterios*: Ver Sección 2.5.2. Una metodología de MCDM muy extendida es el **proceso analítico jerárquico (AHP)**, en la cual se asignan y valoran los criterios para obtener el peso de estos en función de la importancia relativa que el decisor considera que tienen. Esto se realiza mediante la **comparación entre pares de criterios**, donde las diferentes prioridades se cotejan en una matriz W . Cada elemento w_{ij} es un valor numérico positivo que determina la prioridad relativa entre el criterio de la **fila** C_i comparado con el criterio de la **columna** C_j . Para determinar esta importancia, se recurre a escalas previamente establecidas, como la sugerida en la Tabla 3.1.

Escala numérica	Escala verbal
1	Igual importancia
3	Importancia moderada de un elemento sobre otro
5	Importancia fuerte de un elemento sobre otro
7	Importancia muy fuerte de un elemento sobre otro
9	Extrema importancia de un elemento sobre otro
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes

Tabla 3.1: Escala de comparación por pares

El procedimiento matemático completo es el siguiente:

1. Construir la matriz de comparación por pares entre criterios, donde debe cumplirse el axioma de comparación recíproca ($x^{-1} \cdot x = x \cdot x^{-1} = 1$).
2. Normalizar la matriz mediante:

$$x_{ij,norm} = \frac{x_{ij}}{N_j} \quad (3.1)$$

donde cada elemento normalizado $x_{ij,norm}$ es el cociente entre el elemento x_{ij} inicial y la suma de todos los elementos de la columna j (N_j). De esta forma, la suma de todos los elementos de la columna j de la matriz normalizada debe ser 1.

3. Determinar el valor promedio de cada fila C_i , que son los pesos w_i de cada factor.
4. Comprobar que la matriz cumple con el axioma de consistencia. Para ello, el primer valor a calcular es λ_{max} mediante:

$$\lambda_{max} = \sum_j (N_j \cdot w_i) \quad (3.2)$$

Con λ_{max} , se determina el índice de consistencia IC :

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (3.3)$$

siendo n la dimensión de la matriz. Es necesario también conocer el índice de consistencia aleatorio IR , obtenido a partir de la Tabla 3.2:

n	1	2	3	4	5	6	7	8
IR	0	0	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404
n	9	10	11	12	13	14	15	16
IR	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.57	1.583	1.595

Tabla 3.2: Índice de consistencia aleatorio según la dimensión de la matriz

Finalmente, se obtiene el ratio de consistencia RC , y se admite como válida la matriz si $RC \leq 0,05$ para $n = 3$, $RC \leq 0,08$ para $n = 4$ o $RC \leq 0,10$ para $n \geq 5$.

5. *Valorar las alternativas.* Se procede de forma análoga al paso anterior, pero esta vez se establece el nivel de prioridad de una alternativa sobre otra, tomando como base de comparación el grado de satisfacción de cada criterio.
6. *Establecer las prioridades entre las alternativas.* Una vez se tiene toda la información anterior, se utiliza el método de la suma ponderada para establecer las prioridades. Estableciendo una nueva matriz, en la que las filas i sean las alternativas, y las columnas j sean los criterios (como en la Tabla 3.3), se determina la prioridad de la alternativa i (p_i) como:

$$p_i = \sum_j x_{ij} \cdot w_j \quad (3.4)$$

Con el vector de prioridades, se puede ordenar cuáles son las mejores alternativas.

	w_1	w_2	\dots	w_n
	C_1	C_2	\dots	C_n
A_1	x_{11}	x_{12}	\dots	x_{1n}
A_2	x_{21}	x_{22}	\dots	x_{2n}
\dots	\dots	\dots	\dots	\dots
A_m	x_{m1}	x_{m2}	\dots	x_{mn}

Tabla 3.3: Matriz de valoración genérica

Ejemplo 3.2 Una empresa de manufactura está diseñando un sistema de producción automatizado. Los requisitos identificados son:

1. **Velocidad de Producción** (R1): Aumentar la velocidad de producción.
2. **Precisión** (R2): Incrementar la precisión en la producción.
3. **Coste de Implementación** (R3): Minimizar los costos de implementación.
4. **Mantenimiento** (R4): Facilitar el mantenimiento del sistema.

Sabiendo que la matriz de comparación por pares es:

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 1 & & & \\ 3 & 1 & & \\ 1/5 & 1/9 & 1 & \\ 3 & 1 & 5 & 1 \end{pmatrix},$$

utilizar el método AHP para priorizar estos requisitos.

1. *Normalización de la matriz:* Se calcula el primer elemento:

$$x_{11,norm} = \frac{1}{1 + 3 + (1/5) + 3} = 0,14$$

$$\text{Matriz Normalizada} = \begin{pmatrix} 0,14 & 0,14 & 0,25 & 0,13 \\ 0,42 & 0,41 & 0,45 & 0,39 \\ 0,03 & 0,05 & 0,05 & 0,08 \\ 0,42 & 0,41 & 0,25 & 0,39 \end{pmatrix}$$

2. *Cálculo del vector de prioridades (pesos):*

$$w_1 = \frac{0,14 + 0,14 + 0,25 + 0,13}{4} = 0,164$$

$$w_2 = \frac{0,42 + 0,41 + 0,45 + 0,39}{4} = 0,418$$

$$w_3 = \frac{0,03 + 0,05 + 0,05 + 0,08}{4} = 0,051$$

$$w_4 = \frac{0,42 + 0,41 + 0,25 + 0,39}{4} = 0,368$$

3. Comprobación de la consistencia:

$$\lambda_{\max} = \frac{7,20 \cdot 0,164 + 2,44 \cdot 0,418 + 20 \cdot 0,051 + 2,53 \cdot 0,368}{4} = 4,15$$

$$IC = \frac{\lambda_{\max} - 4}{4 - 1} = \frac{4,15 - 4}{4 - 1} = 0,05$$

Según la tabla de índices de consistencia aleatorios (Tabla 3.2), para $n = 4$, $IR = 0,882$. El ratio de consistencia:

$$RC = \frac{IC}{IR} = \frac{0,05}{0,882} = 0,055$$

Dado que $RC < 0,08$, la matriz es consistente.

La prioridad de los requisitos es: **Precisión, Mantenimiento, Velocidad de Producción y Coste de Implementación.**

Ejercicio 3.1 En un proyecto de instalación de energía solar para un complejo industrial, se identifican los siguientes requisitos:

1. **Coste Inicial:** Minimizar el costo inicial de instalación.
2. **Rendimiento:** Maximizar el rendimiento.
3. **Durabilidad:** Garantizar una larga vida útil de los paneles solares.
4. **Impacto Ambiental:** Minimizar el impacto ambiental.

Si la matriz de comparación por pares de estos requisitos es:

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 7 & 5 \\ 1/3 & 1 & 5 & 3 \\ 1/7 & 1/5 & 1 & 1/3 \\ 1/5 & 1/3 & 3 & 1 \end{pmatrix},$$

utilizar el método AHP para priorizar estos requisitos.

Ejercicio 3.2 Una empresa de logística desea implementar un nuevo sistema de gestión de inventarios. Utilizar el método AHP para priorizar los siguientes requisitos:

- Interfaz de usuario intuitiva
- Capacidad de integración con sistemas existentes
- Generación de informes en tiempo real
- Seguimiento de productos mediante códigos QR
- Alertas automáticas de stock bajo

La matriz de comparación por pares de estos requisitos es:

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 1 & 1/3 & 3 & 5 & 1/2 \\ 3 & 1 & 5 & 7 & 2 \\ 1/3 & 1/5 & 1 & 3 & 1/4 \\ 1/5 & 1/7 & 1/3 & 1 & 1/6 \\ 2 & 1/2 & 4 & 6 & 1 \end{pmatrix}.$$

Ejercicio 3.3 Una empresa automovilística está desarrollando un nuevo vehículo eléctrico. Ha identificado los siguientes requisitos:

- Autonomía de la batería
- Tiempo de carga

- Velocidad máxima
- Espacio interior
- Sistemas de seguridad avanzados
- Diseño aerodinámico

Aplicando el método AHP, determinar la prioridad de los requisitos si la matriz de comparación por pares es:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 4 & 5 & 3 & 6 \\ 1/2 & 1 & 3 & 4 & 2 & 5 \\ 1/4 & 1/3 & 1 & 2 & 1/2 & 3 \\ 1/5 & 1/4 & 1/2 & 1 & 1/3 & 2 \\ 1/3 & 1/2 & 2 & 3 & 1 & 4 \\ 1/6 & 1/5 & 1/3 & 1/2 & 1/4 & 1 \end{pmatrix}.$$

- **Representación de datos:** Destacan las técnicas de:
 - *Diagramas de afinidad:* Hacer agrupaciones de ideas parecidas, lo que facilita luego obtener nuevos requisitos que puedan depender de esas agrupaciones.
 - *Mapeo mental:* Representaciones gráficas para que los requisitos queden expuestos.
- **Habilidades interpersonales y de equipo:** Es importante identificar posibles puntos de conflicto o disparidad de intereses entre el cliente y los stakeholders; en caso de que surjan, se debe trabajar para aclarar esos requisitos y llegar a un acuerdo que satisfaga a todas las partes.
 - *Técnica del grupo nominal:* Mejora el brainstorming mediante un proceso de votación que se usa para jerarquizar las ideas más útiles, para realizar una tormenta de ideas adicional o para asignarles prioridades. La técnica de grupo nominal es una forma estructurada de brainstorming que consta de cuatro pasos:
 1. Al grupo se le plantea una pregunta o problema. Cada persona genera y escribe sus ideas en silencio.
 2. El moderador escribe las ideas hasta que todas las ideas queden registradas.
 3. Cada idea registrada se debate hasta que todos los miembros del grupo logran una comprensión clara.
 4. Los individuos votan en privado para priorizar las ideas, utilizando usualmente una escala del 1 al 5 (siendo 1 el más bajo y 5 el más alto). La votación puede realizarse en muchas rondas a fin de reducir el número de ideas y poder centrarse en las mismas. Después de cada ronda, se cuentan los votos y se seleccionan las ideas con mayor puntuación.
 - *Observación/Conversación:* Proporcionan una manera directa de ver a las personas en su ambiente, y el modo en que realizan sus trabajos o tareas y ejecutan los procesos.
 - *Facilitación:* Ver Sección 2.2.1.
- **Diagrama de contexto:** Representan visualmente el alcance del producto al mostrar un sistema de negocio (proceso, equipamiento, sistema de información, etc.), y sus interacciones con las personas y con otros sistemas (actores). Los diagramas de contexto muestran las entradas al sistema empresarial, el/los actor/es que proporciona/n la entrada, las salidas del sistema de negocio y el/los actor/es que reciben la salida.
- **Prototipos:** Método para obtener una realimentación rápida en relación con los requisitos, mientras proporciona un modelo del producto esperado antes de construirlo en realidad. Los prototipos permiten a los interesados el experimentar con un modelo del producto final en lugar de limitarse a debatir en forma abstracta sobre sus requisitos. Los prototipos sustentan el concepto de elaboración progresiva en ciclos iterativos para la creación de maquetas o modelos, la experimentación por parte del usuario, la generación de retroalimentación y la revisión del prototipo. Una vez que se han efectuado los ciclos de retroalimentación necesarios, los requisitos obtenidos a partir del prototipo están lo suficientemente completos como para pasar a la fase de diseño o construcción.

Outputs Como outputs del proceso se tienen:

- **Documentación de los requisitos:** Describe cómo los requisitos individuales cumplen con las necesidades de negocio del proyecto. Los requisitos pueden comenzar a un alto nivel e ir convirtiéndose gradualmente en requisitos más detallados, conforme se va conociendo más información acerca de ellos. Antes de ser incorporados a la línea base, los requisitos deben ser inequívocos (medibles y comprobables), trazables, completos, coherentes y aceptables para los interesados clave. Pueden agruparse, si se desea, en:

- *Requisitos del negocio:* Describen las necesidades de alto nivel de la organización en su conjunto, tales como los problemas u oportunidades de negocio y las razones por las que se ha emprendido un proyecto.
- *Requisitos de los interesados:* Describen las necesidades de un interesado o de un grupo de interesados
- *Requisitos de las soluciones:* Describen las prestaciones, funciones y características del producto, servicio o resultado que cumplirán los requisitos de negocio y de los interesados. Se agrupan, asimismo, en requisitos funcionales (describen los comportamientos del producto) y no funcionales (complementan a los funcionales y describen las condiciones ambientales o las cualidades necesarias para que el producto sea eficaz).

Ejemplo 3.3 *Requisitos funcionales podrían ser las acciones, procesos, datos e interacciones que el producto debería ejecutar.*

Requisitos no funcionales serían la confiabilidad, seguridad, desempeño, capacidad de soporte...

- *Requisitos del proyecto:* Describen las acciones, los procesos u otras condiciones que el proyecto debe cumplir.

Ejemplo 3.4 *Fechas de los hitos, obligaciones contractuales, restricciones, etc.*

- *Requisitos de calidad:* Recolectan las condiciones o criterios necesarios para validar la finalización exitosa de un entregable del proyecto o el cumplimiento de otros requisitos del proyecto.

Ejemplo 3.5 *Pruebas, certificaciones, validaciones, etc.*

- **Matriz de trazabilidad de los requisitos:** Cuadrícula que vincula los requisitos del producto desde su origen hasta los entregables que los satisfacen. Proporciona un medio para realizar el seguimiento de los requisitos a lo largo del ciclo de vida del proyecto, lo cual contribuye a asegurar que al final del proyecto se entreguen efectivamente los requisitos aprobados en la documentación de requisitos.

3.2.3. Definir el alcance

Definición 3.7 Definir el alcance es el proceso que consiste en desarrollar una **descripción detallada** del proyecto.

Por tanto, se acota **lo que hay y lo que no hay** en el proyecto, es decir, lo que se va a hacer y lo que no. Es necesario definir el alcance para:

- Identificar las necesidades, deseos y expectativas de los stakeholders, que se convertirán en requisitos del proyecto.
- Analizar las restricciones y suposiciones, y añadir nuevas si es necesario.
- Que haya una colaboración del equipo y de los stakeholders.

Básicamente, se pretende que todo el mundo entienda hacia dónde se va y que todos vayan a una; tanto los stakeholders del proyecto como el propio equipo deben tener muy claro lo que se ha definido como el alcance y los requerimientos del proyecto. Por ello, es necesario que ya se haya definido el plan de cómo se va a gestionar, cómo se va a obtener y controlar, y se hayan recopilado los requisitos (ver Secciones 3.2.1 y 3.2.2).

Definición 3.8 El **enunciado del alcance** es la confirmación por escrito de los **resultados** que producirá el proyecto y de los **términos y condiciones** en los que se realizará el trabajo.

Tanto las personas que solicitaron el proyecto como el equipo del mismo deben aceptar todos los términos del enunciado del alcance antes de que comience el trabajo real del proyecto: el equipo se compromete a producir determinados **resultados** y los solicitantes del proyecto se comprometen a considerar que el proyecto es un **éxito al 100 %** si se producen esos resultados. Además, se deben identificar y detallar las **restricciones** relativas al proyecto y las **suposiciones** que se hicieron. Dado que predecir el futuro es imposible, el enunciado del alcance representa los **compromisos del proyecto** basados en lo que se sabe hoy y se espera que sea cierto en el futuro. Si la situación cambia, hay que evaluar el efecto de los cambios en todos los aspectos del proyecto y proponer los cambios necesarios en el enunciado del alcance. Los solicitantes del proyecto siempre tienen la opción de aceptar los cambios propuestos (permitir que el proyecto continúe) o cancelarlo.

Las restricciones del alcance pueden venir en forma de:

- **Limitaciones:** Restricciones que otras personas ponen a los resultados que hay que conseguir, los plazos que hay que cumplir, los recursos que se pueden utilizar. . . Los stakeholders pueden haber estipulado de antemano ciertas limitaciones, como:

- *Resultados:* Los productos y el efecto del proyecto.

Ejemplo 3.6 *El nuevo producto no debe costar más de 300 €, o el nuevo libro debe tener menos de 384 páginas.*

- *Plazos:* Cuando se deben producir determinados resultados.

Ejemplo 3.7 *El proyecto debe estar terminado el 30 de junio.*

- *Recursos:* El tipo, la cantidad y la disponibilidad de recursos para realizar el proyecto. Los recursos pueden incluir personas, fondos, equipos, materias primas, instalaciones, información, etc.

Ejemplo 3.8 *Se tiene un presupuesto de 100.000 €; se puede disponer de dos personas a tiempo completo durante tres meses; no se puede utilizar el laboratorio de pruebas durante la primera semana de junio.*

- *Rendimiento de las actividades:* Las estrategias para realizar diferentes tareas.

Ejemplo 3.9 *Se debe recurrir al departamento de impresión de la organización para reproducir los nuevos manuales de usuario del sistema que se está desarrollando. No se sabe qué aspecto tendrá el manual, cuántas páginas tendrá, el número de copias que se necesitarán ni cuándo se necesitarán. Por lo tanto, no se puede saber si el departamento de impresión de la organización está a la altura de las circunstancias. Pero sí se sabe que alguien espera que el departamento de impresión haga el trabajo.*

- **Necesidades:** Requisitos estipulados por el PM que deben cumplirse para poder lograr el éxito del proyecto. En general, están relacionados con algún tipo de recurso.

La Figura 3.6 muestra los inputs, tools & techniques y outputs del proceso de definir el alcance.

Inputs Como inputs para definir el alcance, se necesitan:

- **Plan de gestión del alcance:** Ver Sección 3.2.1.
- **Acta de constitución:** Ver Sección 2.2.1.
- **Documentos del proyecto.**
- **Factores ambientales:** Ver Sección 1.2.1.
- **Activos del proceso de la organización:** Ver Sección 1.2.2.

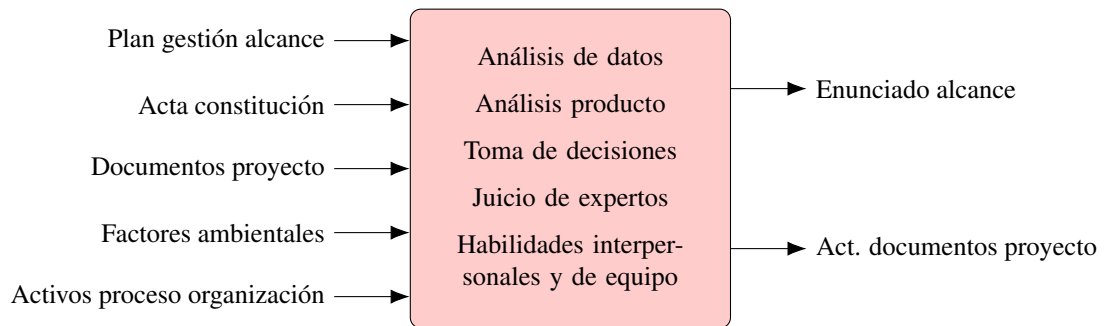


Figura 3.6: Proceso “Definir el alcance”

Tools & Tecniques Las tools & techniques necesarias para definir el alcance engloban:

- **Análisis de datos:** Específicamente, el *Análisis de alternativas*, ver Sección 2.5.1.
- **Análisis de producto:** Se utiliza para definir productos y servicios y comprender y detallar los entregables y requisitos del proyecto. Incluye hacer preguntas acerca de un producto o servicio y la formación de respuestas para describir el uso, las características y otros aspectos relevantes de lo que va a ser entregado.
- **Toma de decisiones:** Fundamentalmente, el *Análisis de decisiones con múltiples criterios*, ver Sección 2.5.2.
- **Juicio de expertos:** Ver Sección 2.2.1.
- **Habilidades interpersonales y de equipo:** Fundamentalmente, la *Facilitación*, ver Sección 2.2.1.

Outputs Como output del proceso se tiene:

- **Enunciado del alcance:** Documento donde se define el alcance, es una **confirmación por escrito** de los resultados que producirá el proyecto y de los términos y condiciones en los que realizará el trabajo. Describe los entregables y el trabajo necesario para llevarlos a cabo, permite al equipo de trabajo elaborar planificaciones más detalladas, proporciona directrices a llevar a cabo durante los procesos de ejecución y es parte de la línea base para evaluar cambios, definir lo que es y lo que no es parte del proyecto. De esta forma, cuando se analicen peticiones de cambio, habrá que contrastarlo contra la **línea base del alcance**, que está compuesta por el enunciado del alcance, la EDT y el diccionario de la EDT.
- **Actualización de los documentos del proyecto.**

3.2.4. Crear la estructura de descomposición del proyecto

Describir **detalladamente** todo el trabajo necesario para completar el proyecto ayuda a cumplir las tareas. La descripción del trabajo del proyecto **sirve de base** para la programación y la planificación de recursos, la definición de funciones y responsabilidades, la asignación de trabajo a los miembros del equipo, la recopilación de datos clave sobre el rendimiento del proyecto y la elaboración de informes sobre el trabajo realizado. Al iniciar un proyecto, es importante planificar todos los trabajos importantes y calcular con precisión el tiempo y los recursos necesarios para realizarlos.

Ejemplo 3.10 Se pide diseñar y presentar un programa de formación en línea. Un equipo de trabajo se dedica intensamente durante un par de meses a desarrollar el contenido y los materiales, organizar la plataforma de formación e invitar a los participantes. Una semana antes de la sesión, surge la pregunta sobre si se han configurado las cuentas de usuario para los participantes. Resulta que no se ha gestionado este aspecto porque cada miembro del equipo pensaba que otro lo estaba haciendo. Desafortunadamente, no se han configurado las cuentas y falta una semana para la sesión de formación, por lo que no hay tiempo ni fondos suficiente para configurar manualmente todas las cuentas de usuario necesarias.

Para evitar esto, es necesario desarrollar un marco lógico para definir todo el trabajo necesario para completar el proyecto.

Definición 3.9 La **estructura de descomposición del proyecto (EDT)** es la descomposición a nivel de paquetes de trabajo.

Definición 3.10 **Crear la EDT** es el proceso de **subdividir los entregables del proyecto y el trabajo del proyecto** en componentes más pequeños y más fáciles de manejar.

Lo que se hace es dividir el proyecto en paquetes de trabajo para que luego sea más fácil gestionarlos, estimarlos y trabajar con ellos. Entre los **beneficios de utilizar la EDT** destacan:

- Ver gráficamente cómo se desgana el proyecto en los paquetes de trabajo, lo que facilita la comunicación entre el equipo y los stakeholders (da visibilidad de todo lo que hay que hacer).
- Focaliza el trabajo “en lo que hay que hacer”.
- Es la base para estimar costes, tiempo y recursos (se usan los paquetes de trabajo para hacer las estimaciones).

Es muy importante realizar correctamente la EDT, puesto que es el trabajo que hay que hacer dentro del proyecto; para ello, se recomienda **pensar en detalle**, para evitar subestimar tiempo y recursos que se necesitan para cada proyecto concreto.

Ejemplo 3.11 *Hay que preparar un informe sobre la última reunión del equipo. Según la experiencia en la elaboración de informes similares, se calcula que se tardarán unos 2 días en hacerlo. Pero, ¿hasta qué punto se está seguro de que esta estimación es correcta? ¿Se está seguro de que se han tenido en cuenta todas las tareas que conlleva la redacción de este informe? ¿Las diferencias entre este informe y otros en los que se ha trabajado supondrán más tiempo y más trabajo?*

La elaboración del informe implica en realidad la producción de tres productos distintos: un borrador, revisiones del borrador y la versión final. Al descomponer el proyecto en los entregables necesarios para generar el informe final, es más probable que se identifique todo el trabajo que se necesita hacer para completar el proyecto.

Cabe destacar que **no muestra dependencias temporales**, es decir, no se dice cuándo se va a hacer, o cuánto tiempo va a llevar hacerlo, sino que simplemente es la descomposición lógica de cómo se trabajará según los paquetes de trabajo. Además, al ser una estructura de descomposición de todo el trabajo del proyecto, es la base para **estimar costes, tiempo y recursos** y se puede usar para otros proyectos (**plantillas**): si en el futuro hay que hacer algún proyecto similar, se puede reutilizar la estructura que se ha generado de EDT. Por tanto, la EDT ayuda a:

- Tener claro todo el trabajo que hay que hacer dentro del proyecto.
- Controlar y verificar el alcance: cómo se han ligado los requisitos a los objetivos del proyecto, cuándo se está en la fase de ejecución y se obtienen las métricas de lo que se está haciendo, permite controlar el alcance para dar visibilidad de cuánto se ha avanzado.
- Hacer estimaciones de tiempo y costes basadas en los paquetes de trabajo.
- Gestionar y planificar los riesgos.
- Planificar los recursos y aprovisionamiento.

La Figura 3.7 muestra los inputs, tools & techniques y outputs del proceso de crear la estructura de descomposición del proyecto.

Inputs Como inputs para crear la EDT, se necesitan:

- **Plan de gestión del alcance:** Ver Sección 3.2.1.
- **Definición del alcance:** Ver Sección 3.2.3.
- **Documentación de los requisitos:** Ver Sección 3.2.2.
- **Factores ambientales:** Ver Sección 1.2.1.
- **Activos del proceso de la organización:** Ver Sección 1.2.2.

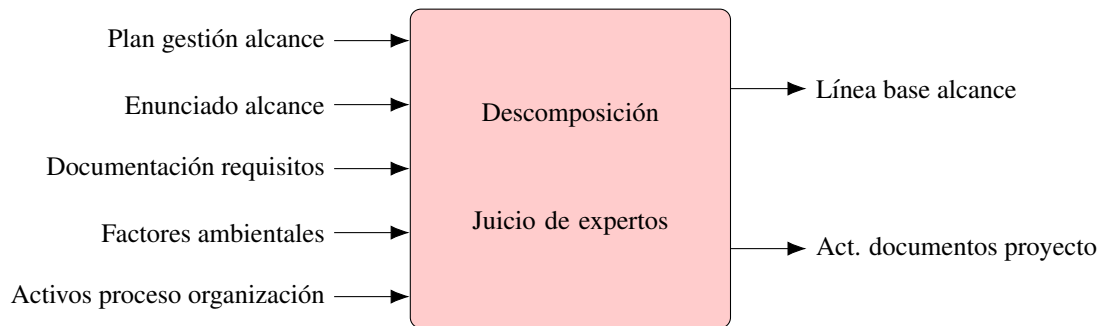


Figura 3.7: Proceso “Crear la estructura de descomposición del proyecto”

Tools & Tecniques Las tools & techniques necesarias para crear la EDT engloban:

- **Juicio de expertos:** Ver Sección 2.2.1.
- **Descomposición:** Hacer la subdivisión de tareas y entregables a nivel de paquetes de trabajo, permitiendo una mejor planificación, gestión, control del gasto y mejora el trabajo realizado.

Ejemplo 3.12 Antes de hacer un puzzle de 5000 piezas de Estados Unidos, se quiere determinar si falta alguna pieza y, en caso afirmativo, cuál/es.

Una opción es contar las piezas antes de montar el puzzle. Sin embargo, saber que solo tiene 4999 piezas no puede ayudar a determinar qué pieza falta. Se necesita dividir las 5000 piezas en grupos más pequeños que se puedan examinar y comprender.

Si se divide el puzzle de Estados Unidos en 50 puzzles de 100 piezas, uno por cada uno de los 50 estados, es obvio que cada pieza del puzzle debe estar en una sola caja.

Si se divide cada estado en cuatro cuadrantes, cada uno de ellos con 25 piezas, se puede contar las piezas de cada casilla para ver si falta alguna. Y, en este caso, determinar cuál de las 25 piezas falta en un sector específico de un estado concreto es más fácil que averiguar qué pieza falta en el puzzle de 5000 piezas de todo Estados Unidos.

El equipo del proyecto debe buscar el balance entre la descomposición y la eficiencia, es decir, no interesa desgranar tanto el proyecto que salgan muchísimos paquetes de trabajo. Para saber si se ha definido con suficiente detalle, pueden plantearse las siguientes preguntas:

1. ¿Se necesitan dos o más entregables intermedios para producir este entregable?
2. ¿Se puede estimar con precisión los recursos que se necesitarán para realizar el trabajo necesario para producir este entregable? (recordar que los recursos incluyen personal, equipos, materias primas, dinero, instalaciones, información, etc.).
3. ¿Se puede estimar con exactitud el tiempo que llevará producir este entregable?
4. Si se tiene que asignar a otra persona el trabajo para producir este entregable, ¿se está seguro de que esa persona sabrá exactamente lo que tiene que hacer?

Si se responde *afirmativamente* a la primera pregunta o *negativamente* a alguna de las otras tres, se debe desglosar el producto final en los componentes necesarios para producirlo. Las respuestas a estas preguntas dependerán de lo familiarizado que se esté con el trabajo, de lo importante que sea la actividad para el éxito del proyecto, de lo que ocurra si algo sale mal, de a quién asigne la realización de la actividad, de lo bien que se conozca a esa persona, etc. En otras palabras, el **nivel de detalle de la EDT depende del criterio del equipo de dirección del proyecto**. Si no se tiene clara la respuesta a las preguntas, una opción más sencilla es subdividir la EDT en entregables adicionales si se cumple alguna de las siguientes situaciones (son solo unas guías):

- El componente tardará mucho más de dos semanas naturales en completarse.
- El componente requerirá mucho más de 80 horas/persona para completarse.

Ejemplo 3.13 *Si se calcula que se tardarán dos semanas y dos días en preparar un informe, probablemente se tengan los suficientes detalles. Pero si se calcula que se tardará de dos a tres meses en finalizar los requisitos de un nuevo producto, se tiene que desglosar los requisitos finales entregables con más detalle.*

La descomposición lleva asociada a las siguientes tareas:

- Identificar los entregables y el trabajo relacionado.
- Descomponer niveles superiores en inferiores y estructurar y organizar la EDT en fases, entregables, subproyectos... El elemento superior de la EDT suele denominarse proyecto y el nivel de detalle más bajo, paquete de trabajo. Sin embargo, los niveles intermedios se han denominado fases, subproyectos, asignaciones de trabajo, tareas, subtareas y entregables. Aquí, se utilizará únicamente la terminología “nivel 2”, “nivel 3”, etc. Un paquete de trabajo se compone de actividades que deben realizarse para producir el entregable que representa. Cada componente de la EDT se etiqueta de tal forma que pueda verse fácilmente sus relaciones entre sí y sus posiciones relativas en la EDT global del proyecto:
 - El primer dígito es el identificador de Nivel 1, indica el proyecto en el que se encuentra el elemento.
 - El segundo dígito indica el componente de Nivel 2 del proyecto en el que se encuentra el elemento.
 - El tercer dígito se refiere al componente de Nivel 3 bajo el componente de Nivel 2.
 - ...
 - El último dígito, que representa a los paquetes de trabajo, es el identificador único asignado para distinguir ese paquete de trabajo del resto.
- Verificar el grado de la descomposición.

Para descomponer el proyecto, deben seguirse las siguientes dos recomendaciones:

- **No dejar nada fuera:** Identificar todos los componentes del entregable que se está descomponiendo. Esta recomendación también se conoce como la *regla del 100 %*, estableciendo que los componentes de un proyecto incluyen el 100 % del trabajo y todos los resultados requeridos por el alcance del proyecto y no incluyen ningún trabajo o resultado que quede fuera del alcance del proyecto.
- **Evitar solapamientos:** No incluir el mismo subproducto en la descomposición de dos o más entregables diferentes.

Ejemplo 3.14 *En el Ejemplo 3.11, si no se ha dejado nada fuera, se debería tener a mano el producto final deseado después de haber elaborado el borrador y las revisiones del borrador. Sin embargo, si se cree que se debería realizar trabajo adicional para transformar estos dos subproductos en un producto final, se debería definir el subproducto o subproductos que generará este trabajo adicional.*

Además, todas las revisiones realizadas al borrador, independientemente de quien las haga, deberían incluirse como revisiones del borrador (el segundo entregable).

- **Descendente:** Empezar por el nivel superior de la jerarquía y descomponer sistemáticamente los elementos de la EDT en las partes que la componen. Este enfoque es útil cuando se tiene una buena idea del trabajo del proyecto antes de que comience el trabajo real. El enfoque descendente garantiza que se tiene en cuenta a fondo cada categoría en cada nivel, y reduce las posibilidades de pasar por alto trabajo en cualquiera de las categorías. La metodología sería la siguiente:
 1. Especificar todos los componentes de Nivel 2 para todo el proyecto.
 2. Determinar todos los componentes de Nivel 3 necesarios para cada componente de Nivel 2.
 3. Especificar los componentes de Nivel 4 para cada componente de Nivel 3 necesario.
 4. Continuar de esta manera hasta que se hayan detallado todos los entregables y componentes de trabajo del proyecto. Los componentes de nivel más bajo de cada cadena de la EDT son los paquetes de trabajo del proyecto.

- **Brainstorming:** Generar todos los posibles trabajos y entregables para este proyecto y luego agrúpalos en categorías. Resulta útil cuando no se tiene una idea clara del trabajo necesario para un proyecto desde el principio. Este enfoque anima a generar todas y cada una de las posibles piezas de trabajo que pueden tener que realizarse, sin preocuparse de cómo organizarlas en la EDT final. Cuando se decida que un trabajo propuesto es una parte necesaria del proyecto, se podrá identificar cualquier trabajo relacionado que también sea necesario. La metodología sería la siguiente:

1. Anotar todos los entregables y componentes de trabajo que se crea que conlleve el proyecto. No hay que preocuparse por el solapamiento o el nivel de detalle, discutir por la redacción ni otros detalles de los elementos de trabajo, ni juzgar la idoneidad del trabajo.
2. Agrupar estos elementos en unas pocas categorías principales con características comunes y eliminar los entregables o componentes de trabajo que no sean necesarios. Estos grupos son las categorías de Nivel 2.
3. Dividir los entregables y componentes de trabajo de cada categoría de Nivel 2 en grupos con características comunes. Estos grupos son las categorías de nivel 3.
4. A continuación, utilizar el método descendente para identificar otros entregables o componentes de trabajo que se hayan pasado por alto en las categorías creadas.
5. Continuar de esta manera hasta que se hayan detallado todos los entregables y componentes de trabajo del proyecto. Los componentes de nivel más bajo de cada cadena de la EDT son los paquetes de trabajo del proyecto.

Outputs Como outputs del proceso se tiene:

- **Línea base del alcance:** Compuesta por el enunciado del alcance, la EDT y el diccionario de la EDT¹, solo puede modificarse a través de procedimientos formales de control de cambios; se utiliza como base de comparación a medida que se ejecuta el trabajo.
- **Actualización de los documentos del proyecto** según sea necesario, como la documentación de requisitos (si se han añadido nuevos) o el registro de supuestos.

3.3. Grupo de procesos de monitorización y control

En el grupo de procesos de monitorización y control, la gestión del alcance se encarga del proceso de **validar el alcance** y del proceso de **controlar el alcance**.

3.3.1. Validar el alcance

Definición 3.11 Validar el alcance es el proceso de formalizar la **aceptación de los entregables** del proyecto que se hayan completado.

Por tanto, implica la **aceptación de los entregables** del proyecto por parte del cliente. Estos entregables pueden ser finales o intermedios, no tiene que ser únicamente el entregable final del proyecto, sino que pueden ser en las diferentes fases de los paquetes de trabajo.

Hay que tener en cuenta que, antes de pasar los entregables a validación del cliente, hay un **proceso interno de validación** que forma parte del **control de calidad del proyecto**². De esta forma, se asegura que el entregable alcanza los requisitos para que sea aprobado; esta parte de control de calidad la realiza el **departamento de calidad** (en caso de tener este departamento) o el propio **PM** en caso contrario. El **control de calidad** se realiza **antes de la verificación** del alcance (sobre los entregables). Las diferencias fundamentales entre validar el alcance y el control de calidad se muestran en la Tabla 3.4.

La Figura 3.8 muestra los inputs, tools & techniques y outputs del proceso de validar el alcance.

¹En el diccionario de la EDT se escribe el identificador del paquete de trabajo, la descripción de trabajo a realizar y el responsable de la organización al cargo del mismo. Es decir, en el diccionario de la EDT se explica lo que contienen estos paquetes y se relacionan con a los responsables dentro de la organización.

²**Controlar la calidad** es el proceso de monitorizar y registrar los resultados de la ejecución de las actividades de gestión de calidad para evaluar el desempeño y asegurar que las salidas del proyecto sean completas, correctas y satisfagan las expectativas del cliente.

Validar el alcance	Control de calidad
Relacionado con la aceptación de los entregables Lo hace el cliente	Relacionado con alcanzar los requisitos aprobados Lo realiza el dpto. de calidad o el PM

Tabla 3.4: Diferencias entre validar el alcance y control de calidad

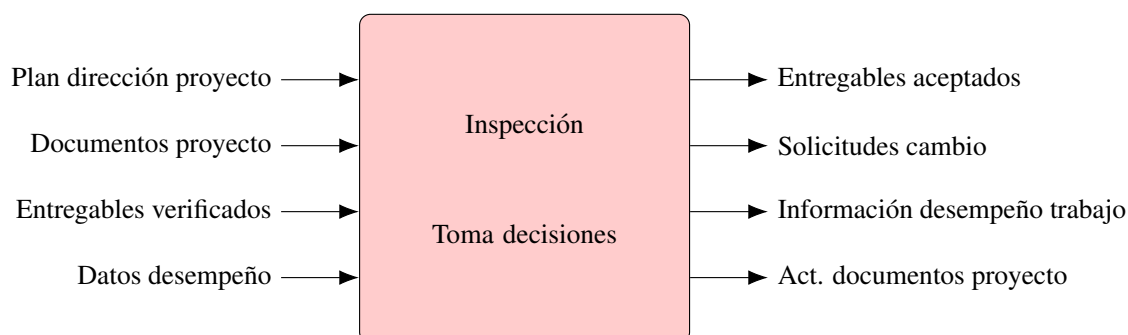


Figura 3.8: Proceso “Validar el alcance”

Inputs Como inputs para validar el alcance, se necesitan:

- **Plan para la dirección del proyecto:** Ver Sección 2.3.1.
- **Documentos del proyecto.**
- **Entregables verificados:** Entregables del proyecto que se han completado y verificado en términos de exactitud a través del proceso de controlar la calidad.
- **Datos de desempeño del trabajo:** Ver Sección 2.4.1.

Tools & Techniques Las tools & techniques necesarias para validar el alcance engloban:

- **Inspección:** Consiste en el examen del producto de un trabajo para determinar si cumple con los estándares documentados. Por lo general, los resultados de las inspecciones incluyen mediciones y pueden llevarse a cabo en cualquier nivel. Se pueden inspeccionar los resultados de una sola actividad o el producto final del proyecto. Las inspecciones también se utilizan para verificar las reparaciones de defectos.
- **Toma de decisiones:** Principalmente la *Votación*, ver Sección 2.5.1.

Outputs Como outputs del proceso se tienen:

- **Entregables aceptados:** Ver Sección 2.6.1.
- **Solicitudes de cambio:** Ver Sección 2.4.1.
- **Información de desempeño del trabajo:** Ver Sección 2.5.1.
- **Actualización de los documentos del proyecto.**

3.3.2. Controlar el alcance

Definición 3.12 Controlar el alcance es el proceso en el cual se **monitoriza el estado del alcance** del proyecto, y se gestionan cambios de la línea base del alcance.

Por tanto, es un **control interno** del proyecto que se lleva a cabo para comprobar que **se cumple con la línea base del alcance**³, que todos los requisitos se completan y que todas las peticiones de cambio se procesan correctamente.

La Figura 3.9 muestra los inputs, tools & techniques y outputs del proceso de controlar el alcance.

³Recordar que la línea base del alcance incluye el enunciado del alcance, la EDT y el diccionario de la EDT —numeraciones que se obtienen en los diferentes niveles de la EDT para explicar qué es lo que hace y quién es el responsable de la organización asignado a cada paquete de trabajo—)

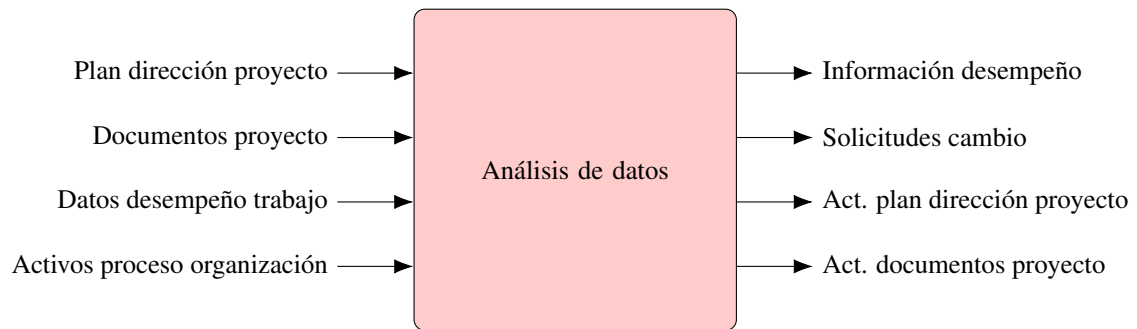


Figura 3.9: Proceso “Controlar el alcance”

Inputs Como inputs para controlar el alcance, se necesitan:

- **Plan para la dirección del proyecto:** Ver Sección 2.3.1.
- **Documentos del proyecto.**
- **Datos de desempeño:** Ver Sección 2.4.1.
- **Activos del proceso de la organización:** Ver Sección 1.2.2.

Tools & Techniques Las tools & techniques necesarias para controlar el alcance engloban:

- **Análisis de datos:** Se utiliza para determinar la causa y el grado de la desviación con relación a la línea base del alcance y decidir si son necesarias acciones correctivas o preventivas. Destacan:
 - *Análisis de variación:* Ver Sección 2.5.1.
 - *Análisis de tendencias:* Ver Sección 2.5.1.

Outputs Como outputs del proceso se tienen:

- **Información de desempeño del trabajo:** Ver Sección 2.5.1.
- **Solicitudes de cambio:** Ver Sección 2.4.1.
- **Actualización del plan para la dirección del proyecto:** Ver Sección 2.4.1.
- **Actualización de los documentos del proyecto.**

3.4. Resumen

El alcance se trata dentro de la planificación, donde se hace el plan para la gestión del alcance, se recopilan todos los requisitos, se define el alcance y se crea la EDT y su diccionario. El enunciado del alcance, la EDT y el diccionario de la EDT son la línea base del alcance, que va a ir dentro del plan para la gestión del proyecto junto con el plan para la gestión del alcance. Se empiezan a sacar indicadores de rendimiento de trabajo y, los que están relacionados con el alcance, se van a monitorizar también con los procesos de validar el alcance y controlar el alcance.

Tema 4

Gestión del cronograma

4.1. Introducción: planificación y programación

Las claves del éxito en la planificación y ejecución de un proyecto son la exhaustividad y la continuidad. Es necesario identificar toda la información importante en el plan del proyecto y abordar todos los aspectos del plan durante la ejecución del proyecto. **Describir detalladamente todo el trabajo** necesario para completar el proyecto ayudará a cumplir estas tareas. La descripción del trabajo del proyecto proporciona la base para la planificación y la programación de recursos, la definición de funciones y responsabilidades, la asignación de trabajo a los miembros del equipo, la captura de datos clave de rendimiento del proyecto, y la presentación de informes sobre el trabajo del proyecto completado. Debe tenerse en cuenta que, en el ámbito de un proyecto, planificar y programar son dos procesos diferentes (Figura 4.1):

- La **planificación** es el proceso de desarrollo del plan del proyecto. Implica pronosticar el futuro, definir actividades y resultados de trabajo, evaluar posibles problemas, así como proponer alternativas, políticas y medidas efectivas necesarias para completar las actividades y resolver los problemas. Por tanto, contribuye a cuantificar los aspectos temporales y de recursos, así como definir tareas. Pretende disponer 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/ secuenciación** implica la identificación y documentación de las relaciones lógicas entre las actividades del cronograma. Las actividades de programación se pueden secuenciar lógicamente con relaciones de precedencia, clientes potenciales y retrasos apropiados para obtener un cronograma de proyecto realista y alcanzable. Por tanto, se debe entender como el momento en que la secuencia de tareas se plasma en un calendario, incluyendo fechas de inicio y fin.

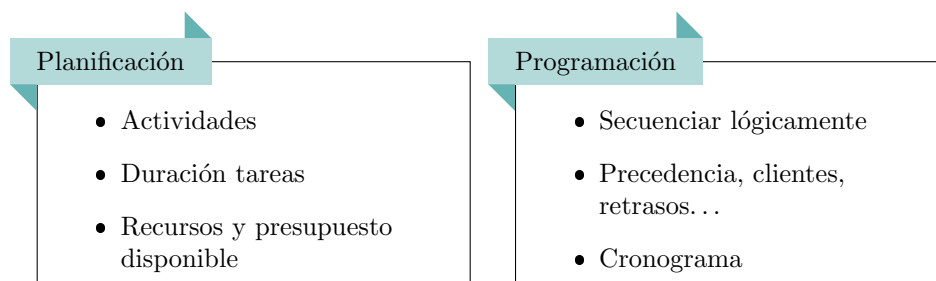


Figura 4.1: Tareas de la planificación y programación de proyectos

4.1.1. Elementos de la planificación y programación

Definición 4.1 Un hito es un **evento significativo** en la vida del proyecto que **no tiene duración**.

Suelen marcar el principio o el final de una o más actividades, por lo que, a menudo, se necesitan varias actividades para completar un hito.

Definición 4.2 Una **actividad/tarea** es un elemento de trabajo que tiene una **duración esperada**, un **coste** y requisitos de **recursos**.

Ejemplo 4.1 *Hitos podrían ser la Aprobación del borrador de un informe o el Inicio del diseño de un producto.*

Actividades podrían ser Redactar un informe o Realizar una encuesta.

Cuanto más claramente se definan las actividades y los hitos, más precisa será la estimación del tiempo y los recursos necesarios para llevarlos a cabo, más fácil resultará asignarlos y más significativos serán los informes sobre el progreso del cronograma.

Definición 4.3 La **duración** es el número total de **periodos de trabajo** necesarios para completar una actividad.

La capacidad de los recursos no personales y la disponibilidad de esos recursos también afectan a la duración. Además, los retrasos pueden aumentar la duración de una actividad.

Ejemplo 4.2 *La velocidad de procesamiento de un ordenador y las páginas por minuto que puede imprimir una fotocopidora afectan a la duración de la actividad.*

Si se envía un email, pero está en la bandeja de entrada durante cuatro días y siete horas, la duración de la actividad será de cinco días, aunque solo se dedique una hora a leerlo.

También es importante comprender la base de las estimaciones de la duración para encontrar formas de reducirla.

Ejemplo 4.3 *Se estima que para probar un paquete de software es necesario que funcione durante 24 horas en un ordenador. Si solo puede utilizarse el ordenador 6 horas al día, la duración de la prueba será de cuatro días. Duplicar el número de personas que trabajan en la prueba no reducirá la duración a dos días, pero conseguir la aprobación para utilizar el ordenador durante 12 horas al día sí lo hará.*

4.2. Gestión del cronograma

La gestión del cronograma en un proyecto es esencial para su éxito, ya que implica la coordinación cuidadosa de todas las actividades programadas para garantizar la entrega oportuna del proyecto.

Definición 4.4 La **gestión del cronograma** incluye los procesos requeridos para administrar la finalización del proyecto a tiempo.

Por tanto, se refiere al proceso de planificación, seguimiento y control del tiempo necesario para **completar todas las tareas y alcanzar los hitos** del proyecto dentro de los plazos establecidos. Esta gestión no solo implica el seguimiento de las fechas de inicio y finalización de las actividades, sino también la secuenciación adecuada de estas y la asignación eficiente de recursos para optimizar el uso del tiempo disponible. Esto incluye:

- Definir y ordenar las actividades dentro de un proyecto.
- Determinar la duración de dichas actividades.
- Desarrollar una planificación y programación.

- Controlar la planificación que se ha generado.

La gestión del cronograma del proyecto se integra en dos aspectos principales:

- **Integración con la estrategia de ejecución:** Esto implica alinear el cronograma del proyecto con los objetivos estratégicos de la organización, asegurando que los plazos y entregables estén en consonancia con las metas globales.
- **Integración de actividades, recursos y restricciones temporales:** Se trata de coordinar las actividades del proyecto, los recursos necesarios y las limitaciones de tiempo para asegurar una ejecución eficiente y efectiva del proyecto.

El objetivo principal de la gestión del cronograma es establecer, comprender y aplicar los procesos necesarios para optimizar el tiempo y garantizar la entrega oportuna del proyecto. Estos procesos se representan en la Figura 4.2. Por lo tanto, las **actividades esenciales de la gestión del cronograma** incluyen:

- Planificar y organizar las actividades del proyecto en una secuencia lógica, gestionando eficazmente los recursos disponibles para optimizar el tiempo y los costes del proyecto.
- Monitorizar regularmente el progreso del proyecto y ajustar el cronograma según sea necesario.

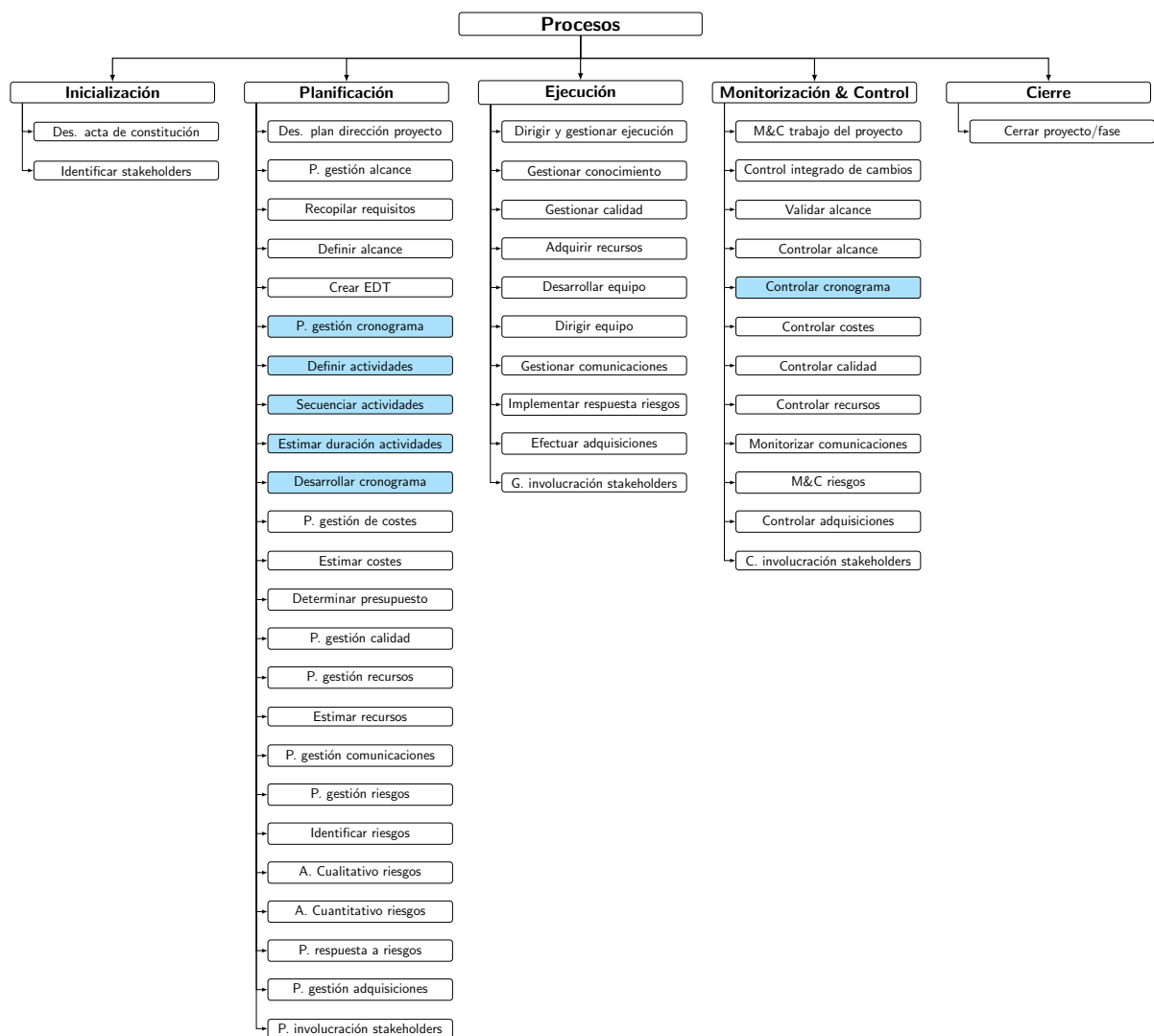


Figura 4.2: Procesos de la gestión del cronograma

El PM desempeña un papel fundamental en esta gestión, al colaborar estrechamente con el equipo del proyecto y los interesados para garantizar que el cronograma sea realista y factible, anticipando posibles desafíos y tomando medidas para cumplir con los objetivos del proyecto dentro de los plazos establecidos.

4.3. Grupo de procesos de planificación

En el grupo de procesos de planificación, la gestión del cronograma se encarga de los procesos de **plan de gestión del cronograma, definir actividades, secuenciar actividades, estimar la duración de las actividades y desarrollar el cronograma.**

4.3.1. Planificar la gestión del cronograma

Definición 4.5 Planificar la gestión del cronograma es el proceso de establecer las políticas, los procedimientos y la documentación para **planificar, desarrollar, gestionar, ejecutar y controlar** el cronograma del proyecto.

Definición 4.6 El **plan de gestión del cronograma** es un componente del plan para la dirección del proyecto que establece los **criterios** y las **actividades** para desarrollar, monitorizar y controlar el cronograma.

Es el documento que establece cómo se planificará, ejecutará, monitorizará y controlará el tiempo del proyecto, delineando roles, responsabilidades y **procesos específicos relacionados con la programación** del proyecto.

La Figura 4.3 muestra los inputs, tools & techniques y outputs del proceso de planificar la gestión del cronograma.

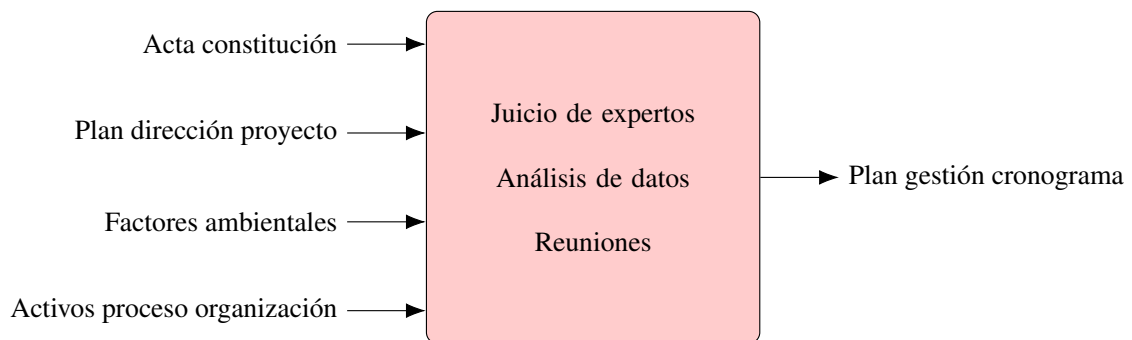


Figura 4.3: Proceso “Planificar la gestión del cronograma”

Inputs Como inputs para planificar la gestión del cronograma, se necesitan:

- **Acta de constitución:** Ver Sección 2.2.1.
- **Plan para la dirección del proyecto:** Ver Sección 2.3.1.
- **Factores ambientales:** Ver Sección 1.2.1.
- **Activos del proceso de la organización:** Ver Sección 1.2.2.

Tools & Techniques Las tools & techniques necesarias para planificar la gestión del cronograma engloban:

- **Juicio de expertos:** Ver Sección 2.2.1.
- **Análisis de datos:** Principalmente, el *Análisis de alternativas*, ver Sección 2.5.1, para determinar qué metodología de programación usar, o cómo combinar diversos métodos en el proyecto.
- **Reuniones:** Ver Sección 2.2.1.

Outputs Como output del proceso se tiene:

- **Plan de gestión del cronograma:** Es el documento que establece cómo se planificará, ejecutará, monitorizará y controlará el tiempo del proyecto, delineando roles, responsabilidades y **procesos específicos relacionados con la programación** del proyecto. En este plan, se especifica cómo conseguir la definición de actividades, cómo hacer la estimación de la duración de estas actividades, cómo secuenciarlas y, al final, definir qué herramientas se van a utilizar y cómo se va a hacer la monitorización y control para saber si se va en tiempo o no.

4.3.2. Definir actividades

Definición 4.7 Definir las actividades es el proceso de identificar y documentar las **acciones específicas** que se deben realizar para elaborar los entregables del proyecto.

Por tanto, se **identifica y documenta el trabajo** planificado para el proyecto, desglosando los paquetes de trabajo en **actividades** que pueden ser estimadas y utilizadas como base para la planificación, ejecución, monitorización y control del proyecto. En general, puede decirse que este proceso incluye:

- Identificar y documentar el trabajo que se prevé ejecutar durante el proyecto.
- Descomponer los paquetes de trabajo (**generados en el proceso de crear la EDT**, ver Sección 3.2.4) en actividades que puedan ser estimadas: las tareas cuelgan de los paquetes de trabajo.
- Estas tareas son la base para estimar, planificar, ejecutar, monitorizar y controlar el trabajo del proyecto.
- Poder cumplir con todo el trabajo requerido, pero solo con el trabajo requerido: **no hacer gold plating**.
- Tener **tareas asignables**.
- Tener relación directa con la **línea base del alcance**: La planificación del cronograma tiene que ir ligada a la del alcance, puesto que el sumatorio de todas las actividades debe estar dentro del tiempo del proyecto.

Ejemplo 4.4 Se quiere crear la EDT y las tareas para un programa de formación.

1. **Determinar los entregables principales o productos a producir.** “¿Qué productos o entregables principales, intermedios o finales, deben producirse para alcanzar los objetivos del proyecto?”. Se pueden identificar los siguientes elementos:
 - Declaración de necesidades del programa de formación.
 - Diseño del programa de formación.
 - Cuadernillos para los participantes.
 - Instructor capacitado.
 - Pruebas del programa.
 - Presentación del programa de formación.
2. **Dividir cada uno de estos entregables principales en sus entregables componentes de la misma manera.** Ir eligiendo los diferentes entregables. Se empieza aquí con la “Declaración de necesidades del programa de capacitación”: ¿qué entregables intermedios se deberían tener para poder crear la declaración de necesidades? Se puede determinar que se requieren los siguientes elementos:
 - Entrevistas con potenciales participantes.
 - Una revisión de materiales que discutan las necesidades para el programa.
 - Un informe que resuma las necesidades que abordará este programa.
3. **Dividir cada una de estas partes de trabajo en sus partes componentes.** Se empieza con las “Entrevistas con potenciales participantes”; igual que en el paso anterior, ¿qué entregables se deben tener para completar estas entrevistas? Se puede decidir que se deben producir los siguientes elementos:

- *Participantes seleccionados para la entrevista.*
- *Cuestionario de la entrevista.*
- *Programa de la entrevista.*
- *Entrevistas completadas.*
- *Informe de los hallazgos de la entrevista.*

La Figura 4.4 muestra los inputs, tools & techniques y outputs del proceso de definir actividades.



Figura 4.4: Proceso “Definir actividades”

Inputs Como inputs para desarrollar el proceso de definir actividades, se necesitan:

- **Plan de gestión del cronograma:** Ver Sección 4.3.1.
- **Línea base del alcance:** Ver Sección 3.2.4.
- **Factores ambientales:** Ver Sección 1.2.1.
- **Activos del proceso de la organización:** Ver Sección 1.2.2.

Tools & Tecniques Las tools & techniques necesarias para definir las actividades engloban:

- **Juicio de expertos:** Ver Sección 2.2.1.
- **Descomposición** de los paquetes de trabajo en actividades: Ver Sección 3.2.4. La lista de actividades (salida de este proceso) puede elaborarse simultáneamente con la EDT y el diccionario de la EDT.
- **Planificación gradual:** El trabajo a realizar a corto plazo se planifica en detalle, mientras que el trabajo futuro se planifica a un nivel superior. Se emplea sobre todo para proyectos largos, dejando algunas planificaciones a nivel de paquete de trabajo y se va perfeccionando a lo largo de la vida del proyecto según se descubren más cosas sobre el proyecto y su entorno. Así, cuando se tiene más información sobre ese punto del proyecto, se saca la planificación (actividades) de esos paquetes de trabajo. Una forma de aplicar esta herramienta a proyectos de larga duración es siguiendo los siguientes pasos:
 1. Dividir el trabajo de los tres primeros meses en componentes que tarden dos semanas o menos en completarse.
 2. Planificar el resto del proyecto con menos detalle, quizás describiendo el trabajo en paquetes que estima que tardarán entre uno y dos meses en completarse.
 3. Revisar el plan inicial al final de los tres primeros meses para detallar el trabajo para los tres meses siguientes en componentes que tarden dos semanas o menos en completarse.
 4. Modificar cualquier trabajo futuro según sea necesario, basándose en los resultados del trabajo de los tres primeros meses.
 5. Seguir revisando el plan de este modo durante todo el proyecto.
- **Reuniones:** Ver Sección 2.2.1.

Outputs Como outputs del proceso se tienen:

- **Lista de actividades:** Tabulación de las actividades del cronograma necesarias para llevar a cabo el proyecto, que se incluirán en el cronograma para poder completarlo. La lista debe incluir:
 - El nombre de la actividad.
 - Un identificador o número de la actividad (siguiendo la misma numeración que para los paquetes de trabajo).
 - Una breve descripción del alcance de la actividad.

Para proyectos que utilizan planificación gradual o técnicas ágiles, la lista de actividades será actualizada periódicamente conforme avanza el proyecto.

- **Atributos de las actividades:** Amplían la descripción de la 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.
- **Lista de hitos:** Tabulación de hitos del proyecto que se consiguen en la ejecución del proyecto, identificando si son obligatorios u opcionales. Los hitos son herramientas útiles para **establecer objetivos** del cronograma y **monitorizar el progreso**.

Ejemplo 4.5 *Hitos obligatorios serían los exigidos por contrato; hitos opcionales serían los basados en información histórica.*

- **Solicitudes de cambios:** Ver Sección 2.4.1. Pueden aparecer sobre todo si se utiliza la planificación gradual, ya que, al no sacar toda la lista de actividades desde el principio (sino hacerla según se entra en la fase de ejecución), puede ocurrir que cuando se esté analizando la definición de actividades de un paquete de trabajo, se observe que no se está siguiendo la línea base que se había planificado y haya que hacer una solicitud de cambio. También son frecuentes si ha habido que hacer alguna suposición sobre cosas que, en el momento de hacer la lista de tareas, eran desconocidas.

Ejemplo 4.6 *Siguiendo con el Ejemplo 4.4, se decide que el entregable de “Entrevistas completadas” del paso 3 necesita más detalle para poder estimar su tiempo y recursos necesarios. Sin embargo, no se sabe cómo dividirlo aún más porque se desconoce cuántas personas se entrevistarán o cuántos conjuntos de entrevistas diferentes se realizarán. Se hace la suposición de entrevistar a cinco grupos de siete personas cada uno, desarrollando entonces planes específicos para organizar y llevar a cabo cada una de estas sesiones.*

En caso de hacer suposiciones, es recomendable anotarlas para acordarse de cambiar el plan si esta suposición resulta ser diferente en la realidad.

- **Actualización del plan para la dirección del proyecto:** Ver Sección 2.4.1.

4.3.3. Secuenciar las actividades

Para determinar la cantidad de tiempo que se necesita para cualquier proyecto, se necesita determinar un aspecto fundamental de las actividades: su **secuencia**, el orden en que se realizarán las actividades.

Ejemplo 4.7 *Si se tiene un proyecto que consta de diez actividades, cada una de las cuales dura una semana. ¿Cuánto tiempo tardará en completarse? 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.*

Definición 4.8 Secuenciar las actividades es el proceso que consiste en **identificar y documentar las relaciones** entre las actividades del proyecto.

Consiste en identificar y documentar las **relaciones lógicas** entre las actividades del proyecto, estableciendo así la secuencia en la que deben llevarse a cabo. Por tanto, este proceso implica:

- 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.

La Figura 4.5 muestra los inputs, tools & techniques y outputs del proceso de secuenciar actividades.

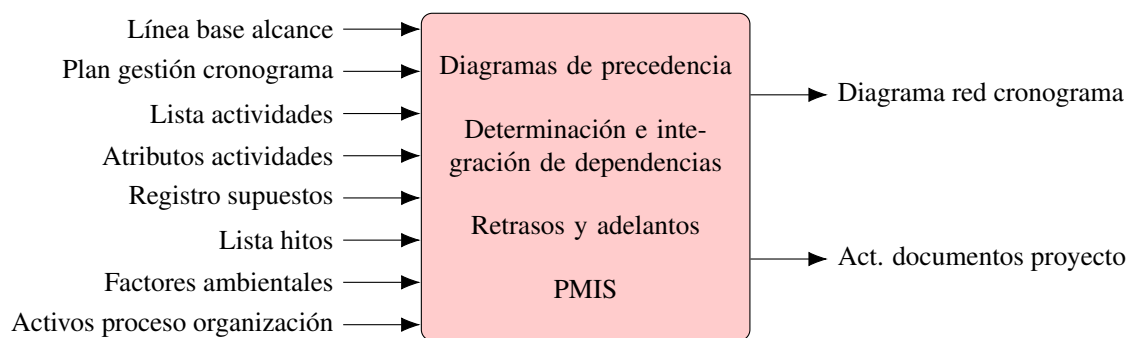


Figura 4.5: Proceso “Secuenciar las actividades”

Inputs Como inputs para desarrollar el proceso de secuenciar actividades, se necesitan:

- **Línea base del alcance:** Ver Sección 3.2.4.
- **Plan de gestión del cronograma:** Ver Sección 4.3.1.
- **Lista de actividades:** Ver Sección 4.3.2.
- **Atributos de las actividades:** Ver Sección 4.3.2.
- **Lista de hitos:** Ver Sección 4.3.2.
- **Registro de supuestos:** Ver Sección 2.2.1.
- **Factores ambientales:** Ver Sección 1.2.1.
- **Activos del proceso de la organización:** Ver Sección 1.2.2.

Tools & Técnicas Las tools & techniques necesarias para secuenciar las actividades engloban:

- **Diagramas de precedencia (PDM):** Utilizada 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**¹ (Figura 4.6),:
- **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.

¹Una 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.

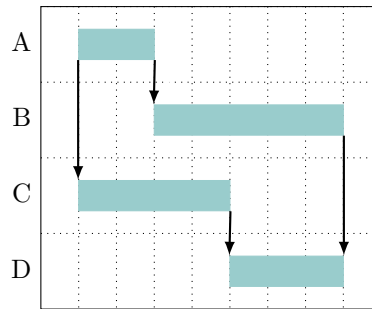


Figura 4.6: Tipos de dependencias

Ejercicio 4.1 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.
- Nivelar el cemento respecto a comenzar a verter los cimientos.

- **Determinación e integración de las dependencias:** Las dependencias tienen 4 atributos (obligatoria/discrecional y externa/interna), pero **solo pueden aplicarse dos simultáneamente**.

Además, el tipo de relaciones que puede haber entre actividades son:

- **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 PM 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 4.2 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 que 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 4.7):

- **Adelanto:** Cantidad de tiempo en que una actividad sucesora se puede anticipar con respecto a una actividad predecesora. El adelanto se representa a menudo como un valor negativo de un retraso en el software de programación.
- **Retraso:** Cantidad de tiempo en que una actividad sucesora se retrasa con respecto a una actividad predecesora.

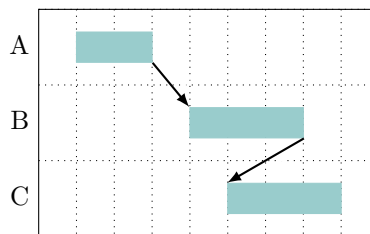


Figura 4.7: Retrasos y adelantos

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

■ **PMIS:** Ver Sección 2.4.1, como MS Project, JIRA, Sinnaps, Trello...

Outputs Como outputs del proceso se tienen:

■ **Diagrama de red del cronograma del proyecto:** Representación gráfica de las relaciones lógicas (dependencias) entre las actividades del cronograma del proyecto. Existen dos reglas fundamentales para interpretar el diagrama de red:

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.

Puede tener las actividades en las flechas (activities on arrows, AOA) o en los nodos (activities on nodes, AON), siendo esta última la más utilizada:

- **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.

Ejemplo 4.8 Según el diagrama de red de la Figura 4.8:

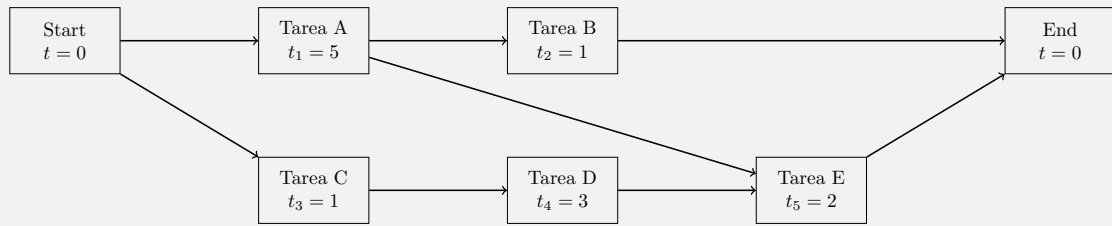


Figura 4.8: Diagrama de red del cronograma

- 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 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).

- Actualización de los documentos del proyecto.

4.3.4. Estimar la duración de las actividades

Definición 4.9 Estimar la duración de las actividades es el proceso de realizar una estimación de la cantidad de períodos de trabajo necesarios para finalizar las actividades individuales con los recursos estimados.

Se **estima el esfuerzo** (número de días de trabajo u horas de trabajo requeridas) para completar una actividad, 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. En caso de actividades que no se han hecho nunca, se las debe monitorizar para identificar detalles que puedan afectar a su estimación inicial y reflejar cualquier cambio en el cronograma en cuanto se sea consciente de ellos.

- Debe basarse en la **EDT** que se ha sacado al definir el alcance.
- 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. Por ello, no se deben aceptar presiones de superiores: por mucho que la dirección diga que una tarea tiene que acabarse antes, no se recomienda modificarla, puesto que la estimación es la que es. No sirve de nada hacer una estimación más corta y que luego cuando se ejecute lleve más tiempo, teniendo que hacer peticiones de cambio, cambiar alcances, etc. Tampoco se debe añadir tiempo a las estimaciones “por si acaso”, aunque puede seguirse el método de la cadena crítica (CCPM) si se considera necesario.
- **El PM está continuamente revisando las estimaciones** para comprobar que se cumplen las líneas base, para que todo lo que se estime en el proyecto cumpla con la línea base de inicio-fin y que se vaya acorde a lo planificado/firmado. Así, puede ver que realmente se cumple con la planificación. Por ello, los planes se revisan tanto como sea necesario durante la fase de ejecución: hay que ir controlando y revisando lo que se había planificado para garantizar que se va como se piensa.
- **Las líneas base no cambian sin cambios aprobados**, es decir, siempre que se modifique algo de la línea base del cronograma (o cualquier otra línea base), tiene que pasar por el control integrado de cambios (Sección 2.5.2). Si algo afecta a la línea base, hay que pasar una petición de cambio que irá al control integrado de cambios para validar si realmente hay que cambiar esta línea base, cómo va a afectar, etc. (**cualquier cambio tiene que ser aprobado**).

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 el recurso estará disponible).

Ejemplo 4.9 *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 copiadora que produce 1000 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 (Figura 4.9), 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.

La Figura 4.10 muestra los inputs, tools & techniques y outputs del proceso de estimar la duración de las actividades.

Inputs Como inputs para desarrollar el proceso de estimar la duración de las actividades, se necesitan:

- **Línea base del alcance:** Ver Sección 3.2.4.
- **Plan de gestión del cronograma:** Ver Sección 4.3.1.
- **Documentos del proyecto.**
- **Factores ambientales:** Ver Sección 1.2.1.
- **Activos del proceso de la organización:** Ver Sección 1.2.2.

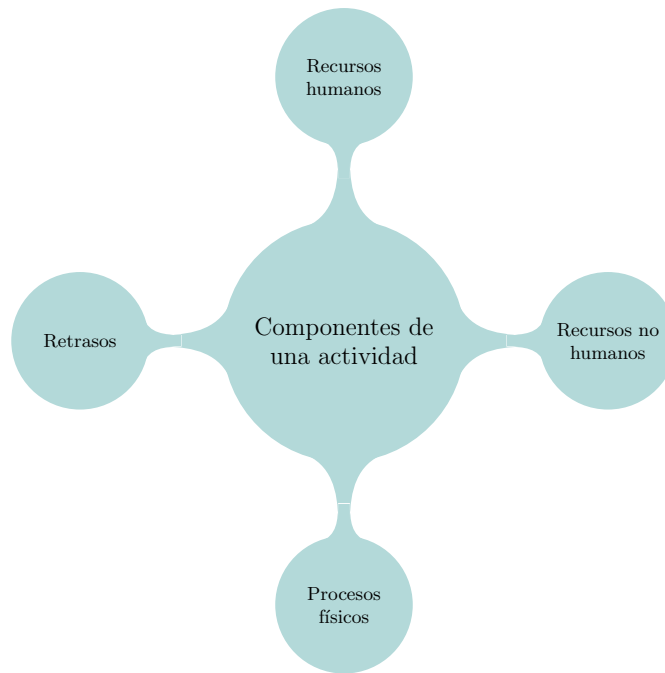


Figura 4.9: Componentes de una actividad

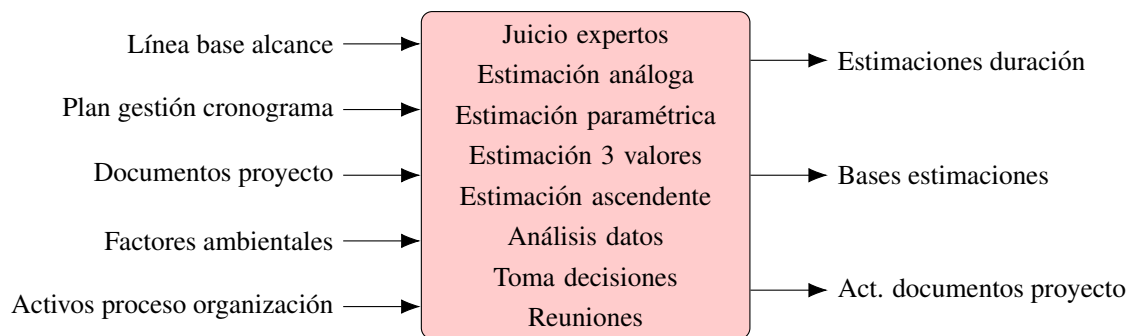


Figura 4.10: Proceso "Estimar la duración de las actividades"

Tools & Techniques Las tools & techniques necesarias para estimar la duración de las actividades engloban:

- **Juicio de expertos:** Ver Sección 2.2.1.
- **Estimación análoga:** Permite estimar la duración/coste de una actividad o de un proyecto utilizando parámetros de un proyecto anterior similar, tales como duración, presupuesto, tamaño..., como base para estimar los mismos parámetros o medidas para un proyecto futuro. La estimación análoga de la duración se emplea a menudo para estimar la duración de un proyecto cuando se dispone de *escasa información de detalle* sobre el mismo. Además, es más fiable cuando las actividades anteriores son similares, no solo en apariencia, y cuando los miembros del equipo del proyecto responsables de efectuar las estimaciones poseen la pericia necesaria.

Ejemplo 4.10 Se está haciendo la gestión de un proyecto para construir una nueva planta de producción de 10500 m². Hace 2 años, se hizo un proyecto de similar tamaño (10000 m²), nivel de automatización y tecnología, tardándose 18 meses en su realización. Ajustando ligeramente por las diferencias en el entorno económico y normativas actualizadas, se estima una duración de 19 meses para el nuevo proyecto.

Ejercicio 4.3 Se está implementando un sistema de planificación de recursos empresariales (ERP) en una empresa manufacturera de 320 usuarios. Hace 3 años, se implementó un sistema ERP en ese mismo sector para 300 usuarios, tardándose 12 meses. Los módulos a implementar en ese caso eran los mismos que en el proyecto actual. ¿Cuánto podría tardarse en realizar este proyecto?

Ejercicio 4.4 Se quiere optimizar el proceso de ensamblaje final de una planta de ensamblaje. En un proyecto anterior se hizo esa misma optimización, así como la mejora del control de calidad, tardándose 4 meses. ¿Cuánto podría tardarse en el proyecto actual?

- **Estimación paramétrica:** Se utiliza un algoritmo para calcular el coste o la duración basados en datos históricos de proyectos anteriores y los parámetros del proyecto actual. 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 los parámetros de una actividad tales como costo, presupuesto y duración. Las duraciones pueden determinarse cuantitativamente multiplicando la cantidad de trabajo a realizar por el número de horas laborales por unidad de trabajo.

Ejemplo 4.11 Una empresa de construcción está planificando un proyecto para construir un edificio de oficinas de 10000 m². Basándose en datos históricos, se sabe que el equipo de construcción puede completar 100 m² por día. Utilizando la estimación paramétrica, calcular la duración total del proyecto en días.

Para calcular la duración total del proyecto, se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{Duración} = \frac{\text{Cantidad de trabajo a realizar}}{\text{Número de unidades completadas por día}}$$

Aplicando los datos proporcionados:

$$\text{Duración} = \frac{10000}{100} = 100 \text{ días}$$

Ejercicio 4.5 Una empresa de software está desarrollando una aplicación y ha estimado que se necesitarán 60000 € para programarla. Sabiendo que el coste promedio por hora de trabajo de un programador es de 50 €, utilizar la estimación paramétrica para calcular el número de horas que deberá dedicarle.

Ejercicio 4.6 Una empresa de logística necesita planificar la entrega de 500 ton de mercancías a un cliente. Basándose en datos históricos, se sabe que un camión puede transportar 25 ton por viaje y que cada viaje necesita 2 días (incluyendo carga, transporte y descarga). Utilizando la estimación paramétrica, calcular la duración total del proyecto en días.

Ejercicio 4.7 Un proyecto de construcción requiere la instalación de 8000 m² de paneles solares. Se tienen disponibles dos equipos de trabajo: el equipo A puede instalar 200 m² por día, y el equipo B puede instalar 150 m² por día. Si ambos equipos trabajan simultáneamente, utilizando la estimación paramétrica, calcular la duración total del proyecto en días.

Ejercicio 4.8 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.

- **Estimaciones basadas en tres valores:** La exactitud de las estimaciones de la duración por un único valor puede mejorarse si se tienen en cuenta la incertidumbre y el riesgo. El uso de estimaciones basadas en tres valores ayuda a definir un rango aproximado de duración de una actividad (en lugar de proporcionar estimaciones de actividad como un número discreto, se crea una estimación de tres puntos):

- t_M Duración más probable (la más esperada), basada en la duración de la actividad en función de los recursos que probablemente le sean asignados, de su productividad, de las expectativas realistas de disponibilidad para la actividad, de las dependencias de otros participantes y de las interrupciones.
- t_O Duración optimista (el mejor de los casos), estimación según el mejor escenario para esa actividad.
- t_P Duración pesimista (el peor de los casos), estimación según el peor escenario para esa actividad.

Con estos tres valores, puede estimarse la duración esperada t_E de la actividad según diferentes formas estadísticas. Debe tenerse en cuenta que si solo hay unas pocas actividades inciertas, se puede utilizar directamente la duración estimada; sin embargo, si la mayoría de las actividades son inciertas, se recomienda utilizar la estimación basadas en tres valores para cada actividad. Las formas más habituales de estimar la duración esperada t_E son:

- **Triangular:** Existen datos históricos insuficientes o cuando se usan datos subjetivos (por ejemplo, mediante juicio de expertos):

$$t_E = \frac{t_O + t_P + t_M}{3} \quad (4.1)$$

Ejemplo 4.12 Se está planificando la construcción de una nueva carretera. Aunque no se han realizado proyectos iguales antes, se consulta a expertos en construcción de carreteras para obtener estimaciones optimistas, pesimistas y más probables sobre la duración de ciertas etapas, como la preparación del terreno o la pavimentación.

- **Beta PERT:** Se dispone de datos históricos sobre actividades similares en proyectos anteriores:

$$t_E = \frac{t_O + t_P + 4 \cdot t_M}{6} \quad (4.2)$$

Ejemplo 4.13 Se está planeando un proyecto de desarrollo de software y se tiene acceso a datos históricos de proyectos similares. Se puede utilizar la distribución beta PERT para ajustar las estimaciones en función de cómo se desempeñaron esas actividades en el pasado, considerando las estimaciones optimistas, pesimistas y más probables.

Ejercicio 4.9 Se está planificando la construcción de un edificio. Se consulta a los expertos para obtener estimaciones sobre la duración de la actividad de excavación de cimientos. Las estimaciones obtenidas son:

- Duración más probable (t_M): 20 días
- Duración optimista (t_O): 15 días
- Duración pesimista (t_P): 30 días

Determinar el tipo de estimación a usar y el valor de la duración esperada.

Ejercicio 4.10 Se está planificando un proyecto de desarrollo de software y se tienen datos históricos de proyectos similares. Las estimaciones obtenidas para la duración de la fase de pruebas son:

- Duración más probable (t_M): 40 días
- Duración optimista (t_O): 30 días

- Duración pesimista (t_P): 60 días

Determinar el tipo de estimación a usar y el valor de la duración esperada.

Ejercicio 4.11 En un proyecto de instalación de paneles solares, se estima la duración de la actividad de instalación de paneles. Las estimaciones obtenidas son:

- Duración más probable (t_M): 10 días
- Duración optimista (t_O): 8 días
- Duración pesimista (t_P): 15 días

Determinar el tipo de estimación a usar y el valor de la duración esperada.

Ejercicio 4.12 En un proyecto de ampliación de una fábrica, se consultan datos históricos sobre la duración de la actividad de instalación de nuevas máquinas. Las estimaciones obtenidas son:

- Duración más probable (t_M): 25 días
- Duración optimista (t_O): 20 días
- Duración pesimista (t_P): 35 días

Determine el tipo de estimación a usar y el valor de la duración esperada.

Ejercicio 4.13 En un proyecto de mantenimiento de infraestructura, un panel de expertos estima la duración de la actividad de reparación de carreteras. Las estimaciones obtenidas son:

- Duración más probable (t_M): 12 días
- Duración optimista (t_O): 10 días
- Duración pesimista (t_P): 20 días

Determinar el tipo de estimación a usar y el valor de la duración esperada.

- **Estimación ascendente:** Método de estimación de la duración o el coste del proyecto mediante la suma de las estimaciones de los componentes de nivel inferior en la EDT. Cuando no se puede estimar la duración de una actividad con un grado razonable de confianza, el trabajo que conlleva esa actividad se descompone en un nivel mayor de detalle. Se estiman las duraciones de los detalles. Posteriormente, se suman estas estimaciones y se genera una cantidad total para cada una de las duraciones de la actividad. Las actividades pueden o no tener dependencias entre sí, y esto puede afectar a la asignación y al uso de los recursos. Si existen dependencias, este patrón de uso de recursos se refleja y se documenta en los requisitos estimados para la actividad.
- **Análisis de datos:** Las técnicas de análisis incluyen:
 - *Análisis de alternativas:* Ver Sección 2.5.1. 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, costos y duración, a fin de determinar un enfoque óptimo para llevar a cabo el trabajo del proyecto.
 - *Análisis de reserva:* Se utiliza para determinar la cantidad de *reservas para contingencias* (tienen en cuenta la incertidumbre del cronograma, riesgos identificados y aceptados por la organización, y pueden ser un porcentaje de la estimación o unidades de tiempo) y las *reservas de gestión* (cantidades específicas del presupuesto del proyecto que se retienen por razones de control de gestión y que se reservan para cubrir trabajo no previsto dentro del alcance del proyecto). Se proporciona más información sobre las reservas en la Sección 6.2.3 y en el Tema 7.
- **Toma de decisiones:** Principalmente, la *Votación*, ver Sección 2.5.1.
- **Reuniones:** Ver Sección 2.2.1.

Outputs Como outputs del proceso se tienen:

- **Estimaciones de la duración de las tareas:** Evaluaciones cuantitativas del número probable de períodos de tiempo requeridos para completar una actividad, sin incluir retrasos ni adelantos.
- **Bases de las estimaciones:** Detalles adicionales sobre las estimaciones que se han considerado para la duración de las actividades (suposiciones, restricciones, rangos, nivel de precisión de la estimación, etc.).
- **Actualización de los documentos del proyecto.**

4.3.5. Desarrollar el cronograma

Es el último punto de la planificación y de donde tiene que salir la línea base de cronograma que se incluirá en el plan para la gestión del proyecto junto con el plan de gestión del cronograma.

Definición 4.10 Desarrollar el cronograma es el proceso de analizar secuencias de actividades, duraciones, requisitos de recursos y restricciones del cronograma para crear un **modelo de programación para la ejecución, la monitorización y el control** del proyecto.

Aquí se **determinan las fechas de inicio y fin de las actividades del proyecto** y requiere que las estimaciones de tiempo y recursos sean revisadas y aprobadas para definir la línea base del cronograma.

El objetivo final es **crear un cronograma realista** que proporcione la base para monitorizar el progreso del proyecto. Se trata de un proceso iterativo que se continúa realizando durante todo el proceso de ejecución, puesto que si al hacer las reuniones de seguimiento, se observa que hay desviaciones de la línea base, habrá que actualizarla con los nuevos datos que se están viendo (siempre después de abrir una petición de cambio, que pasaría al control integrado de cambios y tendría que ser aprobada). Se debe seguir el siguiente esquema:

1. Identificar las predecesoras de todas las actividades.
2. Determinar los recursos necesarios para todas las actividades.
3. Estimar la duración de todas las actividades.
4. Identificar si existen actividades o hitos **externos** al proyecto que puedan afectar a las actividades del proyecto.
5. Dibujar el diagrama de red del cronograma.
6. **Analizar el diagrama de red del cronograma para identificar las actividades críticas.**

Si la fecha de finalización es aceptable para el cliente, el proceso de planificación el cronograma se ha terminado; si no, se deberían utilizar técnicas de compresión del cronograma o volver a estimar la duración de las actividades.

La Figura 4.11 muestra los inputs, tools & techniques y outputs del proceso de desarrollar el cronograma.

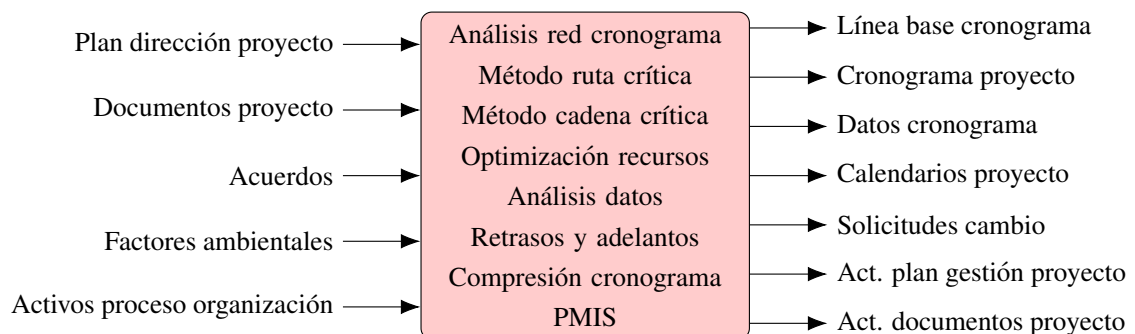


Figura 4.11: Proceso “Desarrollar el cronograma”

Inputs Como inputs para desarrollar el proceso de desarrollar el cronograma, se necesitan:

- **Plan para la dirección del proyecto:** Ver Sección 2.3.1.
- **Documentos del proyecto.**
- **Acuerdos:** Ver Sección 2.2.1.
- **Factores ambientales:** Ver Sección 1.2.1.
- **Activos del proceso de la organización:** Ver Sección 1.2.2.

Tools & Techniques Las tools & techniques necesarias para desarrollar el cronograma engloban:

- **Análisis de la red del cronograma:** Técnica global que se utiliza para generar el modelo de programación del proyecto. Emplea varias otras técnicas de las que se presentan a continuación (método de la ruta crítica, técnicas de optimización de recursos o técnicas de modelado).
- **Método de la ruta crítica (CPM).** 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/s crítico/s 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 (Sección 4.3.3), 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 4.12.

<i>ES</i>	<i>d</i>	<i>EF</i>
Actividad		
<i>LS</i>	<i>TF</i>	<i>LF</i>

Figura 4.12: 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 4.14 Partiendo del diagrama de red del cronograma de la Figura 4.8, 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 empiece 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 1).
- 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 1).
- 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.

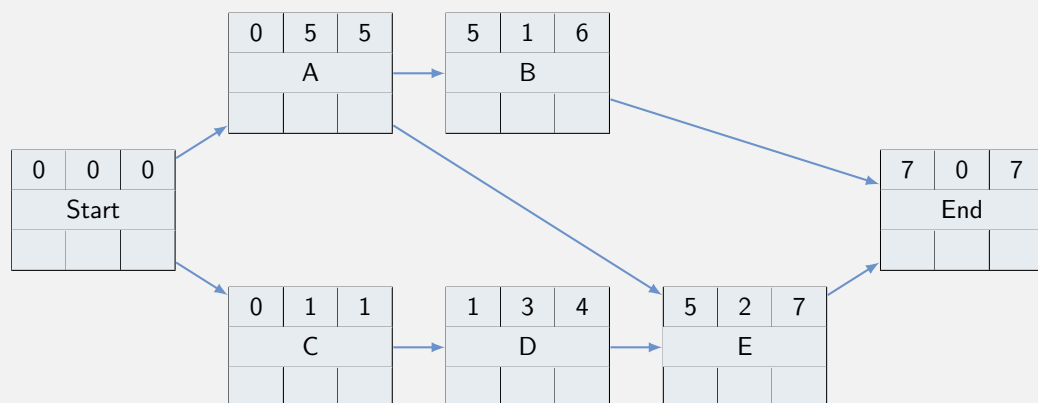


Figura 4.13: Cálculo hacia adelante

2. *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 4.15 Continuando con el diagrama de red del cronograma de la Figura 4.8, 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.

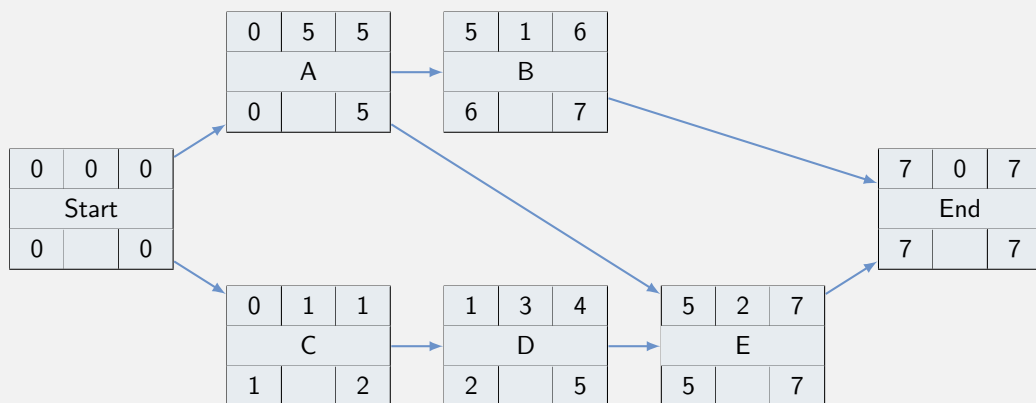


Figura 4.14: Cálculo hacia atrás

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:

$$TF = LF - EF = LS - ES \quad (4.3)$$

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.

$$FF_i = ES_{i+1} - EF_i = ES_{i+1} - ES_i - d_i \quad (4.4)$$

- **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 4.16 A partir del diagrama de red de la Figura 4.14, se obtiene que las holguras totales son las mostradas en la Figura 4.15. Por lo tanto, las tareas A y E son críticas.

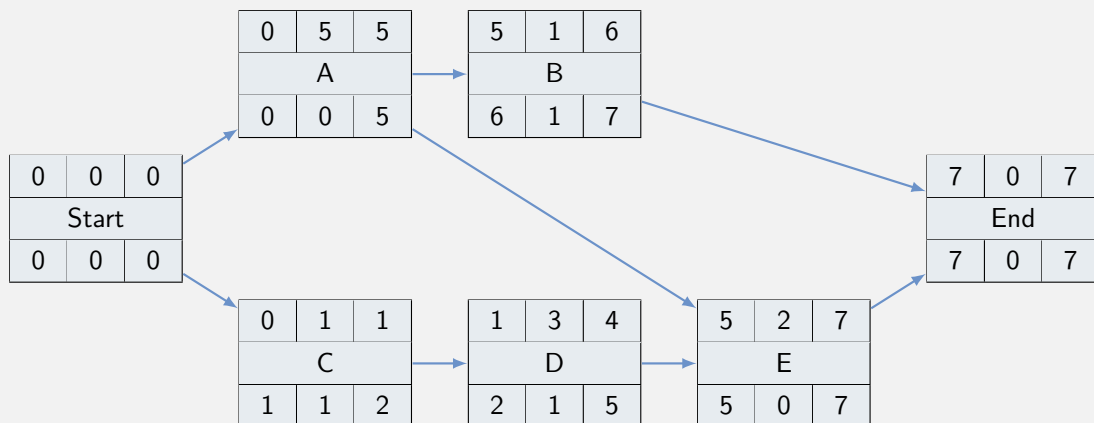


Figura 4.15: Cálculo de la holgura total

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 4.14 Aplicar el método de la ruta crítica.

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

Tabla 4.1: Ejercicio 4.14

Ejercicio 4.15 Aplicar el método de la ruta crítica.

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

Tabla 4.2: Ejercicio 4.15

Ejercicio 4.16 *Aplicar el método de la ruta crítica.*

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

Tabla 4.3: Ejercicio 4.16

Ejercicio 4.17 *Aplicar el método de la ruta crítica.*

	Duración	Predecesoras
A	2	—
B	5	—
C	1	—
D	10	A, B
E	3	D
F	6	C
G	8	E, F

Tabla 4.4: Ejercicio 4.17

Ejercicio 4.18 *Aplicar el método de la ruta crítica.*

	Duración	Predecesoras
A	3	—
B	2	A
C	5	—
D	2	B, C
E	4	A
F	6	B, C
G	5	E, D

Tabla 4.5: Ejercicio 4.18

Ejercicio 4.19 *Aplicar el método de la ruta crítica.*

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

Tabla 4.6: Ejercicio 4.19

Ejercicio 4.20 *Aplicar el método de la ruta crítica.*

	Duración	Predecesoras
A	8	—
B	11	A
C	15	A
D	2	B, C
E	5	D
F	8	E
G	6	E
H	3	G

Tabla 4.7: Ejercicio 4.20

Ejercicio 4.21 *Aplicar el método de la ruta crítica.*

	Duración	Predecesoras
A	5	—
B	5	A
C	4	A
D	3	B, C
E	8	C
F	6	D, E
G	3	E
H	6	F, G

Tabla 4.8: Ejercicio 4.21

Ejercicio 4.22 *Aplicar el método de la ruta crítica.*

	Duración	Predecesoras
A	5	—
B	1	A
C	3	A
D	1	A
E	5	C, G
F	8	D
G	1	B
H	6	E, F
I	2	H

Tabla 4.9: Ejercicio 4.22

Ejercicio 4.23 *Aplicar el método de la ruta crítica.*

	Duración	Predecesoras
A	5	B
B	3	—
C	2	A
D	3	C
E	4	A
F	4	G
G	2	A
H	2	D, F, I
I	3	E, G

Tabla 4.10: Ejercicio 4.23

Ejercicio 4.24 *Aplicar el método de la ruta crítica.*

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

Tabla 4.11: Ejercicio 4.24

Ejercicio 4.25 *Aplicar el método de la ruta crítica.*

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

Tabla 4.12: Ejercicio 4.25

Ejercicio 4.26 *Aplicar el método de la ruta crítica.*

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

Tabla 4.13: Ejercicio 4.26

Ejercicio 4.27 *Aplicar el método de la ruta crítica.*

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

Tabla 4.14: Ejercicio 4.27

Ejercicio 4.28 *Aplicar el método de la ruta crítica.*

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

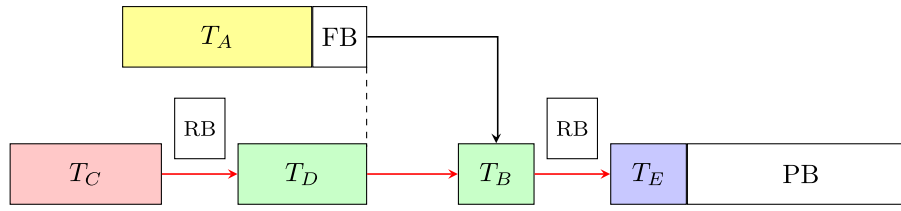
Tabla 4.15: Ejercicio 4.28

Ejercicio 4.29 Se tiene un proyecto de 9 actividades, las cuales tienen una duración y una relación como se muestra en la Tabla 4.16. 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?

	Predecesoras	Duración
A	3	—
B	2	A
C	4	A
D	4	A
E	6	B
F	6	C, D
G	2	D, F
H	3	D
I	3	E, G, H

Tabla 4.16: Ejercicio 4.29

- **Método de la cadena crítica (CCPM):** El método de la cadena crítica es una técnica avanzada de gestión de proyectos que se centra en la gestión de las incertidumbres y las limitaciones de recursos, con el fin de garantizar que el proyecto se complete en el menor tiempo posible. A diferencia del CPM (ruta crítica), que se enfoca en la secuencialización y el tiempo, el CCPM da prioridad a los recursos y la reducción de las holguras para mantener un flujo continuo de trabajo en el proyecto. Para implementar el método de la cadena crítica, es necesario seguir los siguientes pasos:
 1. *Identificación de la ruta crítica:* El primer paso es crear el cronograma del proyecto utilizando el CPM para identificar la ruta crítica original. Este proceso define la secuencia más larga de actividades dependientes que establece la duración mínima del proyecto.
 2. *Asignación de recursos:* Una vez identificada la ruta crítica, el siguiente paso es asignar los recursos necesarios a cada actividad. Es común que algunos recursos estén asignados a múltiples tareas a lo largo del proyecto, lo que puede crear cuellos de botella. En el CCPM, se ajustan las actividades y las secuencias para evitar que estos cuellos de botella generen retrasos.
 3. *Determinación de la cadena crítica:* La cadena crítica es la secuencia de actividades que considera tanto las dependencias entre actividades como la disponibilidad de recursos. Esta cadena puede diferir de la ruta crítica original, ya que tiene en cuenta las restricciones de recursos. La duración del proyecto ahora está determinada por la cadena crítica.
 4. *Incorporación de buffers:* Son amortiguadores temporales insertados en puntos concretos del cronograma, actuando como tareas ficticias que se consumen automáticamente cuando ciertas actividades requieren más tiempo del previsto, absorbiendo retrasos, sin afectar a la fecha de terminación programada. Por tanto, sirven para proteger la cadena crítica de las incertidumbres y evitar retrasos, existiendo tres tipos (ver Figura 4.16):
 - **Buffer de proyecto (PB):** Se sitúa al final de todo el proyecto, determinando la fecha final de entrega del mismo. Protege el plazo de conclusión del proyecto frente a las fluctuaciones que puedan aparecer en las actividades que conforman la cadena crítica.
 - **Buffers de alimentación (FB):** Margen de tiempo que se coloca al término de cada subcadena no crítica que desemboca en la cadena crítica. Este amortiguador permite ejecutar las actividades pertenecientes a las subcadenas del proyecto antes de un determinado tiempo, que coincide con el inicio de una tarea de la cadena crítica, protegiendo a esta última de las desviaciones producidas en las rutas paralelas.
 - **Buffers de recursos:** Se añaden al cronograma cuando un recurso participa en una tarea concreta de la cadena crítica y la actividad que le precede la realiza un recurso diferente. Se utiliza como señal de advertencia anticipada de recursos, garantizando que estos estarán disponibles cuando sean requeridos por la cadena crítica.



T_i = Tarea i ; — **cadena crítica**; — subcadena

■ Recurso 1; ■ Recurso 2; ■ Recurso 3; ■ Recurso 4; □ Buffer

PB = Buffer de proyecto; FB = Buffer de alimentación; RB = Buffer de recursos

Figura 4.16: Tipos de buffers en el método de la cadena crítica

5. *Determinación del tamaño de los buffers*²: Puesto que este método es especialmente útil en proyectos donde los recursos son escasos o el entorno es altamente incierto (proporcionando una estrategia robusta para cumplir con los plazos de entrega y mejorar la eficiencia del proyecto), es habitual que la duración de las actividades se establezca como:

- Duración con protección y sin protección (dcP , dsP)
- Duración (sin protección) y certidumbre de realización de la tarea (confianza en que la actividad se completará dentro de la duración estimada). Se calcula dcP como:

$$dcP = dsP + (100 - \text{certidumbre}) \cdot dsP$$

- . Existen diferentes métodos para estimar el tamaño de los *buffers*:

- Método del 50 %:

$$buffer = 0,5 \sum_{i=1}^n (dcP_i - dsP_i) \quad (4.5)$$

- Método del tercio crítico:

$$buffer = \frac{\sum_{i=1}^n dsP_i}{3} \quad (4.6)$$

- Método de la raíz cuadrada de la suma de cuadrados:

$$buffer = \sqrt{\sum_{i=1}^n (dcP_i - dsP_i)^2} \quad (4.7)$$

6. Insertar buffers en el cronograma y determinar la duración total del proyecto.

Algunas consideraciones respecto al CCPM son:

- **Gestión activa de buffers**: A lo largo del proyecto, es esencial monitorizar los *buffers* para detectar cualquier desviación temprana y tomar acciones correctivas.
- **Eliminación de holguras individuales**: A diferencia del CPM, donde se permiten holguras en actividades no críticas, el CCPM reduce o elimina estas holguras para concentrar los esfuerzos en la cadena crítica. Esto crea un sentido de urgencia y ayuda a mantener el foco en la finalización del proyecto.
- **Enfoque en la mejora continua**: El CCPM fomenta la identificación y eliminación de obstáculos a medida que se avanza en el proyecto. La optimización de recursos y la reducción de desperdicios son clave para acortar la duración del proyecto.
- **Reevaluación constante**: Al igual que en el CPM, la cadena crítica puede cambiar a lo largo del proyecto debido a la dinámica de los recursos y las condiciones del proyecto. Por ello, es necesario recalcularla cuando se producen cambios significativos.

²En general, solo se asignará tamaño a PB y FB, considerando que RB = 0, al tratarse de señales de advertencia.

Ejercicio 4.30

Se tiene un proyecto con las actividades y duración mostradas en la Tabla 4.17.

	Predecesora	Recurso	dsP
A	—	Amarillo	6
B	A	Azul	12
C	A	Azul	4
D	B, C	Amarillo	10

Tabla 4.17: Ejercicio 4.30

- Considerando que las estimaciones de duración son exactas, ¿cuál es la duración esperada del proyecto y por qué?
- ¿Qué actividades son críticas?
- Supóngase que Amarillo y Azul pueden realizar cualquier actividad, pero no compartirán actividades. ¿Pueden reasignarse las actividades a los recursos para que el proyecto se complete en menos tiempo? En caso afirmativo, ¿cuál es la nueva asignación y duración del proyecto?
- Considerar ahora que Amarillo realiza las actividades A y B, y Azul las actividades C y D, y que las duraciones de la Tabla 4.17 son las duraciones con protección, considerando un aumento del 80 % respecto a sin protección. Reformular el cronograma del proyecto utilizando buffers de proyecto y de alimentación, utilizando la ley del 50 %.

Ejercicio 4.31 En la Tabla 4.18 se presentan datos sobre un extracto de una obra de ingeniería civil. Determinar la cadena crítica y la duración del proyecto considerando los tres métodos para determinar el tamaño de buffer. Considerar que $RB = 0$.

	Predecesora	Recurso	dcP	dsP
A	Inicio	Amarillo	6	4
B	A	Azul	7	4
C	A	Azul	5	3
D	B, C, F	Azul	6	5
E	Inicio	Gris	5	4
F	E	Gris	3	2

Tabla 4.18: Ejercicio 4.31

Ejercicio 4.32 Un proyecto viene dado por las actividades y recursos que se muestran en la Tabla 4.19. Determinar la cadena crítica y la duración del proyecto considerando la ley del 50 % para determinar el tamaño de buffer. Considerar que $RB = 0$.

	Duración	Predecesora	Recurso	Certidumbre
A	2	Inicio	Amarillo	80 %
B	3	A	Verde	80 %
C	2	B	Azul	80 %
D	3	Inicio	Amarillo	80 %
E	5	D	Rosa	80 %
F	2	E	Amarillo	80 %
G	6	E	Gris	80 %
H	2	G	Azul	80 %
I	4	C, F, H	Azul	80 %

Tabla 4.19: Ejercicio 4.32

Ejercicio 4.33 Considerar un proyecto que viene dado por las actividades y recursos que se muestran en la Tabla 4.20. Desarrollar el cronograma siguiendo la cadena crítica y la duración del proyecto, considerando el método del tercio crítico para determinar el tamaño de los buffers. Considerar que $RB = 0$.

	dsP	Predecesora	Recurso
A	2.5	—	Azul
B	2	A	Amarillo
C	1.5	—	Gris
D	4.5	C	Amarillo
E	1	—	Rosa
F	2.5	E	Amarillo
G	1.5	F	Morado
H	4	G	Naranja
I	2	B, D, H, K, M	Verde
J	1.5	—	Marrón
K	1	J	Amarillo
L	0.5	—	Lila
M	3.5	L	Amarillo

Tabla 4.20: Ejercicio 4.33

Ejercicio 4.34 Considerar el proyecto con las relaciones de precedencia y las estimaciones de tiempo de la Tabla 4.21. Sabiendo que las tareas críticas son A–B–C–E–F–J–L–N, realizar el cronograma indicando la duración de los diferentes buffers, considerando el método de la raíz cuadrada de la suma de cuadrados. La certidumbre de las tareas es del 80 %.

	dsP	Predecesora
A	1	—
B	2	A
C	5	B
D	3	C
E	2	C
F	2.5	E
G	3.5	D
H	4.5	E, G
I	3.5	C
J	4	F, I
K	2	J
L	2.5	J
M	1	H
N	6	K, L

Tabla 4.21: Ejercicio 4.34

Ejercicio 4.35 Una empresa está gestionando dos proyectos. El primero se corresponde con el mostrado en la Tabla 4.17 y el segundo se muestra en la Tabla 4.22. Sabiendo que es más caro retrasar el proyecto de la Tabla 4.17, encontrar el cronograma según la cadena crítica de estos proyectos, utilizando el método del tercio crítico.

	Predecesora	Recurso	dsP
E	—	Verde	6
F	E	Azul	12
G	E	Azul	4
H	F, G	Verde	10

Tabla 4.22: Ejercicio 4.35

Ejercicio 4.36 Considerar el proyecto con las relaciones de precedencia y las estimaciones de tiempo de la Tabla 4.23, realizar el cronograma indicando la duración de los diferentes buffers, considerando la ley del 50 %. La certidumbre de las tareas es del 50 %.

	dsP	Predecesora	Recurso
A	1	—	Amarillo
B	1	A	Azul
C	4	—	Amarillo
D	2	B, C, F	Azul
E	3	D	Verde
F	2.5	A	Verde
G	2	E	Verde

Tabla 4.23: Ejercicio 4.36

Ejercicio 4.37 Considerar el proyecto con las relaciones de precedencia y las estimaciones de tiempo de la Tabla 4.24. Sabiendo que se dispone de un recurso Amarillo, dos recursos Azul y dos recursos Verde, y que las duraciones tienen una certidumbre del 90 %, realizar el cronograma indicando la duración de los diferentes buffers, considerando el método de la raíz cuadrada de la suma de cuadrados.

	<i>dsP</i>	Predecesora	Recurso
A	5	—	Amarillo
B	4	A	Azul
C	3	B	Amarillo
D	10	A	Azul
E	6	D, C	Verde
F	3	A	Azul
G	2	F	Amarillo
H	11	E, G	Amarillo
I	3	C	Verde
J	5	I	Azul
K	3	H, J	Verde

Tabla 4.24: Ejercicio 4.37

- **Optimización de los recursos.** Se utiliza para ajustar las fechas de inicio y finalización de las actividades, a fin de ajustar el uso planificado de recursos para que sea igual o menor que la disponibilidad de los mismos. Destaca la técnica de *Nivelación de recursos*, ver Sección 5.2.2.
- **Análisis de datos:** Entre otras, destacan:
 - *Análisis de escenarios “Qué pasa si...?”:* Proceso que consiste en evaluar escenarios a fin de predecir su efecto, positivo o negativo, sobre los objetivos del proyecto. Consiste en realizar un análisis de la pregunta “¿Qué pasa si se produce la situación representada por el escenario ‘X’?” Se realiza un análisis de la red del cronograma, usando el cronograma para calcular los diferentes escenarios, para evaluar la viabilidad del cronograma del proyecto bajo condiciones diferentes, y para preparar reservas de cronograma y planes de respuesta para abordar el impacto de situaciones inesperadas.

Ejemplo 4.17 Un proyecto de desarrollo de software depende de un módulo específico que será entregado por un proveedor externo. Originalmente, se espera que el módulo sea entregado en 3 semanas. Sin embargo, el proveedor ha comunicado que podría haber un retraso de hasta 2 semanas adicionales. El cronograma original del proyecto se basa en la entrega del módulo en 3 semanas. Con el retraso potencial, la nueva duración será de 5 semanas (duración original + posible retraso). Por lo tanto, la nueva duración del proyecto será de 5 semanas. Esta estimación permite evaluar la viabilidad del cronograma bajo la condición de retraso en la entrega del componente principal.

Ejercicio 4.38 Un proyecto de construcción incluye una fase de diseño arquitectónico estimada inicialmente en 4 semanas. Sin embargo, debido a la complejidad del diseño, el equipo de diseño esta fase podría prolongarse hasta un 50 % más de lo previsto. ¿Cuál será la nueva duración de esta fase?

Ejercicio 4.39 Un proyecto de manufactura se enfrenta a la posibilidad de una huelga que podría detener la producción durante 10 días. Originalmente, la fase de producción está programada para durar 30 días. Determine la nueva duración de la fase de producción si la huelga ocurre.

Ejercicio 4.40 Un proyecto de infraestructura requiere obtener permisos gubernamentales antes de iniciar la construcción. Inicialmente, se estimó que el proceso de obtención de permisos tomaría 6 semanas. Debido a cambios en los procedimientos, se estima que este proceso podría ahora tomar 2 semanas adicionales. Calcular la nueva duración del proceso de obtención de permisos.

- *Simulación de Monte Carlo*: Es la técnica más común para hacer pronósticos a futuro, se introducen los datos y los resultados muestran diferentes pronósticos que podrían suceder, ver Sección 7.2.4.

■ **Retrasos y adelantos**: Ver Sección 4.3.3.

Ejemplo 4.18 Si cuando acaba una actividad se necesita que la valide un departamento, habrá que poner un retraso al final de dicha actividad.

■ **Compresión del cronograma**: Consiste en acortar o acelerar la duración del cronograma sin reducir el alcance del proyecto, con el objetivo de cumplir con las restricciones del cronograma, las fechas impuestas u otros objetivos del cronograma. Las técnicas de compresión incluyen:

- *Intensificación/Crashing*: Se introducen más recursos (nuevo personal, horas suplementarias, pagos adicionales...) para llevar a cabo las tareas que se encuentran en la ruta crítica con la idea de acortar la duración del cronograma. Sólo sirve para tareas críticas (en las que los recursos adicionales permiten acortar la duración) que se ve que va a finalizar a tiempo; esta técnica **genera un aumento considerable del coste**, por lo que, si se aplica, debe abrirse una petición de cambio (al tener que poner más recursos se afecta a la línea base del coste), que vaya al control integrado de cambios, pasar por el CCB, y ver si se aprueba o no el cambio.

Ejemplo 4.19 Una empresa de construcción está llevando a cabo un proyecto que tiene las siguientes actividades y duraciones (en días):

Actividad	Duración	Predecesoras
A	5	-
B	8	A
C	6	A
D	4	B
E	7	C
F	3	D, E

Tabla 4.25: Ejemplo 4.19

El cliente ha solicitado reducir la duración del proyecto 5 días, con un sobre coste máximo de 2000 €. El equipo de gestión del proyecto quiere usar la técnica de crashing, obteniendo la siguiente información:

Actividad	Duración mínima	Coste del Crashing (€/día reducido)
A	3	200
B	5	150
C	4	100
D	3	250
E	5	300
F	2	400

Tabla 4.26: Información de crashing de las actividades del Ejemplo 4.19

La ruta crítica es A–C–E–F, con una duración de 21 días. La otra ruta (A–B–D–F) tiene una duración de 20 días.

Considerando las reducciones de las actividades:

- Actividad A: Se puede reducir de 5 a 3 días a un coste de 200€/día (2 días menos, 400€ en total).
- Actividad B: Se puede reducir de 8 a 5 días a un coste de 150€/día (3 días menos, 450€ en total).
- Actividad C: Se puede reducir de 6 a 4 días a un coste de 100€/día (2 días menos, 200€ en total).
- Actividad D: Se puede reducir de 4 a 3 días a un coste de 250€ (1 día menos, 250€).
- Actividad E: Se puede reducir de 7 a 5 días a un coste de 300€/día (2 días menos, 600€ en total).
- Actividad F: Se puede reducir de 3 a 2 días a un coste de 400€/día (1 día menos, 400€).

Hay que intentar reducir ambos caminos (4 días la ruta no crítica, 5 días la crítica) para cumplir los requerimientos del cliente. La opción más económica es la siguiente:

- Actividad A: Reducir 2 días a un coste de 400€.
- Actividad B: Reducir 2 días a un coste de 300€.
- Actividad C: Reducir 2 días a un coste de 200€.
- Actividad E: Reducir 1 día a un coste de 300€.

Así se reduce en 4 días la ruta crítica no crítica y en 5 días a la ruta crítica. El coste total de estas acciones son 1200€.

- **Ejecución rápida/Fast tracking:** Se ejecutan en paralelo fases o actividades que normalmente se ejecutan de manera secuencial, para ganar tiempo. Dado que se altera el camino crítico y la planificación del cronograma, también hay que hacer una petición de cambio, que pasaría por el CCB. Solo funciona cuando las actividades pueden solaparse para acortar la duración del proyecto en la ruta crítica. La ejecución rápida puede derivar en la necesidad de retrabajo y en un **aumento del riesgo**.

- **PMIS:** Ver sección 2.4.1.

Outputs Como outputs del proceso se tienen:

- **Línea base del cronograma:** Versión aprobada del modelo de programación que solo puede cambiarse mediante procedimientos formales de control de cambios y que se utiliza como base de comparación con los resultados reales. Es un componente del plan para la dirección del proyecto.
- **Cronograma del proyecto:** Salida del modelo de programación que presenta actividades vinculadas con fechas planificadas, duraciones, hitos y recursos. El cronograma del proyecto debe contener, como mínimo, una fecha de inicio y una fecha de finalización planificadas para cada actividad. Es el que utiliza el equipo para ir actualizando y tiene carácter preliminar hasta que los recursos están confirmados. Puede realizarse mediante alguna herramienta informática como MS Project, donde se muestra la secuencia, duración y estimación de todas las actividades. Suelen presentarse en forma de diagrama de barras/diagrama de Gantt, que presentan la información del cronograma donde las actividades se enumeran en el eje vertical, las fechas se muestran en el eje horizontal y las duraciones de las actividades se muestran como barras horizontales colocadas según las fechas de inicio y finalización. Muestra las relaciones entre sí, las dependencias, etc.

Ejercicio 4.41 Realizar el diagrama de Gantt del proyecto mostrado en la Tabla 4.27.

	Precedencia	Duración
A	—	6
B	A_{FS-3}	3
C	A	2
D	B, C_{SS-1}	3
E	C	4
F	D, E	2
G	F_{SS+1}	3

Tabla 4.27: Ejercicio 4.41

Ejercicio 4.42 Realizar el diagrama de Gantt del proyecto mostrado en la Tabla 4.28.

	Precedencia	Duración
A	—	4
B	A_{FS-2}	6
C	A	2
D	C_{SS-1}	4
E	B, D	4
F	—	5
G	F	4

Tabla 4.28: Ejercicio 4.42

Ejercicio 4.43 Realizar el diagrama de Gantt del proyecto mostrado en la Tabla 4.29.

	Precedencia	Duración
A	—	9
B	—	5
C	A, B_{SS+2}	5
D	B_{SS+6}	12
E	C, D	4
F	A_{FS+4}	6
G	—	12
H	F, E_{FS+3}	2
I	H_{SS}	3

Tabla 4.29: Ejercicio 4.43

Ejercicio 4.44 Realizar el diagrama de Gantt del proyecto mostrado en la Tabla 4.30.

	Precedencia	Duración
A	—	6
B	A ₋₃	3
C	A	2
D	B, C _{SS-1}	3
E	C	4
F	D, E	2
G	F ₊₁	3
H	A _{SS+3}	6
I	B	5

Tabla 4.30: Ejercicio 4.44

- **Datos del cronograma:** Conjunto de la información necesaria para describir y controlar el cronograma. Entre los datos del cronograma del proyecto se incluirán, como mínimo, los hitos del cronograma, las actividades del cronograma, los atributos de las actividades y la documentación de todos los supuestos y restricciones identificados.
- **Calendarios del proyecto:** Identifica los días laborables y turnos de trabajo disponibles para las actividades del cronograma. Distingue entre los períodos de tiempo, en días o fracciones de día, disponibles para completar las actividades programadas y los períodos de tiempo no disponibles para el trabajo.
- **Solicitudes de cambio:** Ver Sección 2.4.1.
- **Actualización del plan para la dirección del proyecto:** Ver Sección 2.4.1.
- **Actualización de documentos del proyecto.**

4.4. Grupo de procesos de monitorización y control

En el grupo de procesos de monitorización y control, la gestión del cronograma se encarga del proceso de **controlar el cronograma**.

4.4.1. Controlar el cronograma

Definición 4.11 Controlar el cronograma es el proceso de monitorizar el estado del proyecto para actualizar el cronograma del proyecto y gestionar cambios a la línea base del cronograma.

Consiste, por tanto, en determinar el estado actual del cronograma (que es con el que trabaja el equipo diariamente actualizando los datos), analizar los factores que han originado los cambios, y notificar y manejar/gestionar los cambios en el mismo momento que tienen lugar.

El PM debe supervisar de cerca las actividades del camino crítico durante la ejecución, porque cualquier retraso en las actividades críticas retrasará la finalización del proyecto. También las actividades de las rutas que están cerca de ser críticas, ya que cualquier retraso menor en esas rutas también puede retrasar la finalización del proyecto. Hay que tener en cuenta que los caminos críticos pueden cambiar a medida que se desarrolla el proyecto. A veces, las actividades de un camino crítico terminan tan pronto que el camino se hace más corto que uno (o varios) de otras rutas que inicialmente se consideraban no críticas. Otras veces, las actividades en una ruta inicialmente no crítica se retrasan hasta el punto en que la suma de sus tiempos de finalización supera la longitud de la ruta crítica inicial (lo que convierte a la ruta inicialmente no crítica en una ruta más larga, convirtiéndose en crítica).

La Figura 4.17 muestra los inputs, tools & techniques y outputs del proceso de controlar el cronograma.

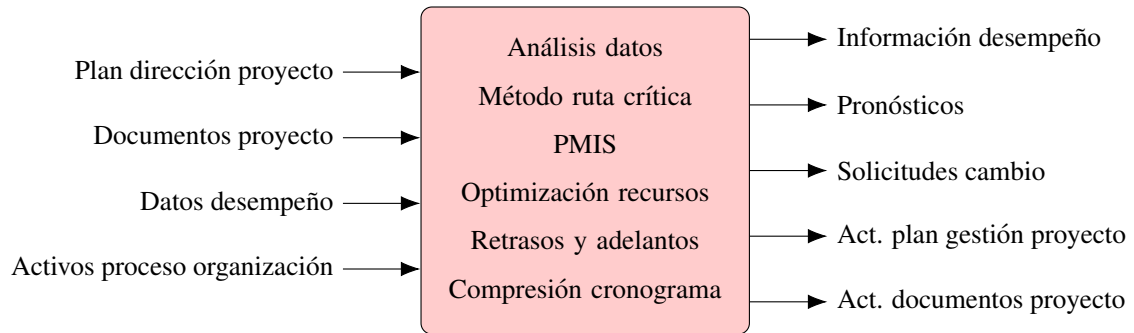


Figura 4.17: Proceso “Controlar el cronograma”

Inputs Como inputs para controlar el cronograma, se necesitan:

- **Plan para la dirección del proyecto:** Ver Sección 2.3.1.
- **Documentos del proyecto.**
- **Datos de desempeño del trabajo:** Ver Sección 2.4.1.
- **Activos del proceso de la organización:** Ver Sección 1.2.2.

Tools & Techniques Las tools & techniques necesarias para controlar el cronograma engloban:

- **Análisis de datos:** Destacan las siguientes herramientas:
 - *Análisis del valor ganado:* Ver Sección 6.3.1.
 - *Revisiones del desempeño:* Permiten medir, comparar y analizar el desempeño del cronograma con relación a la línea base del cronograma, en aspectos como las fechas reales de inicio y finalización, el porcentaje completado y la duración restante para completar el trabajo en ejecución.
 - *Análisis de tendencias:* Ver Sección 2.5.1.
 - *Análisis de variación:* Ver Sección 2.5.1.
 - *Análisis de escenarios “¿Qué pasa si...?”:* Ver Sección 4.3.5.
- **Método de la ruta crítica.** Ver Sección 4.3.5. Se utiliza por si hay que reorganizar cronograma por algún retraso/adelanto.
- **PMIS.** Ver Sección 2.4.1.
- **Optimización de recursos.** Ver Sección 5.2.2.
- **Retrasos y adelantos.** Ver Sección 4.3.3.
- **Compresión del cronograma.** Ver Sección 4.3.5.

Outputs Como outputs del proceso se tienen:

- **Información de desempeño del trabajo:** Ver Sección 2.5.1.
- **Pronósticos del cronograma:** Pronósticos de estimaciones o predicciones de condiciones y eventos futuros para el proyecto, basados en la información y el conocimiento disponibles en el momento de realizar el pronóstico. Los pronósticos se actualizan y emiten nuevamente sobre la base de la información de desempeño del trabajo suministrada a medida que se ejecuta el proyecto. La información se basa en el desempeño pasado del proyecto y en el desempeño previsto para el futuro con base en acciones correctivas o preventivas. Esto puede incluir indicadores de valor ganado, así como información sobre la reserva de cronograma que podrían tener impacto sobre el proyecto en el futuro.
- **Solicitudes de cambio:** Ver Sección 2.4.1.
- **Actualización del plan para la dirección del proyecto:** Ver Sección 2.4.1.
- **Actualización de los documentos del proyecto.**

4.5. Resumen

Se empieza en la planificación, donde se desarrolla el plan de la gestión del cronograma, y se especifica cómo se van a definir las actividades, a hacer las estimaciones, la secuenciación y qué herramientas se van a utilizar. La línea base del cronograma y el plan de la gestión del cronograma van al plan para la gestión del proyecto. Luego se empezará a ejecutar. Y en la monitorización y control, se vigila cómo se va respecto al cronograma; es decir, cuando ya se haya acabado de planificar todo y se esté ejecutando y controlando, se comprueba que se esté cumpliendo con el cronograma que se había planificado. Se compara el cronograma del proyecto con la línea base del cronograma y se analizan los datos.

Tema 5

Gestión de los recursos

5.1. Gestión de los recursos

Después de decidir qué tareas hacer, hay que enfocarse en llevarlas a cabo con éxito. Planificar cuidadosamente los recursos que se necesitan para realizar el proyecto, aumentan las posibilidades de que este tenga éxito al:

- Tener al personal más cualificado (habilidades y conocimientos) para cada tarea asignada.
- Asegurar que los recursos estarán disponibles cuando se les necesite.

Definición 5.1 La **gestión de los recursos** del proyecto incluye los procesos para **identificar, adquirir y gestionar los recursos** necesarios (entendiendo como recursos al equipo del proyecto, materiales, oficinas, etc.) para la conclusión exitosa del proyecto.

Estos procesos se representan en la Figura 5.1.

Los trabajadores deben ser compensados por su trabajo mediante **programas de recompensas**, y es el PM el encargado de crear ese sistema de recompensas durante la fase de planificación. Además, hay que destinar tiempo a registrar qué hará quién, y tener en cuenta los aspectos administrativos y los aspectos comportamentales. Debe tenerse en cuenta que, cuando los trabajadores están disponibles para una tarea programada, pero no los equipos necesarios para realizarla, el proyecto puede sufrir retrasos costosos y gastos imprevistos. Tanto los recursos humanos como los materiales deben planificarse y gestionarse de la misma manera.

Al crear equipos de trabajo, se recomienda buscar **equipos diversos** con personas que aporten diferentes competencias, habilidades, experiencias, conocimientos, valores y actitudes para complementarse y crear un equipo competitivo que responda a las necesidades del mercado y de la sociedad. Hay que entender la diversidad como algo positivo dentro del proyecto, que aporta valor (diferentes puntos de vista, diferentes enfoques, etc.) que ayudan a construir un proyecto de más amplitud. Esta diversidad aporta:

- Riqueza de opiniones.
- Genera valor y retiene talento.
- Impacta en la reputación interna/externa de la organización.
- Mejora conexiones con clientes y con sociedades.

5.2. Grupo de procesos de planificación

En el grupo de procesos de planificación, la gestión de los recursos se encarga de los procesos de **planificar la gestión de recursos** y **estimar los recursos de las actividades**.

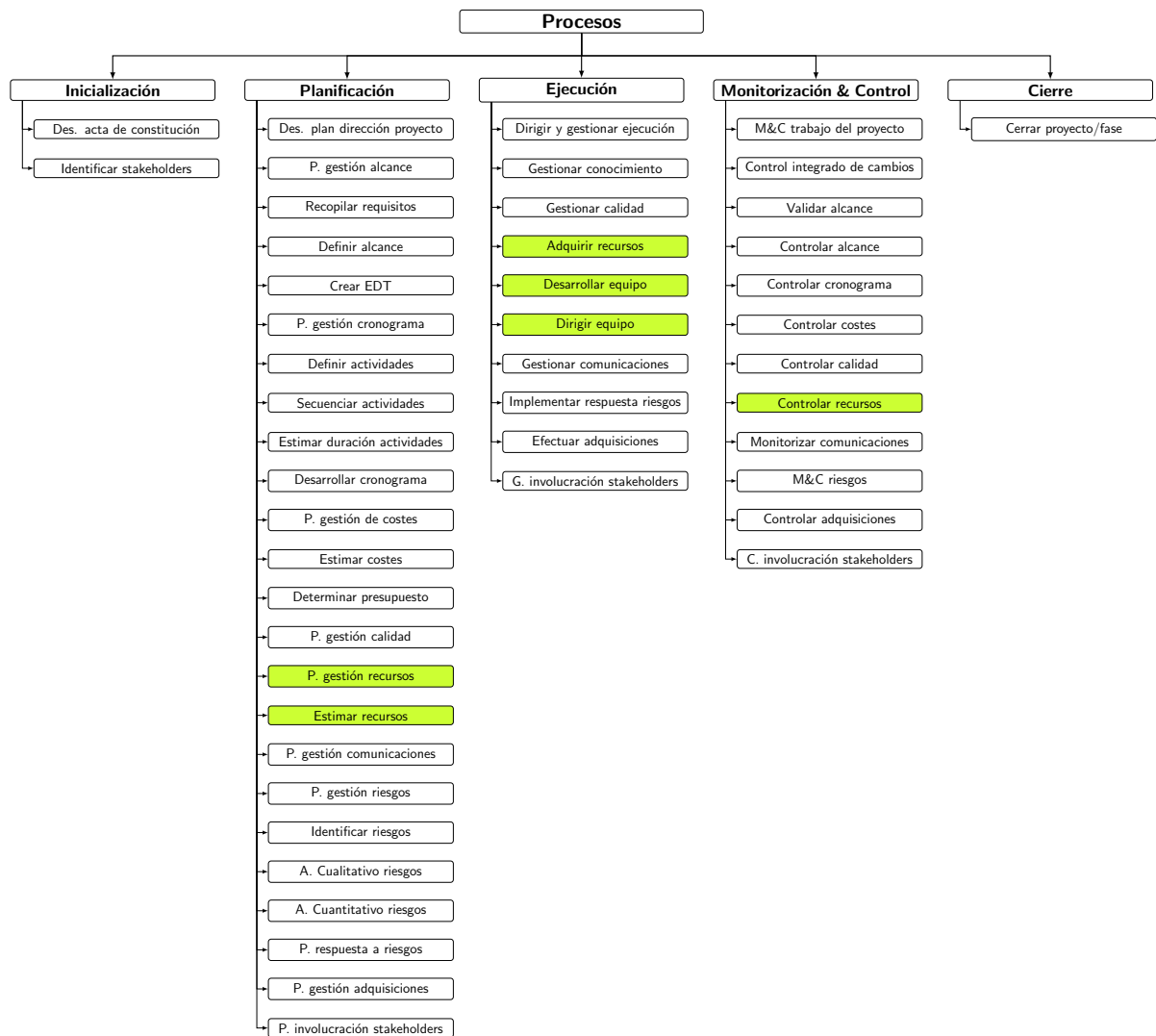


Figura 5.1: Procesos de la gestión de los recursos

5.2.1. Planificar la gestión de recursos

Definición 5.2 Planificar la gestión de recursos es el proceso de definir cómo **estimar, adquirir, gestionar y utilizar** los recursos físicos y del equipo.

Estos recursos se pueden obtener desde la propia organización o desde fuera por medio de un proceso de adquisición. La Figura 5.2 muestra los inputs, tools & techniques y outputs del proceso de planificar la gestión de los recursos.

Inputs Como inputs para desarrollar el proceso de planificar la gestión de recursos, se necesitan:

- **Acta de constitución:** Ver Sección 2.2.1.
- **Plan para la dirección del proyecto:** Ver Sección 2.3.1.
- **Documentos del proyecto.**
- **Factores ambientales:** Ver Sección 1.2.1.
- **Activos del proceso de la organización:** Ver Sección 1.2.2.

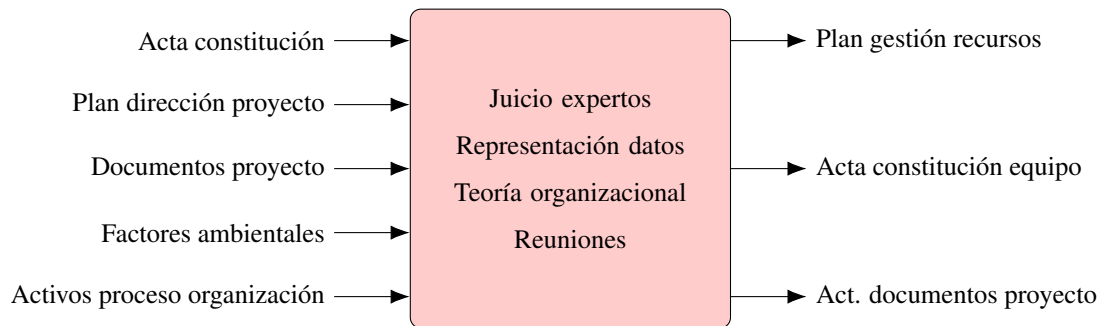


Figura 5.2: Proceso “Planificar la gestión de recursos”

Tools & Techniques Las tools & techniques necesarias para planificar la gestión de recursos engloban:

- **Juicio de expertos:** Ver Sección 2.2.1.
- **Representación de datos:** Destacan las siguientes herramientas:
 - *EDT*: Ver Sección 3.2.4. Se necesita tener los paquetes de trabajo para saber los recursos que es probable que se vayan a necesitar.
 - *Estructura de desglose de la organización (OBS)*: Estructura jerárquica de la organización, lo que permite a cada departamento ver sus responsabilidades dentro de un proyecto, consultando la parte que le corresponde en la OBS.
 - *Estructura de desglose de recursos (EDR)*: Ver Sección 5.2.2.
 - *Matriz de asignación de responsabilidades (RAM)*: Tabla que muestra los recursos del proyecto asignados a cada paquete de trabajo. Se utiliza para ilustrar las relaciones entre los paquetes de trabajo o las actividades y los miembros del equipo del proyecto, especificando su rol. Esta matriz muestra solo el formato, lo que permite adaptarla a cada proyecto en concreto. La más extendida es la *matriz RACI*, donde se especifica quién es la persona responsable de ejecutar la tarea (“responsable”), persona con responsabilidad última sobre la tarea (“accountable”), persona a la que se consulta sobre la tarea (“consulted”) y persona a la que se debe informar sobre la tarea (“informed”) donde se pone más detalle que en la RAM donde solo aparece el responsable.

A pesar de la sencillez de la información incluida en la RAM, conseguir que todo el mundo se ponga de acuerdo sobre las funciones de las personas puede llevar mucho tiempo. Un procedimiento para desarrollarla es el siguiente:

1. Identificar a todas las personas que participarán o apoyarán el proyecto.
2. Elaborar una lista completa de entregables para el proyecto, basándose en la EDT (ver Sección 3.2.4).
3. Discutir con todos los miembros del equipo cómo apoyará cada uno el trabajo para producir los diferentes entregables del proyecto. Para cada uno de los entregables, discutir el nivel de responsabilidad y autoridad, así como el trabajo específico que realizarán. Comentar también con ellos la implicación que otros recursos tendrán en esas actividades. Si aún no se han identificado personas concretas para determinadas actividades, se debe consultar con personas que hayan realizado ese tipo de actividades anteriormente.
4. Preparar un borrador inicial de la matriz RAM. Los entregables del proyecto van en la columna de la izquierda y las personas que apoyarán las actividades en la primera fila. En las celdas formadas por la intersección de cada fila y columna, se introducen las funciones que tendrá cada persona (basándose en las conversaciones mantenidas en el paso 3).
5. Pedir a las personas consultadas en el paso 3 que revisen y aprueben el borrador de la matriz. Si están de acuerdo, debería quedar registrado por escrito. Si no están conformes con algunos aspectos, se debe revisar la matriz para abordar esos aspectos, y pedir de nuevo a todas las personas que aportaron información que revisen y aprueben la matriz revisada.

Ejemplo 5.1 La Tabla 5.1 muestra una posible matriz RACI relacionada con un proyecto de desarrollo de software.

Entregables	Jefe de Proyecto	Desarrollador	Cliente	Consultor
Análisis de Requisitos	A	R	C	I
Diseño del Sistema	A	R	I	C
Desarrollo del Software	I	R	C	I
Pruebas de Software	A	R	I	C
Entrega Final	A	I	R	I

Tabla 5.1: Ejemplo de Matriz RACI

Siendo:

R (Responsible): Persona que realiza el trabajo.

A (Accountable): Persona responsable última del éxito o fracaso del entregable.

C (Consulted): Persona a la que se consulta antes de tomar decisiones.

I (Informed): Persona que debe ser informada sobre el progreso o los resultados.

- **Teoría organizacional:** Ofrece información relacionada con el comportamiento de los equipos, personas y unidades de la organización.
- **Reuniones:** Ver Sección 2.2.1.

Outputs Como outputs del proceso se tienen:

- **Plan de gestión de recursos:** Componente del plan para la dirección del proyecto que proporciona la planificación de cómo se deberían categorizar, asignar, gestionar y liberar los recursos del proyecto, si se necesita introducir formaciones, hacer programas de recompensas, etc.
- **Acta de constitución del equipo:** Documento que establece los valores, acuerdos y pautas operativas del equipo para reuniones, resolución de conflictos, etc., es decir, la forma en que va a trabajar el equipo para luego, si hay problemas, saber cómo reaccionar y cómo actuar.
- **Actualización de los documentos del proyecto.**

5.2.2. Estimar los recursos de las actividades

Definición 5.3 Estimar los recursos de las actividades es el proceso de estimar los **recursos del equipo y el tipo y las cantidades de materiales, equipamiento y suministros** necesarios para ejecutar el trabajo del proyecto.

A nivel de recursos humanos, lo primero que se necesita es conocer las habilidades y conocimientos que deben poseer las personas que van a trabajar en las actividades. Para ello, se puede buscar información en los atributos de las actividades (ver Sección 4.3.2), 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 (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.

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”, 1, “con interés”) de los recursos en trabajar en dichas tareas, lo que se conoce como **matriz de competencias**.

Ejemplo 5.2 De la matriz de competencias mostrada en la Tabla 5.2 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 jurídica y es capaz de dirigir a otras personas que se dediquen a la investigación jurídica. Sin embargo, preferiría no trabajar en tareas de investigación jurídica. 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

Tabla 5.2: Ejemplo de matriz de competencias

Debe recordarse que este proceso no es únicamente a nivel de personal, sino también de todo lo que se necesita: equipos para empezar a trabajar, licencias, local donde se va a estar, etc. La Figura 5.3 muestra los inputs, tools & techniques y outputs del proceso de estimar los recursos de las actividades.

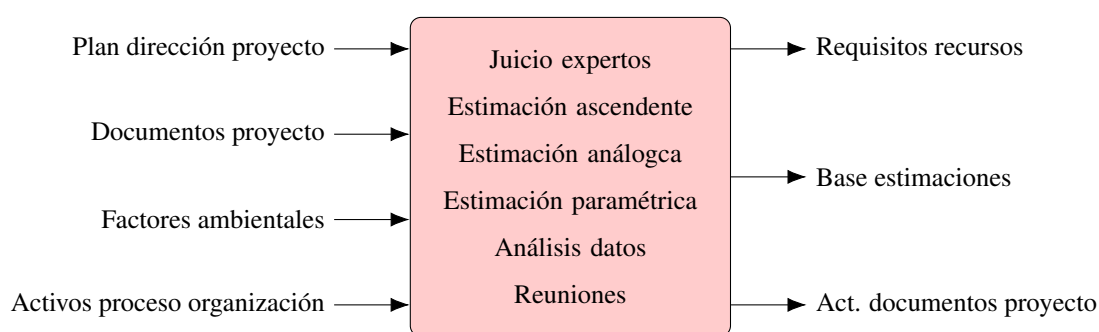


Figura 5.3: Proceso “Estimar los recursos de las actividades”

Inputs Como inputs para desarrollar el proceso de estimar los recursos de las actividades, se necesitan:

- **Plan para la dirección del proyecto:** Ver Sección 2.2.1.
- **Documentos del proyecto.**
- **Factores ambientales:** Ver Sección 1.2.1.
- **Activos del proceso de la organización:** Ver Sección 1.2.2.

Tools & Techniques Las tools & techniques necesarias para estimar los recursos de las actividades:

- **Juicio de expertos:** Ver Sección 2.2.1.
- **Estimación ascendente:** Ver Sección 4.3.4, estimando primero a nivel de actividad, luego subiendo a los paquetes de trabajo para sacar qué se va a necesitar en cada punto, las cuentas de control y, finalmente, el resumen de los niveles del proyecto.
- **Estimación análoga:** Ver Sección 4.3.4.
- **Estimación paramétrica:** Ver Sección 4.3.4.
- **Análisis de datos:** Destacan:
 - *Análisis de alternativas:* Ver Sección 2.5.1.
 - *Nivelación de recursos:* Consiste en nivelar o repartir el uso de los recursos en el tiempo de la forma más equilibrada posible. La programación ideal del proyecto sería que el esfuerzo fuera siempre el mismo en cada unidad de tiempo, calculado como el esfuerzo total entre los días que dura el proyecto:

$$\overline{C_d} = \sum_{t=1}^{D_p} \frac{C_{d,t}}{D_p} = \frac{R}{D_p}, \quad (5.1)$$

siendo $C_{d,t}$ la carga de trabajo en cada unidad de tiempo t , R el total de recursos y D_p la duración total del proyecto. Puesto que no siempre es posible, el objetivo es minimizar la varianza de la programación resultante respecto a ese valor $\overline{C_d}$. Esta varianza puede ser calculada como la media de la suma de los cuadrados de las cargas menos la carga media al cuadrado, es decir, sumar los cuadrados de las cargas y dividir por el número de días y a ese valor restarle el cuadrado de la carga media:

$$\begin{aligned} \min \sum_{t=1}^{D_p} (C_{d,t} - \overline{C_d})^2 &= \min \sum_{t=1}^{D_p} (C_{d,t}^2 + \overline{C_d}^2 - 2 \cdot C_{d,t} \cdot \overline{C_d}) = \\ &= \min \left(\sum_{t=1}^{D_p} (C_{d,t}^2) + \sum_{t=1}^{D_p} \overline{C_d}^2 - 2 \cdot \overline{C_d} \cdot \sum_{t=1}^{D_p} C_{d,t} \right) = \\ &= \min \left(\sum_{t=1}^{D_p} (C_{d,t}^2) + \cancel{\sum_{t=1}^{D_p} \overline{C_d}^2} - \cancel{2 \cdot \overline{C_d} \cdot R} \right) \end{aligned} \quad (5.2)$$

Dado que los dos últimos términos son constantes, la función objetivo a optimizar es:

$$\min \left(\sum_{t=1}^{D_p} (C_{d,t}^2) \right) \quad (5.3)$$

Es decir, hay que minimizar la suma de los cuadrados de los consumos puntuales de recursos. Para ello, se puede utilizar el modelo de programación matemática conocido como **algoritmo Burgess-Killebrew**, uno de los más pioneros y eficientes en este ámbito, que consiste en:

1. Obtener el grafo en CPM, considerando capacidad infinita de recursos para ver las holguras totales de las actividades (ver Sección 4.3.5).
2. Representar las actividades en un diagrama de Gantt poniéndolas lo más a la izquierda posible, identificar el gráfico de cargas y realizar la suma de los cuadrados de las cargas para evaluar esta primera asignación.
3. Empezando por el final del proyecto, buscar la primera actividad no crítica (con holgura) y desplazarla hacia la derecha, una unidad de tiempo, obteniendo en cada caso la suma de los cuadrados de la carga. Se situará en el periodo que menor cantidad se haya obtenido¹.
4. Repetir el paso anterior con todas las actividades restantes que tengan holgura.

¹En caso de empate, se coloca lo más a la derecha posible, dejando así mayor holgura a las actividades precedentes.

5. Cuando se tengan las actividades posicionadas, se procede de igual forma, pero ahora se desplazan hacia la izquierda. Si con esto se consigue una asignación en la que la suma de los cuadrados de las cargas no varía, se pararía. Si no, se volverían a repetir los pasos anteriores hasta que se dé una vuelta completa (derecha-izquierda) sin conseguir mejorar la suma de cuadrados de las cargas.

Ejemplo 5.3 Se tiene un proyecto de 7 actividades con las precedencias, duraciones y estimación de recursos para cada actividad mostrado en la Tabla 5.3.

Actividad	Precedencia	Duración	Recursos
A	—	1	1
B	—	2	2
C	—	1	4
D	A, B	2	1
E	A, B	3	3
F	A, B	2	2
G	C, D	1	2

Tabla 5.3: Ejemplo 5.3

El diagrama de Gantt, marcando las holguras de cada tarea en color rojo, se muestra en la Figura 5.4 y, el gráfico de carga, en la Figura 5.5.

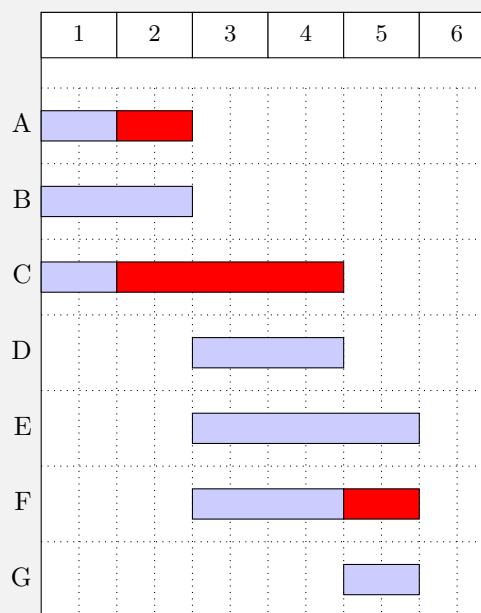


Figura 5.4: Diagrama de Gantt inicial

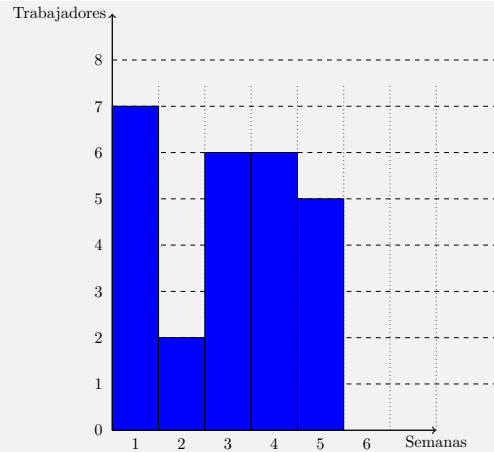


Figura 5.5: Diagrama de cargas

Siguiendo la ecuación (5.3):

$$\sum_{t=1}^{D_p} (C_{d,t}^2) = 7^2 + 2^2 + 6^2 + 6^2 + 5^2 = 150$$

La primera actividad a mover hacia la derecha sería la F; consiguiendo un valor de $\sum_{t=1}^{D_p} (C_{d,t}^2) = 154$; como es peor que el valor inicial, F se quedaría en su posición de partida. A continuación, se puede desplazar la tarea C en 3 unidades de tiempo; para cada una de ellas, se obtiene que $\sum_{t=1}^{D_p} (C_{d,t}^2) = 142$, $\sum_{t=1}^{D_p} (C_{d,t}^2) = 174$ y $\sum_{t=1}^{D_p} (C_{d,t}^2) = 174$, por lo que C se fijaría en una unidad a la derecha para obtener esa suma de 142. Por último, la tarea A puede moverse una semana a la derecha, consiguiendo $\sum_{t=1}^{D_p} (C_{d,t}^2) = 150$; como es peor que 142, A volvería a su posición de partida, quedando el diagrama de Gantt y de cargas como se muestra en las Figuras 5.6 y 5.7.

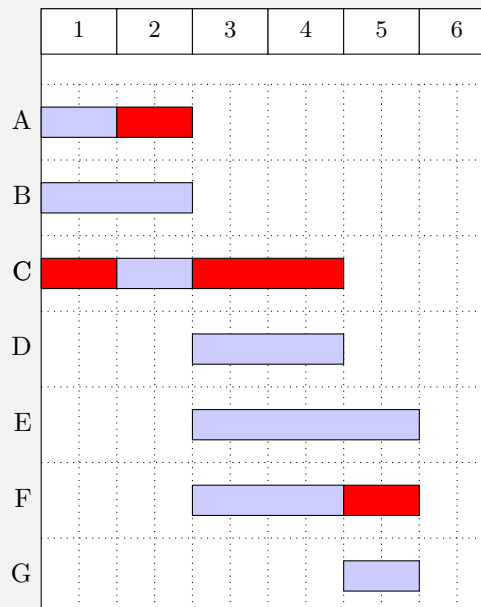


Figura 5.6: Diagrama de Gantt tras el paso 3 del algoritmo Burgess-Killebrew

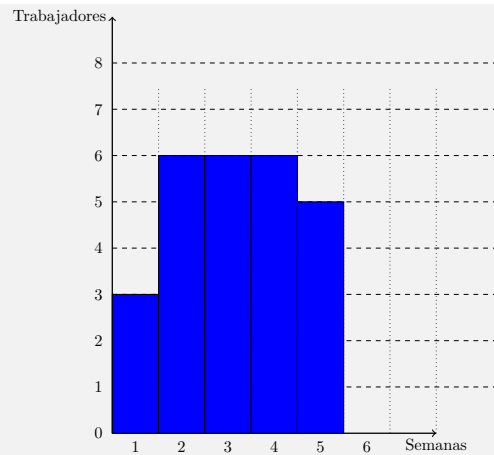


Figura 5.7: Diagrama de cargas tras el paso 3 del algoritmo Burgess-Killebrew

A continuación, habría que mover las actividades con holgura hacia la izquierda; la única que puede moverse a la izquierda, según el diagrama de Gantt actual (Figura 5.6) sería la tarea C, obteniéndose $\sum_{t=1}^{D_p} (C_{d,t}^2) = 150$. Como es mayor que 142, se mantendría en la posición de la Figura 5.6. Repitiendo los pasos 3 y 4 una vez más, se observa que no consigue mejorarse el valor de $\sum_{t=1}^{D_p} (C_{d,t}^2) = 142$. Por tanto, esta es la distribución más nivelada de recursos según este método.

Ejercicio 5.1 Se tienen tres actividades de un proyecto, del cual se sabe la información mostrada en la Tabla 5.5:

Actividad	Duración (días)	Recursos
A	6	2
B	6	3
C	6	1

Tabla 5.4: Ejercicio 5.3

Además, el diagrama de Gantt, con sus holguras respectivas (marcadas en rojo), puede verse en la Figura 5.8.

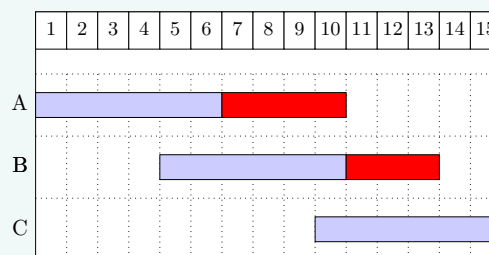


Figura 5.8: Diagrama de Gantt inicial del Ejercicio 5.3

Se pide:

- Elaborar el diagrama de Gantt inicial.
- Aplicar el algoritmo de nivelación de recursos de Burgess-Killebrew.
- Mostrar el nuevo diagrama de Gantt y comparar la utilización de recursos.

Ejercicio 5.2 Se tiene el siguiente proyecto con las actividades, duraciones y recursos mostrados en la Tabla 5.5:

Actividad	Duración (días)	Recursos	Precedencia
A	5	5	-
B	6	5	-
C	3	5	A
D	8	5	A
E	2	10	B, C
F	11	10	B, C
G	12	5	D, E
H	1	5	D

Tabla 5.5: Ejercicio 5.2

Se pide:

- Elaborar el diagrama de Gantt inicial.
- Aplicar el algoritmo de nivelación de recursos de Burgess-Killebrew.
- Mostrar el nuevo diagrama de Gantt y comparar la utilización de recursos.

Ejercicio 5.3 Se tiene el siguiente proyecto con las actividades, duraciones y recursos mostrados en la Tabla 5.5:

Actividad	Duración	Recursos	Precedencia
A	2	2	-
B	1	2	A
C	2	1	A
D	7	1	A
E	2	3	B
F	2	2	E
G	2	1	F
H	3	2	G
I	3	1	C, D
J	1	3	I
K	6	2	I
L	3	1	J, K
M	2	2	H, L

Tabla 5.6: Ejercicio 5.3

Se pide:

- Elaborar el diagrama de Gantt inicial.
- Aplicar el algoritmo de nivelación de recursos de Burgess-Killebrew.
- Mostrar el nuevo diagrama de Gantt y comparar la utilización de recursos.

- **Reuniones:** Ver Sección 2.2.1.

Outputs Como outputs del proceso se tienen:

- **Requisitos de los recursos** (materiales y humanos): Tipos y cantidades de recursos necesarios para cada paquete de trabajo o actividad dentro de un paquete de trabajo, pudiendo agregarse para determinar los recursos estimados para cada paquete de trabajo, cada ramificación de la EDT, y el proyecto en su totalidad. La cantidad de recursos puede mostrarse como una *Matriz de recursos*,

donde aparece la gente asignada a cada actividad del proyecto y el esfuerzo de trabajo² que debe hacer cada persona.

Ejemplo 5.4 La Tabla 5.7 muestra un ejemplo de matriz de recursos humanos.

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 ($(32 + 24) / (7 \cdot 2) = 4$ 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 cuatro días.

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

Tabla 5.7: Matriz de recursos humanos

La Tabla 5.8 muestra un ejemplo de matriz de recursos no humanos, donde se necesitan ordenadores, fotocopadoras y el uso de un laboratorio de pruebas para completar los tres paquetes de trabajo enumerados. También especifica la cantidad necesaria de cada recurso.

Actividad		Cantidad (h)		
EDT	Descripción	Ordenador	Fotocopiadora	Laboratorio
1.2.1	Presentación	32	0	0
2.1.4	Informe	0	40	0
3.3.1	Ensayos	40	0	32

Tabla 5.8: Matriz de recursos no humanos

- **Base de las estimaciones:** Ver Sección 4.3.4.
- **Estructura de desglose de recursos (EDR):** Representación jerárquica de los recursos por categoría y tipo (mano de obra, materiales, equipos y suministros).
- **Actualización de los documentos del proyecto.**

5.3. Grupo de procesos de ejecución

En el grupo de procesos de ejecución, la gestión de los recursos se encarga de los procesos de **adquirir recursos, desarrollar el equipo y dirigir al equipo**.

5.3.1. Adquirir los recursos

Definición 5.4 Adquirir los recursos es el proceso de **obtener** miembros del equipo, instalaciones, equipamiento, materiales, suministros y otros recursos necesarios para completar el trabajo del proyecto.

De esta forma se consiguen los recursos necesarios para llevar a cabo el trabajo del proyecto.

La Figura 5.9 muestra los inputs, tools & techniques y outputs del proceso de adquirir los recursos.

²El 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.

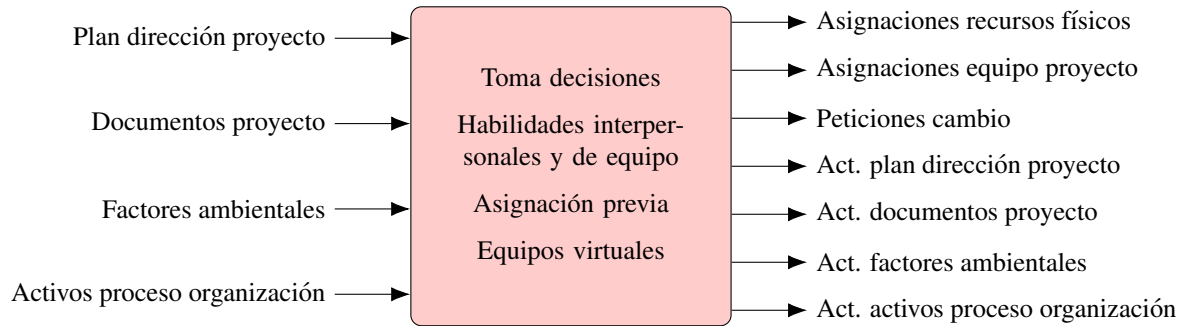


Figura 5.9: Proceso “Adquirir los recursos”

Inputs Como inputs para desarrollar el proceso de adquirir recursos, se necesitan:

- **Plan para la dirección del proyecto:** Ver Sección 2.3.1.
- **Documentos del proyecto.**
- **Factores ambientales:** Ver Sección 1.2.1.
- **Activos del proceso de la organización:** Ver Sección 1.2.2.

Tools & Techniques Las tools & techniques necesarias para adquirir recursos:

- **Toma de decisiones.** Generalmente, se utilizan técnicas de *Análisis de decisiones con múltiples criterios*, ver Sección 2.5.2, para hacer un análisis desde varios puntos de vista y elegir la alternativa que más convenga de acuerdo a las necesidades identificadas y los criterios considerados (como coste, capacidad, experiencia, conocimiento, disponibilidad...). Otra metodología de MCDM muy extendida es la **Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)**, que trata de buscar la “alternativa ideal”, entendiendo esta como la mejor solución de compromiso (la más próxima a la alternativa ideal y la más lejana a la anti-ideal). La metodología de TOPSIS es la siguiente:

1. *Establecer la matriz de decisión.* Este método evalúa una matriz de decisión como la mostrada en la Tabla 5.9, donde hay m alternativas ($A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_m$), las cuales se evalúan en función de n criterios ($C_1, C_2, \dots, C_j, \dots, C_n$). Los valores de x_{ij} indican la valoración de la i -ésima alternativa en términos del j -ésimo criterio y $w = [w_1, w_2, \dots, w_j, \dots, w_n]$ es el vector de pesos asociado con C_j . Dado que los pesos de los criterios no tienen el mismo significado y no todos tienen la misma importancia, estos pesos pueden obtenerse de diferentes modos, como asignación directa, el método AHP, etc. En cualquier caso, debe cumplirse que $\sum w_j = 1$.

	w_1	w_2	\dots	w_n
	C_1	C_2	\dots	C_n
A_1	x_{11}	x_{12}	\dots	x_{1n}
A_2	x_{21}	x_{22}	\dots	x_{2n}
\dots	\dots	\dots	\dots	\dots
A_m	x_{m1}	x_{m2}	\dots	x_{mn}

Tabla 5.9: Matriz de decisión

2. *Normalizar la matriz de decisión.* Hay que convertir los valores x_{ij} en valores no dimensionales \bar{n}_{ij} . Esta matriz de decisión normalizada se calcula como:

$$\bar{n}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^m (x_{ij})^2}} \quad (5.4)$$

3. *Construir la matriz de decisión normalizada ponderada.* Se calculan los valores normalizados ponderados \bar{v}_{ij} :

$$\bar{v}_{ij} = w_j \cdot \bar{n}_{ij} \quad (5.5)$$

4. *Determinar la solución ideal positiva y la solución ideal negativa.* El valor ideal positivo \bar{A}^+ y el valor ideal negativo \bar{A}^- se determina como:

$$\bar{A}^+ = \{\bar{v}_1^+, \dots, \bar{v}_n^+\} = \{(\max_i \bar{v}_{ij}, j \in J)(\min_i \bar{v}_{ij}, j \in J')\} \quad (5.6)$$

$$\bar{A}^- = \{\bar{v}_1^-, \dots, \bar{v}_n^-\} = \{(\min_i \bar{v}_{ij}, j \in J)(\max_i \bar{v}_{ij}, j \in J')\} \quad (5.7)$$

donde J está asociado con los criterios a maximizar y J' está asociado con los criterios a minimizar.

5. *Calcular las medidas de distancia.* La separación de cada alternativa de la solución ideal positiva y a la solución ideal negativa se determina, en este caso, como la distancia Euclídea m -multidimensional.

La distancia a la solución ideal positiva \bar{A}^+ está dada por:

$$\bar{d}_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (\bar{v}_{ij} - \bar{v}_j^+)^2} \quad (5.8)$$

y de la solución ideal negativa \bar{A}^- por:

$$\bar{d}_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (\bar{v}_{ij} - \bar{v}_j^-)^2} \quad (5.9)$$

6. *Calcular la proximidad relativa a la solución ideal.* La proximidad relativa \bar{R}_i a la solución ideal puede expresarse como:

$$\bar{R}_i = \frac{\bar{d}_i^-}{\bar{d}_i^+ + \bar{d}_i^-} \quad (5.10)$$

Si $\bar{R}_i = 1$, la alternativa $A_i = \bar{A}^+$; por el contrario, si $\bar{R}_i = 0$, la alternativa $A_i = \bar{A}^-$.

7. *Ordenar las preferencias.* Según el valor de \bar{R}_i , cuanto más próximo está el valor de \bar{R}_i a 1, mejor es la alternativa. Por tanto, se ordenan las alternativas en orden descendente.

Ejemplo 5.5 Se necesita seleccionar un proveedor de software para un proyecto crítico. Los factores a considerar son disponibilidad, coste, capacidad, experiencia y conocimientos técnicos.

- C1: Disponibilidad (alta deseable)
- C2: Coste (bajo deseable)
- C3: Capacidad (alta deseable)
- C4: Experiencia (alta deseable)
- C5: Conocimiento técnico (alta deseable)

Los candidatos A, B, C y D tienen las siguientes valoraciones:

Proveedor	C1	C2	C3	C4	C5
A	8	7	9	6	8
B	6	8	7	7	7
C	9	6	8	5	9
D	7	9	6	8	6

Tabla 5.10: Ejemplo 5.5

Suponiendo que la ponderación de los 5 criterios es idéntica (20 %), determinar cuál es el mejor proveedor.

1. *Normalización de la matriz de decisión:* Se hace para el elemento n_{11} :

$$n_{11} = \frac{8}{\sqrt{8^2 + 6^2 + 9^2 + 7^2}} = 0,528$$

$$\text{Matriz Normalizada} = \begin{pmatrix} 0,528 & 0,462 & 0,593 & 0,455 & 0,528 \\ 0,396 & 0,528 & 0,462 & 0,531 & 0,462 \\ 0,593 & 0,396 & 0,528 & 0,379 & 0,593 \\ 0,462 & 0,593 & 0,396 & 0,606 & 0,396 \end{pmatrix}$$

2. Matriz de decisión normalizada ponderada. En este caso, los pesos son idénticos en todos los criterios (0,2), obteniéndose la matriz:

$$\text{Matriz Normalizada Ponderada} = \begin{pmatrix} 0,106 & 0,092 & 0,119 & 0,091 & 0,106 \\ 0,079 & 0,106 & 0,092 & 0,106 & 0,092 \\ 0,119 & 0,079 & 0,106 & 0,076 & 0,119 \\ 0,092 & 0,119 & 0,079 & 0,121 & 0,079 \end{pmatrix}$$

3. Determinar la solución ideal positiva y negativa. Se calcula para el criterio 1, que se quiere maximizar según el enunciado:

$$C_{1,A+} = \text{máx}(0,106, 0,079, 0,119, 0,092) = 0,119$$

$$C_{1,A-} = \text{mín}(0,106, 0,079, 0,119, 0,092) = 0,079$$

El conjunto de soluciones ideales positivas y negativas son:

$$A^+ = (0,119 \quad 0,079 \quad 0,119 \quad 0,121 \quad 0,119)$$

$$A^- = (0,079 \quad 0,119 \quad 0,079 \quad 0,076 \quad 0,079)$$

4. Cálculo de las medidas de distancia. Se calcula \bar{d}_A^+ (para la alternativa A):

$$\bar{d}_A^+ = \sqrt{(0,119 - 0,106)^2 + (0,079 - 0,092)^2 + (0,119 - 0,091)^2 + (0,092 - 0,106)^2} = 0,038$$

El conjunto de medidas son:

$$\begin{pmatrix} 0,038 & 0,062 \\ 0,062 & 0,109 \\ 0,047 & 0,106 \\ 0,073 & 0,122 \end{pmatrix}$$

5. Proximidad relativa a la solución ideal. Se calcula para la alternativa A:

$$\bar{R}_A = \frac{0,062}{0,038 + 0,062} = 0,621$$

El resto de proximidades son:

$$\begin{pmatrix} 0,621 \\ 0,635 \\ 0,690 \\ 0,624 \end{pmatrix}$$

Por tanto, el mejor proveedor según TOPSIS es el C.

Ejercicio 5.4 Se deben contratar ingenieros para un proyecto de infraestructura. Los factores son disponibilidad, coste, habilidades, actitud y experiencia, con la siguiente importancia:

- C1: Disponibilidad (alta deseable), importancia del 40 %
- C2: Coste (bajo deseable), importancia del 10 %
- C3: Habilidades (alta deseable), importancia del 20 %
- C4: Actitud (alta deseable), importancia del 10 %
- C5: Experiencia (alta deseable), importancia del 20 %

Los candidatos X, Y y Z tienen las siguientes puntuaciones:

Candidato	C1	C2	C3	C4	C5
X	7	5	9	8	6
Y	6	7	8	9	7
Z	8	6	7	7	9

Tabla 5.11: Ejercicio 5.4

Determinar cuál sería el mejor candidato según TOPSIS.

Ejercicio 5.5 Un equipo de proyecto debe decidir cuál de las cuatro máquinas disponibles adquirir para una operación específica. Los factores considerados son coste, capacidad, fiabilidad, y disponibilidad, con las importancias mostradas a continuación:

- C1: Coste (bajo deseable), importancia del 5 %
- C2: Capacidad (alta deseable), importancia del 30 %
- C3: Fiabilidad (alta deseable), importancia del 50 %
- C4: Disponibilidad (alta deseable), importancia del 15 %

Las máquinas A, B, C y D tienen las siguientes puntuaciones:

Máquina	C1	C2	C3	C4
A	6	9	7	8
B	5	8	9	7
C	7	6	8	9
D	8	7	6	8

Tabla 5.12: Ejercicio 5.5

Determinar cuál sería la mejor máquina según TOPSIS.

Ejercicio 5.6 Una empresa quiere decidir qué móvil comprar a sus empleados. Está analizando 5 alternativas (A—E) y considerando 4 criterios (C1), almacenamiento (C2), cámara de fotos (C3) y aspecto (C4). Estos datos pueden verse en la Tabla 5.13:

	C1	C2	C3	C4
A	250	16	12	5
B	200	16	8	3
C	300	32	16	4
D	275	32	8	4
E	225	16	16	2

Tabla 5.13: Ejercicio 5.6

La gerencia ha establecido que el vector de ponderación de los criterios es $w = [0,35; 0,25; 0,25; 0,15]$. Determinar cuál es la mejor alternativa según TOPSIS.

- **Habilidades interpersonales y de equipo:** Destaca la *Negociación* por parte del PM con gerentes funcionales, otros equipos de la organización y organizaciones/proveedores externos para poder obtener los mejores recursos posibles. La negociación es una discusión orientada a llegar a un acuerdo.
- **Preasignación:** Parte de los miembros del equipo pueden ser conocidos con anterioridad, por lo que se consideran preasignados. Esto puede ser porque el cliente demande que personas específi-

cas hagan ciertas tareas, porque se dependa de la pericia de determinadas personas, o si el proyecto resulta de la identificación de recursos específicos en el marco de una propuesta competitiva. Esto puede quedar reflejado en el acta de constitución.

- **Equipos virtuales:** Hace referencia a tener un equipo de trabajo separado geográficamente (grupos de personas con un objetivo común, que cumplen con sus respectivos roles dedicando poco o nada de su tiempo para reunirse cara a cara). En este caso, la planificación de las comunicaciones adquiere una gran importancia. Puede permitir tener recursos más expertos, costes más reducidos, menos viajes, etc., utilizando la tecnología para crear un entorno de trabajo en línea.

Outputs Como outputs del proceso se tienen:

- **Asignaciones de recursos físicos:** Registra materiales, equipos, suministros, etc., que se utilizarán durante el proyecto.
- **Asignaciones del equipo del proyecto:** Registra los miembros del equipo y sus roles y responsabilidades para el proyecto.
- **Calendario de recursos:** Especifica días hábiles, turnos, inicio y fin del horario normal, fines de semana y días festivos cuando cada recurso específico esté disponible, cuándo y por cuánto tiempo durante el proyecto estarán disponibles los recursos del equipo y los recursos físicos identificados, etc.
- **Peticiones de cambio:** Ver Sección 2.4.1.
- **Actualizaciones del plan para la dirección del proyecto:** Ver Sección 2.4.1
- **Actualización de los documentos del proyecto.**
- **Actualización de los factores ambientales.**
- **Actualización de los activos del proceso de la organización.**

5.3.2. Desarrollar el equipo

Definición 5.5 Desarrollar el equipo es el proceso de **mejorar las competencias, la interacción de los miembros del equipo y el ambiente general del equipo** para lograr un mejor desempeño del proyecto.

Debe recordarse que un **equipo** es un conjunto de personas comprometidas con unos objetivos comunes y que dependen unas de otras para hacer su trabajo. Los equipos de proyecto están formados por miembros que pueden y deben aportar una contribución valiosa y única al proyecto. Por tanto, este proceso consiste en conseguir tener un equipo de alto rendimiento, mejorar las habilidades de los miembros del equipo para completar las actividades del proyecto y mejorar las relaciones sociales entre ellos, obteniendo así una mayor productividad y calidad en el desarrollo de las tareas. Los miembros del equipo se comprometen con su proyecto cuando creen que su participación puede ayudarles a alcanzar objetivos profesionales y personales que merecen la pena.

Se quiere destacar la **teoría del desarrollo grupal de Tuckmans**. Cualquier equipo de trabajo va a pasar por unos estadios/etapas de desarrollo. Cada equipo tarda tiempos distintos en llegar a alcanzar la última etapa dependiendo de la cohesión, si ya se conocían previamente, etc.

1. **Formación (Forming):** Esta fase consiste en identificar a los miembros del equipo, reunirse con ellos y discutir amablemente los objetivos del proyecto, las tareas asignadas, etc. Se debe compartir el plan del proyecto, presentar a los miembros del equipo y comentar los antecedentes, las responsabilidades organizativas y las áreas de especialización de cada uno. Las principales características de esta fase incluyen:

- Orientación y establecimiento de relaciones.
- Alta dependencia del PM para la guía y dirección.
- Incertidumbre sobre roles y responsabilidades.
- Poco conflicto, ya que los miembros evitan controversias.

2. **Conflicto (Storming):** Esta etapa consiste en plantear y resolver conflictos personales sobre el proyecto u otros miembros del equipo. Las principales características de esta fase son:

- Conflictos y competencia por el control y la influencia.
- Cuestionamiento de las reglas y estructuras establecidas.
- Aumento de la tensión y la confrontación.
- Lucha por el poder y la formación de subgrupos.

El PM debe hacer lo siguiente:

- Animar a los miembros a comentar sus dudas sobre la viabilidad del plan del proyecto y asegurarse de abordarlas.
- Animar a la gente a discutir cualquier reserva que puedan tener sobre otros miembros del equipo o las habilidades de los miembros del equipo.
- Enfocar estas discusiones hacia formas de garantizar el éxito para evitar que las conversaciones se conviertan en ataques personales improductivos.

Al principio, se debería hablar en privado con los miembros sobre los diferentes temas. Con el tiempo, sin embargo, el PM debería hablar de sus preocupaciones con todo el equipo para lograr una sensación de honestidad y confianza mutuas.

3. **Normalización (Norming):** Durante la fase de normalización, el grupo comienza a resolver sus diferencias y a establecer normas y directrices operativas que regirán su comportamiento, consiguiendo cohesión. Se debe animar a los miembros a establecer estas normas de equipo en lugar de confiar en los procedimientos y prácticas que utilizan en sus áreas funcionales. Las principales características de esta fase incluyen:

- Desarrollo de relaciones más estrechas y cohesión grupal.
- Establecimiento de normas y valores compartidos.
- Colaboración y apoyo mutuo.
- Reducción de conflictos y mayor cooperación.

4. **Desempeño (Performing):** Esta etapa implica realizar el trabajo del proyecto, supervisar los calendarios y presupuestos, hacer los cambios necesarios y mantener informada a la gente. El grupo funciona de manera efectiva y eficiente para alcanzar sus objetivos. Las principales características de esta fase son:

- Enfoque en la realización de tareas y el logro de objetivos.
- Roles y responsabilidades bien definidos y aceptados.
- Alta colaboración y sinergia entre los miembros.
- Resolución de problemas de manera constructiva y eficaz.

El PM debe tener en cuenta que el equipo no pasa automáticamente por estas etapas (sino que debe guiarlos) y que su implicación en el desarrollo del equipo debe ser mayor en las etapas iniciales y menor en las finales. Además, es posible tener que volver a etapas anteriores.

Ejemplo 5.6 *Siempre que aparezcan recursos nuevos o se hagan cambios dentro del equipo, se va hacia atrás, la sinergia de equipo va a retroceder y se va a perder algo de rendimiento frente a lo que ya se tenía.*

A posteriori, se introdujo una nueva etapa, conocida como **terminación (adjourning)**. Esta etapa ocurre cuando el grupo ha cumplido sus objetivos. Las principales características de esta fase incluyen:

- Finalización de tareas y logros.
- Reflexión sobre el desempeño y los logros del grupo.
- Sentimientos de logro y pérdida.
- Desintegración de la estructura del grupo y separación de los miembros.

La Figura 5.10 muestra los inputs, tools & techniques y outputs del proceso de desarrollar el equipo.

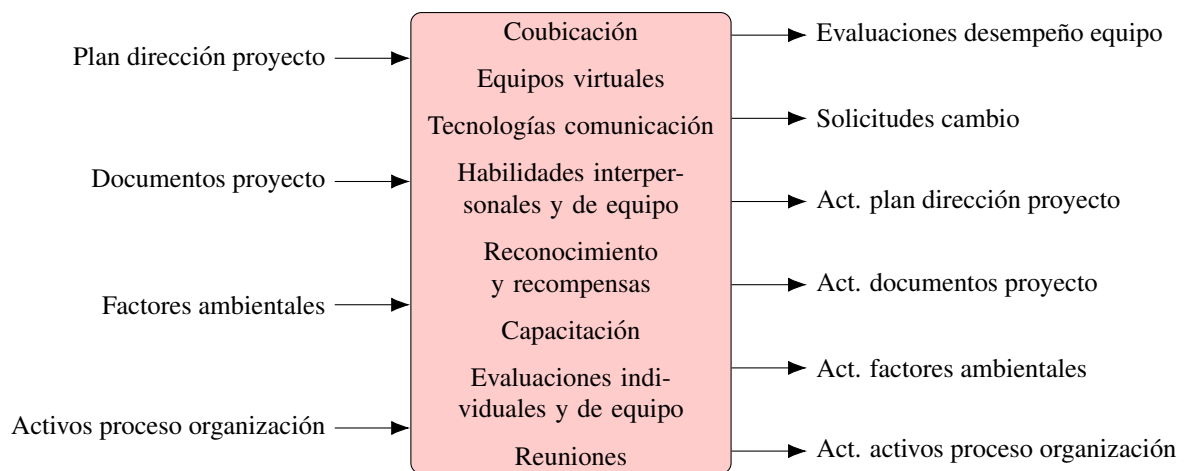


Figura 5.10: Proceso “Desarrollar el equipo”

Inputs Como inputs para desarrollar el proceso de desarrollar el equipo, se necesitan:

- **Plan para la dirección del proyecto:** Ver Sección 2.3.1.
- **Documentos del proyecto.**
- **Factores ambientales:** Ver Sección 1.2.1.
- **Activos del proceso de la organización:** Ver Sección 1.2.2.

Tools & Techniques Las tools & techniques necesarias para desarrollar el equipo:

- **Coubicación:** Implica colocar a la mayoría o todo el equipo en la misma ubicación física para mejorar su capacidad de desempeñarse en equipo; siempre que se tenga al equipo coubicado (puede ser algo temporal o para el proyecto entero), las sinergias son más fáciles, favorece la comunicación y cohesiona el grupo. Siempre que se pueda, es más adecuado poder tener un equipo ubicado en el mismo sitio.
- **Equipos virtuales:** Ver Sección 5.3.1.
- **Tecnología de la comunicación:** Métodos utilizados para transferir información, como conversaciones, reuniones, documentos escritos, etc. Los factores que influyen en qué tecnología elegir incluyen:
 - *Urgencia de la necesidad de información* (cada cuánto se necesita que esta información vaya fluyendo).
 - *Disponibilidad y confiabilidad de la tecnología.*
 - *Experiencia de los interlocutores* (usar herramientas que ellos seleccionen, que todos sepan usarla, fácil y accesible).
 - *Entorno del proyecto* (si se va a reunir cara a cara o en un entorno virtual, diferencias horarias, etc.).
 - *Sensibilidad y confidencialidad de la información* (incluir medidas de seguridad adicionales, tener políticas para los empleados...).
- **Habilidades interpersonales y de equipo:** Destacan:
 - *Gestión de conflictos:* Ver Sección 2.2.1.
 - *Negociación:* Ver Sección 5.3.1.
 - *Influencia:* Las habilidades clave para la influencia incluyen:
 - Capacidad de persuasión.
 - Articulación clara de puntos y posiciones.
 - Altos niveles de habilidades de escucha activa y eficaz.

- Ser consciente de y tener en cuenta las diversas perspectivas en cualquier situación.
- Recopilar información relevante para abordar los problemas y lograr acuerdos, mientras se mantiene la confianza mutua.
- **Motivación:** Proporcionar una razón para que alguien actúe. La motivación de los equipos se logra empoderándolos para participar en la toma de decisiones y animándolos a trabajar de forma independiente. Es importante conocer una serie de teorías relacionadas con la motivación:
 1. **Pirámide de jerarquía de necesidades de Maslow:** Esta teoría afirma que las necesidades humanas se pueden organizar en una jerarquía, donde las necesidades más básicas deben ser satisfechas antes de que las personas puedan centrarse en necesidades superiores (ver Figura 5.11):
 - *Necesidades fisiológicas:* Respirar, alimentarse, descansar, salud, etc., todo aquello que es de forma natural humana.
 - *Necesidades de seguridad:* Seguridad física, emocional, estabilidad financiera, empleo, etc. Una vez que las necesidades fisiológicas están cubiertas, las personas buscan protegerse de los peligros y asegurarse una vida estable.
 - *Necesidades sociales o de afiliación/pertenencia:* Amor, afecto, amistad, pertenencia a grupos sociales como la familia, amigos o comunidades. Las personas buscan construir y mantener relaciones significativas una vez que sus necesidades de seguridad están satisfechas.
 - *Necesidades de estima/reconocimiento:* Se dividen en dos tipos: la estima por uno mismo (autoestima, que incluye la confianza, logros, independencia y libertad) y el respeto de los demás (reputación/reconocimiento, que implica estatus, prestigio y atención). Las personas buscan lograr la autoestima y el respeto de los demás para sentirse valoradas y aceptadas.
 - *Necesidades de autorrealización:* Es el nivel más alto de la pirámide y se refiere al deseo de una persona de alcanzar su máximo potencial y autorrealizarse. Implica la búsqueda del crecimiento personal, la creatividad, la resolución de problemas, la búsqueda de conocimientos y el desarrollo de talentos. Es un proceso continuo de convertirse en la mejor versión de uno mismo.

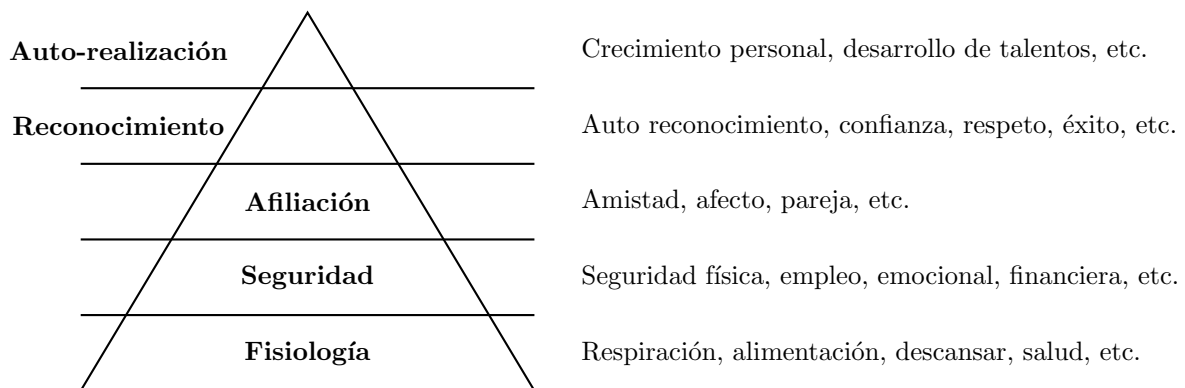


Figura 5.11: Pirámide de jerarquía de necesidades de Maslow

2. **Teoría de la motivación e higiene de Herzberg:** Propuso que existen dos conjuntos de factores que influyen en la motivación de los empleados: **factores higiénicos** y **factores motivacionales**, y que hay que tener los primeros para poder alcanzar los segundos. Los factores de higiene no motivan, pero han de estar presentes para que los factores motivacionales funcionen.
 - *Factores higiénicos:* Estos factores no generan satisfacción a largo plazo ni motivación intrínseca, pero su ausencia puede causar insatisfacción. Son elementos del entorno laboral que, cuando son adecuados, evitan la insatisfacción. No necesariamente motivan a los empleados, pero son esenciales para mantener un nivel mínimo de satisfacción:

- ◇ Salario: La compensación económica y los beneficios.
- ◇ Condiciones de trabajo: El entorno físico y la infraestructura.
- ◇ Políticas de la empresa: Reglas y procedimientos administrativos.
- ◇ Relaciones interpersonales: La calidad de las relaciones con colegas, supervisores y subordinados.
- ◇ Supervisión: La calidad de la supervisión y el liderazgo.
- ◇ Seguridad en el empleo: La estabilidad laboral y la seguridad en el puesto de trabajo.
- ◇ Equilibrio trabajo-vida: El tiempo libre y la conciliación de la vida laboral y personal.
- *Factores motivacionales*: Estos factores están relacionados con el contenido del trabajo y tienen un efecto positivo en la satisfacción y motivación de los empleados. Cuando están presentes, estos factores pueden aumentar significativamente la motivación y la satisfacción laboral:
 - ◇ Logro: La satisfacción de alcanzar objetivos y metas.
 - ◇ Reconocimiento: Ser reconocido y apreciado por el trabajo realizado.
 - ◇ Trabajo en sí mismo: La naturaleza interesante y desafiante del trabajo.
 - ◇ Responsabilidad: Tener autonomía y responsabilidad en el trabajo.
 - ◇ Avance: Oportunidades de promoción y desarrollo profesional.
 - ◇ Crecimiento: Oportunidades de aprendizaje y crecimiento personal.

Por tanto, según la teoría de Herzberg, no se puede tener/sentir un reconocimiento, si no se está a gusto con el salario o con las relaciones interpersonales en el trabajo; o no se puede tener un progreso profesional, si no se tienen unas condiciones de trabajo adecuadas. Por tanto, **primero se necesita satisfacer los factores higiénicos para luego poder cumplir los factores motivacionales.**

3. Teoría X y Teoría Y de McGregor: Propuso dos teorías contrastantes sobre la naturaleza del ser humano en el trabajo y su comportamiento ante la motivación. Dice que para gestionar a las personas, se las debe tratar como X o como Y. Fue un primer enfoque que luego se ha ido trabajando más y ha dado paso a herramientas como las de **liderazgo situacional**:

- La **teoría X** asume que los empleados son inherentemente perezosos y evitarán el trabajo si pueden. Debido a esta naturaleza, se requiere una supervisión estricta, un control exhaustivo, proporcionarles el trabajo, etc.
- La **teoría Y** asume que los empleados son creativos, disfrutan trabajando y pueden autodirigirse si están comprometidos con los objetivos de la organización. Por tanto, se puede confiar en el equipo, se puede delegar y permitir que ellos tomen decisiones y resuelvan conflictos.
- *Desarrollo del espíritu de equipo*: Consiste en la realización de actividades que mejoren las relaciones sociales del equipo y establezcan un ambiente de trabajo colaborativo y cooperativo. El objetivo de las actividades de desarrollo del espíritu de equipo es ayudar a cada uno de los miembros del equipo a trabajar conjuntamente de manera eficaz. La comunicación y las actividades informales pueden ayudar a generar un clima de confianza y a establecer buenas relaciones laborales. Si bien el desarrollo del espíritu de equipo resulta esencial durante las fases iniciales de un proyecto, el proceso debería hacerse de manera continua. El PM debería monitorizar continuamente el funcionamiento y el desempeño del equipo a fin de establecer si es necesario implementar acciones para prevenir o corregir diversos problemas que hayan podido surgir.
- **Reconocimiento y recompensas**: Planes de reconocimiento/recompensas por un comportamiento deseable. Se deben desarrollar durante el proceso de planificar la gestión de recursos (ver Sección 5.2.1). Estos planes deben tener importancia/valor para la persona a la que se le da (qué es lo que persigue, sus objetivos, lo que le gustaría conseguir, etc.) para que estos reconocimientos tengan valor a quienes se les entreguen. Se debe tener cuidado con las diferencias culturales.
- **Capacitación**: Herramientas para mejorar las competencias de los miembros del equipo y hacerlos crecer, midiendo lo efectivas que están siendo esas formaciones. Proveer de formación a aquellas

personas que lo necesiten, planificándolo como una actividad del proyecto. Está demostrado que realizar formaciones adecuadas a todos los niveles del equipo mejora su rendimiento y satisfacción, obteniendo un mejor resultado en el proyecto. Pero se deben **analizar los resultados** de las formaciones para que estas aporten un valor real, cosa que muchas veces por desgracia es obvia-da, perdiendo esta capacitación su sentido. Por tanto, siempre que se hagan formaciones dentro del equipo, se **debe medir** si esta es eficiente o no. Muchas veces se hacen formaciones a miembros que no aportan ningún valor real, ni al proyecto ni a la carrera de ese miembro dentro de la organización. Los **beneficios de la formación** dentro de los proyectos u organizaciones son:

- Mejora la satisfacción con los stakeholders, porque se mejoran las capacidades del equipo, por lo que darán un mejor trabajo hacia estos stakeholders.
- Mejora la planificación del proyecto y su implementación.
- Reduce fallos del proyecto.
- Mejora la calidad.
- Crecimiento personal.
- Mejora la productividad.
- Mejora el “time to market”³, pudiendo sacar antes algunas cosas.

Se reitera que lo más importante es justamente el medir si la formación realmente ha sido efectiva:

1. *Reacción de los participantes a la formación cursada*: Una vez se ha hecho una formación, hacer entrevistas, cuestionarios de satisfacción, etc. para ver cómo ha sido aceptado esto por parte de la gente que ha ido a esa formación (si ha gustado, si han encontrado que es útil, etc.).
2. *Aprendizaje*: Poner test, certificaciones, etc., para validar que se han adquirido los conocimientos/objetivos de formación que se esperaban.
3. *Comportamiento*: Analizar si se usan los nuevos conocimientos adquiridos; se podría hacer a través de evaluaciones o de feedback de los miembros para ver si se usa o no durante la carrera de esta persona.
4. *Resultados*: Analizar el impacto de esa formación en el negocio/organización, resultados del proyecto, tomar decisiones, etc. Es decir, analizar si después de haber hecho estas formaciones se aprecia que se tiene un mayor rendimiento o ha servido de alguna manera para que estas personas dentro de los proyectos tengan unas competencias más avanzadas, aportando un mayor valor a los proyectos, etc.

El modelo de Dreyfus para adquisición adulta de habilidades pretende sentar unas bases para entender cómo se va pasando por las etapas de adquisición de habilidades:

- *Novato*. Adhesión rígida a las **reglas** o **planes enseñados** y **sin ejercicio de “juicio prudencial”** (se le dice que haga X y lo hace, no tiene conocimiento de si está bien/mal).
- *Principiante*. Empieza a tener una “**percepción situacional**” **limitada** de lo que está haciendo, pero todos los aspectos de **trabajo los trata con igual importancia**, no es capaz de determinar qué es más importante, qué hay que priorizar, etc.
- *Competente*: Es capaz de hacer esta “**multitarea**” (**actividades múltiples, acumulación de información**), empieza a tener **percepción de las acciones** respecto a los objetivos del proyecto, tiene una **planificación premeditada** y ya formula **rutinas** de trabajo.
- *Profesional*: Tiene una **visión global** de la situación, **prioriza la importancia** de los aspectos y **percibe desviaciones** del patrón normal. Hasta aquí, nadie es capaz de ver cuándo hay desviaciones de lo planificado, si se va bien o mal, pero el profesional sí que tiene esa visión de identificar puntos de inflexión, puntos erróneos del proyecto para tomar acciones y corregirlas. Ya es capaz de saber lo que tendría que haber costado hacer eso y darse cuenta de que algo está yendo mal.

³Período de tiempo que transcurre desde que se concibe una idea para un producto hasta que dicho producto está disponible para la venta en el mercado.

- *Experto*: Tiene una **comprensión intuitiva** de situaciones basadas en un **conocimiento profundo** y una **visión de lo que es posible** y de lo que no (es muy importante este conocimiento porque muchas veces, el cliente/stakeholders piden cosas que no se tiene la capacidad de hacer, y hay que encontrar otro modo de conseguir algo parecido). Utiliza **enfoques analíticos** en situaciones nuevas o en caso de problemas.

Novato y principiante **se mueven por reglas**, mientras que profesional y experto **se mueven por intuición**. Competente estaría en un punto intermedio entre ambos (ver Figura 5.12).

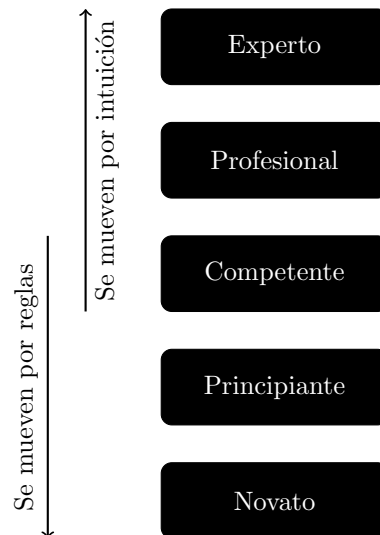


Figura 5.12: Modelo de Dreyfus

- **Evaluaciones individuales y de equipo**: Proporcionan al PM y al equipo del proyecto un conocimiento sobre las áreas de fortalezas y debilidades para hacer crecer al equipo.
- **Reuniones**: Ver Sección 2.2.1.

Outputs Como outputs del proceso se tienen:

- **Evaluaciones de desempeño del equipo**: Permiten al equipo de dirección del proyecto identificar si los esfuerzos realizados para desarrollar al equipo están siendo eficaces, así como las posibles necesidades del equipo (capacitación, desarrollo del espíritu de equipo, etc.) requeridas para mejorar su desempeño.
- **Solicitudes de cambio**: Ver Sección 2.4.1.
- **Actualizaciones del plan para la dirección del proyecto**: Ver Sección 2.4.1.
- **Actualización de los documentos del proyecto**.
- **Actualización de los factores ambientales de la empresa**.
- **Actualización de los activos del proceso de la organización**.

5.3.3. Dirigir al equipo

Definición 5.6 **Dirigir al equipo** es el proceso que consiste en hacer seguimiento del **desempeño de los miembros del equipo**, proporcionar retroalimentación, resolver problemas y gestionar cambios en el equipo a fin de optimizar el desempeño del proyecto.

La Figura 5.13 muestra los inputs, tools & techniques y outputs del proceso de dirigir al equipo.

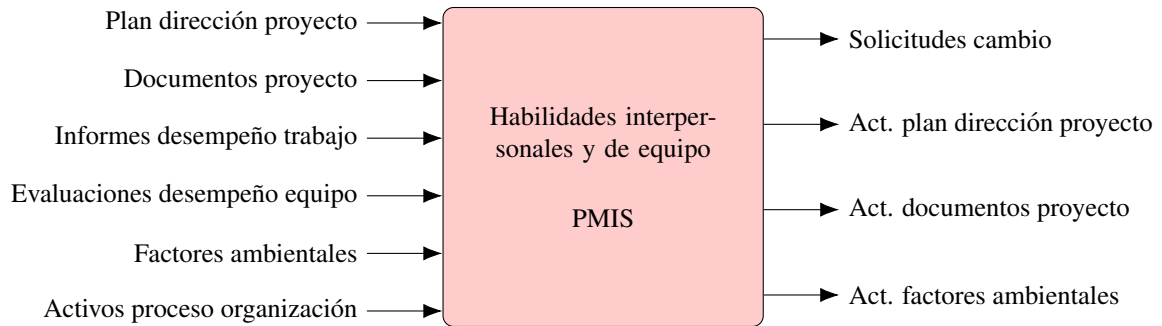


Figura 5.13: Proceso “Dirigir al equipo”

Inputs Como inputs para desarrollar el proceso de dirigir al equipo, se necesitan:

- **Plan para la dirección del proyecto:** Ver Sección 2.3.1.
- **Documentos del proyecto.**
- **Informes de desempeño del trabajo:** Ver Sección 2.5.1.
- **Evaluaciones de desempeño del equipo:** Ver Sección 5.3.2.
- **Factores ambientales:** Ver Sección 1.2.1.
- **Activos del proceso de la organización:** Ver Sección 1.2.2.

Tools & Techniques Las tools & techniques necesarias para dirigir al equipo:

- **Habilidades interpersonales y de equipo:**
 - *Influencia:* Ver Sección 5.3.2.
 - *Gestión de conflictos:* Ver Sección 2.2.1. Siempre que se pueda, los conflictos deben afrontarse de manera directa y a modo individual, antes que de manera colaborativa. A continuación se presentan las etapas progresivas en la evolución de un conflicto dentro de un equipo de trabajo:
 - Problema a solucionar: Hay diferentes opiniones y puede haber malentendidos, pero se **usan palabras que son claras, específicas y concretas**. Aunque no es cómodo, no está cargado emocionalmente. Se debe **buscar colaboración** para llegar a un consenso (win-win).
 - Desacuerdo: La autoprotección se vuelve tan importante como resolver el problema. **Existen distanciamientos entre los miembros del equipo** y, aunque no son hostiles, sí que desconfían del resto. Las palabras pasan de lo específico a lo general, y las interpretaciones crean confusión sobre lo que realmente está sucediendo. Se debe **dar soporte**, capacitar al otro para resolver el problema.
 - Disputa. **El objetivo es ganar**, debido a un efecto compuesto de **conflictos y problemas previos**. Empiezan a hacerse divisiones en el equipo y **las personas comienzan a alinearse con bandos, culpando a los miembros**. El lenguaje se vuelve distorsionado, con **sobregeneralizaciones** (“él siempre...”, no se habla del problema específico y de cosas concretas, sino que se generaliza todo). Se debe **acomodar**, ceder a la vista de los demás cuando la relación es más importante que el problema: negociar y obtener hechos, recopilar datos para establecer los hechos...
 - Cruzada: **Cada bando no cree que el otro cambie**, se da por hecho que la situación va a continuar y no se va a llegar a un acuerdo. Las personas y las posiciones son vistas como una sola, **los ataques vienen en forma del lenguaje lleno de ideología y principios** en lugar de temas y hechos específicos. Se debe **bajar el nivel de conflicto**, utilizando la diplomacia y el desescalado, enfocándose en proteger el propio grupo.
 - Guerra mundial: **No es suficiente con que uno gane, sino que los otros deben perder**, se busca que a la otra persona se la castigue. De aquí nunca se va a tener un resultado constructivo. Se debe **hacer lo que sea necesario** para evitar que las personas se lastimen entre sí.

- *Liderazgo*: Ver Sección 1.7.1. Como Tuckman definía que se pasa por cuatro estadios (formación, conflicto, normalización y desempeño, de más bajo a más alto nivel), el liderazgo tiene que ir acorde al estado de cohesión que tenga el equipo. Por lo tanto, hay veces que se tendrán comportamientos más directivos y otros más de apoyo:

- Formación (Forming): En el primer escenario, el equipo se está formando, lo que se hace es **dirigir al equipo**, tener un comportamiento **alto en dirección y bajo en apoyo**: se dice qué es lo que tiene que hacer para que empiecen a trabajar, el trabajador actúa como “alumno” que sigue a un maestro que dice cómo hacer las cosas. El equipo no tiene una orientación, no tiene la suficiente sinergia como para ser autosuficientes y sacar el trabajo de otra manera.
- Conflicto (Storming): En el segundo estadio, se **entrenaría** al equipo, es decir, se sigue dirigiendo lo que hay que hacer, pero se les empieza a apoyar para que ya sean o empiecen a ser **capaces de tomar sus propias decisiones** y empiecen a entender el contexto de todo lo que se está haciendo.
- Normalización (Norming): El equipo ya tiene una moderada/alta competencia sobre lo que está haciendo y un compromiso variable, es decir, ya entiende lo que se está haciendo, pero no acaba de estar comprometido con todo el proyecto. Se tiene un **comportamiento alto en apoyo** (ayudando a que el equipo tome sus propias decisiones y saque el trabajo de forma autosuficiente) y **bajo en dirección** (no se indica qué es lo que tiene que hacer, sino que deben ser capaces de saberlo con las directrices que tienen, y el PM los apoyará cuando tengan problemas).
- Desempeño (Performing): Ya tienen compromiso y una alta competencia, por lo que se delega en el equipo. Se baja el apoyo y la dirección, es decir, el equipo ya es capaz de, con las herramientas que tiene, tirar en el proyecto y **el PM delega** el trabajo para que se haga y confía en que se hace bien.

El equipo siempre va a tener soporte del PM, que les va a poder ayudar, pero adecuará el liderazgo situacional (ver Figura 5.14) dependiendo del punto en que se encuentre el equipo, en la cohesión que tenga y el momento del proyecto en el que esté: necesita más dirección, más entrenamiento, más apoyo o delegar en ellos. Por tanto, en cada punto del proyecto se actuará de una forma o de otra.

- *Inteligencia emocional*: Capacidad para identificar, evaluar y manejar las emociones personales y las de otras personas, así como las emociones colectivas de grupos de personas. La inteligencia emocional tiene un gran peso y es muy importante para conseguir equipos de alto rendimiento y buenos resultados en los proyectos (saber trabajar de manera colaborativa y no tener puntos de conflicto, etc.). La inteligencia emocional cuenta con 4 aspectos fundamentales (ver Figura 5.15):
 - Conocerse a uno mismo. Se necesita conocerse a uno mismo, tener una autoconciencia y un autoconocimiento de cómo se es. Es decir, identificar comportamientos, cuándo se altera, por qué ha pasado, etc., para luego poderlas gestionar.
 - Gestionar los estados emocionales. Tener autocontrol, autorregulación y autoconocimiento de uno mismo. Cuando ya se tiene la parte propia trabajada y se es capaz de gestionarse a sí mismo, se hace hacia los demás.
 - Consciencia social. Se reconocen las emociones de los demás, se empatiza con otra persona, se es sensible a necesidades, se entiende el entorno y se tiene una consciencia organizacional (valores, principios que sigue).
 - Habilidades sociales. Cuando se tiene esa consciencia social, también hay que saber gestionar las emociones en los demás, tener habilidades sociales para poder inspirar a otros, ayudar a crecer a estas personas. Se quiere llegar a ser un líder inspirador para los otros, porque se reconocen sus emociones, lo que les motiva, les preocupa... entonces se es capaz de hacer crecer a los demás, ser un líder inspirador, ayudarlas a que tengan autocontrol, que sepan regularse a sí mismas, y ayudar a la colaboración y el trabajo en equipo para que salga mejor.

- **PMIS**: Ver Sección 2.4.1.

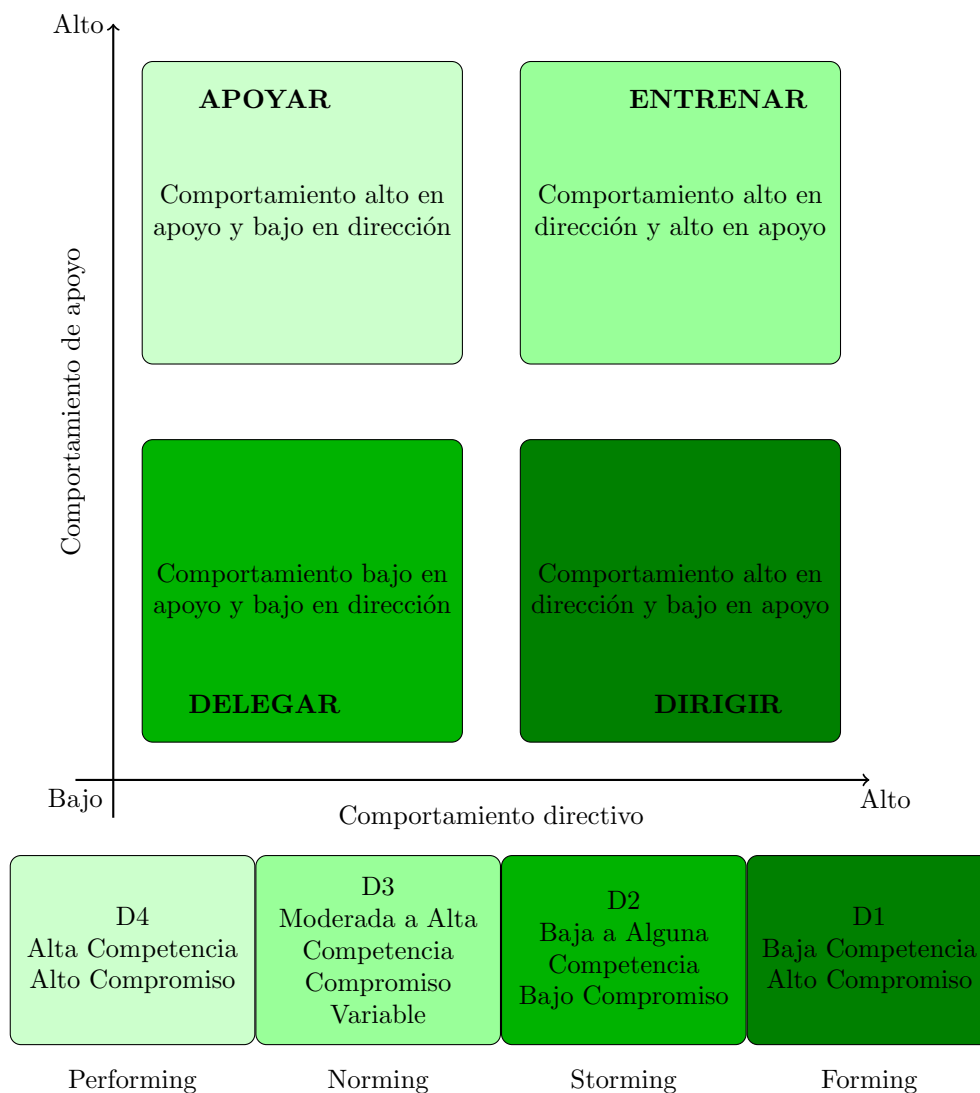


Figura 5.14: Liderazgo situacional del PM

Outputs Como outputs del proceso se tienen:

- **Solicitudes de cambio:** Ver Sección 2.4.1.
- **Actualización del plan para la dirección del proyecto:** Ver Sección 2.4.1.
- **Actualización de los documentos del proyecto.**
- **Actualización de los factores ambientales de la empresa.**

5.4. Grupo de procesos de monitorización y control

En el grupo de procesos de monitorización y control, la gestión de los recursos se encarga del proceso de **controlar los recursos**.

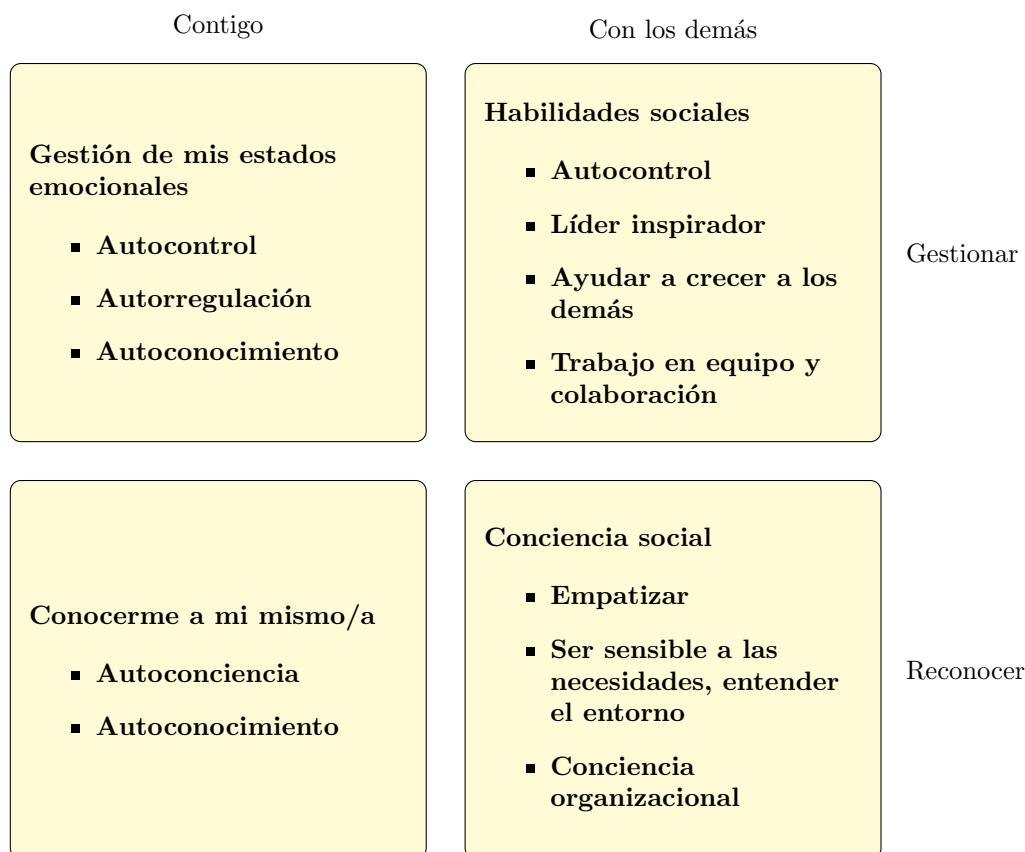


Figura 5.15: Cuadrantes de la inteligencia emocional

5.4.1. Controlar los recursos

Definición 5.7 **Controlar los recursos** es el proceso de asegurar que los recursos físicos asignados y adjudicados al proyecto **están disponibles** tal como se planificó, así como de **monitorizar la utilización de recursos planificada** frente a la real y tomar acciones correctivas según sea necesario.

La Figura 5.16 muestra los inputs, tools & techniques y outputs del proceso de controlar los recursos.

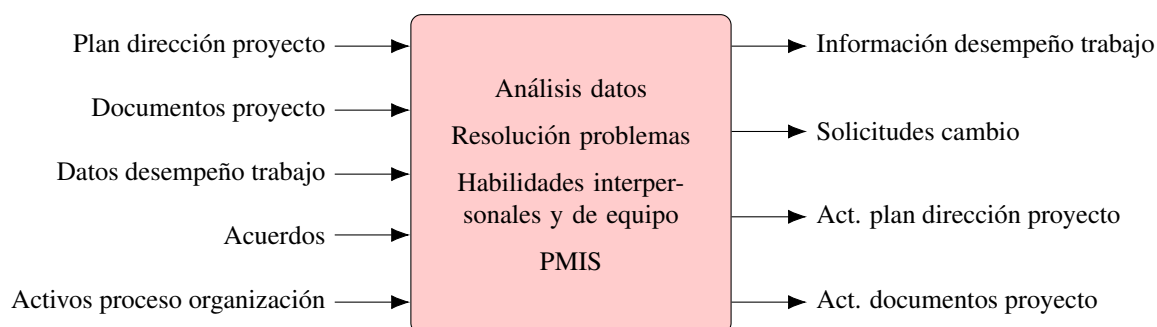


Figura 5.16: Proceso “Controlar los recursos”

Inputs Como inputs para desarrollar el proceso de controlar los recursos, se necesitan:

- **Plan para la dirección del proyecto:** Ver Sección 2.3.1.
- **Documentos del proyecto.**

- **Datos de desempeño del trabajo:** Ver Sección 2.4.1.
- **Acuerdos:** Ver Sección 2.2.1.
- **Activos del proceso de la organización:** Ver Sección 1.2.2.

Tools & Techniques Las tools & techniques necesarias para controlar los recursos:

- **Análisis de datos:** Destacan las siguientes herramientas:
 - *Análisis de alternativas:* Ver Sección 2.5.1.
 - *Análisis coste-beneficio:* Ver Sección 2.5.1.
 - *Análisis de tendencias:* Ver Sección 2.5.1.
 - *Revisiones del desempeño:* Las revisiones del desempeño miden, comparan y analizan la utilización planificada de los recursos con la utilización real de los mismos. La información de desempeño del trabajo en cuanto a costes y cronograma también puede ser analizada para ayudar a identificar incidentes que puedan influir en la utilización de los recursos.
- **Resolución de problemas:** La resolución de problemas implica encontrar soluciones para los incidentes o desafíos. En general, los métodos para resolución de problemas incluyen los siguientes elementos:
 - Definición del problema.
 - Identificación de la causa raíz.
 - Generación de posibles soluciones.
 - Elección de la mejor solución.
 - Implementación de la solución.
 - Verificación de la efectividad de la solución.

Ejemplo 5.7 *El problema puede surgir desde dentro de la organización (máquinas o infraestructura utilizadas por otro departamento de la organización y no liberadas a tiempo, materiales que han resultado dañados debido a condiciones de almacenamiento inadecuadas, etc.), o desde fuera de la organización (proveedor importante que ha entrado en quiebra o condiciones climáticas desfavorables que han deteriorado los recursos).*

- **Habilidades interpersonales y de equipo:** Destacan:
 - *Negociación:* Ver Sección 5.3.2.
 - *Influencia:* Ver Sección 5.3.1.
- **PMIS:** Ver Sección 2.4.1.

Outputs Como outputs del proceso se tienen:

- **Información de desempeño del trabajo:** Ver Sección 2.5.1. Como entrada se tiene el dato del desempeño y como salida del control se analiza dicho dato y se contrasta la realidad frente a lo planificado para ver si se está cumpliendo o no, si los recursos llegan cuando se necesita, si se está alineado con lo que se había planificado, etc.
- **Solicitudes de cambio:** Ver Sección 2.4.1.
- **Actualizaciones del plan para la dirección del proyecto:** Ver Sección 2.4.1.
- **Actualizaciones de los documentos del proyecto.**

Tema 6

Gestión de costes

6.1. Gestión de costes

En un mundo de fondos limitados, el PM debe decidir constantemente cómo obtener el máximo rendimiento de su inversión. Por lo tanto, gestionar los costes de un proyecto es importante por varias razones:

- Permite sopesar los beneficios y los costes previstos para ver si el proyecto tiene sentido.
- Permite ver si se dispone de los fondos necesarios para financiar el proyecto.
- Sirve de guía para asegurarse de que se dispone de fondos suficientes para completar el proyecto.

Antes de empezar a hablar de la gestión de los costes, es necesario tener claros los diferentes tipos de costes que aparecen en un proyecto:

- **Costes variables:** Varían dependiendo de la carga de trabajo o como resultado de la producción que se está generando.
- **Costes fijos:** Se mantienen fijos independientemente de la carga de trabajo o de la producción.
- **Costes directos:** Son directamente atribuibles al trabajo en el proyecto.
- **Costes indirectos:** Incurridos para obtener beneficios en más de un proyecto, es decir, no son específicos del proyecto, sino que se aplican para beneficiar a más de un proyecto. Se incluyen los *gastos generales* (costes de productos y servicios que son difíciles de subdividir y asignar directamente) y los *gastos administrativos* (gastos que mantienen operativa la organización que ejecuta el proyecto).

Ejemplo 6.1 *Son costes variables, el coste del material.*

Son costes fijos, el alquiler o las herramientas.

Son costes directos, los salarios de los miembros del equipo, los materiales, suministros y equipos específicos, los viajes para trabajar en el proyecto y los posibles subcontratos que presten apoyo.

Son gastos generales el alquiler de oficinas, los suministros generales y los costes de mobiliario, instalaciones y equipos. Para trabajar en las actividades del proyecto, se necesita una oficina que cueste dinero. Sin embargo, la organización tiene un contrato anual de alquiler de espacio de oficinas, que tiene muchas oficinas individuales y áreas de trabajo, y la gente trabaja en numerosos proyectos a lo largo del año. Dado que no se dispone de registros claros que especifiquen el importe del alquiler, que corresponde únicamente al trabajo que se desarrolla solo en las actividades de un proyecto, el espacio de la oficina se trata como un coste indirecto del proyecto.

Son gastos administrativos los salarios del departamento de recursos humanos, departamento financiero y la alta dirección, así como los honorarios por servicios contables y jurídicos.

Ejercicio 6.1 Hay que diseñar, desarrollar y producir un folleto de empresa. ¿Qué podría incluirse en costes directos e indirectos?

Otros conceptos y valores financieros que también se utilizan muchas veces en los casos de negocio o para calcular al inicio del proyecto la rentabilidad que se va a obtener de él son los siguientes:

- **Retorno de la inversión (ROI):** Métrica financiera utilizada para evaluar la eficiencia y la rentabilidad de una inversión, proporcionando una indicación de cuánto rendimiento se obtiene por cada unidad monetaria invertida. Se calcula dividiendo el beneficio neto de la inversión por el coste total de la misma, y luego multiplicando el resultado por 100 (para obtenerlo en porcentaje):

$$ROI = 100 \cdot \frac{\text{Valor del proyecto} - \text{Costes}}{\text{Costes}} \quad (6.1)$$

Ejemplo 6.2 Se invierten 10.000 € en un proyecto y al final del período el valor del proyecto es de 12.000 €. El ROI sería:

$$ROI = 100 \cdot \frac{\text{Valor del proyecto} - \text{Costes}}{\text{Costes}} = 100 \cdot \frac{12\,000 - 10\,000}{10\,000} = 20\%$$

- **Valor actual (VA):** Métrica financiera que determina el valor actual de una cantidad de dinero que se recibirá o pagará en el futuro, descontada a una tasa de interés específica. Esta métrica es fundamental en la evaluación de proyectos de inversión porque permite comparar flujos de caja futuros con el valor del dinero en el presente. El valor actual tiene en cuenta el valor temporal del dinero, es decir, la idea de que una cantidad de dinero hoy vale más que la misma cantidad en el futuro debido a su potencial para generar rendimientos. El valor actual se calcula como:

$$VA = \frac{F}{(1+r)^n}, \quad (6.2)$$

donde F es el flujo de caja (valores del proyecto – costes) del futuro, r es la tasa de descuento (tasa de interés) y n es el número de períodos (años) hasta que se recibe el flujo de caja.

Ejemplo 6.3 Se espera recibir 1.000 € dentro de 3 años, y la tasa de descuento es del 5 % anual. El VA sería:

$$VA = \frac{F}{(1+r)^n} = \frac{1000}{(1+0,05)^3} = 864,39€$$

- **Valor actual neto (VAN):** En el contexto de proyectos de inversión, a menudo se calcula el VAN, que es la suma de los valores presentes de todos los flujos de caja asociados con un proyecto (tanto ingresos como costes), descontados a una tasa de descuento específica. La fórmula del VAN es:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{F_t}{(1+r)^t}, \quad (6.3)$$

donde F_t es el flujo de caja en el periodo t y t es el periodo (años) desde 0 hasta n . Cuanto más grande sea su valor, más rentable es el proyecto.

- **Análisis coste—beneficio:**

- **Ratio beneficio—coste (RBC):** Métrica utilizada en la evaluación de proyectos y decisiones de inversión para comparar los beneficios totales esperados de un proyecto con sus costes totales. Este ratio ayuda a determinar si los beneficios de un proyecto justifican los costes y, por lo tanto, si el proyecto es viable y rentable. La fórmula básica es:

$$RBC = \frac{\text{Beneficios totales}}{\text{Costes totales}} \quad (6.4)$$

Si es mayor que 1, indica que los beneficios son mayores que los costes, por lo que sugiere que el proyecto es económicamente viable y rentable.

Ejemplo 6.4 Se está evaluando un proyecto que espera tener unos beneficios totales de 500.000 € y unos costes de 300.000 €. El RBC es:

$$RBC = \frac{\text{Beneficios totales}}{\text{Costes totales}} = \frac{500000}{300000} = 1,67$$

- *Coste de oportunidad*: Al elegir entre dos proyectos, el coste de oportunidad equivale a lo que se ha dejado de ganar por no elegir el otro proyecto (VA o VAN de ese proyecto).
- *Tasa interna de retorno (TIR)*: Métrica financiera utilizada para evaluar la rentabilidad de una inversión o proyecto. La TIR es la tasa de descuento que hace que el VAN de todos los flujos de caja futuros de una inversión sea igual a cero. En otras palabras, es la tasa de rendimiento esperada que una inversión generará durante su vida útil. Cuanto más grande sea, más atractiva es la inversión.

Definición 6.1 La **gestión de costes** incluye los procesos involucrados en **planificar, estimar, presupuestar, financiar, obtener financiación, gestionar y controlar los costes** de modo que se complete el proyecto dentro del presupuesto aprobado.

Estos procesos se representan en la Figura 6.1.

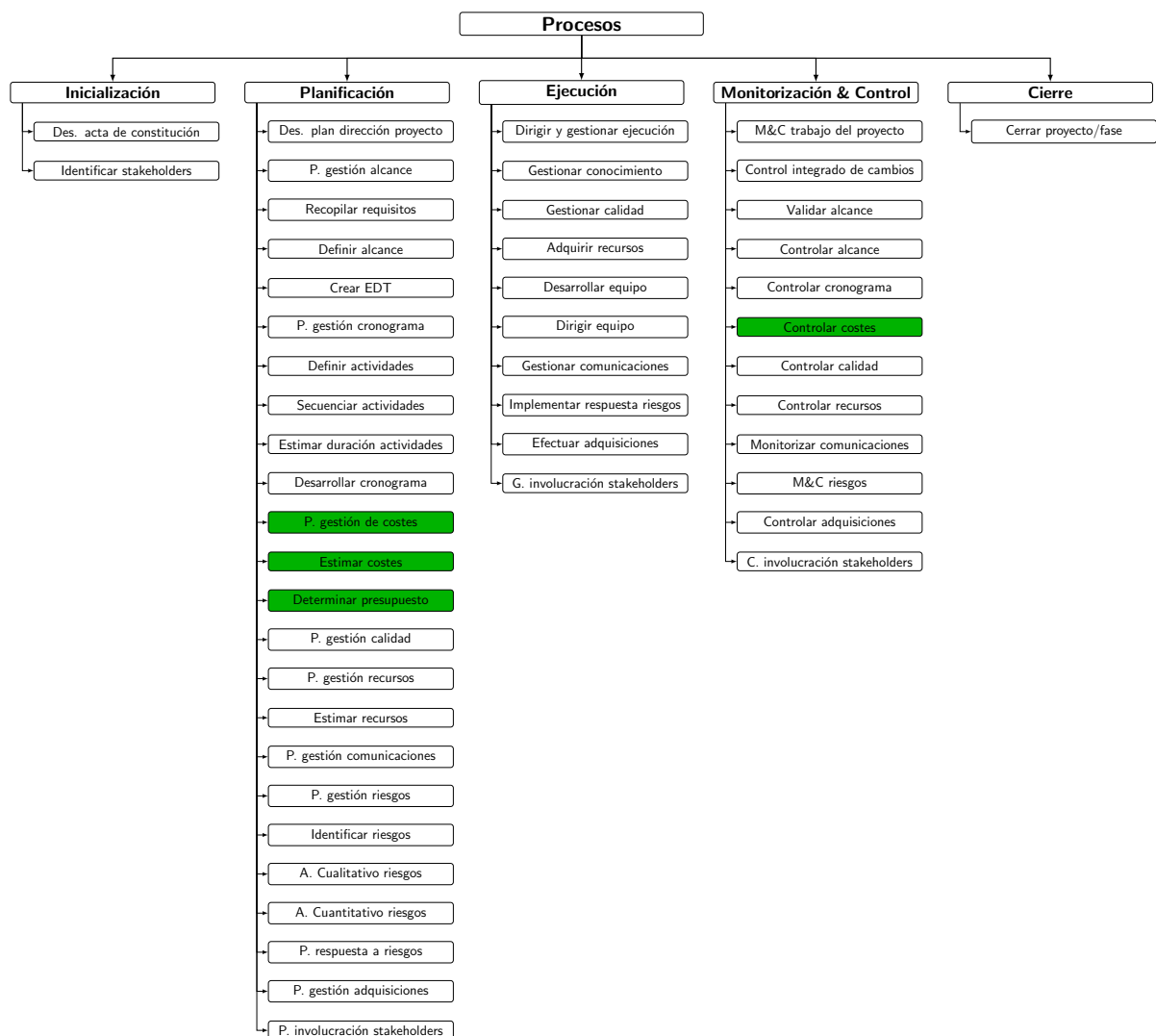


Figura 6.1: Procesos de la gestión de costes

6.2. Grupo de procesos de planificación

En el grupo de procesos de planificación, la gestión de costes se encarga de los procesos de **planificar la gestión de costes, estimar los costes y determinar el presupuesto**.

6.2.1. Planificar la gestión de costes

Es la primera fase de planificación de costes, y consiste en hacer el plan de cómo se van a gestionar los costes durante el proyecto.

Definición 6.2 Planificar la gestión de costes es el proceso de definir cómo se han de **estimar, presupuestar, gestionar, monitorizar y controlar** los costes del proyecto.

La Figura 6.2 muestra los inputs, tools & techniques y outputs del proceso de planificar la gestión de costes.

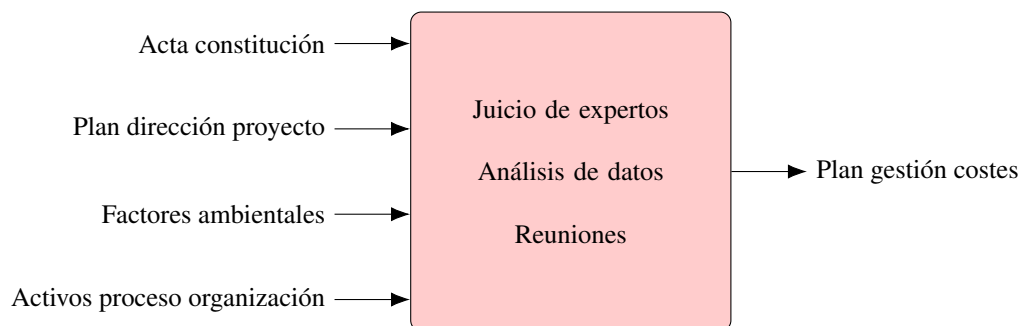


Figura 6.2: Proceso “Planificar la gestión de costes”

Inputs Como inputs para desarrollar el proceso de planificar la gestión de costes, se necesitan:

- **Plan para la dirección del proyecto:** Ver Sección 2.3.1.
- **Acta de constitución:** Ver Sección 2.2.1.
- **Factores ambientales:** Ver Sección 1.2.1.
- **Activos del proceso de la organización:** Ver Sección 1.2.2.

Tools & Techniques Las tools & techniques necesarias para planificar la gestión de costes engloban:

- **Juicio de expertos:** Ver Sección 2.2.1.
- **Análisis de datos:** Destacando el *Análisis de alternativas*, ver Sección 2.5.1 para revisar las opciones estratégicas de financiación (auto-financiación, a través de acciones, mediante deuda, etc.) o para incluir la consideración de las formas de adquirir los recursos del proyecto (como construir, comprar, alquilar o arrendar).
- **Reuniones:** Ver Sección 2.2.1.

Outputs Como output del proceso se tiene:

- **Plan de gestión del coste:** Componente del plan para la dirección del proyecto que describe la forma en que se planificarán, estructurarán y controlarán los costes del proyecto. En este plan, se puede establecer:
 - **Unidades de medida:** Unidad que se utilizará para cada medición (hora, día, semana de trabajo; metros, litros para cantidad; etc.).
 - **Nivel de precisión/exactitud:** Redondeo hacia arriba o hacia abajo según las estimaciones; o especificar un rango aceptable para hacer estimaciones realistas.

- **Umbral de control:** Para monitorizar el desempeño del coste pueden definirse umbrales de variación que establecen un valor acordado para la variación permitida antes de que sea necesario tomar medidas. Los umbrales se expresan habitualmente como un porcentaje de desviación con respecto a la línea base del plan. Así, cuando se hacen las revisiones, se puede ver qué parte del presupuesto se debería haber gastado en los puntos de control para comprobar si hay que hacer algún cambio (se ha superado/reducido lo establecido, etc.).
- **Reglas para la medición del desempeño:** Si se va a realizar el análisis del valor ganado.

6.2.2. Estimar los costes

Definición 6.3 Estimar los costes es el proceso de desarrollar una **aproximación del coste de los recursos necesarios** para completar el trabajo del proyecto.

La estimación de los costes implica desarrollar una **aproximación de los costes de los recursos necesarios** para completar cada actividad programada. Para ello, el PM debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se recomienda que los costes los estimen las **personas que van a realizar el trabajo**, siempre que sea posible.
- Las estimaciones son **más precisas, cuanto más pequeñas** son las actividades (recomendable una duración aproximada de 2 semanas), por lo que se usa una **técnica de estimación ascendente** (de abajo hacia arriba), igual que se ha usado con la gestión del cronograma (ver Sección 4.3.4).
- Debe basarse en la **EDT** que se ha sacado al definir el alcance.
- Aunque pueden incluirse colchones (reservas) a nivel de paquete de trabajo o de actividades, deben estar justificados basándose en lo que se detecte de **incertidumbre/riesgos** que afecten a estas actividades o paquetes de trabajo.
- Es tarea del PM revisar las estimaciones y ajustarlas a lo largo del proyecto, comprobando que se cumple con la línea base que se ha sacado de la planificación.
- **Las líneas base no cambian sin cambios aprobados** por el control integrado de cambios (CCB): siempre que se pretenda hacer un cambio que afecte a una línea base, hay que abrir una petición de cambio para que sea validado.

La Figura 6.3 muestra los inputs, tools & techniques y outputs del proceso de estimar los costes.

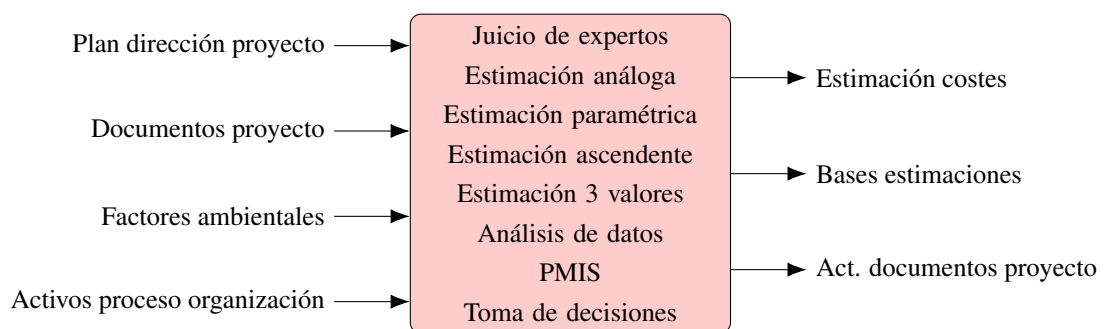


Figura 6.3: Proceso “Estimar los costes”

Inputs Como inputs para desarrollar el proceso de estimar los costes, se necesitan:

- **Plan para la dirección del proyecto:** Ver Sección 2.3.1.
- **Documentos del proyecto.**
- **Factores ambientales:** Ver Sección 1.2.1.
- **Activos del proceso de la organización:** Ver Sección 1.2.2.

Tools & Techniques Las tools & techniques necesarias para estimar los costes engloban:

- **Juicio de expertos:** Ver Sección 2.2.1.
- **Estimación análoga:** Ver Sección 4.3.4. Es un método de *estimación del valor bruto*, que en ocasiones se ajusta en función de las diferencias conocidas en cuanto a la complejidad del proyecto.

Ejemplo 6.5 Se está planificando instalar una nueva línea de producción en una fábrica. El año pasado, se completó un proyecto similar, instalando una línea de producción de características casi idénticas. El proyecto anterior costó 150000€, y tenía una capacidad de 10000 unidades/mes. El proyecto actual tiene una capacidad de producción de 12000 unidades/mes.

Dado que el proyecto actual es similar al anterior, pero con una capacidad de producción un 20 % mayor, se puede suponer que los costes aumentarán en proporción similar. Por lo tanto, la estimación sería:

$$\text{Costo estimado} = 150000 \cdot 1,20 = 180000 \text{ €}$$

- **Estimación paramétrica:** Ver Sección 4.3.4.

Ejemplo 6.6 Un modelo podría proporcionar una estimación de 50 € por línea de código para un proyecto de desarrollo de software basado en el lenguaje de programación, el nivel de experiencia de los programadores, el tamaño y la complejidad de los datos involucrados, etc.

Conseguir una estimación aproximada de 10000€ por estación de trabajo en un gran proyecto de automatización de oficinas basado en el historial de proyectos similares durante el mismo período de tiempo.

Ejercicio 6.2 Se está gestionando un proyecto de construcción de una serie de pequeñas plantas de tratamiento de aguas. En proyectos anteriores, se ha observado que el coste de construcción de una planta depende del número de metros cuadrados de construcción, con un valor medio de 1500 €/m². El proyecto actual tiene una superficie estimada de construcción de 2000 m². ¿Cuál sería el coste de construcción estimado?

- **Estimación ascendente:** Ver Sección 4.3.4. El procedimiento para esta estimación es el siguiente:
 1. Para cada paquete de trabajo de nivel inferior, determinar los costes directos de mano de obra, multiplicando el número de horas que cada persona trabajará en él por el salario por hora de la persona. Se pueden estimar los costes directos de mano de obra utilizando cualquiera de las dos definiciones siguientes:
 - El salario real de cada persona del proyecto.
 - El salario medio de las personas con un determinado cargo, en un determinado departamento, etc.

Ejemplo 6.7 Se necesita un diseñador gráfico para diseñar las transparencias de una presentación. El jefe del departamento gráfico estima que la persona empleará 100 horas en su proyecto. Si sabe que Enrique (con una tarifa salarial de 30 €/h) trabajará en la actividad, los costes de mano de obra directa se estimarán en 3.000 €. Sin embargo, si el jefe del departamento no sabe quién trabajará en el proyecto, es recomendable utilizar el salario medio de un diseñador gráfico de la organización para estimar los costes de mano de obra directa.

2. Para cada paquete de trabajo de nivel inferior, calcular los costes directos de materiales, equipos, viajes, servicios contractuales y otros recursos no personales (mobiliario, instalaciones, materias primas...). Consultar con el departamento de adquisiciones, el personal administrativo y el departamento los costes de estos recursos.
3. Determinar los costes indirectos asociados a cada paquete de trabajo. Normalmente, los costes indirectos se calculan como un porcentaje de los costes directos previstos para el paquete de trabajo. En general, el departamento financiero determina esta fracción anualmente haciendo lo siguiente:

- Estimación de los costes laborales directos de la organización para el año siguiente.
- Estimación de los costes indirectos de la organización para el año siguiente.
- Dividiendo los costes indirectos estimados entre los costes laborales directos estimados.

Se pueden estimar los costes indirectos considerando que todos ellos pertenecen a una única categoría (“costes indirectos”, obteniendo primero la relación entre todos los costes indirectos previstos y todos los salarios directos previstos, y se determinan los costes indirectos de una actividad multiplicando los salarios directos por el índice de costes indirectos obtenido) o que pueden pertenecer a una de las dos categorías separadas denominadas (“gastos generales” y “gastos administrativos”, siguiendo el mismo procedimiento anterior, pero separando entre tasa de gastos generales y tasa de gastos administrativos, y luego incluyendo la suma de ambas al multiplicar por los salarios directos). Elegir un método u otro de estimación sopesando la precisión potencial de la estimación frente al esfuerzo necesario para desarrollarla.

Ejemplo 6.8 Se está planificando un proyecto para diseñar y producir un folleto de empresa. Ya se dispone de la siguiente información:

- El empleado 1 dedicará 200 h al proyecto, a 30 €/h; el empleado 2, trabajará 100 h a 25 €/h.
- El coste del material de papelería para los folletos será de 1.000 €.
- Los gastos de viaje para visitar a vendedores y proveedores ascenderán a 300 €.
- Se estima pagar a un proveedor 5.000 € por el material gráfico de los folletos.
- La organización tiene una tasa de costes indirectos combinados del 60 % de los costes de mano de obra directa.

Por tanto, el coste total del proyecto es de 19.900 €, como se muestra en la Tabla 6.1.

Categoría de costes	Coste del recurso	Coste total (€)
Mano de obra directa	Empleado 1: 200×30	6.000
	Empleado 2: 100×25	2.500
	Total	8.500
Costes indirectos	$0,6 \times 8500$	5.100
Otros costes directos	Materiales	1.000
	Viajes	300
	Proveedor	5.000
	Total	6.300
Coste total del proyecto		19.900

Tabla 6.1: Solución

- **Estimación basada en tres valores:** Ver Sección 4.3.4. Tiene una mayor precisión que la estimación basada en una única estimación para cada actividad, ya que considera la incertidumbre y el riesgo:

c_M Coste más probable (el más esperado).

c_O Coste optimista (el mejor de los casos), estimación según el mejor escenario para esa actividad.

c_P Coste pesimista (el peor de los casos), estimación según el peor escenario para esa actividad.

Con estos tres valores, puede estimarse el coste esperado c_E de la actividad según una forma triangular o una beta PERT:

- *Triangular:* Existen datos históricos insuficientes o cuando se usan datos subjetivos (por ejemplo, mediante juicio de expertos):

$$c_E = \frac{c_O + c_P + c_M}{3} \quad (6.5)$$

- *Beta PERT*: Se dispone de datos históricos sobre actividades similares en proyectos anteriores:

$$c_E = \frac{c_O + c_P + 4 \cdot c_M}{6} \quad (6.6)$$

Ejemplo 6.9 *Se está gestionando un proyecto para desarrollar un nuevo software de control de calidad para una línea de producción. Hay incertidumbre sobre el coste que llevará completar el desarrollo, por lo que se analizan datos históricos:*

C_O 80000 €

C_M 100000 €

C_P 150000 €

Al conseguirse estas estimaciones mediante datos históricos, puede usarse una forma beta PERT:

$$c_E = \frac{C_O + c_P + 4 \cdot C_M}{6} = \frac{80000 + 150000 + 4 \cdot 100000}{6} = 105000 \text{ €}$$

■ **Análisis de datos:** Se enfoca en considerar:

- *Análisis de alternativas:* Ver Sección 2.5.1
- *Análisis de reservas:* Ver Sección 4.3.4, donde se habla del análisis de reservas, y la Sección 6.2.3 donde se habla de las reservas de contingencia y gestión. La estimación de costes puede contener **reservas de costes de contingencia** para incorporar la incertidumbre en la estimación del coste, aportando mayor precisión. La reserva de contingencia puede ser un valor fijo, un porcentaje del coste estimado, o puede calcularse con métodos de análisis cuantitativo. La reserva de contingencia será actualizada (utilizada, reducida, eliminada) a medida que se dispone de información más detallada del proyecto y son usadas a discreción del PM para negociar con eventos anticipados, pero no certeros (incógnitas conocidas, known unknowns). Estas reservas forman parte de la línea base de costes.

Ejemplo 6.10 *Se podría anticipar la necesidad de reelaborar algunos de los entregables del proyecto y, al mismo tiempo, desconocer el impacto de esa reelaboración. Se pueden estimar las reservas para contingencias de manera que cubran esa cantidad desconocida de “re-trabajo”.*

- *Coste de la calidad:* Los supuestos relativos a los costes de la calidad¹ se pueden utilizar para preparar las estimaciones. Se pretende saber cuánto va a influir la calidad sobre el coste de las actividades según estos supuestos.
- **PMIS:** Ver sección 2.4.1.
- **Toma de decisiones:** Principalmente, mediante *Votación*, ver Sección 2.5.1.

Outputs Como outputs del proceso se tienen:

- **Estimaciones de costes:** Valoración cuantitativa de costes probables de los recursos requeridos para completar todas las actividades del proyecto, incluidas las reservas de contingencia y de gestión.
- **Bases de las estimaciones:** Ver Sección 4.3.4.
- **Actualizaciones a los documentos del proyecto.**

6.2.3. Determinar el presupuesto

¹Coste total de los esfuerzos relacionados con calidad. Las decisiones en los proyectos pueden impactar en los costes de calidad por las devoluciones de productos, reclamaciones de garantías, campañas de devolución, etc. Por tanto, hay que encontrar el punto de equilibrio en el que el beneficio de hacer gestión de la calidad llega a dejar de aportar valor.

Definición 6.4 Determinar el presupuesto es el proceso que consiste en sumar los costes estimados de las actividades individuales o paquetes de trabajo para **establecer una línea base de costes autorizada**.

Esta línea base se consigue agregando las estimaciones de coste de cada paquete de trabajo y, posteriormente, agregando las reservas de contingencia, provenientes de un análisis detallado de riesgo. A partir de la línea base de costes se puede controlar el desarrollo del proyecto. Además, este presupuesto constituye los fondos autorizados para la ejecución del mismo, es decir, la cantidad de dinero que se dispone para poder ejecutar el proyecto.

Definición 6.5 El presupuesto de un proyecto es una **estimación detallada y escalonada** en el tiempo de todos los costes de recursos del proyecto.

Generalmente, el presupuesto se desarrolla en diferentes etapas: desde una estimación inicial aproximada hasta una estimación detallada y, finalmente, un presupuesto del proyecto completo y aprobado, que hay que ir revisando a medida que se está realizando el proyecto. Pese a que lo ideal sería poder tener el presupuesto preparado lo más detallado y preciso posible desde el principio (antes de tomar la decisión de si llevarlo a cabo o no), en realidad **la decisión debe tomarse antes** de que se pueda preparar un presupuesto muy preciso. El presupuesto se va desarrollando y refinando en las siguientes etapas:

- **Estimación de orden de magnitud:** Esta etapa es una estimación inicial de los costes basada en una **idea general** del trabajo del proyecto. Esta estimación se realiza sin datos detallados, puesto que se realiza en la fase temprana del proyecto. Dependiendo de la naturaleza del proyecto, el presupuesto final debería variar entre -25% a $+75\%$ respecto a esta estimación, incluso a veces entre -50% a $+100\%$. Se prepara teniendo en cuenta los costes de proyectos similares (o actividades similares que formarán parte del proyecto) que ya se hayan realizado, los ratios de coste y productividad aplicables (como el número de conjuntos que pueden producirse por hora) y otros métodos de aproximación. Como tales, estas estimaciones pueden cambiar significativamente a medida que los planificadores definen el proyecto con mayor detalle. Esta estimación debe utilizarse para decidir si la organización debe o no hacer el proyecto antes de empezar a planificarlo.

Ejemplo 6.11 Una estimación de orden de magnitud, que en realidad costaría 100.000 €, debería oscilar entre 75.000 € y 175.000 €, aunque podría oscilar entre 50.000 € y 200.000 €.

- **Estimación presupuestaria:** En esta fase se desglosan los costes estimados de cada actividad del proyecto. Esta estimación se prepara elaborando una EDT detallada (ver la Sección 3.2.4) y estimando los costes de todas las actividades y paquetes de trabajo de nivel inferior. Normalmente, se usa mientras se realiza la planificación del proyecto. Esta estimación se utiliza para asignar dinero al presupuesto de una organización, y tiene una precisión de -10% a $+25\%$.

Ejemplo 6.12 Una estimación presupuestaria, que en realidad costaría 100.000 €, debería oscilar entre 90.000 € y 125.000 €.

- **Estimación definitiva:** Esta etapa final es un presupuesto detallado del proyecto que las personas esenciales aprueban y acuerdan apoyar, proporcionando una estimación precisa de los costes del proyecto. Las estimaciones definitivas se utilizan para tomar muchas decisiones de compra para las que se requieren estimaciones precisas y para estimar los costes finales del proyecto. El rango de precisión suele ser de -5% a $+10\%$ o de $\pm 10\%$.

Ejemplo 6.13 Una estimación definitiva, que en realidad costaría 100.000 €, debería oscilar entre 95.000 € y 110.000 €, aunque podría oscilar entre 90.000 € y 110.000 €.

La Figura 6.4 muestra los inputs, tools & techniques y outputs del proceso de determinar el presupuesto.

Inputs Como inputs para desarrollar el proceso de determinar el presupuesto, se necesitan:

- **Plan para la dirección del proyecto:** Ver Sección 2.3.1.

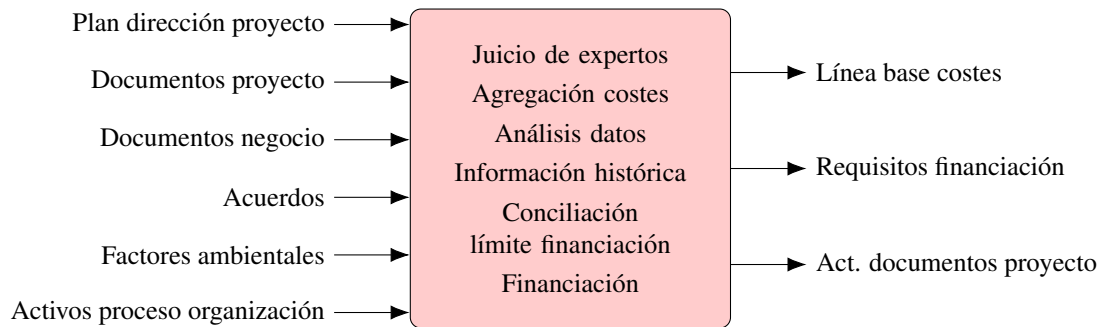


Figura 6.4: Proceso “Determinar el presupuesto”

- **Documentos del proyecto.**
- **Documentos de negocio:** Ver Sección 2.2.1.
- **Acuerdos:** Ver Sección 2.2.1.
- **Factores ambientales:** Ver Sección 1.2.1.
- **Activos del proceso de la organización:** Ver Sección 1.2.2.

Tools & Techniques Las tools & techniques necesarias para determinar el presupuesto engloban:

- **Juicio de expertos:** Ver Sección 2.2.1.
- **Agregación de costes:** Mediante la estimación ascendente se suman las estimaciones de las actividades de cada paquete de trabajo que contempla el proyecto. El proceso es el siguiente (ver Figura 6.5):

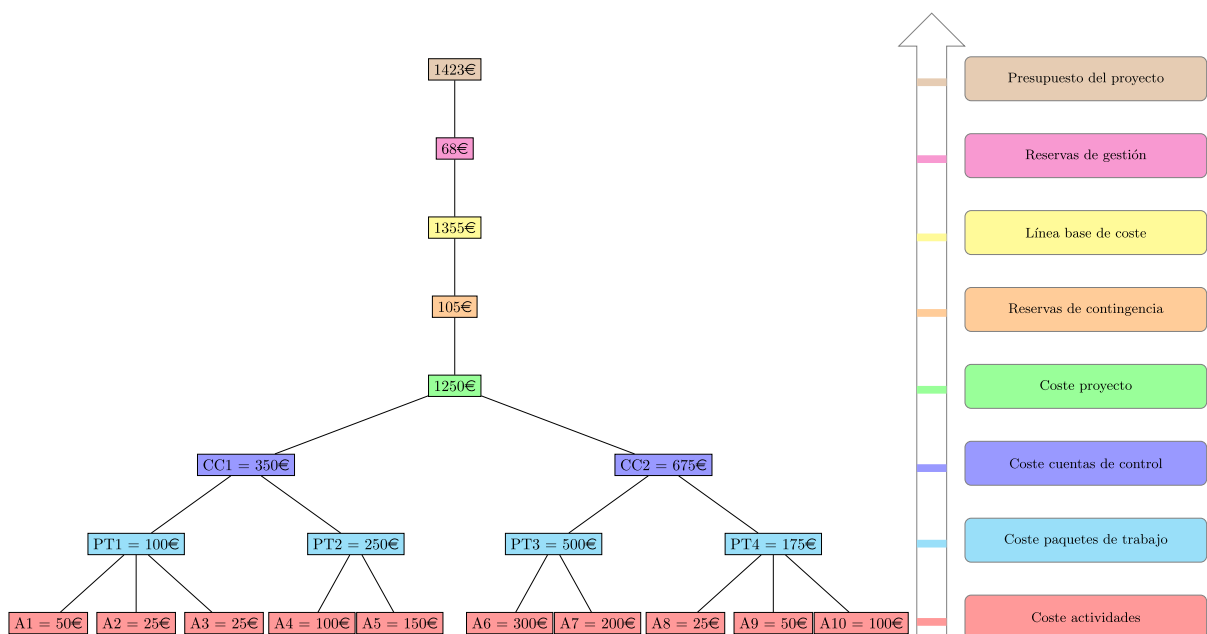


Figura 6.5: Agregación de costes

1. *Estimar el coste del proyecto*, que está hecho del paso anterior.
2. *Estimar las reservas de contingencia:* Cantidad de dinero reservado para riesgos identificados en actividades o en algún paquete de trabajo (“incógnitas conocidas” –known unknowns–, viene del análisis cuantitativo de riesgos, ver Sección 7.2.4). Si algún riesgo sucede, y no se tienen estas reservas, se alteraría el presupuesto del proyecto. No se trata de añadir contingencias simplemente por guardar dinero sin contemplar el porqué (es una mala práctica y **no se debería usar nunca**), sino que estas contingencias tienen que ir asociadas a riesgos identificados.

3. *Determinar la línea base de costes:* Es el sumatorio de la estimación del coste del proyecto más las reservas de contingencia.
4. *Estimar las reservas de gestión:* Cantidad de dinero que se reserva para cambios no planeados en el proyecto. Incluyen todo aquello que puede aparecer, pero no contempla el proyecto porque no se conoce ("incógnitas desconocidas" —unknown unknowns—). Están dentro del presupuesto del proyecto, pero **no dentro de la línea base del coste**).
5. *Determinar el presupuesto del proyecto:* Es la suma de la línea base y las reservas de gestión.

Ejemplo 6.14 Siguiendo el Ejemplo 6.8, se han estimado que las reservas de contingencia serán de 1.500 € y, las de gestión, de 800 €. Por tanto, la línea base de coste es de 21.400 € y el presupuesto total del proyecto, de 22.200 €, como se muestra en la Tabla 6.2.

Categoría de costes	Coste del recurso	Coste total (€)
Mano de obra directa	Empleado 1: 200×30	6.000
	Empleado 2: 100×25	2.500
	Total	8.500
Costes indirectos	$0,6 \times 8500$	5.100
Otros costes directos	Materiales	1.000
	Viajes	300
	Proveedor	5.000
	Total	6.300
Coste total del proyecto		19.900
Reservas de contingencia		1.500
Línea base de coste		21.400
Reservas de gestión		800
Presupuesto total del proyecto		22.200

Tabla 6.2: Solución

Ejercicio 6.3 Un equipo de ingenieros está planificando la construcción de una planta de energía solar. La información disponible es la siguiente:

- Coste estimado del proyecto: 4000000€
- Coste estimado por paquete de trabajo:
 - Ingeniería: 1200000€
 - Construcción: 2500000€
 - Equipamiento: 300000€
- Riesgos identificados:
 - Riesgo A: Incremento en los costes de materiales (impacto: 150000€, probabilidad: 60 %)
 - Riesgo B: Retrasos en la obtención de permisos (impacto: 100000€, probabilidad: 40 %)

Además, se estima que hay un 20 % de probabilidad de que ocurran eventos no identificados que podrían incrementar el presupuesto en un 10 % sobre el coste total del proyecto.

1. Utilizando la técnica de agregación de costes, determinar la línea base de costes del proyecto.
2. Calcular las reservas de contingencia necesarias utilizando la probabilidad e impacto de los riesgos identificados:

$$RC = \text{Impacto} \cdot \text{Probabilidad}$$

3. Determinar las reservas de gestión necesarias considerando el riesgo de eventos no identificados.

4. Calcular el presupuesto total del proyecto sumando la línea base de costes, las reservas de contingencia y las reservas de gestión.

- **Análisis de datos:** Principalmente, es el *Análisis de las reservas*, ver Sección 4.3.4. Cuando se utiliza una cantidad determinada de reservas de gestión para financiar un trabajo no previsto, la cantidad de la reserva de gestión utilizada se suma a la línea base de costes, dando lugar a la necesidad de aprobar un cambio que debe pasar por el CCB al tratarse de un cambio a una línea base.
- **Análisis de la información histórica:** Puede ayudar a desarrollar estimaciones paramétricas o análogas según las características/parámetros del proyecto. Se obtienen modelos matemáticos que permitan predecir el coste total del proyecto, comparando con anteriores.
- **Conciliación del límite de financiación:** Consiste en vigilar que el gasto se mantenga dentro del presupuesto, y si no es así, reorganizar el cronograma del proyecto para controlar mejor los gastos. Por tanto, hay que coordinar que en el momento del proyecto en que se quiere hacer ciertas actividades, se disponga del dinero necesario para realizarlas.

Ejemplo 6.15 En un momento concreto, una empresa no tiene capacidad para ejecutar ciertos fondos, y algunas tareas tienen que posponerse hasta que sea posible realizar la inversión.

Ejercicio 6.4 Se está gestionando un proyecto de construcción de un nuevo centro de investigación para una universidad. El proyecto se ha dividido en cuatro fases principales, cada una con un presupuesto específico y fechas programadas de inicio y fin. Los detalles del proyecto son los siguientes:

- Presupuesto total del proyecto: 10000000 €
- Fase 1 - Planificación:
 - Fecha de inicio: Enero 2025
 - Fecha de fin: Marzo 2025
 - Coste estimado: 2000000 €
- Fase 2 - Diseño:
 - Fecha de inicio: Abril 2025
 - Fecha de fin: Agosto 2025
 - Coste estimado: 3000000 €
- Fase 3 - Construcción:
 - Fecha de inicio: Septiembre 2025
 - Fecha de fin: Junio 2026
 - Coste estimado: 4500000 €
- Fase 4 - Finalización:
 - Fecha de inicio: Julio 2026
 - Fecha de fin: Septiembre 2026
 - Coste estimado: 500000 €

La universidad ha comprometido los siguientes límites de financiamiento para el proyecto, con base en la disponibilidad de fondos:

- Primer trimestre (Enero-Marzo 2025): 1500000 €
- Segundo trimestre (Abril-Junio 2025): 1500000 €
- Tercer trimestre (Julio-Septiembre 2025): 2000000 €
- Cuarto trimestre (Octubre-Diciembre 2025): 2500000 €
- Primer trimestre (Enero-Marzo 2026): 1000000 €

- Segundo trimestre (Abril-Junio 2026): 1000000€
- Tercer trimestre (Julio-Septiembre 2026): 500000€

1. Analizar si los gastos planificados para cada fase del proyecto concilian con los límites de financiamiento comprometidos por la universidad.
2. Si se identifican variaciones entre los límites de financiamiento y los gastos planificados, proponer un plan para reprogramar el trabajo, de modo que se mantenga dentro de los límites de financiamiento en cada trimestre.
3. Calcular el nuevo cronograma de gastos trimestrales que concilie con los límites de financiamiento.

- **Financiación:** Cómo se van a conseguir los fondos para tener el presupuesto del proyecto.

Outputs Como outputs del proceso se tiene:

- **Línea base de costes:** Versión aprobada del presupuesto con fases de tiempo (sin incluir las reservas de gestión). Se usa como una base contra la cual se mide, observa y controla todos los costes del proyecto. Incluye todos los gastos que se tienen a nivel de actividades, paquetes de trabajo y la reserva de contingencia. Cualquier cambio debe pasar por el procedimiento formal de control de cambios. Dado que las estimaciones de costos que dan lugar a la línea base de costes están directamente ligadas a las actividades del cronograma, esto permite disponer de una visión por fases temporales de la línea base de costos, que se representa típicamente como una *curva en S* (ver Figura 6.6). Para proyectos que utilizan el análisis del valor ganado, la línea base de costes se denomina línea base para la medición del desempeño.

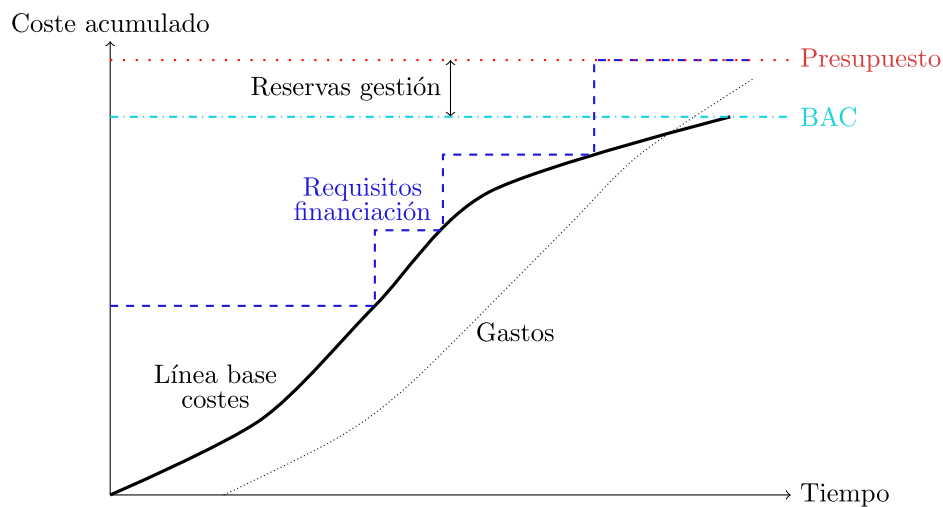


Figura 6.6: Línea base de coste, gastos y requisitos de financiación

- **Requisitos de financiación del proyecto:** Los requisitos de financiación totales y periódicos se derivan de la línea base de costes. A menudo, la financiación tiene lugar en cantidades incrementales que pueden no estar distribuidas de manera homogénea (en forma de “peldaños” mensuales, trimestrales, anuales...), como en la Figura 6.6). Por eso, es necesario hacer la conciliación del presupuesto con el cronograma.
- **Actualizaciones a los documentos del proyecto.**

6.3. Grupo de procesos de monitorización y control

En el grupo de procesos de monitorización y control, la gestión de costes se encarga del proceso controlar los costes.

6.3.1. Controlar los costes

Definición 6.6 Controlar los costes es el proceso de monitorizar el estado del proyecto para **actualizar los costes del proyecto** y gestionar cambios a la línea base de costes.

En definitiva, en este proceso se controlan los gastos del proyecto para verificar que se ajustan al proyecto y, si no es así, abordar cualquier desviación y/o gestionar los cambios de la línea base de costes. El objetivo es buscar las causas positivas o negativas de la varianza de costes. En general, controlar los costes incluye:

- Actuar en los factores causantes de cambios en la línea base de costes.
- Asegurar que todas las peticiones de cambios son tratadas a tiempo.
- Gestionar los cambios a medida que estos suceden.
- Asegurar que los costes incurridos (parciales, totales) no exceden los fondos autorizados (estimados en la planificación/línea base de coste).
- Monitorizar la evolución de los costes para detectar y entender las variaciones en esta línea base.
- Actuar para hacer que las desviaciones de coste no superen los límites aceptables.

El PM debe prestar especial atención a los siguientes aspectos que suelen requerir cambios en el presupuesto del proyecto:

- Las personas asignadas al equipo del proyecto tienen más o menos experiencia de la prevista.
- Han subido los precios reales de los bienes y servicios que se quieren adquirir, por lo que muchas veces es necesario intentar adelantarse a las fluctuaciones del mercado y prever esas variaciones para paliar el riesgo o aprovechar la oportunidad.
- Algunos recursos no personales necesarios para el proyecto ya no están disponibles cuando se necesitan.
- Los clientes quieren resultados del proyecto adicionales o diferentes a los que se acordaron en un principio.

La Figura 6.7 muestra los inputs, tools & techniques y outputs del proceso de controlar los costes.

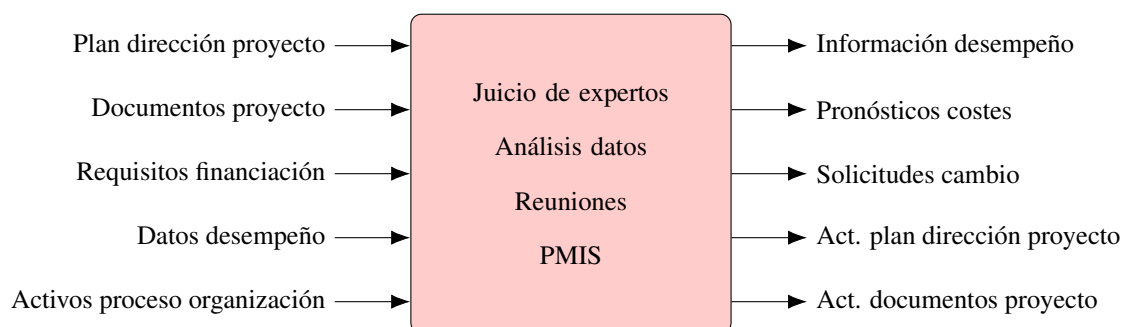


Figura 6.7: Proceso "Controlar los costes"

Inputs Como inputs para desarrollar el proceso de controlar los costes, se necesitan:

- **Plan para la dirección del proyecto:** Ver Sección 2.3.1.
- **Documentos del proyecto.**
- **Requisitos de financiación:** Ver Sección 6.2.3.
- **Datos de desempeño del trabajo:** Ver Sección 2.4.1.
- **Activos del proceso de la organización:** Ver Sección 1.2.2.

Tools & Techniques Las tools & techniques necesarias para controlar los costes engloban:

- **Juicio de expertos:** Ver Sección 2.2.1.
- **Análisis de datos:** Destacan las herramientas de:
 - *Análisis del valor ganado:* Integra medidas de alcance, coste y tiempo para facilitar la evaluación del progreso del proyecto. Desarrolla y monitoriza las tres dimensiones para paquetes de trabajo o cuentas de control. Los principales elementos para hacer el análisis del valor ganado son (ver Figura 6.8):

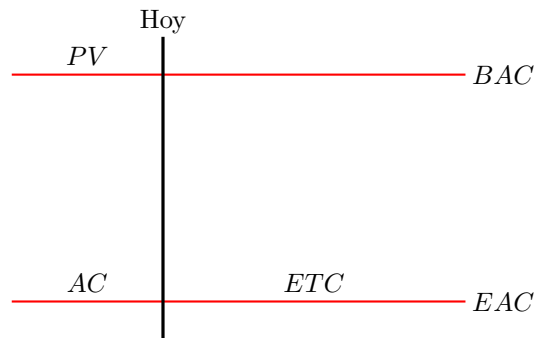


Figura 6.8: Principales elementos del análisis de valor ganado

- Valor planificado (PV): Coste presupuestado para el trabajo programado a ser completado hasta un punto de tiempo determinado. Es decir, es el coste total que se había planificado (aprobado) del trabajo que se había programado, que debía estar realizado para una determinada fecha de control.
- Valor ganado (EV): Valor del trabajo completado durante un periodo de tiempo determinado, es decir, es el presupuesto asociado con el trabajo autorizado que se ha completado. En otras palabras, se trata de una estimación del valor del **trabajo físico realmente completado** (coste del trabajo realizado hasta la fecha de control, al coste que se había presupuestado inicialmente). Es importante resaltar el hecho de que se refiere exclusivamente al valor del trabajo, es decir, al coste relacionado con la realización de actividades (mano de obra, materias primas, etc.) y no al coste relacionado con inversión en compra de terrenos o maquinaria, aunque también sean costes del proyecto. El valor ganado de un proyecto a una determinada fecha de control, es la suma de los valores ganados de todas las actividades del proyecto a dicha fecha.
- Coste real (AC): Coste total incurrido en trabajo alcanzado durante un periodo de tiempo determinado (coste que verdaderamente ha supuesto la realización del trabajo realizado hasta la fecha de control).
- Presupuesto hasta la conclusión (BAC): Sumatorio de todos los valores presupuestados establecidos por el trabajo a ser realizado (lo que se esperaba gastar al final del proyecto/fase/actividad), es decir, el presupuesto total.

Para monitorizar las variaciones con respecto a la línea base de coste se determinan los siguientes valores:

- Variación del coste (CV): Variación que ha habido en el coste respecto a lo que se había planificado (comparación entre la cantidad de trabajo realizado en un periodo de tiempo y lo que se gastó para ejecutarlo)²:

$$CV = EV - AC \quad (6.7)$$

Si es negativo, se está sobre el presupuesto (se ha gastado más de lo estimado), si es positivo, se está por debajo del presupuesto (se ha gastado menos de lo que se había presupuestado).

²Cuando el proyecto termina, es la diferencia entre BAC y el monto actual gastado.

- Variación del cronograma (SV): Variación que ha habido en cuanto a la planificación del cronograma (comparación entre el avance realizado en el trabajo y el avance que se había planeado para ser ejecutado)³:

$$SV = EV - PV \quad (6.8)$$

Si es negativo, se está por detrás del cronograma (hay retrasos en el trabajo), si es positivo, se está por delante del cronograma (el trabajo va adelantado).

Como se puede comprobar por las ecuaciones (6.7) y (6.8), tanto la variación en coste como en cronograma se miden en unidades monetarias, lo cual puede parecer ilógico cuando se refiere a variación del cronograma. Para demostrar la validez de este concepto, véase el Ejemplo 6.16.

Ejemplo 6.16 *Se tiene una actividad cuya medida de su avance se realiza por unidades completadas (por ejemplo, número de pilares encofrados). Los cálculos del análisis del valor ganado para este caso son:*

$$PV = n \cdot u$$

$$EV = n' \cdot u$$

$$AC = n' \cdot u'$$

siendo n el número de pilares que se deberían haber realizado para la fecha de control, n' el número de pilares que verdaderamente se han realizado hasta la fecha de control, u el coste presupuestado por cada pilar y u' el coste al que verdaderamente ha resultado cada pilar.

Si se calculan las variaciones de plazo y cronograma, se obtienen los siguientes resultados:

$$CV = EV - AC = n' \cdot u - n' \cdot u' = n' \cdot (u - u')$$

$$SV = EV - PV = n' \cdot u - n \cdot u = u \cdot (n' - n)$$

La variación en coste indica la diferencia entre el coste por pilar presupuestado y el coste por pilar que realmente ha resultado, por lo que se aprecia claramente que indica una variación en coste.

El signo de la variación de plazo viene condicionado por la diferencia entre los pilares verdaderamente realizados y los que estaban programados, por lo que, aunque resulta un valor en unidades monetarias, sí refleja verdaderamente una variación en plazo.

Una de las grandes ventajas del análisis del valor ganado es que permite predecir en una determinada fecha de control qué sucederá al final del proyecto. Los índices utilizados para analizar la tendencia del proyecto son:

- Índice de rendimiento de coste (CPI): Rendimiento del coste para el trabajo realizado hasta la fecha (mide la eficiencia del coste para el trabajo completado):

$$CPI = \frac{EV}{AC} \quad (6.9)$$

Si es menor que uno, se ha gastado más de lo que se esperaba; si es mayor que uno, se ha tenido un coste inferior con respecto al desempeño hasta la fecha.

- Índice de desempeño del cronograma (SPI): Eficacia con que el trabajo se ha ido cumpliendo según lo planificado (mide la eficiencia con que el equipo del proyecto está llevando a cabo el trabajo):

$$SPI = \frac{EV}{PV} \quad (6.10)$$

Si es menor que uno, se va con retraso (la cantidad de trabajo llevada a cabo es menor que la prevista); si es mayor que uno, se va adelantado (la cantidad de trabajo efectuada es mayor a la prevista).

Aunque ambos índices son importantes y, por lo tanto, necesario controlarlos a lo largo de todo el proyecto, el índice de rendimiento de coste (CPI) es más importante, ya que cuando toma un valor inferior a la unidad, esta desviación no se puede compensar más adelante,

³Cuando el proyecto termina, este será cero dado que todos los valores planeados serán ganados.

a no ser que se comprometa el alcance y la calidad, debido a que el coste de las diferentes actividades es independiente. Sin embargo, el retraso de un proyecto es más fácil de compensar, generalmente a costa de más gastos. Además, el índice de rendimiento del cronograma (*SPI*) es importante solamente en las primeras fases, ya que al final del proyecto siempre es 1, debido a que al final del proyecto el *EV* y el *PV* son iguales.

El análisis del valor ganado también permite hacer estimaciones/predicciones basadas en la información disponible (ver Figura 6.9). Si resulta evidente que el *BAC* deja de ser viable, el PM debe hacer pronósticos, lo que implica realizar proyecciones de condiciones y eventos futuros para el proyecto, basándose en la información de desempeño y el conocimiento disponibles en el momento de realizar el pronóstico.

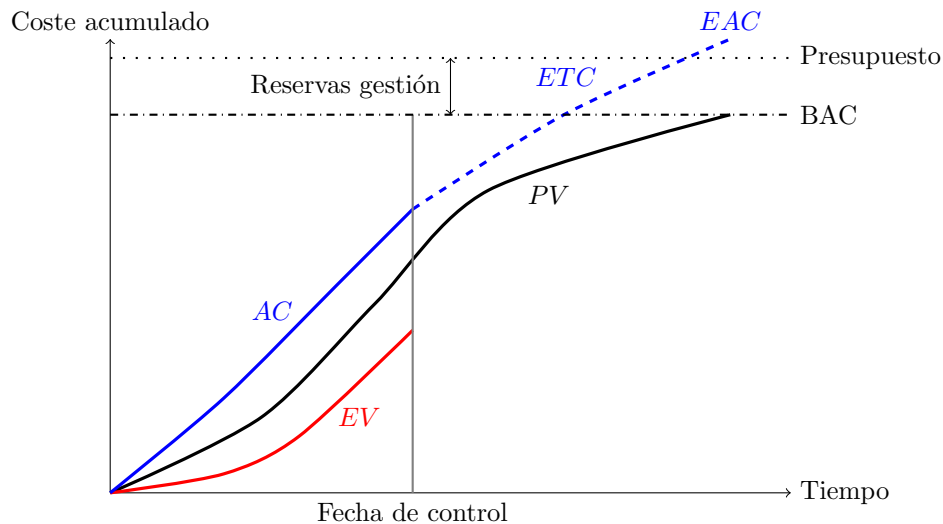


Figura 6.9: Valor ganado, valor planificado y costes reales

- Estimación hasta la conclusión (ETC): Estimación del coste previsto para terminar el trabajo restante. Es responsabilidad del equipo del proyecto predecir las situaciones que pueden presentarse al realizar la ETC, en función de su experiencia a la fecha.
- Estimación a la conclusión (EAC): Valorar el coste total previsto para completar todo el trabajo programado. Existen diferentes formas de estimar el EAC:

1. Si se considera que lo que el proyecto ha experimentado hasta la fecha puede seguir siendo esperado en el futuro:

$$EAC = \frac{BAC}{CPI}. \quad (6.11)$$

Es la fórmula más general para estimar el EAC.

2. Si se ha hecho la estimación del ETC:

$$EAC = AC + ETC. \quad (6.12)$$

3. Si se considera que el trabajo futuro será realizado al ritmo previsto:

$$EAC = AC + (BAC - EV). \quad (6.13)$$

4. Si el *CPI* y *SPI* influyen en el trabajo restante:

$$EAC = AC + \frac{BAC - EV}{CPI \cdot SPI}. \quad (6.14)$$

- Variación a la conclusión (VAC): Diferencia entre la cantidad presupuestada y la estimación a la conclusión:

$$VAC = BAC - EAC$$

Cuando es negativo, se está por encima del coste presupuestado; cuando es positivo, se espera gastar menos de lo presupuestado.

- Índice de desempeño del trabajo por completar (TCPI): Medida del desempeño del coste que se debe alcanzar con los recursos restantes a fin de cumplir con un determinado objetivo de gestión (proyección calculada del desempeño del coste que debe lograrse para el trabajo restante con el propósito de cumplir con una meta de gestión especificada, como cumplir el BAC o el EAC):

1. Para cumplir el BAC:

$$TCPI = \frac{BAC - EV}{BAC - AC} \quad (6.15)$$

2. Si resulta evidente que el BAC deja de ser viable, el director del proyecto debería tener en cuenta la EAC pronosticada. Una vez aprobada, la EAC puede sustituir al BAC en el cálculo del TCPI:

$$TCPI = \frac{BAC - EV}{EAC - AC} \quad (6.16)$$

En general, el TCPI se calcula como el cociente entre el trabajo restante y los fondos restantes, como se muestra en la Figura 6.10.

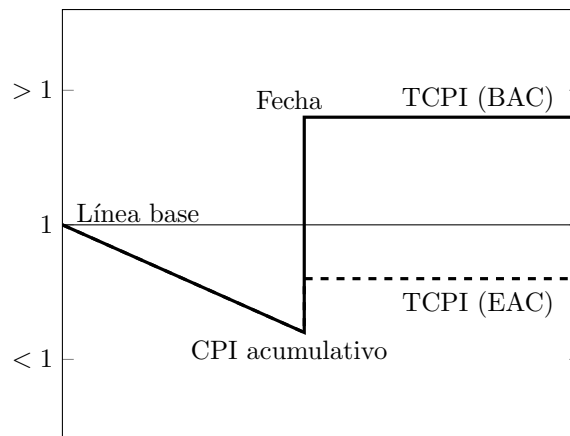


Figura 6.10: Índice de desempeño del trabajo por completar (TCPI)

Ejemplo 6.17 Se tiene previsto realizar una serie de entrevistas telefónicas. Se tiene preparada la guía de entrevistas y cada entrevista telefónica es independiente de las demás. En el plan de proyecto se establece lo siguiente:

- ◇ El proyecto durará diez meses.
- ◇ Se realizarán 100 entrevistas al mes.
- ◇ Se gastarán 300€ para realizar cada entrevista.
- ◇ El presupuesto total del proyecto es de 300.000€.

Al acabar el primer mes:

- ◇ Se han hecho 75 entrevistas
- ◇ Se ha gastado un total de 15.000€.

Como se había planificado realizar 100 entrevistas al mes y solo se realizaron 75, se tiene retraso. Pero como se había previsto gastar 300 € por entrevista y solo se gastó 200 € ($15000/75 = 200$ € por entrevista), se ha gastado menos de lo esperado. Para calcular e interpretar la información con el análisis del valor ganado:

1. Determinar el valor planificado (PV, importe presupuesto planificado para las entrevistas del primer mes), el valor ganado (EV, importe presupuestado para las 75 entrevistas que realizó realmente en el primer mes) y el coste real (AC, coste real gastado en el primer mes)

del mes de la siguiente manera:

$$PV = 100 \text{ entrevistas} \cdot 300 \text{ € por entrevista} = 30000 \text{ €}$$

$$EV = 75 \text{ entrevistas} \cdot 300 \text{ € por entrevista} = 22500 \text{ €}$$

$$AC = 15000 \text{ €}$$

2. Determinar la variación del cronograma (SV) y del coste (CV), y los índices de rendimiento del cronograma (SPI) y del coste (CPI):

$$SV = EV - PV = 22500 - 30000 = -7500 \text{ €}$$

$$CV = EV - AC = 22500 - 15000 = 7500 \text{ €}$$

$$SPI = \frac{EV}{PV} = \frac{22500}{30000} = 0,75$$

$$CPI = \frac{EV}{AC} = \frac{22500}{15000} = 1,5$$

El SPI y el CPI tienen sentido cuando se observan las cifras reales del mes. En un principio, se tenía previsto realizar 100 entrevistas en el primer mes, pero solo se terminaron 75, lo que significa que se realizó el 0.75 del trabajo previsto para el mes, tal y como indica el SPI. Originalmente, se había previsto gastar 300 € por entrevista, pero en el primer mes solo se gastó 200 € por entrevista (15000 € / 75 entrevistas realizadas). Así pues, por las entrevistas realizadas en el primer mes, se tuvo un “beneficio” igual a 1.50 veces el dinero que se gastó, tal como indica el CPI.

3. Determinar la estimación a la conclusión (EAC). Al no tener más información, se considera que se va a mantener el mismo CPI hasta el final, por lo que:

$$EAC = \frac{BAC}{CPI} = \frac{300000}{1,5} = 200000 \text{ €}$$

Ejemplo 6.18 Se tiene un proyecto para construir una valla. Esta valla formará un cuadrado. Cada lado debe hacerse en un día y el presupuesto es de 1000 € por lado. Los lados se construirán secuencialmente, cuando se termine uno, se empieza el siguiente. Sabiendo que al final del día 3, se han completado los lados 1 y 2, con un gasto de 1000 € y 1200 €, respectivamente, y que el lado 3 está al 50 % con un gasto de 600 €, calcular los siguientes datos:

1. PV: Valor planificado. Cada lado iba a costar 1000€, dedicando un día a cada lado. Por tanto, al final del día 3, se habían planificado 3 lados a 1000 € por lado:

$$PV = 3 \cdot 1000 = 3000 \text{ €}$$

2. EV: Valor ganado. Cantidad de trabajo hecha en la realidad al precio al que se había planificado inicialmente. Se han hecho 2 lados completos y 50 % del 3º, a 1000€/lado según precio planificado:

$$EV = 2,5 \cdot 1000 = 2500 \text{ €}$$

3. AC: Coste real del trabajo realizado en la fecha de control. El lado 1 costó 1000€, el lado 2 fueron 1200€ y lo que se lleva del lado 3, han sido 600 €:

$$AC = 1000 + 1200 + 600 = 2800 \text{ €}$$

4. BAC: El presupuesto planificado inicialmente eran 4 lados a 1000 €/lado:

$$BAC = 4 \cdot 1000 = 4000 \text{ €}$$

5. CV:

$$CV = EV - AC = 2500 - 2800 = -300 \text{ €}$$

Ya se ha gastado más de lo planificado hasta este punto.

6. CPI:

$$CPI = \frac{EV}{AC} = \frac{2500}{2800} = 0,893$$

Como la medida es menor que 1, se va peor que lo planificado (se ha gastado más de lo planificado).

7. SV:

$$SV = EV - PV = 2500 - 3000 = -500 \text{ €}$$

8. SPI:

$$SPI = \frac{EV}{PV} = \frac{2500}{3000} = 0,833$$

Como es menor que 1, se va peor que en la planificación, con retraso.

9. EAC:

$$EAC = \frac{BAC}{CPI} = \frac{4000}{0,893} = 4479 \text{ €}$$

10. ETC:

$$ETC = EAC - AC = 4479 - 2800 = 1679 \text{ €}$$

Esto es lo que queda a final del día 3 para que poder acabar la valla del cuadrado.

11. VAC:

$$VAC = BAC - EAC = -479 \text{ €}$$

Tras el día 3, se tiene una desviación del coste de 479 €.

Con estos resultados, se puede analizar si hacer algunas change requests para cambiar la baseline de costes, o para hacer compresión de actividades para ver si se puede rectificar la desviación. Pero son pronósticos en ese día concreto, porque igual al día siguiente se acaba el tercer lado, y el cuarto se acaba antes de tiempo y al final se cumple con lo acordado/planificado.

Ejercicio 6.5 Se tiene un proyecto para el que se había planeado un presupuesto total de 120.000 € y una dedicación de 12 días para producir 24 unidades (2 unidades al día). A los 6 días, se han gastado 70.000 € y se han producido 10 unidades. Determinar el BAC, PV, EV y AC en esa fecha, e indicar cómo se va con relación al gasto y cronograma. Calcular también los índices de rendimiento.

Ejercicio 6.6 Un proyecto tiene que terminarse en el mismo día a las 5 de la tarde, con un coste total programado de 1.000 €. Al hacer una verificación a las 4, donde la obra debía estar al 90 %, solo se había ejecutado al 85 %, y se habían gastado 950 €. Calcular BAC, PV, EV y AC, y determinar cómo se va con relación al gasto y cronograma. Calcular también los índices de rendimiento.

Ejercicio 6.7 Un proyecto consta de una sola actividad que dura 4 días, y en cada uno de los días se necesitan 10 € para poder concluir con el trabajo.

1. Con estos datos y en un escenario ideal (sin imprevistos y cumpliendo con los objetivos cada uno de los días): ¿Cuánto debería costar el proyecto?
2. Al finalizar el segundo día de trabajo, solo se ha realizado el 49 % del trabajo y se han gastado 19 €.
 - a) ¿Se ha gastado de más o menos que lo que se debería haber gastado?
 - b) ¿El proyecto va adelantado en cronograma o va atrasado?
 - c) ¿Cuánto costará realmente el proyecto, si el índice de rendimiento de coste se mantiene constante?

Ejercicio 6.8 Un proyecto consiste en la realización de una instalación informática (servidores, redes, seguridad, actualización de aplicaciones y software), en 5 ordenadores. Para la ejecución de este trabajo, se cuenta con un técnico en mantenimiento e instalaciones informáticas, que trabajará 5 horas cada día, necesitando 5 días para completar la instalación. El coste del proyecto es el coste por hora del instalador (100 €/h). Al final del tercer día, se obtuvieron los siguientes resultados:

- ◇ **Día 1.** El técnico asignado tuvo que atender una urgencia y el que lo sustituyó trabajó 7 h sin conseguir actualizar ningún ordenador.
- ◇ **Día 2.** Se completó la instalación de 1 PC, trabajando 4 h. Las primeras 2 h, coincidieron dos técnicos, y posteriormente, continuó el técnico inicialmente previsto 2 h más.
- ◇ **Día 3.** El técnico previsto inicialmente actualizó 1 PC en 5 horas de trabajo.

Rellenar la Tabla 6.3 para cada uno de los días:

Día	1	2	3
PV			
AC			
EV			
CV			
SV			
CPI			
SPI			

Tabla 6.3: Tabla a rellenar del Ejercicio 6.8

Ejercicio 6.9 Un proyecto consta de dos actividades. La primera tiene una duración prevista de 4 días y un coste de 5000 €; la segunda depende de la primera (fin-comienzo), tiene una duración prevista de 6 días y un coste de 20000 €. El coste de las actividades se reparte de manera uniforme durante la duración de las mismas. Tras el día 7 de trabajo, la realidad muestra que la actividad 1 está terminada, pero duró 5 días en lugar de 4, y costó 5500 € realizarla. La actividad 2 empezó un día después (por el retraso de la primera), lleva 2 días de trabajo con un coste de 9000 €, y se estima que queda trabajo para otros 6 días. ¿Cómo va el proyecto en plazo y coste?

Ejercicio 6.10 Un proyecto consiste en hacer una valla de 4 lados. Cada valla lleva un día de trabajo de un operario, a un coste de 1000 €. Los lados se hacen secuencialmente. Al final del día 3, se ha obtenido lo siguiente:

- ◇ El lado 1 está completado, con un coste de 1000 €.
- ◇ El lado 2 está completado, con un coste de 1375 €.
- ◇ El lado 3 está al 50 %, con un coste de 1000 €.
- ◇ El lado 4 no se ha iniciado.

Determinar cómo va el proyecto en plazo y coste en el momento de control, así como los índices de rendimiento de coste, plazo y del trabajo por completar si se debe finalizar según lo planificado. Estimar también el coste hasta la conclusión.

Ejercicio 6.11 Se quiere hacer la instalación de un servidor. Se ha planificado que se realizará en una semana, con un coste total de 10000 €. Después de una semana, la instalación del servidor se ha completado al 50 % y se han gastado 15000 €. Determinar CV, SV, CPI y SPI.

Ejercicio 6.12 La duración de la tarea A de un proyecto se estima en 5 días seguidos, asignada a Juan, que tiene una jornada laboral de 8 h/día, a un coste de 20 €/h. Al finalizar el día 4, la realidad era que Juan trabajó 8 h el lunes y el jueves, pero martes y miércoles no asistió al trabajo por estar enfermo. El martes nadie avanzó en la tarea, y el miércoles lo hizo su compañera Rosa, que cobra 25 €/h, durante 8 h. Determinar la pérdida por cada € invertido y el atraso respecto al cronograma, así como el coste al final del proyecto si el trabajo se realiza al ritmo previsto.

Determinar la estimación a la conclusión y la variación a la conclusión si SPI y CPI influyen en el proyecto, sabiendo que:

- ◇ BAC = 22.000 €
- ◇ EV = 13.000 €
- ◇ PV = 14.000 €
- ◇ AC = 15.000 €

Ejercicio 6.13 Un proyecto se encuentra en su sexto mes de ejecución. Al revisar el estado del proyecto, se ha comprobado que lleva retraso. El coste real de la actividad A es de 2.000 € y el de la actividad B es de 1.000 €. El valor planificado de estas actividades es de 1.800 € y 800 €, respectivamente. La actividad A se ha completado al 100 %. Sin embargo, la Actividad B solo se ha completado en un 75 %. Calcular los índices de rendimiento del proyecto hasta la fecha de revisión, y el índice de rendimiento del trabajo por completar si se prevé que se complete con la EAC actual.

Ejercicio 6.14 En un proyecto de construcción de casitas de pájaros, se ha estimado que se van a construir dos casitas al mes durante 12 meses, cada una de ellas con un precio de 100 €. Al iniciar el mes 10, se han construido 20 casitas y el CPI es de 0.9091.

1. ¿Cómo va el proyecto respecto a presupuesto y cronograma?
2. ¿Cuál es el coste real del proyecto en estos momentos?
3. Suponiendo que continúe la variación de costes experimentada hasta ahora, ¿cuánto más dinero se necesitará para completar el proyecto?
4. Si la variación experimentada hasta ahora se detuviera, ¿cuál es la estimación del proyecto al finalizar?
5. ¿Cuál es el TCPI del proyecto utilizando el presupuesto del proyecto a su finalización?

- **Análisis de reservas:** Ver Sección 4.3.4.

- **Reuniones:** Ver Sección 2.2.1.
- **PMIS:** Ver Sección 2.4.1.

Outputs Como outputs del proceso se tienen:

- **Información del desempeño:** Ver Sección 2.5.1.
- **Pronósticos de costes:** Cálculos obtenidos para poder hacer predicciones a futuro a partir del análisis de valor ganado (como el EAC).
- **Solicitudes de cambio:** Ver Sección 2.4.1. En el caso de ver que no se sigue el plan, o que ha habido problemas y se necesita hacer modificaciones, dependerá de si afecta a la línea base (costes/cronograma) o no para pasar al CCB. Pueden ser modificaciones a nivel de los costes o cronograma, como que haya que hacer algún tipo de técnica de compresión para terminar a tiempo.
- **Actualización del plan para la dirección del proyecto,** en el caso de que haya que ajustar alguna planificación de las líneas bases.
- **Actualización de documentos del proyecto,** como las estimaciones.

6.4. Resumen

La gestión de costes incluye la planificación, la estimación, el presupuesto y el control del coste para que el proyecto termine dentro del presupuesto que se había identificado para el proyecto. En la fase de planificación hay que hacer el plan para la gestión de costes (cómo se van a recoger los costes, qué herramientas se van a utilizar, cómo se van a medir a futuro, etc.), la estimación de los costes y, por último, determinar el presupuesto del proyecto. Como salida de este proceso de planificación, se tienen la línea base del coste y el propio plan para la gestión del coste, que irán dentro del plan para la dirección del proyecto. Una vez se acaba la planificación, se debe aprobar con clientes y stakeholders el plan para la gestión del proyecto, que aúna todos estos planes y las líneas bases, y se empezará la ejecución. Durante la ejecución se irán haciendo tareas de control de los costes para ver si realmente se está cumpliendo con ellos, se harán también pronósticos a futuro (cómo se prevé que se va a acabar según los datos actuales, etc.). Si se necesitan hacer cambios, habrá que hacer las peticiones de cambio necesarias, que irán al control integrado de cambios y pasarán por la CCB si fuera necesario.

Tema 7

Gestión de riesgos e incertidumbre

7.1. Gestión de riesgos

A medida que se piensa en el trabajo que hay que hacer para completar el proyecto, a menudo se identifican consideraciones que pueden afectar a cómo realizar determinadas actividades del proyecto. A veces se dispone de la información necesaria para evaluar y abordar esas consideraciones y otras no. Identificar eficazmente la información que se necesita, pero no se tiene, puede aumentar considerablemente las posibilidades de éxito del proyecto. Esta información desconocida encaja en alguna de las siguientes categorías:

- **Incógnitas conocidas:** Información que se sabe que se necesita y que otra persona tiene.
- **Incógnitas desconocidas:** Información que se sabe que se necesita y que nadie tiene porque aún no existe.

Las incógnitas conocidas se resuelven averiguando quién tiene la información que se necesita y obteniéndola. Las incógnitas desconocidas se resuelven con una o varias de las siguientes estrategias:

- Contratar un seguro para minimizar los daños que se produzcan si algo no sale como esperaba.
- Desarrollar planes de contingencia si algo no sale como esperaba.
- Intentar influir en el resultado final.

Ejemplo 7.1 *Se estima que se necesitará una semana para seleccionar una muestra de clientes para realizar una encuesta, siempre y cuando el departamento de ventas cuente con una base de datos actualizada que incluya a todos los clientes de la empresa. La existencia de dicha base de datos es una “incógnita conocida”: no se sabe si existe, pero, si existe, alguien más lo sabrá. Para resolver esta incógnita, se decide contactar a diferentes personas hasta encontrar a alguien que pueda confirmar si la base de datos existe o no.*

Se presenta una situación diferente al enterarse de que, en dos ocasiones durante el último mes, los operadores informáticos de la empresa accidentalmente borraron una base de datos al derramar café sobre sus teclados mientras realizaban tareas críticas. Como parte del proyecto actual, es necesario que un operador informático acceda y manipule la base de datos. Por ello, surge la preocupación de que el operador también pueda cometer un error similar y borrar la base de datos. Si el operador derramará o no café sobre el teclado y causará la pérdida de la base de datos, es una “incógnita desconocida”. No se puede determinar de antemano si el operador cometerá este error porque es un acto no intencionado y no planificado. Dado que no se puede saber con certeza si este incidente ocurrirá o no, se pueden considerar una o más de las siguientes medidas para abordar este riesgo:

- *Desarrollar un plan de contingencia (por ejemplo, tener copias de seguridad en la nube).*
- *Tomar medidas para reducir la probabilidad de que ocurra un accidente que afecte la base de datos (por ejemplo, el día que se vaya a manipular la base de datos, se puede verificar de antemano la presencia de bebidas abiertas en la sala de informática).*

Por supuesto, si se considera que las probabilidades de que el operador cometa un error que afecte la base de datos son lo suficientemente pequeñas, se puede optar por no tomar ninguna medida previa y simplemente enfrentar la situación si y cuando ocurra.

Definición 7.1 Un **riesgo** es cualquier **suceso o evento incierto** que, si ocurre, tiene un impacto al menos sobre un objetivo del proyecto (alcance, tiempo, coste, calidad, ...).

Puede ser tanto porque ocurre algo inesperado, como porque no ocurra algo planificado. Todos los proyectos tienen un cierto grado de riesgo, porque predecir el futuro con certeza es imposible. Sin embargo, y de manera general, el riesgo de un proyecto es mayor:

- Cuanto más dure el proyecto.
- Cuanto más tiempo transcurra entre la preparación del plan del proyecto y el inicio del trabajo.
- Cuanta menos experiencia se tenga (el PM, la organización o los miembros del equipo) con proyectos similares.
- Cuanto más nueva sea la tecnología del proyecto.

Aunque suele pensarse que los riesgos siempre son negativos (**amenazas**), puesto que pueden tener un efecto perjudicial sobre uno o varios de los objetivos del proyecto (como el incumplimiento de un plazo), también hay riesgos positivos (**oportunidades**) que pueden tener un efecto beneficioso sobre los objetivos del proyecto (como permitir completar una tarea con menos personal del previsto inicialmente).

Definición 7.2 La **gestión de los riesgos** incluye los procesos para llevar a cabo la planificación de la gestión, **identificación, análisis, planificación de respuesta, implementación de respuesta y monitorización** de los riesgos de un proyecto.

Los **objetivos de la gestión de riesgos** son incrementar la probabilidad e impacto de las oportunidades, disminuir la probabilidad e impacto de las amenazas y mantener la exposición al **riesgo general del proyecto**¹ dentro de un rango aceptable. Debe tenerse en cuenta que **el 90 % de las amenazas identificadas en la planificación del proyecto pueden ser eliminadas**. Aun así, gestionar los riesgos en un proyecto implica encontrar el equilibrio entre aceptar algunos riesgos y tratar de evitar otros. Puesto que **analizar y planificar la respuesta a los riesgos requiere tiempo y dinero**, a veces, para los riesgos que se identifican con poco impacto o poca probabilidad de ocurrencia, no vale la pena hacer planes especiales para su mitigación. Si la amenaza es pequeña, podría no ser rentable invertir en medidas de seguridad extra. Es una cuestión de equilibrio entre el coste de la prevención y el impacto potencial de los problemas que puedan surgir.

Existen dos tipos de riesgos, relacionados con la información desconocida (incógnitas):

- **Riesgos conocidos** (incógnitas conocidas): Riesgos identificados, analizados y de planificación posible, para los que habrá planes de acción por si suceden.
- **Riesgos no conocidos** (incógnitas desconocidas): No pueden ser gestionados de manera proactiva, es decir, una vez aparezcan, hay que actuar sobre ellos.

Asimismo, los riesgos pueden tener diferentes orígenes:

- **Origen externo e imprevisible:** Desastres naturales, nuevas legislaciones, fusiones, ventas, etc.
- **Origen externo previsible:** Disponibilidad de recursos externos, suministro de terceros...
- **Origen interno, calidad de estimaciones:** Errores en las estimaciones de tiempo/coste.
- **Origen interno técnico:** Problemas de diseño, cambios tecnológicos, mantenimientos...

Los procesos incluidos en la gestión de riesgos e incertidumbre se representan en la Figura 7.1.

¹El riesgo general del proyecto hace referencia al efecto de la incertidumbre sobre el proyecto en su conjunto.

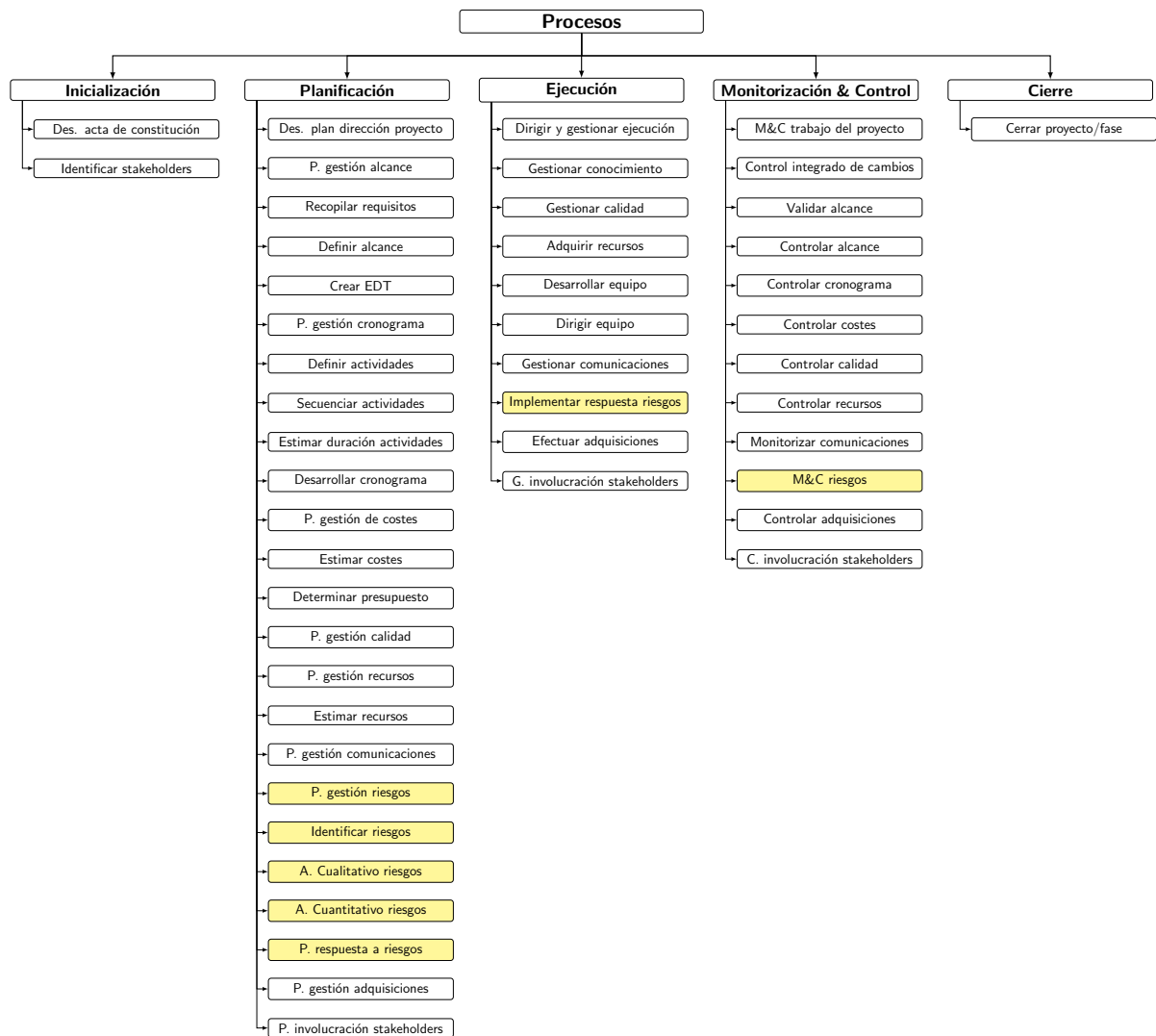


Figura 7.1: Procesos de la gestión de riesgos e incertidumbre

7.2. Grupo de procesos de planificación

En el grupo de procesos de planificación, la gestión de riesgos e incertidumbre se encarga de los procesos de **planificar la gestión de riesgos, identificar riesgos, realizar los análisis cualitativos y cuantitativos** y del **plan de respuesta a los riesgos**.

El mayor esfuerzo de identificación de riesgos ocurre durante la fase de planificación, aunque esta tarea **debe continuar durante todas las fases del proyecto**. Lógicamente, se planifica y se hace un esfuerzo al principio para identificar la mayor parte de riesgos, pero pueden ir identificándose nuevos durante el proyecto, por lo que habrá que volver a introducirlos en el registro de riesgos.

7.2.1. Planificar la gestión de riesgos

Definición 7.3 Planificar la gestión de riesgos es el proceso de definir **cómo realizar las actividades de gestión de riesgos** de un proyecto.

Por tanto, consiste en **identificar, analizar y preparar estrategias** para abordar los riesgos potenciales que podrían afectar al proyecto.

Parecido a la EDT del proyecto, al planificar la gestión de riesgos se realiza la **estructura de descomposición de riesgos** (EDR), que proporciona una representación jerárquica de las posibles fuentes de riesgos, mostrándolos agrupados por categorías. La EDR ayuda al equipo del proyecto a considerar la **gama completa de fuentes** de las que pueden surgir riesgos individuales del proyecto. Esto puede ser

útil para identificar riesgos o categorizar riesgos identificados. La organización puede tener una EDR genérica para todos los proyectos, puede haber varios marcos de EDR para diferentes tipos de proyectos, o puede desarrollarse un EDR a medida del proyecto en cuestión. Sin embargo, las **fuentes del riesgo del proyecto** suelen englobar riesgos técnicos, riesgos de gestión del proyecto, riesgos de la organización (riesgos comerciales) y riesgos externos.

La Figura 7.2 muestra los inputs, tools & techniques y outputs del proceso de planificar la gestión de riesgos.

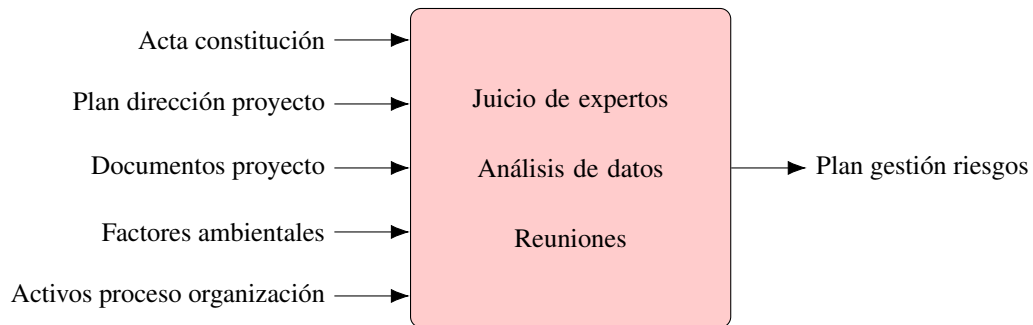


Figura 7.2: Proceso “Planificar la gestión de riesgos”

Inputs Como inputs para desarrollar el proceso de planificar la gestión de riesgos, se necesitan:

- **Acta de constitución:** Ver Sección 2.2.1.
- **Plan para la dirección del proyecto:** Ver Sección 2.3.1.
- **Documentos del proyecto.**
- **Factores ambientales:** Ver Sección 1.2.1.
- **Activos del proceso de la organización:** Ver Sección 1.2.2.

Tools & Techniques Las tools & techniques necesarias para planificar la gestión de riesgos engloban:

- **Juicio de expertos:** Ver Sección 2.2.1.
- **Análisis de datos.** Destaca el *Análisis de los interesados*².
- **Reuniones:** Ver Sección 2.2.1.

Outputs Como output del proceso se tiene:

- **Plan de gestión de los riesgos:** Componente del plan para la dirección del proyecto que describe el modo en que se estructurarán y llevarán a cabo las actividades de gestión de riesgos. Aunque se empieza a elaborar en la planificación, se va perfeccionando y actualizando durante la ejecución de los trabajos. Puede incluir cómo se van a gestionar los riesgos, la metodología a seguir, los roles y responsabilidades del equipo de gestión de riesgos, costes relacionados con la gestión de riesgos (protocolos para la aplicación de las reservas, cómo actuar en caso de que aparezcan los riesgos), las categorías de riesgos (para crear esa EDR) y definiciones de la probabilidad e impactos de los riesgos considerando diferentes objetivos del proyecto.

Ejemplo 7.2 *Los impactos de los riesgos pueden considerarse para objetivos de tiempo, coste y calidad del proyecto.*

²Su interés, derechos, conocimiento...

7.2.2. Identificar los riesgos

Antes de identificar los riesgos en sí, es importante identificar los **factores de riesgo**, situaciones que pueden aumentar la aparición de uno o más riesgos del proyecto. Un factor de riesgo por sí mismo no hace que se retrase el cronograma o se pierda un recurso, pero sí que aumenta las posibilidades de que suceda algo para que esos riesgos ocurran.

Ejemplo 7.3 *Que ni el PM ni la organización haya emprendido proyectos similares al actual es un factor de riesgo. Al no tener experiencia previa, es posible que se pasen por alto actividades que se deben realizar, o que se subestimen el tiempo y/o los recursos que se necesitan para llevarlas a cabo. No tener experiencia previa no garantiza que se vayan a tener estos problemas, pero sí aumenta las posibilidades de que se tengan.*

En la Tabla 7.1 se muestran posibles factores de riesgo que pueden aparecer durante la evolución del proyecto. Cuantos más factores de riesgo sugieran que puede producirse un determinado riesgo, mayor será la probabilidad de que se produzca.

Etapa del ciclo de vida	Posible factor de riesgo
Todas	El PM o el equipo no dedica tiempo suficiente a una o más etapas/tareas La información clave no está por escrito El PM o el equipo pasan a una etapa/tarea posterior sin haber completado una o varias de las anteriores
Inicio	Algunos antecedentes y/o planes no están por escrito No se ha realizado un análisis formal de costes y beneficios No se ha realizado un estudio formal de viabilidad
Organización y preparación	Personas no familiarizadas con proyectos similares preparan el plan de proyecto El plan no está por escrito Faltan partes del plan Algunos aspectos del plan no están aprobados por todos los stakeholders
Realización del trabajo	El equipo del proyecto no ha preparado el plan Los miembros del equipo que no han participado en la elaboración del plan del proyecto no lo revisan No se han desarrollado procedimientos de equipo para resolver conflictos, tomar decisiones o mantener el orden Las necesidades de los clientes principales cambian El PM dispone de información incompleta o incorrecta sobre el cumplimiento del calendario y los recursos Los informes sobre el progreso del proyecto son incoherentes Reasignación de uno o más colaboradores clave del proyecto Sustitución de miembros del equipo Cambian las características o necesidades del mercado Los cambios se gestionan de manera informal, sin un análisis coherente de su efecto en el proyecto global
Cierre	Los resultados del proyecto no son aprobados formalmente por uno o varios stakeholders Los miembros del equipo del proyecto se asignan a nuevos proyectos antes de que finalice el proyecto actual

Tabla 7.1: Posibles factores de riesgo que pueden aparecer durante la evolución del proyecto

Ejemplo 7.4 *Hacer un pedido a un proveedor con el que no se ha trabajado antes aumenta las probabilidades de que se tarde en recibir el pedido más de lo prometido. Sin embargo, la probabilidad de que la entrega tarde más de lo prometido es aún mayor si el artículo es además un pedido especial, si se desea que se entregue durante un periodo de mucho trabajo para el proveedor, o si este tiene que pedir varias piezas a distintos fabricantes para fabricar el artículo.*

Después de reconocer los factores de riesgo, es el momento de **identificar los riesgos específicos que pueden derivarse de cada uno de ellos**. Con esta información, se pueden determinar los efectos concretos que cada riesgo puede tener en el proyecto y decidir cómo se quiere gestionar ese riesgo.

Definición 7.4 Identificar los riesgos es el proceso de **identificar los riesgos individuales** del proyecto, así como las fuentes de riesgo general del proyecto y documentar sus características.

Es un **proceso iterativo** que involucra a todos los stakeholders, ya que hay que repetir el proceso continuamente. En cualquier punto del ciclo de vida del proyecto se deben identificar los riesgos, aunque siempre debe tenerse en cuenta que **no todos los riesgos suponen el mismo grado de preocupación** para todos los proyectos.

Ejemplo 7.5 En un proyecto crucial para una organización, el éxito del mismo dependía de una persona específica, lo cual supone un riesgo importante. Sin embargo, el enfoque del PM para mitigar el riesgo de que esa persona abandonara el proyecto antes de tiempo, se basaba únicamente en la suposición de que no lo haría. Aunque había medidas para mantener a la persona enfocada en el proyecto, no podía garantizar que permaneciera en la organización durante todo el tiempo necesario.

Ejemplo 7.6 Una empresa está desarrollando un proyecto para la construcción de una planta de energía solar en una región remota. Se han identificado los siguientes factores de riesgo:

- **Ubicación remota:** La planta estará ubicada en una zona de difícil acceso.
- **Condiciones climáticas extremas:** La región es conocida por tener temperaturas extremas y tormentas de arena.
- **Dependencia de proveedores internacionales:** La empresa depende de la importación de componentes clave desde el extranjero.

De cada uno de esos factores de riesgo, pueden derivarse los siguientes riesgos específicos:

- **Ubicación remota:**
 - Retrasos en la entrega de materiales debido a dificultades logísticas.
 - Aumento de los costos de transporte por la necesidad de utilizar rutas menos convencionales o métodos de entrega especializados.
- **Condiciones climáticas extremas:**
 - Interrupciones en las obras de construcción debido a tormentas de arena.
 - Daños en los equipos y materiales expuestos a temperaturas extremas, lo que podría afectar su funcionamiento.
- **Dependencia de proveedores internacionales:**
 - Retrasos en la recepción de componentes clave debido a problemas en la cadena de suministro internacional.
 - Aumento de los costos por fluctuaciones en las tasas de cambio o tarifas aduaneras inesperadas.

Ejercicio 7.1 Un equipo de ingeniería está trabajando en el desarrollo de un nuevo prototipo de vehículo eléctrico. Han identificado los siguientes factores de riesgo:

- **Tecnología no probada:** Están utilizando una nueva tecnología de baterías que aún no ha sido implementada en productos comerciales.
- **Plazo de entrega ajustado:** El cliente ha solicitado una entrega en un plazo muy corto.

- *Dependencia de un único proveedor: Solo hay un proveedor disponible para ciertos componentes críticos. Identificar los riesgos específicos que podrían derivarse de cada uno de los factores de riesgo mencionados.*

Ejercicio 7.2 Un proyecto de desarrollo de software para una empresa de telecomunicaciones incluye los siguientes factores de riesgo:

- *Cambio frecuente de requisitos: El cliente ha mostrado tendencia a modificar los requisitos del software durante el desarrollo.*
- *Falta de experiencia del equipo: El equipo de desarrollo tiene poca experiencia con la nueva plataforma tecnológica utilizada.*
- *Integración con sistemas antiguos: El software debe integrarse con varios sistemas antiguos que son críticos para el negocio.*

Identificar los riesgos específicos que podrían derivarse de cada uno de los factores de riesgo mencionados.

La Figura 7.3 muestra los inputs, tools & techniques y outputs del proceso de identificar riesgos.

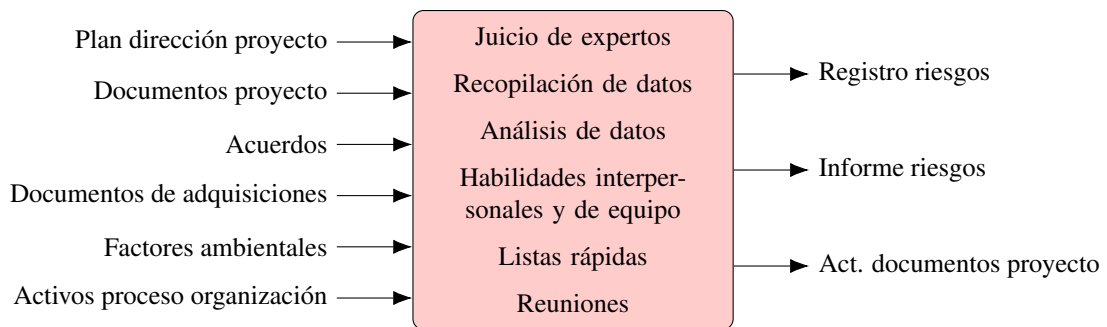


Figura 7.3: Proceso “Identificar los riesgos”

Inputs Como inputs para identificar los riesgos, se necesitan:

- **Plan para la dirección del proyecto:** Ver Sección 2.3.1.
- **Documentos del proyecto.**
- **Acuerdos:** Ver Sección 2.2.1.
- **Documentación de las adquisiciones:** Ver Sección 2.6.1.
- **Factores ambientales:** Ver Sección 1.2.1.
- **Activos del proceso de la organización:** Ver Sección 1.2.2.

Tools & Techniques Las tools & techniques necesarias para identificar los riesgos engloban:

- **Juicio de expertos:** Ver Sección 2.2.1.
- **Recopilación de datos:** Se utilizan técnicas como:
 - *Brainstorming:* Ver Sección 2.2.1.
 - *Listas de verificación:* Ver Sección 2.3.1.
 - *Entrevistas:* Ver Sección 2.2.1.
- **Análisis de datos:**
 - *Análisis de causa raíz:* Ver Sección 2.5.1.

- *Análisis de supuestos y restricciones:* Cada proyecto se concibe y desarrolla con un conjunto de supuestos y dentro de una serie de restricciones que suelen estar incorporados en la línea base del alcance y las estimaciones del proyecto. Este análisis explora la validez de los supuestos y las restricciones para determinar cuáles suponen un riesgo para el proyecto. Las amenazas pueden ser identificadas a partir de la inexactitud, la inestabilidad, la incoherencia o lo incompleto de los supuestos. Las restricciones pueden dar lugar a oportunidades a través de la eliminación o relajación de un factor limitante que afecta la ejecución de un proyecto o proceso.
- *Análisis FODA:* Investigar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas dentro del proyecto. Como se muestra en la Figura 7.4, las **fortalezas** se relacionan con los aspectos positivos para alcanzar el proyecto con atributos internos de la empresa; las **oportunidades** se relacionan con los aspectos positivos para alcanzar el proyecto con atributos del ambiente; las **debilidades** se relacionan con los aspectos negativos para alcanzar el proyecto con atributos internos de la empresa; y las **amenazas** se relacionan con los aspectos negativos para alcanzar el proyecto con atributos del ambiente.

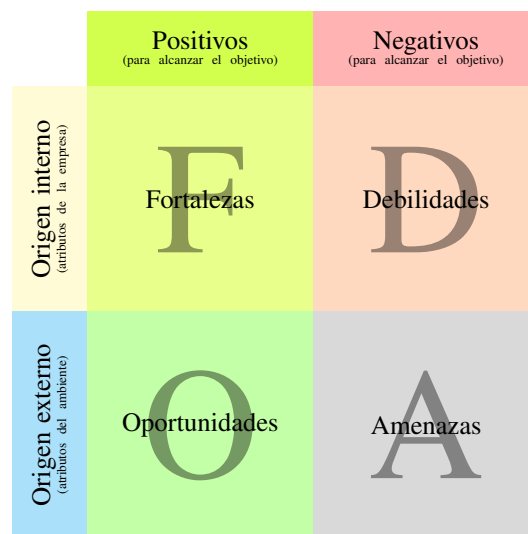


Figura 7.4: Análisis FODA

- *Análisis de documentos:* Ver Sección 2.6.1.

- **Habilidades interpersonales y de equipo.** Destaca la *Facilitación*, ver Sección 2.2.1.
- **Listas de ideas rápidas:** Lista predeterminada de categorías de riesgos que podrían dar lugar a riesgos individuales del proyecto y que también pueden actuar como fuentes de riesgo general del proyecto. La lista de ideas rápidas se puede utilizar como un marco para ayudar al equipo del proyecto para la generación de ideas, utilizando las técnicas de identificación de riesgos. Las categorías de riesgo en el nivel más bajo de la estructura de desglose de los riesgos se pueden utilizar como una lista de ideas rápidas para los riesgos individuales de cada proyecto.
- **Reuniones:** Ver Sección 2.2.1.

Outputs Como outputs del proceso se tienen:

- **Registro de riesgos:** Documento del proyecto que captura los detalles de los riesgos individuales del proyecto que hayan sido identificados. Las salidas del resto de procesos de la gestión de riesgos (análisis cualitativo y cuantitativo, planificar la respuesta a los riesgos, implementar la respuesta a los riesgos y monitorizar los riesgos) son registrados en este documento a medida que se realizan.
- **Informe de riesgos:** Documento que presenta información sobre las fuentes de riesgo general del proyecto, e información resumida sobre los riesgos individuales de proyecto identificados. Como en el registro de riesgos, se va modificando a medida que se hacen el resto de procesos de la gestión de riesgos.
- **Actualización de los documentos del proyecto.**

7.2.3. Realizar el análisis cualitativo de riesgos

Reconocer los riesgos que amenazan el proyecto es el primer paso para controlarlos. Pero también hay que desarrollar planes específicos para reducir sus posibles efectos negativos en el proyecto. Si se producen, todos los riesgos identificados afectan, de algún modo, al proyecto. Sin embargo, es posible que anticipar y minimizar las consecuencias negativas de algunos riesgos en caso de que se produzcan requiera más tiempo y esfuerzo que limitarse a afrontar las situaciones cuando surgen. Así que el primer paso para desarrollar una estrategia de gestión de riesgos es elegir los riesgos que se quieren abordar proactivamente (desarrollar un plan para abordarlos y a compartir el plan con los destinatarios del proyecto) y los que, simplemente, se aceptarán sin más.

Ejemplo 7.7 La predicción de un meteorólogo de que puede nevar no es razón suficiente para salir a comprar una quitanieves de 1000 €. En primer lugar, se deberían saber las probabilidades de que nieve y, en segundo lugar, cuánta nieve es probable que caiga. Si el meteorólogo está seguro de que, si nieva, la acumulación total será de al menos medio metro, pero las probabilidades de que nieve son solo de 1/1000, puede decidirse que no merece la pena gastar 1000 € en estar preparado para una situación que es tan poco probable que ocurra.

Este punto es **obligatorio**, no siéndolo el análisis cuantitativo.

Definición 7.5 Realizar el análisis cualitativo de riesgos es el proceso de **priorizar los riesgos individuales del proyecto** para análisis o acción posterior, evaluando la probabilidad de ocurrencia e impacto de dichos riesgos, así como otras características.

Si el análisis lo hace una sola persona, se trata de un **análisis subjetivo** de los riesgos identificados en el proceso de identificar riesgos.

Consiste en la definición de la **probabilidad e impacto** por cada riesgo, dándoles una priorización:

- **Probabilidad de ocurrencia:** Número entre 0–1 (o como porcentaje) que identifica la probabilidad de que el riesgo ocurra.

Ejemplo 7.8 Una empresa realizó 20 aplicaciones nuevas el año pasado. Cuando presentó el diseño para su aprobación final, los nuevos clientes querían al menos un cambio en 8 ocasiones. Si se tiene previsto diseñar una nueva aplicación para otro cliente nuevo, la probabilidad de que haya que hacer un cambio es del 40 %:

$$\frac{8}{20} \cdot 100 = 40 \%$$

- **Impacto del riesgo:** Cómo impactará en el proyecto la aparición de ese riesgo (consecuencia potencial del riesgo, nivel de gravedad que va a tener dentro del proyecto). Puede usarse una escala categórica (bajo/medio/alto) o numérica.

La Figura 7.5 muestra los inputs, tools & techniques y outputs del proceso de realizar el análisis cualitativo de riesgos.

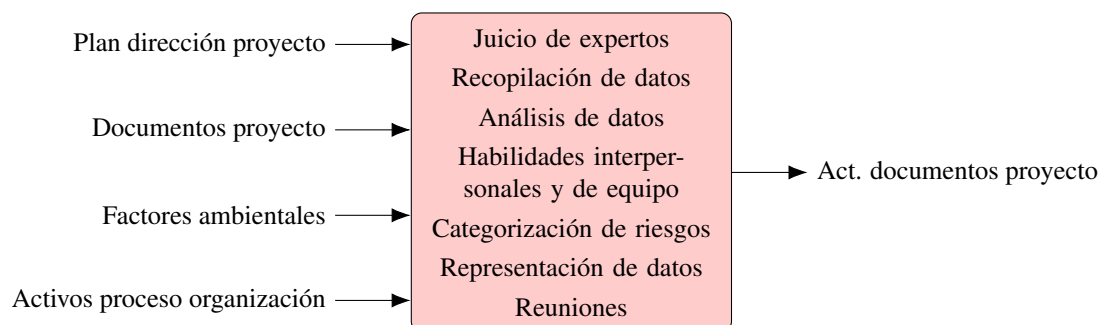


Figura 7.5: Proceso “Realizar el análisis cualitativo de riesgos”

Inputs Como inputs para realizar el análisis cualitativo de riesgos, se necesitan:

- **Plan para la dirección del proyecto:** Ver Sección 2.3.1.
- **Documentos del proyecto.**
- **Factores ambientales:** Ver Sección 1.2.1.
- **Activos del proceso de la organización:** Ver Sección 1.2.2.

Tools & Techniques Las tools & techniques necesarias para realizar el análisis cualitativo de riesgos engloban:

- **Juicio de expertos:** Ver Sección 2.2.1. Si se tienen opiniones diversas, se puede estimar la probabilidad de tener un riesgo concreto según la opinión de expertos y personas que hayan trabajado en proyectos similares al actual.

Ejemplo 7.9 Al pedir a un grupo de expertos que califiquen la probabilidad de un riesgo concreto como alta, media o baja, 6 personas eligen alto, 2 eligen medio y 2, bajo. Se puede estimar la probabilidad asignando valores de 3, 2 y 1 a alto, medio y bajo, respectivamente, por lo que se puede concluir que la probabilidad de ocurrencia del riesgo es media:

$$\frac{(6 \cdot 3) + (2 \cdot 2) + (2 \cdot 1)}{10} = 2,4$$

- **Recopilación de datos:** Principalmente, mediante *Entrevistas*, ver Sección 2.2.1.
- **Análisis de datos:** Destacan las técnicas:
 - *Evaluación de la calidad de los datos sobre riesgos:* Valora el grado en que los datos sobre los riesgos individuales del proyecto son precisos y confiables como base para el análisis cualitativo de riesgos; el uso de datos de baja calidad conlleva un despilfarro de esfuerzo (malgaste de tiempo) al realizar este estudio.
 - *Evaluación de la probabilidad e impacto de los riesgos:* La evaluación del impacto de los riesgos tiene en cuenta el efecto potencial sobre uno o más de los objetivos del proyecto (cronograma, coste, calidad, desempeño, etc.). Los impactos serán negativos para las amenazas y positivos para las oportunidades. Para cada uno de los riesgos individuales del proyecto identificados, se evalúan la probabilidad y el impacto. Si la probabilidad de que ocurra un riesgo es alta y su impacto es grande, es probable que se quieran desarrollar planes para gestionar ese riesgo. Si tanto el efecto como la probabilidad son bajos, puede decidirse no preocuparse por él. Cuando el impacto es alto, pero la probabilidad es baja o viceversa, hay que considerar la situación con más cuidado. En estas situaciones más complejas, puede utilizarse un enfoque más formal para considerar el efecto combinado de la probabilidad y el impacto, definiendo el valor esperado del riesgo, especificando un número del 0 al 1 para la probabilidad e impacto, obteniendo el valor esperado del riesgo como:

$$\text{Riesgo} = \text{Impacto} \times \text{Probabilidad} \quad (7.1)$$

Ejemplo 7.10 Se necesitan comprar ciertos materiales para un dispositivo que hay que construir. Cuando se hace el pedido, se considera que hay un 80 % de posibilidades de recibir los materiales en la fecha prometida (por lo que hay un 20 % de posibilidades de que algo vaya mal y haya que pagar un sobreprecio para obtener los materiales de otro proveedor en la fecha en que se necesitan). Los materiales cuestan normalmente 1000 €, pero habrá que pagar 500 € más para conseguirlos de otro proveedor en el último momento. El valor esperado de este riesgo es:

$$\text{Riesgo} = \text{Impacto} \times \text{Probabilidad} = 500 \text{ €} \times 0,2 = 100 \text{ €} \rightarrow \text{añadir } 100 \text{ € de contingencias}$$

Ejemplo 7.11 Una empresa quiere construir una nueva planta en una zona que sufre muchos huracanes. El coste estimado de la nueva planta es de 50 millones de €, y la probabilidad de que un huracán destruya totalmente el edificio es del 0.1 %. El valor esperado de este riesgo es:

$$\text{Riesgo} = \text{Impacto} \times \text{Probabilidad} = 50000000 \text{ €} \times 0,001 = 50000 \text{ €}$$

Ejercicio 7.3 Un equipo está evaluando los riesgos asociados con la construcción de una planta industrial. Tras realizar una reunión con expertos y analizar datos históricos, se recopilieron opiniones sobre dos riesgos principales: la posibilidad de un retraso en la entrega de materiales y la posibilidad de accidentes laborales:

- Riesgo de retraso en la entrega de materiales:
 - ◇ Juicio de expertos: 3 expertos consideran que la probabilidad de retraso es alta, 5 la consideran media y 2 la consideran baja.
 - ◇ Impacto: Si ocurre el retraso, se estima que costaría un 15 % del presupuesto total, que asciende a 10 millones de €.
 - Riesgo de accidentes laborales graves:
 - ◇ Probabilidad basada en datos anteriores: En proyectos anteriores de características similares, la probabilidad de accidentes graves ha sido del 5 %.
 - ◇ Impacto: Un accidente grave podría costar 500000 € en indemnizaciones y retrasos adicionales.
1. Calcular el valor esperado de cada riesgo.
 2. Evaluar cuál de los dos riesgos es más significativo y justificar si se debería priorizar uno sobre el otro en la planificación de contingencias.

Ejercicio 7.4 Una empresa de software está desarrollando un sistema crítico para un cliente gubernamental. Existen dos riesgos principales identificados:

- Riesgo de incumplimiento de requisitos:
 - ◇ Juicio de expertos: 4 expertos califican la probabilidad como alta, 4 como media y 2 como baja.
 - ◇ Probabilidad basada en datos anteriores: En proyectos anteriores similares, la probabilidad de incumplimiento de requisitos ha sido del 50 %.
 - ◇ Impacto: Si no se cumplen los requisitos, se estima un costo adicional de 300000 €.
 - Riesgo de sobrecarga del servidor:
 - ◇ Juicio de expertos: 5 expertos consideran que la probabilidad es alta, 3 la consideran media y 7 la consideran baja.
 - ◇ Probabilidad basada en datos anteriores: La probabilidad de sobrecarga del servidor en proyectos anteriores ha sido del 10 %.
 - ◇ Impacto: Un fallo en el servidor podría ocasionar pérdidas por 200000 € EUR debido a la paralización del proyecto.
1. Calcular la probabilidad cualitativa de cada riesgo utilizando el juicio de expertos.
 2. Calcular el valor esperado de cada riesgo, considerando tanto la probabilidad cualitativa como la basada en datos históricos.
 3. Determinar qué riesgo debe ser priorizado en la planificación de contingencias.

- **Habilidades interpersonales y de equipo:** Destaca la *Facilitación*, ver Sección 2.2.1.
- **Categorización de riesgos:** Los riesgos del proyecto se pueden categorizar por fuentes de riesgo, por área del proyecto afectada o por otras categorías útiles (fase del proyecto, roles y responsabi-

dades, línea base...) a fin de determinar qué áreas del proyecto están más expuestas a los efectos de la incertidumbre.

■ **Representación de datos:** Destacan:

- *Matriz de probabilidad e impacto:* También conocida como matriz de riesgos, se incluye la actividad para la que se ha identificado el riesgo, el riesgo en sí, la probabilidad de que aparezca el riesgo, el impacto, y la clasificación del riesgo (donde se tiene en cuenta todas las medidas anteriores para decidir si es un riesgo bajo, medio o alto), como se muestra en la Tabla 7.2.

Actividad	Riesgo	Probabilidad	Impacto	Clasificación
Producción	Falta de suministros	Moderada	Medio	Medio
Operaciones	Falla de equipo clave	Baja	Grave	Medio
Operaciones	Accidente laboral	Moderada	Grave	Alto
Administración	Incumplimiento de regulaciones	Alta	Grave	Alto

Tabla 7.2: Matriz de probabilidad e impacto

- *Diagramas jerárquicos:* Cuando los riesgos han sido clasificados utilizando más de dos parámetros, no se puede utilizar la matriz de probabilidad e impacto y se requieren otras representaciones gráficas, como gráficas de burbujas, donde se muestran tres dimensiones de datos, donde cada riesgo se representa como una burbuja, y los tres parámetros están representados por el valor en el eje X, el valor en el eje Y y el tamaño de la burbuja. Otra posibilidad es la que se muestra en la Figura 7.6, donde los riesgos aparecen clasificados por categorías según el color del marcador.

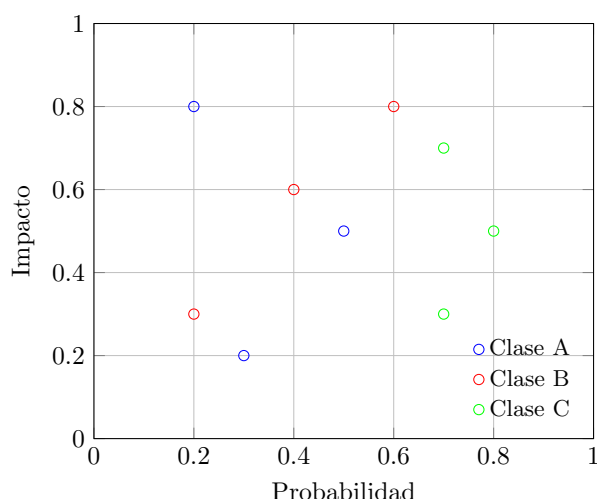


Figura 7.6: Diagrama jerárquico

■ **Reuniones:** Ver Sección 2.2.1.

Outputs Como output del proceso se tiene:

■ **Actualización de los documentos del proyecto.**

7.2.4. Realizar el análisis cuantitativo de riesgos

Este punto **no es obligatorio**, puede no hacerse dependiendo de las necesidades/disponibilidad de tiempo y presupuesto, porque al final implica dedicar más tiempo, lo que puede suponer cambiar o ampliar la línea base de cronograma y de presupuesto si no se había planificado. Una vez identificada la probabilidad de que un riesgo concreto afecte al proyecto, este proceso permite conocer la magnitud de las consecuencias o efectos que pueden derivarse en el proyecto global, lo que influye directamente en la forma de afrontar el riesgo.

Ejemplo 7.12 Ir a hacerse una revisión médica anual puede considerarse como un proyecto, y empezar la revisión a la hora prevista es uno de los objetivos del proyecto. Que el médico tenga que irse por una urgencia poco antes de la hora de la cita es un factor de riesgo: aumenta las probabilidades de que la revisión no empiece a la hora prevista. La estimación de la magnitud de las consecuencias (cuánto tiempo se puede retrasar el inicio de la consulta) afecta a lo que se decide hacer (esperar a que vuelva el médico o reprogramar la cita para otro momento).

Definición 7.6 Realizar el análisis cuantitativo de riesgos es el proceso de **analizar numéricamente el efecto combinado de los riesgos individuales** del proyecto identificados y otras fuentes de incertidumbre sobre los objetivos generales del proyecto.

Se debe cuantificar:

- Exposición al riesgo.
- Probabilidad de consecución de objetivos con el riesgo.
- Reservas de tiempo y presupuesto.
- Riesgos de mayor atención.
- Reajustes de presupuesto y tiempo.

La Figura 7.7 muestra los inputs, tools & techniques y outputs del proceso de realizar el análisis cuantitativo de riesgos.

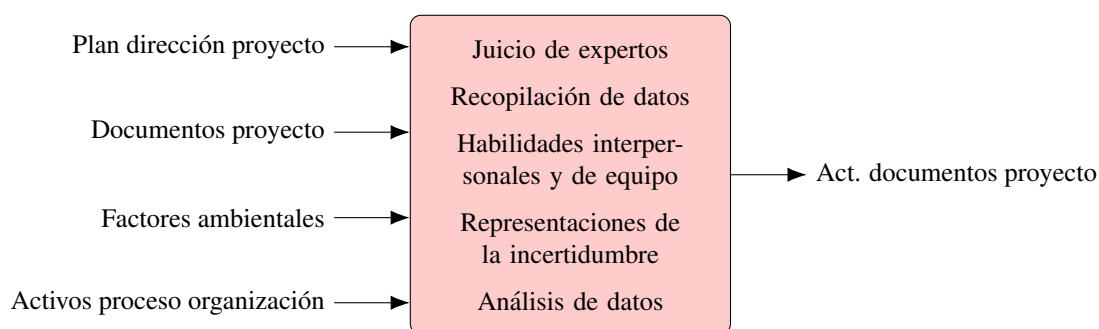


Figura 7.7: Proceso “Realizar el análisis cuantitativo de riesgos”

Inputs Como inputs para realizar el análisis cuantitativo de riesgos, se necesitan:

- **Plan para la dirección del proyecto:** Ver Sección 2.3.1.
- **Documentos del proyecto.**
- **Factores ambientales:** Ver Sección 1.2.1.
- **Activos del proceso de la organización:** Ver Sección 1.2.2.

Tools & Techniques Las tools & techniques necesarias para realizar el análisis cuantitativo de riesgos engloban:

- **Juicio de expertos:** Ver Sección 2.2.1.
- **Recopilación de datos:** Principalmente, mediante *Entrevistas*, ver Sección 2.2.1.
- **Habilidades interpersonales y de equipo:** Destaca la *Facilitación*, ver Sección 2.2.1.
- **Representación de la incertidumbre:** El rango de posibles valores que puede tomar alguno de los objetivos del proyecto se puede plasmar mediante distribuciones probabilísticas (triangular, normal, beta, etc.). Esto también afectará a los riesgos: a más incertidumbre, mayor riesgo.

■ **Análisis de datos:** Puede incluir algunos de los siguientes aspectos:

- **Simulación:** Principalmente, mediante simulación Monte Carlo. Un análisis Monte Carlo es una técnica utilizada para resolver problemas complejos que involucran incertidumbre o riesgo. Se basa en la idea de usar números aleatorios para simular una variedad de escenarios posibles y analizar sus resultados. Las salidas típicas incluyen un histograma que presenta el número de iteraciones donde se produjo un resultado de la simulación en particular, o una distribución de probabilidad acumulada (curva S) que representa la probabilidad de lograr cualquier resultado en particular o menos, como se muestra en la Figura 7.8.

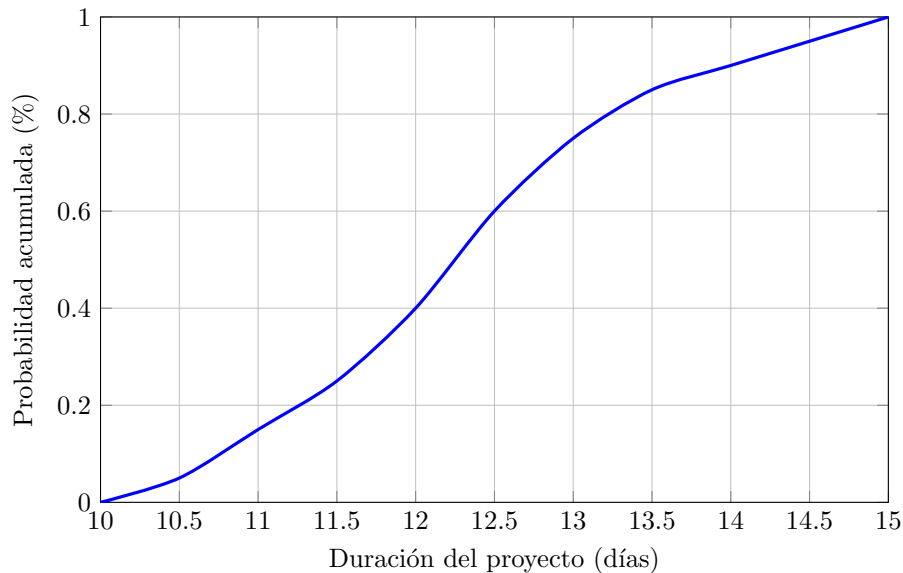


Figura 7.8: Curva en S tras simulación Monte Carlo

Ejemplo 7.13 Se quiere estimar el tiempo total de un proyecto formado por 3 tareas, teniendo en cuenta que la duración de cada tarea puede variar. Para ello, se decide usar una simulación Monte Carlo, asignando una distribución de probabilidad para la duración de cada tarea, basada en las estimaciones mínimas, más probables y máximas:

- **Tarea A:**
 - ◇ Mínimo: 2 días
 - ◇ Más probable: 4 días
 - ◇ Máximo: 6 días
- **Tarea B:**
 - ◇ Mínimo: 3 días
 - ◇ Más probable: 5 días
 - ◇ Máximo: 8 días
- **Tarea C:**
 - ◇ Mínimo: 1 día
 - ◇ Más probable: 2 días
 - ◇ Máximo: 4 días

Se utilizará una distribución triangular para modelar estas estimaciones (ver Sección 4.3.4).

Mediante herramientas informáticas se generan valores aleatorios para la duración de cada tarea siguiendo sus respectivas distribuciones triangulares. Por ejemplo, en una simulación se podría obtener:

- Tarea A: 4.5 días
- Tarea B: 5.2 días
- Tarea C: 3.1 días

Se repite este proceso muchas veces (por ejemplo, 1000 simulaciones), calculando el tiempo total del proyecto para cada conjunto de duraciones:

Simulación 1: Tarea A (4.5 días) + Tarea B (5.2 días) + Tarea C (3.1 días) = 12,8 días

Simulación 2: Tarea A (3.8 días) + Tarea B (6.7 días) + Tarea C (2.3 días) = 12,8 días

⋮

Simulación 1000: Tarea A (4.1 días) + Tarea B (5.0 días) + Tarea C (2.5 días) = 11,6 días

Tras las 1000 simulaciones, se obtiene una gran cantidad de tiempos totales del proyecto. Con ellos, se pueden calcular numerosos parámetros estadísticos, como el promedio de todos los tiempos simulados, el percentil 90 (que indica que en el 90 % de los casos, el proyecto tomará hasta cierto número de días), etc. Por ejemplo:

- Promedio: 12.5 días
- Percentil 90: 14 días (esto significa que se tiene un 90 % de confianza de que el proyecto tardará 14 días o menos).

Con estos resultados, se puede informar de que, aunque el tiempo promedio estimado es de 12.5 días, se debería planificar con un margen hasta 14 días para estar seguros en un 90 % de que el proyecto terminará dentro de ese tiempo. En la Figura 7.8 muestra la curva en S para esta simulación.

Ejercicio 7.5 Debido a la incertidumbre en algunos factores clave, no se puede saber con certeza cuál será el coste final de la construcción de una planta industrial, por lo que se decide usar la simulación Monte Carlo para estimar este coste.

Se tienen tres riesgos principales que pueden afectar al coste del proyecto:

- Coste de materiales:
 - ◇ Valor más probable: 100000 €
 - ◇ Variación posible: ± 10 %
- Coste de mano de obra:
 - ◇ Valor más probable: 50000 €
 - ◇ Variación posible: ± 20 %
- Coste de equipos:
 - ◇ Valor más probable: 20000 €
 - ◇ Variación posible: ± 25 %

Realizar 10 iteraciones para estimar el coste total del proyecto.

- **Análisis de sensibilidad:** Ayuda a determinar qué riesgos individuales del proyecto u otras fuentes de incertidumbre tienen el impacto con mayor potencial sobre los resultados del proyecto. Correlaciona las variaciones en los resultados del proyecto con las variaciones en los elementos del modelo de análisis cuantitativo de riesgos. Generalmente, se representan mediante gráficos de tornado (ver Figura 7.9).
- **Análisis mediante árbol de decisiones:** Se utilizan para apoyar la selección del mejor curso de acción entre varios alternativos. Estos diagramas ilustran distintas situaciones que pueden darse a medida que se desarrolla el proyecto, la probabilidad de que se produzca cada una de ellas y las consecuencias para el proyecto. Por lo tanto, permite analizar el riesgo de forma cuantitativa, determinando qué supondría intentar mitigar este riesgo del proyecto, el coste que tendría y qué ocurriría sin mitigarlo, de manera que se pueda tomar una decisión. La fórmula es:

$$\text{Coste riesgo} = (\text{Probabilidad} \times \text{Impacto}) + \text{Coste} \quad (7.2)$$

El árbol de decisión muestra cómo tomar una decisión entre estrategias de capital alternativas cuando el entorno contiene elementos inciertos. Para ello se utilizan:

- **Nodo de decisión:** Indican una decisión que se está tomando en el árbol y se representan con un cuadrado. Todos los árboles de decisiones comienzan con un nodo de decisión.
- **Nodo de oportunidad:** Muestran varios resultados posibles y se representan con un círculo.

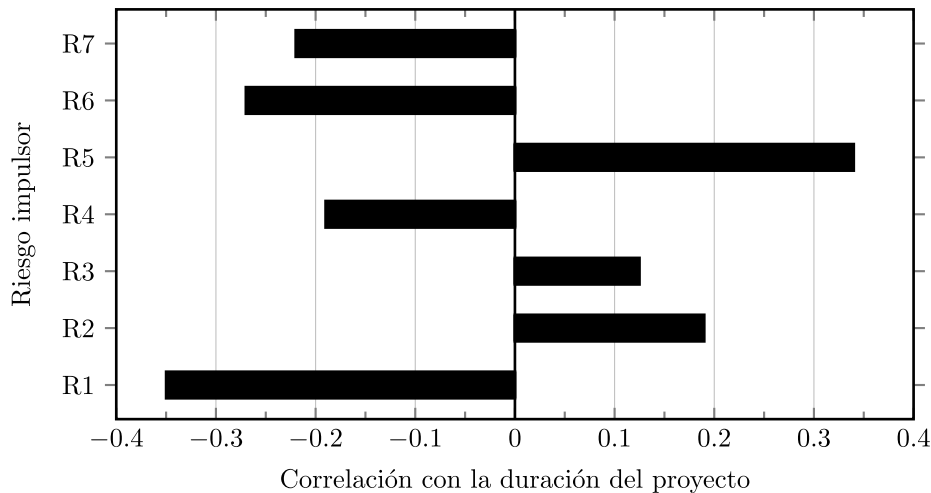


Figura 7.9: Gráfico de tornado

- *Nodo terminal/final*: Indican el resultado final de una decisión y se representan con un triángulo. Se calcula el coste de llegar hasta ese nodo final, siguiendo la expresión (7.2). La suma de todos los costes en cada rama representan el coste de riesgo; si lo que quiere es minimizarse, deberá tomarse el menor (si se quiere maximizar, por tratarse de una oportunidad en lugar de una amenaza, debería considerarse el mayor).

Ejemplo 7.14 Se quiere determinar si construir o no un prototipo para mitigar un riesgo para bajar su exposición. El prototipo tiene un coste de 200.000 €, y reduce la probabilidad del fallo en un 65%; si ocurriera, el impacto sería de 120.000 €. Si no se hace el prototipo, la probabilidad de que ocurra el fallo es del 70 %, y la empresa incurriría en unos costes de 450.000 €. La Figura 7.10 muestra el árbol de decisión.

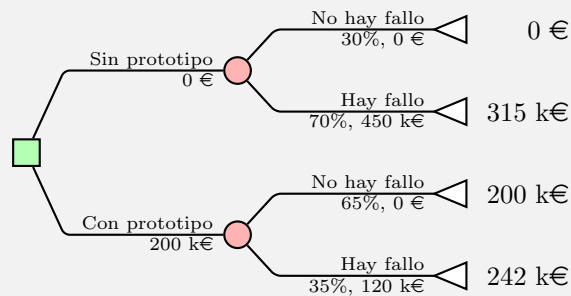


Figura 7.10: Árbol de decisión del Ejemplo 7.14

A partir de los cálculos, la decisión de no hacer el prototipo presenta un coste menor (315 k € frente a 442 k €), por lo que sería la mejor decisión.

Ejercicio 7.6 Se quiere tomar la decisión sobre si invertir 120 millones € para construir una nueva planta o invertir 50 millones € para modernizar la planta existente. Para tomar la decisión, se debe tener en cuenta la demanda (que es incierta):

- Para la nueva planta, se estiman unos ingresos de 200 millones € para una demanda fuerte y 90 millones € para una demanda débil.
- Para la planta modernizada, se estiman unos ingresos de solo 120 millones € y de 60 millones para una demanda débil. Estas diferencias se deben a las limitaciones de capacidad.

Sabiendo que la demanda fuerte tiene una probabilidad del 60 %, hacer el árbol de decisión.

Ejercicio 7.7 Una empresa está decidiendo a qué proveedor comprarle un equipo, con un precio de 50.000 € si se entrega en la fecha acordada. Ambos proveedores han propuesto recibir un incentivo por entrega anticipada y rebajar el precio por una entrega tardía, pero estos importes difieren según cada proveedor:

- Proveedor A: si se entrega antes de tiempo, el equipo costaría un 50 % más (probabilidad del 10 %); si se entrega tarde, el equipo costaría un 50 % menos (probabilidad del 30 %).
- Proveedor B: si se entrega antes de tiempo, el equipo costaría un 80 % más (probabilidad del 30 %); si se entrega tarde, el equipo costaría un 40 % menos (probabilidad del 30 %).

¿Qué proveedor se considera mejor elegir?

Ejercicio 7.8 Una empresa está considerando implementar un nuevo software de gestión para mitigar un riesgo que podría impactar en su operación. El coste de implementación del software es de 100.000 €, y reduciría la probabilidad del fallo en un 50 %. Si el fallo ocurre, se estima un impacto económico de 300.000 €. Si no se implementa el software, la probabilidad del fallo es del 80 %, con el mismo impacto económico estimado. ¿Debería la empresa implementar el software?

Ejercicio 7.9 Una empresa constructora está considerando la implementación de un plan de contingencia para un proyecto que tiene un riesgo elevado de retrasos. El coste de implementar el plan es de 50.000 € y reduciría la probabilidad de retraso del 40 % al 10 %. Si ocurre el retraso, el impacto económico es de 200.000 €. ¿Debería la empresa implementar el plan de contingencia?

Ejercicio 7.10 Una empresa está evaluando si subcontratar una parte del proyecto a un proveedor externo o realizarla internamente. Si se subcontrata, el coste es de 80.000 € con una probabilidad del 10 % de que el trabajo se realice de manera incorrecta, lo que conllevaría un coste adicional de 60.000 € para corregir los errores. Si se realiza internamente, el costo es de 120.000 €, pero con una probabilidad del 5 % de errores, que conllevarían un costo adicional de 40.000 €. ¿Qué opción debería elegir la empresa?

Ejercicio 7.11 Una empresa constructora está trabajando en la construcción de un puente. Identificaron que hay un riesgo significativo relacionado con posibles retrasos debido a condiciones climáticas adversas. Para mitigar este riesgo, se consideran tres estrategias de mitigación:

- Estrategia A:
 - ◇ Probabilidad de éxito (sin retrasos): 85 %
 - ◇ Impacto si no se implementa (retraso): 200.000 €
 - ◇ Coste: 50.000 €
- Estrategia B:
 - ◇ Probabilidad de éxito (sin retrasos): 75 %
 - ◇ Impacto si no se implementa (retraso): 300.000 €
 - ◇ Coste: 40.000 €
- Estrategia C:
 - ◇ Probabilidad de éxito (sin retrasos): 20 %
 - ◇ Impacto si se produce el retraso: 400.000 %
 - ◇ Coste: 0 €

Outputs Como outputs del proceso se tiene:

- Actualización de documentos del proyecto.

7.2.5. Planificar respuestas al riesgo

Definición 7.7 Planificar respuestas al riesgo es el proceso de **desarrollar opciones, seleccionar estrategias y acordar acciones** para abordar la exposición general al riesgo del proyecto, así como para tratar los riesgos individuales del proyecto.

Por tanto, consiste en:

- Maximizar las oportunidades y minimizar las amenazas.
- Determinar quiénes son los propietarios de los riesgos identificados, quiénes implementarán los planes de respuesta en caso de que el riesgo aparezca.
- Identificar los recursos que sean necesarios para introducir actividades, tiempos y costes en estos planes de respuesta.
- Determinar las reservas de contingencia y de gestión.

La Figura 7.11 muestra los inputs, tools & techniques y outputs del proceso de planificar respuestas al riesgo.

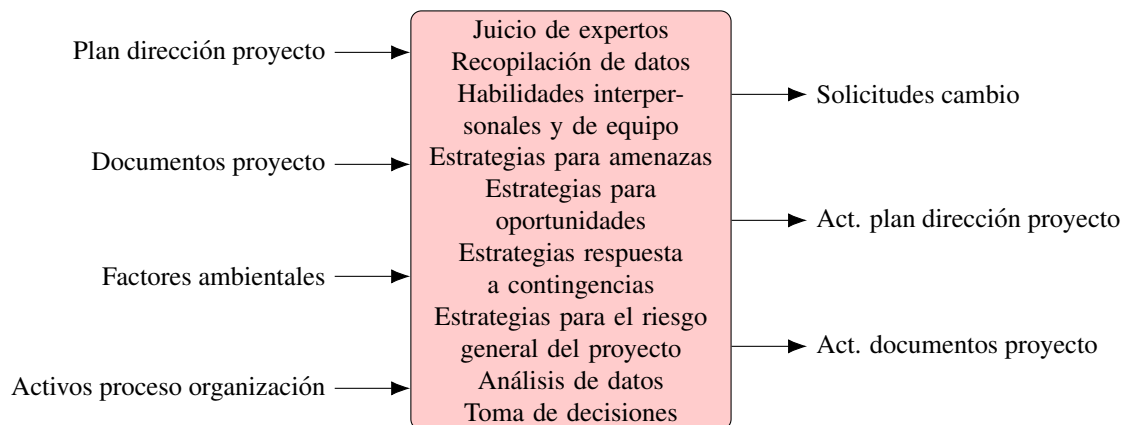


Figura 7.11: Proceso “Planificar respuestas al riesgo”

Inputs Como inputs para planificar respuestas al riesgo, se necesitan:

- **Plan para la dirección del proyecto:** Ver Sección 2.3.1.
- **Documentos del proyecto.**
- **Factores ambientales:** Ver Sección 1.2.1.
- **Activos del proceso de la organización:** Ver Sección 1.2.2.

Tools & Techniques Las tools & techniques necesarias para planificar respuestas al riesgo engloban:

- **Juicio de expertos:** Ver Sección 2.2.1.
- **Recopilación de datos:** Utilizando, fundamentalmente, *Entrevistas*, ver Sección 2.2.1.
- **Habilidades interpersonales y de equipo:** Destaca la *Facilitación*, ver Sección 2.2.1.
- **Estrategias para las amenazas:** Se pueden considerar cinco estrategias:
 - *Escalar:* La amenaza se encuentra fuera del alcance del proyecto o que la respuesta propuesta excedería la autoridad del PM. Los riesgos escalados se gestionan a nivel de programa, nivel de portafolio, u otra parte relevante de la organización, y no al nivel de los proyectos, puesto que se trata de un riesgo no asociado directamente al proyecto, sino que toque más a la cartera de productos/programa de la organización.
 - *Evitar:* Cambiar el plan de gestión del proyecto para eliminar el riesgo.

Ejemplo 7.15 *Cambiar de emplazamiento, eliminar un paquete de trabajo si este no es crítico, decidir no usar un procedimiento nuevo no probado, etc. Puedo implicar un cambio de alcance si ya se está en la ejecución.*

- **Transferir:** Trasladar el riesgo a una tercera parte (externalizar, contratar otra compañía o recurso para que mitigue el riesgo), lo que, generalmente, añade un coste extra.

Ejemplo 7.16 *Se decide seguir adelante con la construcción de la nueva instalación de 50 millones de € (ver el Ejemplo 7.11). Se puede contratar un seguro contra catástrofes para que la empresa no tenga que asumir toda la carga de una pérdida total si un huracán destruye las instalaciones.*

- **Mitigar:** Tomar medidas para reducir la probabilidad o el impacto que pudiera tener un riesgo, sin eliminarlo del todo.

Ejemplo 7.17 *Hacer un prototipo para mitigar el impacto de este riesgo.*

- **Aceptar:** Reconocer la existencia de la amenaza sin tomar ninguna acción al respecto, es decir, si aparece el riesgo se acepta el impacto que tiene; normalmente esto se hace con riesgos de bajo impacto y cuando no es posible o rentable hacer frente a una amenaza de ninguna otra manera: se tiene registrada, pero no se van a tomar acciones de respuesta si aparece.

■ **Estrategias para oportunidades:** Hay también cinco estrategias:

- **Escalar:** La oportunidad se encuentra fuera del alcance del proyecto o que la respuesta propuesta excedería la autoridad del PM. Se gestionan a nivel de programa, nivel de portafolio, u otra parte relevante de la organización, y no al nivel de los proyectos.
- **Explotar:** Para oportunidades con alta prioridad, se quiere asegurar que esta ocurra.
- **Compartir:** Trasladar la propiedad de una oportunidad a una tercera parte que este comparta algunos de los beneficios si se produce la oportunidad.
- **Mejorar:** Incrementar la probabilidad o el impacto de una oportunidad.
- **Aceptar:** Aceptar que puede aparecer esta oportunidad y no tomar medidas proactivas. Apropia para oportunidades de baja prioridad o si no es posible o rentable hacer frente a una oportunidad de ninguna otra manera.

■ **Estrategias de respuesta a contingencias:** Estrategias que se usarán únicamente si se producen determinados eventos. Para algunos riesgos, resulta apropiado para el equipo del proyecto elaborar un plan de respuesta que solo se ejecutará bajo determinadas condiciones predefinidas (**disparadores de riesgos**), cuando se prevé que habrá suficientes señales de advertencia para implementar el plan. Estos disparadores son los puntos en que se identifica que el riesgo va a aparecer o ha aparecido, y hay que tomar acciones (utilizar estas estrategias definidas).

■ **Estrategias para el riesgo general del proyecto.** Mismas estrategias que para las amenazas y oportunidades, pero a nivel general del proyecto.

■ **Análisis de datos.** Mediante *Análisis de alternativas* y *Análisis de coste-beneficio*, ver Sección 2.5.1.

■ **Toma de decisiones.** Principalmente, considerando *Análisis de decisiones con múltiples criterios* (ver Sección 2.5.2).

Outputs Como outputs del proceso se tiene:

- **Solicitudes de cambio:** Ver Sección 2.4.1. Si estando en la fase de planificación se ve que hay demasiados riesgos que pueden impactar de forma negativa en el proyecto, y que no hay unas reservas tan grandes como para poderlos gestionar, no se debería empezar el proyecto.
- **Actualización del plan para la dirección del proyecto:** Ver Sección 2.4.1.
- **Actualización de los documentos del proyecto.**

7.3. Grupo de procesos de ejecución

En el grupo de procesos de ejecución, la gestión de riesgos e incertidumbre se encarga del proceso de **implementar las respuestas al riesgo**.

7.3.1. Implementar las respuestas al riesgo

En este proceso, ya se está ejecutando el proyecto y ha aparecido algún riesgo (el **disparador de riesgo** ha saltado y se debe implementar alguna de las respuestas que se habían planificado). Si el riesgo está identificado, se implementa el plan de respuesta que se tenga; si no está identificado ni analizado, se debe hacer un *workaround* (solventar el riesgo sobre la marcha, tomar acciones para mitigarlo). Esto implicará identificar el riesgo que ha parecido y no estaba contemplado, hacer el análisis cualitativo (y cuantitativo si fuera necesario), y aplicar un plan de respuesta. Como este riesgo estará afectando a las líneas base del cronograma y presupuesto, habrá que abrir una petición de cambio que tendrá que pasar por el CCB.

Definición 7.8 Implementar respuestas al riesgo es el proceso de **implementar los planes acordados** de respuesta a los riesgos.

Este proceso se va repitiendo durante el proyecto cuando sea necesario, es decir, cuando se identifique que el riesgo ya está impactando y haya que tomar las acciones de respuesta que se habían planificado, o hacer ese *workaround* si no se había contemplado.

La Figura 7.12 muestra los inputs, tools & techniques y outputs del proceso de implementar respuestas al riesgo.

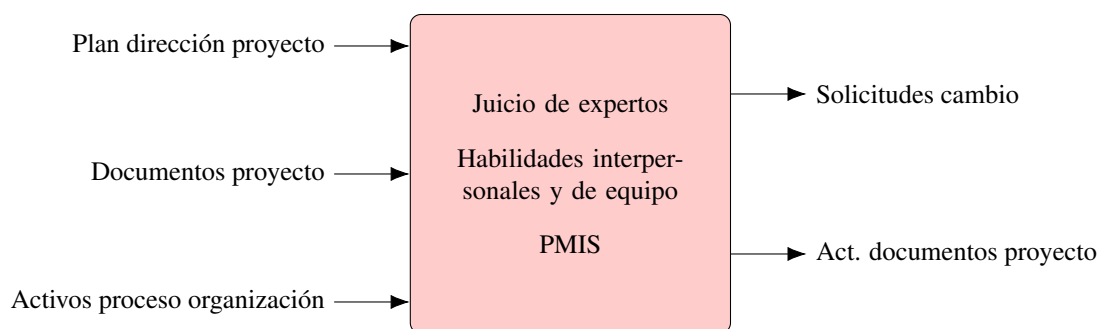


Figura 7.12: Proceso “Implementar la respuesta al riesgo”

Inputs Como inputs para implementar la respuesta al riesgo, se necesitan:

- **Plan para la dirección del proyecto:** Ver Sección 2.3.1.
- **Documentos del proyecto.**
- **Activos del proceso de la organización:** Ver Sección 1.2.2.

Tools & Techniques Las tools & techniques necesarias para implementar respuestas al riesgo engloban:

- **Juicio de experto:** Ver Sección 2.2.1.
- **Habilidades interpersonales y de equipo:** La principal sería la habilidad de *Influenciar*, ver Sección 5.3.2.
- **PMIS:** Ver Sección 2.4.1.

Outputs Como outputs del proceso se tienen:

- **Solicitudes de cambio:** Ver Sección 2.4.1. Se analiza el plan que se debe hacer y cómo esto va a afectar a las líneas bases:
 - Si el riesgo estaba identificado y tenía asignada reserva de contingencia, el CCB debe evaluar si utilizarla o no.
 - Si el riesgo estaba identificado y no tenía asignada reserva de contingencia, simplemente se implementa el plan de respuesta.
 - Si el riesgo no estaba identificado, hay que crear la petición de cambio para especificar a qué líneas base va a afectar (cronograma/costes/alcance) y hacer el *workaround* para analizar el riesgo. Entonces, este se introduce en los registros de riesgos, se hace el análisis cualitativo (y el cuantitativo, si fuera necesario) y se describe el plan de respuesta a ese riesgo que se va a implementar una vez se tenga el visto bueno de la petición de cambio.
- **Actualización de los documentos del proyecto.**

7.4. Grupo de procesos de monitorización y control

En el grupo de procesos de monitorización y control, la gestión de riesgos e incertidumbre se encarga del proceso de **monitorizar los riesgos**.

7.4.1. Monitorizar los riesgos

Definición 7.9 Monitorizar los riesgos es el proceso de **monitorizar la implementación de los planes acordados** de respuesta a los riesgos, hacer seguimiento a los riesgos identificados, **identificar y analizar nuevos riesgos** y evaluar la efectividad del proceso de gestión de los riesgos a lo largo del proyecto.

No solo hay que seguir los riesgos identificados, sino también los **riesgos residuales** (riesgos a los que se les ha reducido el impacto tras aplicar el plan de respuesta/contingencia, pero que hay que seguir controlando), los **riesgos secundarios** (aquellos que tras aplicar el plan de respuesta al riesgo, se ha mitigado/eliminado, pero ha aparecido otro), analizar los nuevos riesgos y los **disparadores** y la eficiencia de los planes de contingencia.

Ejemplo 7.18 *Un riesgo secundario sería tener un software con un bug que, al actualizar a una nueva versión para eliminar el bug, la batería del dispositivo se reduce un 20 %.*

La Figura 7.13 muestra los inputs, tools & techniques y outputs del proceso de monitorizar los riesgos.



Figura 7.13: Proceso "Monitorizar los riesgos"

Inputs Como inputs para monitorizar los riesgos, se necesitan:

- **Plan para la dirección del proyecto:** Ver Sección 2.3.1.
- **Documentos del proyecto.**
- **Datos de desempeño de trabajo:** Ver Sección 2.4.1.
- **Informes de desempeño del trabajo:** Ver Sección 2.5.1.

Tools & Techniques Las tools & techniques necesarias para monitorizar los riesgos engloban:

- **Análisis de datos:** Destacan las herramientas de:
 - *Análisis del desempeño técnico:* Compara los logros técnicos durante la ejecución del proyecto con el cronograma de logros técnicos. La desviación puede indicar el impacto potencial de las amenazas u oportunidades.
 - *Análisis de reservas:* Ver Sección 4.3.4. Aquí se compara el total de reserva remanente con el porcentaje de riesgo existente, para determinar si los fondos de contingencia son los adecuados.
- **Auditorías:** Proceso estructurado e independiente utilizado para determinar si las actividades del proyecto cumplen con las políticas, los procesos y los procedimientos del proyecto y de la organización.
- **Reuniones:** Ver Sección 2.2.1.

Outputs Como outputs del proceso se tienen:

- **Información de desempeño del trabajo:** Ver Sección 2.5.1.
- **Solicitudes de cambio:** Ver Sección 2.4.1.

Ejemplo 7.19 *Las reservas que se tienen en cuanto a los riesgos se han quedado cortas porque se han identificado nuevos riesgos, por lo que hay que ampliar las reservas.*

- **Actualizaciones al plan para la dirección del proyecto:** Ver Sección 2.4.1.
- **Actualizaciones a los documentos del proyecto.**
- **Actualizaciones a los activos de los procesos de la organización.**

7.5. Resumen

Hay que planificar la gestión de los riesgos, luego hacer la identificación, realizar los análisis cualitativos y cuantitativos y, por último, realizar un plan de respuesta para cuando aparezcan los riesgos. Después, en la ejecución, se implementan las respuestas a riesgos cuando vayan apareciendo o cuando aparezcan los risk triggers, que indica que se debe tomar la acción que se tenía planificada de respuesta al riesgo; y, en la parte de monitoring and controlling, se hará la monitorización de los riesgos, al final con reuniones de seguimiento para controlar los riesgos y generando los informes de los riesgos con los datos analizados.

Tema 8

Proyectos ágiles

8.1. Introducción a la dirección de proyectos ágiles

8.1.1. Modelo tradicional

- **Proceso definido:** control y coordinación
- El trabajo se organiza alrededor del equipo
- **El trabajo se asigna o se empuja al equipo:** el PM es el encargado de asignar los trabajos con sus estimaciones hechas
- **Planear todo por adelantado**
- Estructura de desglose de trabajo (EDT)
- Especificaciones funcionales
- Gráfico de Gantt
- Informe de estado
- Aprender al final
- **Seguir el plan**
- Administrar tareas
- Equipo de proyecto convencional
- **Evitar el cambio:** Se tiene todo planificado, por lo que un cambio trastoca toda la planificación; si es algo imprescindible, se lleva como una solicitud de cambio, pasaría a CCB y esto tendría que ser aprobado; si nos cambian las líneas base, hay que ajustar la planificación de nuevo.
- **Preceptivo**

Proceso definido de control y coordinación, donde se hace un esfuerzo muy grande de planificación al iniciar proyecto y luego se va controlando y coordinando según esa planificación. Parte de un modelo predictivo y secuencialmente se van haciendo las fases.

8.1.2. Modelo ágil

- **Empírico/proceso de aprendizaje:** inspeccionar y adaptar.
- El equipo se organiza alrededor del trabajo.
- **El trabajo se almacena en la cola y el equipo saca las tareas:** Se tiene el “product backlog” que ha definido el product owner y, a medida que se van descubriendo cosas, se van introduciendo en ese product backlog y es tarea del product owner, como conocedor del negocio, priorizar qué es más importante para aportar valor, cuál tiene más riesgos, etc., pero una vez esto está hecho, cuando se empieza una iteración (planificación de la iteración), el product owner con el development team definen el objetivo de la iteración, qué es lo que se quiere conseguir. Entonces, a partir de ahí, el equipo se autogestiona y se autocontrola, no hay una figura de fuera que diga a cada trabajador qué debe hacer, sino que es un equipo autogestionado.
- **Planear a medida que avanza:** Cuando se empieza la iteración, se planea esa iteración en curso siguiendo el roadmap de alto nivel. Pero el roadmap también es ajustable/adaptable, dependiendo de los cambios que vaya habiendo. Lo que se va encontrando, se va integrando de la mejor forma para que el producto salga al mercado lo antes posible con las características principales.
- Estructura de desglose de características (FBS).
- Historias de usuarios.
- Plan de lanzamiento.
- Radiadores de información/entrega a medida que se avanza.
- Aprender en cada iteración.
- **Adaptarse.**
- Manejar al equipo.
- Equipos de proyectos autoorganizados.
- **Aceptar el cambio:** No hay tanta burocracia del cambio, sino que lo gestiona el propio equipo. Si el product owner recibe un nuevo input de un stakeholder que necesita X, valora él mismo, porque es parte del negocio (conoce la importancia de ese cambio o no) y lo introducirá en el product backlog si es necesario y lo priorizará donde considere importante.
- **Adaptativo:** Cada iteración contempla las fases de un modelo tradicional (diseño, planificación, desarrollo, test...), pero en un tiempo mucho más compacto, orientado a tener feedback muy rápidos del cliente para poder inspeccionar y adaptarse, pudiendo aportar el mayor valor de forma temprana en el proyecto.

Proceso empírico, de aprendizaje, donde lo más importante es inspeccionarse y adaptarse, y no tanto la planificación. Tiene que haber una planificación, ese roadmap que se hace a alto nivel, y luego en las iteraciones se hace una planificación a bajo nivel de todo lo que se va a hacer en esa iteración. Pero la parte más importante reside en ser capaz en estas iteraciones (cortas) de inspeccionar lo que se ha generado y poder adaptar a las necesidades que identifiquen los stakeholders o el product owner para introducir dentro del producto.

Mentalidad ágil

Antes de comenzar a utilizar los modelos ágiles, es crucial comprender la **mentalidad ágil**. Un error común en muchas empresas es adoptar un cambio al modelo ágil sin realmente comprenderlo, sin tener un conocimiento profundo de la agilidad, sus fundamentos, valores y principios. Este malentendido puede generar problemas cuando se implementan los proyectos, ya que la falta de comprensión sobre la agilidad conduce a dificultades. La dirección puede solicitar métricas como si estuviera utilizando un modelo tradicional, sin darse cuenta de que en la agilidad, estas métricas no se aplican de la misma manera. Para abordar esto, es necesario establecer figuras y procesos que permitan la traducción de datos e informes específicos de la agilidad, evitando así posibles problemas significativos.

La mentalidad ágil se fundamenta en el *agile manifesto* (manifiesto ágil), donde se recogen los valores y principios, que es la única pauta de qué es la agilidad. Luego, cada framework en concreto (Scrum, Kanban, etc.) pone sus normas, roles, artefactos, etc. Fue promovido por los principales promotores de la agilidad, que veían que necesitaban un modelo de gestión distinto para esos proyectos que partían de mucha incertidumbre, que no los podían gestionar con el modelo tradicional. Cuando esto se ha interiorizado a nivel de la organización y se impulsa a que esto sea así, es cuando se dice que la organización es ágil, y cuando se pueden empezar a utilizar los frameworks típicos de las metodologías ágiles para hacer los proyectos. Consta de 4 valores y 12 principios.

Valores

1. **Individuos e interacciones sobre procesos y herramientas:** Hay que hacer mucho hincapié, no es que no se necesiten procesos, herramientas, documentación, etc., simplemente es que se prima por delante a los individuos y las interacciones.

Ejemplo 8.1 *Si se hace la gestión de proyectos en un modelo tradicional con herramientas tipo Project para hacer el cronograma, en un modelo ágil no sería tan práctico, pues es muy importante que haya una comunicación directa entre los clientes, los stakeholders y los equipos. Si se usa Project y se quiere modificar algo, es posible que ni siquiera se tenga acceso a ese fichero, puesto que solo lo tendrán un cierto grupo de personas, por lo que aísla esta comunicación. Sin embargo, si se trabaja en el product backlog a un nivel de post-its, donde los post-its que están más arriba son prioritarios y van a entrar en las primeras iteraciones, es muy fácil que cuando se va a una reunión con stakeholders, esto es entendible para todo el mundo y es tan fácil como coger el post-it y cambiarlo de posición según las preferencias. Por tanto, la interlocución entre todos es mucho más sencilla, cualquiera puede aportar su punto de vista, se va a tener mucho más feedback y ajustar mucho más los requerimientos y las necesidades de los stakeholders que si la herramienta está custodiada por una persona.*

Es la riqueza de trabajar directamente con las personas y la interacción con ellas más que los procesos y las herramientas que a veces pueden hacer de freno. En las prácticas ágiles se recomienda el uso de las herramientas “high touch-low tech”, donde algo sencillo facilita mucho la comunicación frente a una herramienta muy técnica/potente, que aporta mucho valor en otros aspectos, pero dentro de la agilidad no es la más adecuada.

2. **Software funcional sobre documentación exhaustiva:** De nuevo, no es que no se necesite documentación, sino que la documentación no sea exhaustiva para evitar documentar por exceso cosas que luego no se sabe ni dónde están o que nadie ha consultado nunca. Lo que se pretende es determinar lo que aporta valor realmente al producto antes que hacer una documentación que no se va a usar nunca. Si se necesita que algo sea documentado, la propia historia de usuario lo pondrá como criterio de aceptación (*necesidad de documentación de X*), pero que no se haga una documentación por documentar, que lo que consigue es desperdicio en el proyecto por perder un tiempo en algo que luego no va a aportar ningún valor.
3. **Colaboración con el cliente sobre negociación de contratos:** Al partir con mucha incertidumbre, poner muchas restricciones a nivel de un contrato es contraproducente, porque hay muchas cosas que se desconocen. Lo más importante dentro del modelo ágil es llegar a un acuerdo y que haya una colaboración directa, es decir, el cliente al final tiene que estar implicado y colaborar en el proyecto para conseguir los resultados esperados. Es la única forma de disipar toda esa incertidumbre. Se trata de un trabajo colaborativo, una asociación de ambas partes que tienen que trabajar a una para hacer salir del producto lo mejor posible.
4. **Responder al cambio sobre seguir el plan:** Como no se va a planificar a bajo detalle porque hay mucha incertidumbre de inicio, es mucho más importante responder al cambio. Se debe empezar a trabajar con lo que se tenga cuanto antes y, con lo que se va sacando en cada revisión de la iteración, se va aprendiendo. Tras cada iteración (de 1 semana a 1 mes) hay una revisión con los stakeholders donde dan feedback de lo que se ha generado; de esa reunión pueden salir nuevos cambios, nuevas historias de usuario, etc., que se incluirán en el product backlog y el product owner se encargará de gestionarlo, dónde tocará ese cambio, si es más importante que otras cosas que ya había en ese product backlog, etc.

Principios

1. **Satisfacción del cliente.**
2. **Bienvenidos los nuevos requisitos:** Hay que verlo como algo positivo, puesto que da incluso un beneficio frente a otros competidores.

Ejemplo 8.2 *Si alguien está haciendo un proyecto tradicional y otra empresa hace el mismo proyecto con un modelo ágil, esta puede adaptar mucho más fácil su producto, por lo que aporta un beneficio que, en cualquier momento, se puedan ajustar las características del proyecto según las necesidades y no tener que hacer esa planificación previa.*

Por eso es muy importante definir cómo se va a trabajar previamente a empezar el proyecto en un modelo ágil, puesto que se sabe más o menos la foto final que se quiere tener, pero no se tiene muy claro lo que se va a encontrar de por medio ni las características específicas, porque se quiere que los stakeholders vayan afinando los requisitos según se avanza.

3. **Entregas frecuentes:** Como las iteraciones son acotadas en tiempo (1 semana—1 mes) como mucho, cada mes se van a hacer entregas, por lo que se fomenta que haya un feedback continuo y una mejora continua del producto.
4. **Colaboración diaria del negocio y los desarrolladores:** El product owner es parte del negocio y está trabajando con el development team, por lo que se genera una sinergia muy interesante de la capa de negocio (que orienta hacia los resultados) y la del equipo (que está informada directamente por esta capa de negocio y tiene todo el conocimiento para él poder desarrollar las historias de usuario que describe este product owner). Además, el equipo también interactúa directamente con los stakeholders a nivel de las revisiones según sea la duración de la iteración.
5. **Individuos motivados:** Los proyectos ágiles se desarrollan en torno a individuos motivados. Hay que darles el entorno y el apoyo que necesitan, y confiarles la ejecución del trabajo. Los miembros del equipo de desarrollo deben sentirse motivados para que sean capaces de llevar a cabo los proyectos de la mejor forma. Es fundamental la confianza en el equipo para desarrollar el proyecto de calidad por sí mismo, con el ambiente y el soporte adecuados. Si los integrantes del equipo no participan en las decisiones de los proyectos en los que trabajan, no se identificarán con el propósito de los mismos y su compromiso y desempeño se verán mermados.
6. **Conversación cara a cara:** Siempre que se pueda se va a intentar que el medio de comunicación sea cara a cara, que es el más rico y el que lleva a menos equívocos. En el caso de tener equipos distribuidos, es algo a tener en cuenta dentro del modelo ágil porque se prima mucho la importancia de estas conversaciones cara a cara, y se sustituirían por herramientas de videollamada.
7. **Medimos producto funcionando:** La mejor medida de saber cómo va el proyecto es ir viendo cómo va el producto tras cada iteración.
8. **Promover el ritmo sostenible:** Ajustar la capacidad del equipo, es decir, que no haya sobrecargas porque la planificación ha sido mala (se ha intentado coger demasiada cantidad de trabajo y no se llega a hacerla), pero tampoco quedarse cortos y estar parados en el final de la iteración.
9. **Atención continua a la excelencia técnica.**
10. **Simplicidad esencial:** No hacer aquellas cosas que son “nice to have” o “gold plating”. En primera instancia, lo que hay que hacer es ser muy detallado con lo que están pidiendo y no hacer más. Cuando se evalúe al final de la iteración, se crearán nuevas historias de usuario según los comentarios de los stakeholders. El product owner la pondrá donde toque según el valor que él considere que eso aporta. Se trata de eliminar el desperdicio, de no hacer más allá de lo que realmente se necesita y siempre intentar adecuarse a las necesidades en concreto.
11. **Equipos autoorganizados:** No existe una figura de gestión al uso que reparta trabajo, sino que el equipo se autoorganiza utilizando diferentes métodos para estimar las propias tareas e historias de usuario para luego planificarlas y que encajen en tiempo.

12. **Mejora continua:** Se consigue mediante la reunión de retrospectiva que se hace al final de cada iteración. A partir de las historias de usuario del product backlog, se hace una planificación de la iteración, de ahí sale el backlog de la iteración (trabajo que tiene que hacer el equipo en esa iteración) y al finalizar el desarrollo de esta iteración se hace la revisión con los stakeholders. Ahí se consigue feedback de lo que se ha hecho y después se haría la retrospectiva, que sería como unas lecciones aprendidas dentro de cada iteración para buscar áreas de mejora, cosas que se han hecho bien, cosas que se han hecho mal, cómo podría mejorar de cara a la siguiente iteración... es donde se van a tomar acciones para que en las siguientes iteraciones todo esto se vaya puliendo, y también para intentar potenciar cosas buenas para que sigan dando un buen rendimiento en el proyecto.

Ejemplo 8.3 *Ejemplo de una retrospectiva: Al documentar, cada trabajador lo deja en un repositorio y luego no es fácil de acceder a esta documentación; se recomendaría hacer un repositorio común y que esté todo allí; en el siguiente sprint se crearía ese repositorio para que toda la documentación quede ahí centralizada.*

8.2. Gestión de la integración

- En los entornos de gestión ágiles será el equipo de trabajo quien determine los planes y los diferentes componentes que deben integrarse: en el modelo ágil no existe la figura del PM, por lo tanto, no hay una persona en concreto que lo vaya a hacer.
- La figura del PM (servant leader, “líder servicial”) se centrará en crear un entorno colaborativo y que favorezca la toma de decisiones, ayudará a desbloquear posibles problemas y será un elemento comunicador con las áreas funcionales y gerencia.

8.3. Gestión del alcance

En entornos de gestión ágiles, los requisitos del proyecto se van elaborando de manera progresiva a medida que avanza el proyecto, no se le da tanta importancia desde el inicio a hacer una planificación de todo a bajo nivel (se planifica a alto nivel). Por tanto, no dedican tanto tiempo a definir el alcance al inicio, sino que van haciendo prototipos y se van revisando y adaptando los requisitos a medida que avanza el trabajo. El cambio es bienvenido y lo que prima es dar valor al cliente y stakeholders, por lo tanto, se va adaptando lo que se había definido a alto nivel en el inicio. El “product backlog” (requerimientos/requisitos) se va depurando a medida que avanza el proyecto.

8.3.1. Planificar la gestión del alcance

Product backlog

Definición 8.1 El product backlog es la lista visible y ordenada de todo lo que será necesario para hacer el producto.

Sirve como una **fuentes única para los requisitos**, es **dinámico y evoluciona a medida que el producto se va desarrollando en los proyectos ágiles**. Cuando se **inicia un proyecto**, no hay un **esfuerzo integral para anotar todas las características previsible**s. Por lo general, el propietario y el equipo del producto **escriben todo lo que es obvio**, que casi siempre es más que **suficiente para un primer sprint**. **Puede crecer y cambiar a medida que se aprende más** sobre el producto y sus clientes. El **product backlog es usado para asegurar la agilidad**. Es actualizado continuamente con los nuevos requerimientos identificados e información del proyecto. El product owner es el propietario del product backlog y es el encargado de reorganizar y repriorizarlo, **solo él puede hacerlo**. El **refinement (o grooming)** es una reunión en la que el dueño del producto y el equipo se reúnen para **revisar el product backlog y añadir, retirar o reestimar historias de usuario** para tenerlo actualizado.

En los modelos ágiles, el product backlog es la herramienta donde se tienen todas las historias de usuario (única fuente de requisitos/requerimientos del proyecto ágil), por lo tanto, el product backlog es importante porque indica cómo se va a organizar todo el trabajo en el proyecto. Este product backlog es propiedad del product owner, que es el único que puede introducir cosas y el único que puede priorizarlo, aunque este se basará/ayudará también de los miembros del equipo y/o stakeholders para poder

hacer algunas priorizaciones en más detalle, pero es su labor y es su derecho como dueño del product backlog el gestionarlo. Al final, el product owner es una figura de negocio, que conoce qué cosas aportarán más valor y qué cosas aportarán menos. Las historias de usuario son los requerimientos a nivel de negocio (no es lenguaje técnico), lo que se busca realizar, el beneficio que se quiere obtener. La mayoría de los ítems que están dentro del product backlog serán historias de usuario, pero se puede tener también una épica (historia de usuario “muy grande” que hay que desgranar antes de trabajarla dentro de un sprint), defectos, mitigaciones de riesgos, etc. De forma genérica, a los ítems se les llaman PBI (product backlog item). Este product backlog va a ser la herramienta de trabajo día a día con el product owner y todas las historias de usuario deben estar estimadas para poder tener una predictibilidad en el proyecto: si se hace el sumatorio de cuánto va a costar todo, se puede saber si se está yendo en tiempo o no, si se van a tener que recortar características del producto porque se queda fuera, etc., por lo que ayuda también a hacer un poco la gestión.

Hay una reunión llamada refinement (previamente, groom) que se hace durante la iteración (durante el sprint) donde se junta al equipo ágil (y algún stakeholder si se considera necesario) para afinar el product backlog: igual hay historias de usuario en la parte más baja que aún no están tan detalladas/estimadas, pues se detallan/estiman para dar predictibilidad, cómo se va en función de tiempo, etc. Lo que está en la parte más alta tiene que estar más detallado para ya ser realizado, y lo que está en la parte más baja puede estar más en modo borrador, por ejemplo porque se haya escrito una historia de usuario referente a algo que se necesita, pero aún no tiene mucho detalle, y a medida que se va avanzando, pues se va puliendo con estas reuniones de refinement, se le va poniendo más detalle, se escriben los criterios de aceptación para que esto pueda ser validado, etc.



Figura 8.1: Product backlog

Product roadmap

Definición 8.2 Un **product roadmap** es un plan a alto nivel que describe cómo es probable que el producto crezca en los proyectos ágiles.

Permite a las organizaciones **expresar dónde quieren llevar su producto y usarlo como una herramienta de comunicación** que brinda a las partes interesadas una **vista rápida de los puntos de lanzamiento principales** y las funcionalidades deseadas (es un plan a alto nivel que puede cambiar). La crea-

ción del product roadmap está **impulsada** en gran medida por el **product owner**, y el product roadmap y el product backlog trabajan conjuntamente para ayudar a los equipos ágiles a planificar las próximas entregas.

Es la herramienta de comunicación por excelencia dentro del modelo ágil, que utiliza el product owner, donde en un eje de tiempo se definen (a alto nivel) los hitos del proyecto, las iteraciones que componen esta entrega o este hito de proyecto. Quizás cuando se empieza el proyecto se puede definir la primera release, los primeros sprints, más o menos se tiene claro lo que se va a hacer, pero la release segunda/tercera se puede tener a muy alto nivel porque no se ha hecho una planificación ni se han buscado los requerimientos a bajo nivel en ningún momento. Es a medida que se van haciendo iteraciones con las revisiones del producto, cuando se va consiguiendo más información, por lo que igual hay que ajustar la release y realizar otro contenido que no se había planificado anteriormente. Por tanto, el roadmap es el alcance a alto nivel del proyecto ágil, pero que se puede ir modificando según las necesidades que se vayan encontrando.

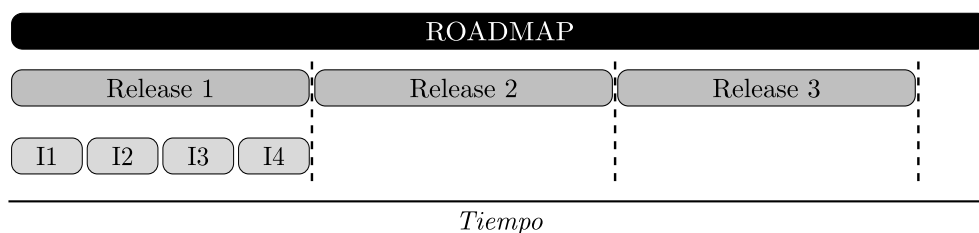


Figura 8.2: Product roadmap

8.3.2. Definir el alcance

Se tendría que **evaluar oportunidades para generar valor incrementalmente**. A menudo se piensa que un proyecto tiene éxito si se entrega un alcance de calidad a tiempo y dentro del presupuesto. Aunque son indicadores importantes, la verdadera medida del éxito de un proyecto es qué tan bien el proyecto ofrece valor comercial. **Si no se entrega valor al cliente, entonces el proyecto no tiene éxito.**

Al final, una de las premisas de la agilidad es entregar valor cuanto antes en el proyecto y todo aquello que no aporte valor, descartarlo. La Figura 8.3 muestra esa forma de pensar:

- Si se tiene algo que aporta un bajo valor y tiene un bajo coste para el proyecto, se debe ignorar (si no aporta valor, por muy bajo coste que tenga, no interesa realizarlo).
- Si tiene bajo valor y alto coste, lógicamente hay que evitarlo siempre, porque es algo contraproducente dentro del proyecto.
- Si aporta alto valor y bajo coste es algo que hay que priorizar de forma inmediata, se incorporaría en la parte alta del product backlog, para que entre en las primeras iteraciones y se haga cuanto antes (esto ayuda a generar de forma temprana el MVP, el **producto mínimo viable**).
- Si es algo que aporta un alto valor a un alto coste, hay que hacerlo a lo largo del tiempo, es decir, generarlo de forma incremental, de tal manera que primero se tengan las bases de lo que se está generando (el MVP) y a partir de ahí se vaya puliendo para añadir funcionalidad y obtener el producto final.

Hay que apoyar al equipo para subdividir las tareas del proyecto necesarias para encontrar el producto mínimo viable. El concepto de MVP está ligado a la entrega de valor incremental, como se muestra en la Figura 8.4. El MVP brinda la libertad de concentrarse primero en las características más críticas. Mientras se trabaja en funciones posteriores, los usuarios validan la idea. Por lo tanto, el producto final no solo será mejor en términos de experiencia del usuario, sino que también estaría hecho a la medida del público objetivo, ya que se adaptaría a los comentarios de los usuarios. Interesa cuanto antes tener el MVP para obtener un feedback muy temprano de los stakeholders (*no me gusta como lo hemos generado, no tiene la funcionalidad que esperaba, tenemos que volver a empezar, etc.*). Es básico tenerlo de forma rápida para que haya un feedback temprano y ver si se va bien, porque si se prolonga y se valida cuando se está en una release avanzada, hay un problema, porque habrá que rehacer mucho trabajo. En cuanto se tenga el MVP, hay que asentarlo y a partir de aquí hacerlo crecer con nuevas funcionalidades o lo que se necesite de más.

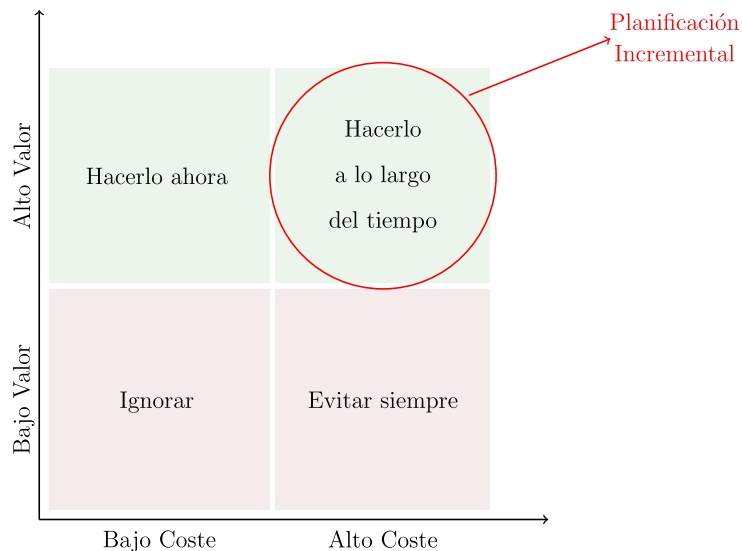


Figura 8.3: Alcance en entornos ágiles

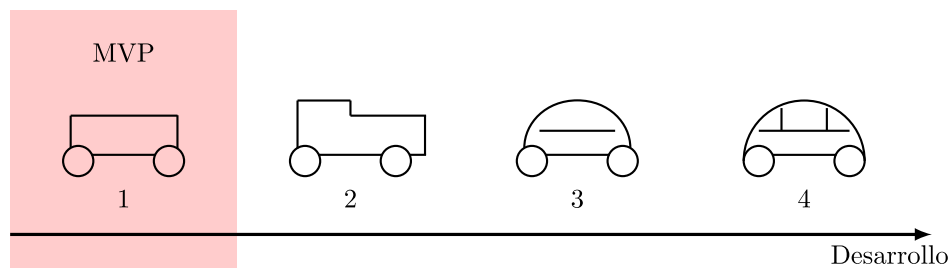


Figura 8.4: Producto mínimo viable

8.4. Gestión del cronograma

- Se utilizan ciclos de trabajo cortos (iteraciones), se revisan y se adaptan en caso de necesidad: no se hace una planificación del cronograma al uso, sino que se va trabajando dentro de las iteraciones (parecido al alcance, donde había un roadmap a alto nivel que se podía ir modificando, según lo que se fuera descubriendo); se estiman las historias del product backlog, y entonces se tiene una idea de la capacidad que se tiene para ir trabajando en las iteraciones.
- En las organizaciones más grandes es posible encontrarse con entornos mixtos, donde sea necesario gestionar la complejidad y aplicar incluso métodos híbridos de gestión (tradicional y ágil).
- El PM ha de ser capaz de detectar las necesidades reales del proyecto y utilizar los enfoques y herramientas más adecuadas al contexto. En un entorno ágil lo que se necesita es adecuarse a lo que se va encontrando.

Como se ha comentado en la Sección 1.5.1, para seleccionar al iniciar el proyecto qué metodología utilizar, se debe considerar la incertidumbre en cuanto a los requerimientos y a la tecnología del proyecto (Figura 8.5):

- Si se tiene un **proyecto simple** (se conocen los requerimientos y la tecnología), es candidato a hacerlo en el modelo tradicional y que salga bien, porque se pueden hacer todas las planificaciones de inicio y luego ir controlando que se cumplen tanto las planificaciones como la forma de ejecutar el proyecto.
- En un **entorno complicado** (hay cierta incertidumbre en cuanto a requerimientos y tecnología), puede seguir haciéndose con el modelo tradicional, porque al final se considera que hay riesgos asociados a las actividades/paquetes de trabajo y que se pueden poner contingencias para aquello que aún no está del todo claro, de manera que se pueda ir resolviendo durante el proyecto sin que afecte a las líneas bases y se pueda gestionar.

- En **proyectos complejos** (mucha incertidumbre en tecnología y requerimientos) hay que usar un modelo ágil, porque no se puede hacer la planificación ni definir unas líneas bases del proyecto para luego ir comparando. Por tanto, se va trabajando con lo conocido y según se va avanzando, se va planificando lo nuevo que se va conociendo (trabajo por iteraciones y mejora continua).
- En **proyectos anárquicos** (“caos”), no se debería empezar hasta conocer más información, porque no se conoce nada. Al hacer el análisis de negocio del proyecto, se debería detectar y no empezarlo.

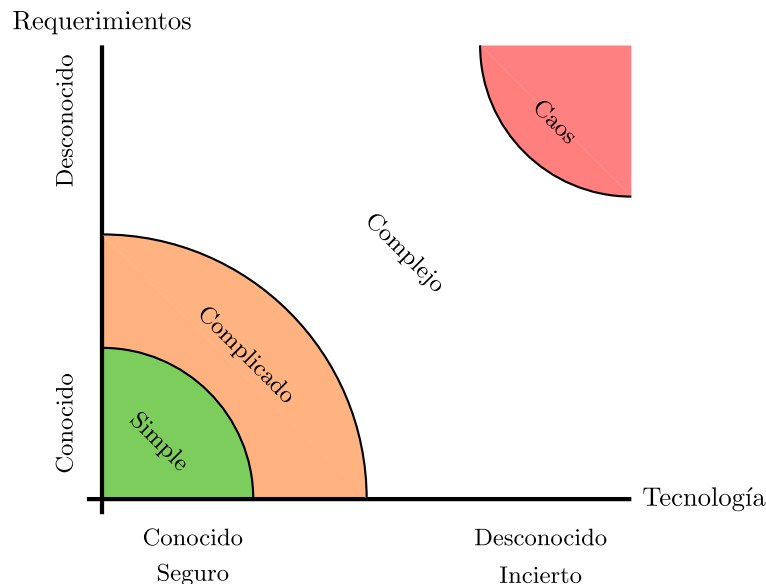


Figura 8.5: Consideraciones para elegir el ciclo de vida del proyecto

8.4.1. Estimar la duración de las actividades

En el modelo ágil, las estimaciones normalmente se hacen utilizando el **tamaño relativo** (relative sizing), es decir, no se hace la estimación con horas, sino con **story points** (puntos de historia), una **medida abstracta del esfuerzo requerido** para realizar las historias de usuario (requerimientos/actividades del proyecto); estos story points se utilizan para que el equipo haga un esfuerzo de identificar cuál es el tamaño que tiene esa actividad. Aunque no es obligatorio su uso, la mayoría de equipos ágiles lo utilizan.

Durante las primeras iteraciones, es frecuente utilizar el **t-shirt sizing**. Es una estimación a **muy alto nivel** que se utiliza para hacer una **primera estimación de todos los ítems del product backlog**. **No se intenta hacer una estimación detallada**, sino saber a alto nivel la cantidad de esfuerzo requerida para realizar los ítems del product backlog y poder empezar a trabajar en ellos. Como el product backlog se va ajustando regularmente con el refinement, **las estimaciones se irán ajustando con más detalle, pasándolas normalmente a puntos de historia** en estimaciones más certeras.

A partir de ese momento, se suele utilizar la **secuencia de Fibonacci**, **la escala utilizada más comúnmente para los puntos de historia** (1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, ver Figura 8.6), donde el siguiente número de la secuencia es la suma de los 2 predecesores. Se recomienda que no haya estimaciones mayores a 21, puesto que las historias de usuario, igual que las actividades, tienen que ser cuanto más pequeñas, mejor, para hacer una estimación más precisa y una trazabilidad mejor. El beneficio de Fibonacci es que cada número es aproximadamente un 60 % mayor que la anterior, evitando debates sobre si una historia es un 6 o un 7. Para hacer estas estimaciones, los puntos de historia tienen en cuenta riesgos de la historia de usuario y el esfuerzo que se necesita para hacerlo. Al inicio del proyecto, el equipo elige una historia de usuario, se estima su punto de historia, y sirve de referencia para comparar con las demás historias de usuario a estimar: si es más compleja, se le pondrán más puntos y viceversa.

Affinity estimating

Se utiliza al inicio del proyecto, estimando el esfuerzo de las **historias de usuario en base a sus semejanzas/diferencias** con otras de forma visual, como aparece en la Figura 8.7.

El procedimiento es el siguiente:

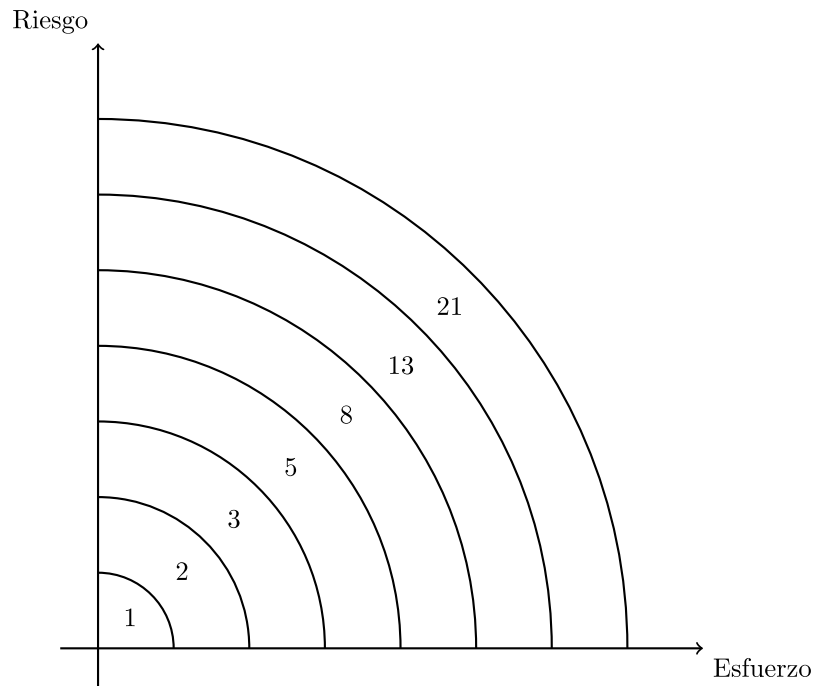


Figura 8.6: Relative sizing

1. Acordar las **medidas** de estimación (**Fibonacci** o **Tallas camiseta** —S, M, L, XL—).
2. Se explica al equipo brevemente en qué consiste el proyecto o conjunto de historias de usuario que se estimará.
3. Se **reparten las historias entre los miembros** del equipo y se hace una **estimación en silencio** (cada uno las coloca en la posición donde cree que irían, siendo la izquierda las más pequeñas/sencillas y, la derecha, las más grandes/complejas).
4. Se **revisa en conjunto** el muro, **permitiendo cambios de posición** en las historias por **consenso**.
5. Una vez consensuado la colocación de las historias, **se trazan las líneas verticales para separar los tamaños**, ya sea mediante tamaño de camisetas o secuencia Fibonacci.

Esto ayuda a tener predictibilidad en el proyecto. Cuando se acaba una primera iteración, se suman todos los puntos de historia de todas las historias de usuario que se han realizado en esa iteración de trabajo (**velocity**), y se extrapola considerando el resto de puntos de historia que quedan, asumiendo siempre que se mantendrá esa velocity.

Ejemplo 8.4 En la primera iteración, la velocity es de 15, y en el product backlog se tiene un total de 500 puntos de historia. Por tanto, si se dividen los 500 entre 15, se tiene una estimación del número de iteraciones necesarias para acabar el proyecto:

$$\text{Iteraciones} = \frac{500}{15} = 33,33 \rightarrow 34$$

Planning poker

Es un “juego” colaborativo para realizar estimaciones en proyectos ágiles y el más usado por todos los equipos, como aparece en la Figura 8.8. Nació para **minimizar dos problemas**:

- Las estimaciones llevaban mucho tiempo.
- No participaba todo el equipo en la estimación.

Partiendo siempre de las historias de usuario que se encuentran en la **parte superior del product backlog** (son las que entrarán en la siguiente iteración), el procedimiento es el siguiente:

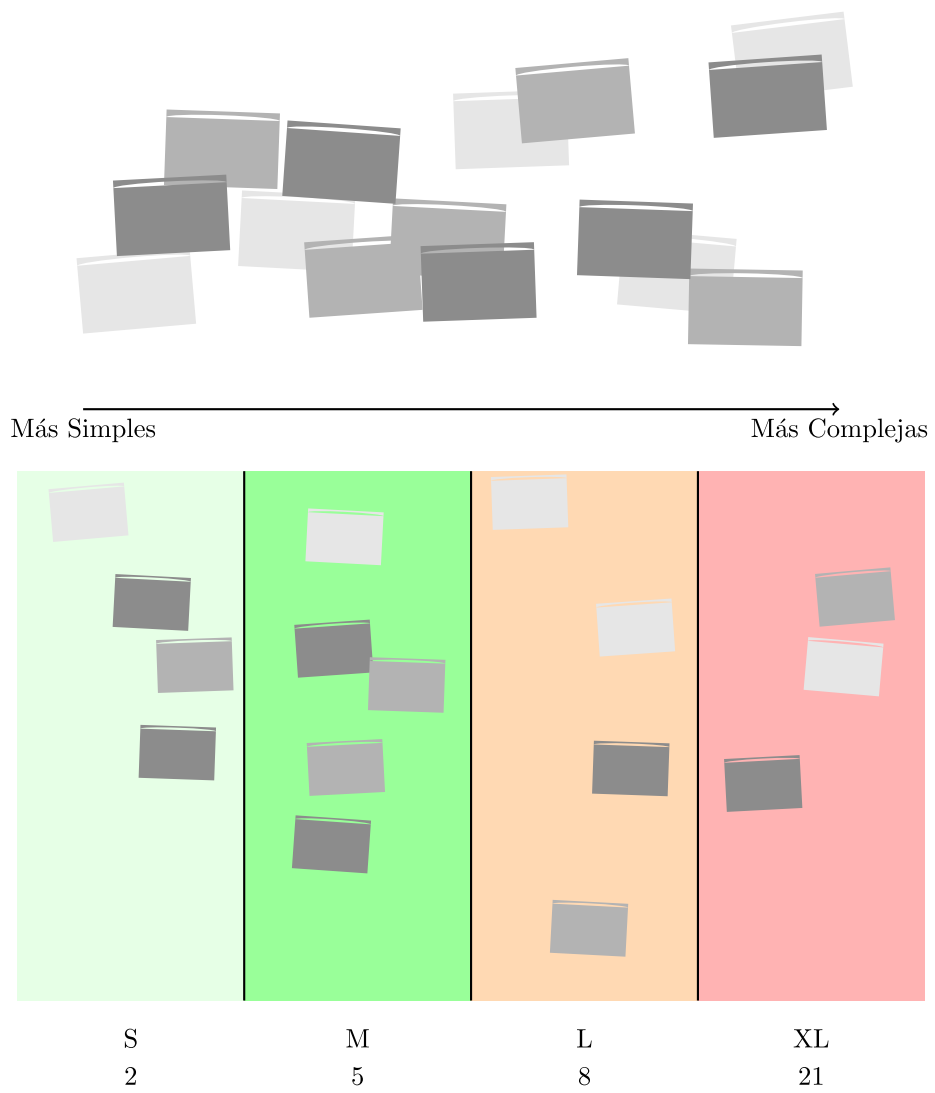


Figura 8.7: Affinity estimating

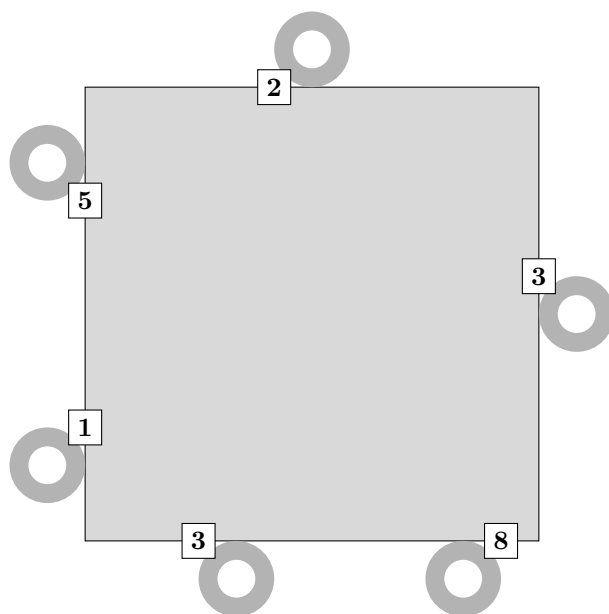


Figura 8.8: Planning poker

1. Cada miembro del equipo coge un mazo de cartas con la secuencia Fibonacci/pseudo Fibonacci (para hacer números más redondos: 1, 2, 3, 5, 8, 13, 20, 40, 80 y 100).
2. Se **lee la historia de usuario** que se quiere estimar.
3. El **product owner responde a las dudas** que puede haber acerca de esta historia, para que todos tengan los datos y el contexto de qué es, qué implica, etc.
4. Cada miembro **estima el valor** que cree que costaría hacer esa historia, y le dan la vuelta a la carta a la vez para evitar que haya influencia de unos a otros.
5. Se **discuten las diferencias** en el valor de las estimaciones.

Ejemplo 8.5 *Alguien puede considerar que hay un riesgo asociado a la historia de usuario que otro no había contemplado, etc.*

6. Se van **haciendo rondas** hasta que el resultado converge o se llega a un **acuerdo** (hacer una media, coger la pesimista, etc.).

8.4.2. Desarrollar el cronograma

Velocity

Como se ha comentado en la Sección 8.4.1, es una medida de la **tasa de progreso de un equipo utilizada para estimar compromisos/capacidad futuros en proyectos ágiles. Es el promedio de puntos entregados por el equipo en la última iteración** realizada (medido en story points o cualquier otra medida relativa). Tras cada iteración, se hace el sumatorio de los puntos de historias de usuario que se han finalizado (entendiendo por “finalizada” que ha pasado a los criterios de aceptación —es decir, está validada—; si no está validada, aunque esté al 99 %, se considera que suma un 0) y se divide por el número de historias de usuario realizadas, por lo que se conoce la velocity de la iteración (v_i , ecuación (8.1)).

$$v_i = \frac{\text{Story points al final de la iteración } i}{\text{Historias de usuario realizadas en la iteración } i} \quad (8.1)$$

Si quiere saberse la velocity del equipo de proyecto hasta el momento actual (v_p), se sumarían los puntos de historia de todas las iteraciones realizadas, y se dividiría entre el número de iteraciones:

$$v_p = \frac{\text{Suma de story points de las iteraciones completadas}}{\text{Iteraciones realizadas}} \quad (8.2)$$

Conocer la velocity **ayuda al equipo a decidir cuántos puntos se comprometerá a entregar** en la próxima iteración. Se tiene que ir revisando/analizando durante todo el proyecto, y es controlada por el PM para analizar también las variaciones de cada iteración, para ver cuánto se ha mejorado/empeorado el rendimiento y poder analizar qué ha pasado dentro de esas iteraciones. **En las primeras iteraciones** (inicio del proyecto), **la velocidad generalmente varía y luego comienza a estabilizarse**. Esto se debe a que el equipo está en la etapa de formación (ver Sección 5.3.2), familiarizándose con el entorno del proyecto. Depende de muchas variables, como la madurez del equipo, si ya han trabajado juntos, de cómo se hacen las estimaciones, si es la primera vez que se utilizan story points... Al estimar tras cada iteración, en cada reunión de refinement donde se ajusta el product backlog se pueden ajustar las estimaciones con lo que se ha aprendido en la última iteración.

Ejemplo 8.6 *Si se habían puesto 5 puntos a una historia de usuario de la última iteración, pero al finalizarla no se ha completado, cuando haya que estimar una tarea similar que aparezca en la consecución del proyecto, se sabe que hay que ponerle más estimación.*

A lo largo del proyecto se va ganando “finura” en las estimaciones, y cada vez tienden a ser más precisas, por lo que la velocity tiende a estabilizarse y a ser más regular en las fases medias y finales del proyecto

Esta velocity **es relativa a cada equipo y no se puede comparar entre equipos diferentes**. Sería una **muy mala práctica compararla** porque la estimación en story points al final es una escala que no está ligada realmente a un dato, es decir, para lo que un equipo una historia de usuario puede ser un 3 en la escala de Fibonacci porque es esfuerzo relativo, para otro equipo puede implicar un esfuerzo de un 8, por lo que al comparar velocities de varios equipos que no utilizan una escala igual (porque no la han definido igual) puede parecer que un equipo saca muchos más story points (tiene una velocity mucho más elevada) que otro, cuando realmente la única diferencia es que la escala es relativa y no es realmente un dato a tener en cuenta.

Ejemplo 8.7 Determinar la velocity del equipo de trabajo ágil de la Figura 8.9.

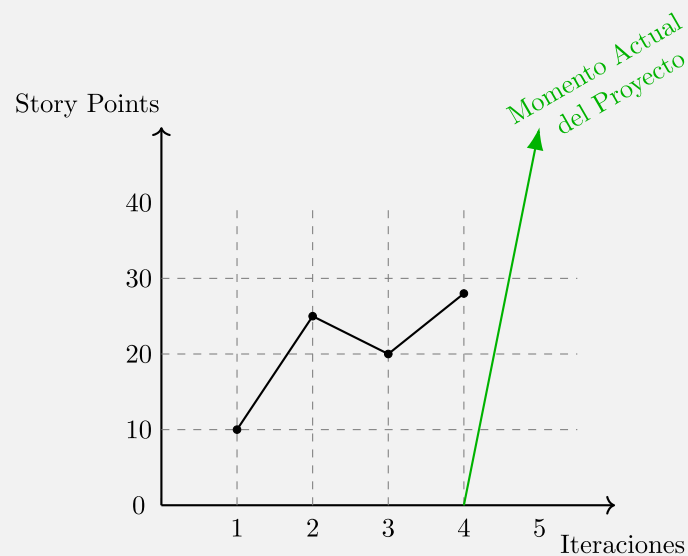


Figura 8.9: Velocity

Según esta figura, la velocity actual del equipo es:

$$v_p = \frac{10 + 25 + 20 + 28}{4} = 20,75$$

Cumulative flow diagrams

Son otra herramienta para ver el valor entregado y **seguir el progreso en los proyectos ágiles** si se utiliza el Kanban Board. Se basa en el **gráfico de burn-up**, y muestra el **número proporcional de características** (historias de usuario, requisitos, etc.), **completadas a lo largo del tiempo**. Como aparece en la Figura 8.10, permite determinar:

- **Lead time:** Tiempo que se ha tardado desde que entró una historia de usuario hasta que se finalizó.
- **Cycle time:** Tiempo que se ha tardado desde que se empezó a trabajar (entró en desarrollo) una historia de usuario hasta que se entregó.
- **Cantidad de trabajo en progreso de forma paralela** (“in progress”): Suma de lo que está terminado (pero no entregado), lo que está en test y lo que está en desarrollo.
- **Cantidad de trabajo por acabar** (“still to do”): Suma de lo que está terminado (pero no entregado), lo que está en test, lo que está en desarrollo y lo que está en el backlog.

La tendencia es que lo que ya se ha entregado vaya subiendo hasta que se crucen con la línea del product backlog, es decir, que todos los ítems ya han sido entregados y se ha finalizado el proyecto. El **beneficio adicional de los cumulative flow diagrams** respecto a los gráficos de quemado (ver Sección 8.4.2) es que **se puede ver el trabajo en progreso**.

Burndown/Burnup Charts

En cuanto a la gestión del equipo en los modelos ágiles, para ver el rendimiento que se está obteniendo, lo que se utilizan son los gráficos de quemado:

- **Burndown charts:** Se hace a nivel de iteración, y muestra la **cantidad pendiente de trabajo a hacer en referencia al tiempo**. Se utiliza para ir viendo en la iteración cómo avanza el trabajo. El beneficio de un gráfico burndown es el de tener una **descripción fácil de entender del estado y la tasa de características finalizadas**:

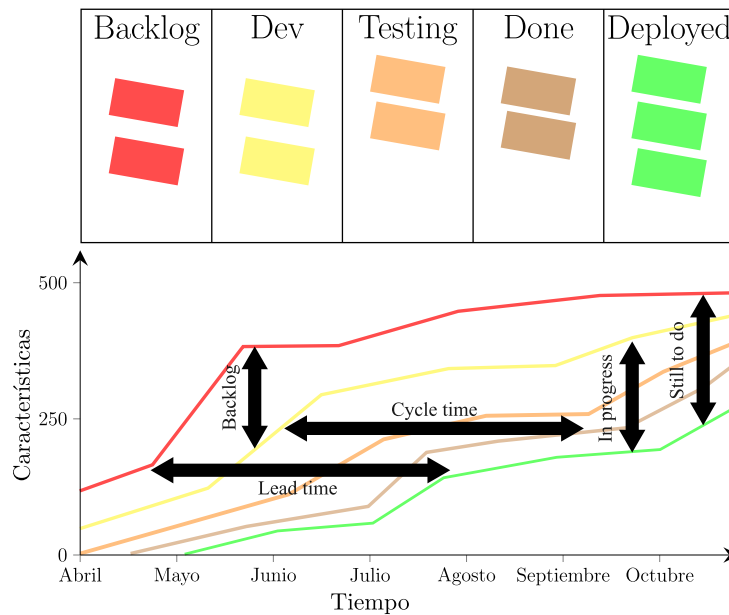


Figura 8.10: Cumulative flow diagram

- Si la **línea de trabajo actual** está **por encima de la línea de trabajo ideal**, significa que queda más trabajo del que se predijo originalmente, y **el proyecto está retrasado**.
- Si la **línea de trabajo actual** está **por debajo de la línea de trabajo ideal**, significa que queda menos trabajo del que se predijo originalmente, y **el proyecto está adelantado**.

En la Figura 8.11a, el eje X muestra los días de la iteración y el eje Y es la suma de las estimaciones (lo que se ha planificado hacer en ese sprint). Se empieza con 57 puntos de historia a realizar durante el sprint. La línea roja es la línea de trabajo ideal (línea recta que va del inicio al final) y los puntos son el trabajo que va sacando el development team. El gráfico lo actualiza el equipo en las daily meetings. Por eso también es importante que al hacer la WBS (EDT), las actividades sean lo más pequeñas posibles, porque además de ayudar a estimar de forma más precisa, ayuda a tener una mayor predictabilidad y una trazabilidad más buena.

- **Burnup charts:** Se hace a nivel de release, de hito, o proyecto. **Muestra la cantidad creciente de funcionalidad lograda en función del tiempo.** El beneficio de este gráfico es obtener una **descripción fácil de entender del estado y la tasa de características entregadas y aceptadas** (completado, testado y que cumple los criterios de aceptación). Al final de cada sprint se van añadiendo las historias de usuario completadas. También se puede incluir una línea adicional que indica cuánto crece el product backlog. En la Figura 8.11b, la línea naranja identifica el valor del product backlog (inicialmente, 300). Pero en junio se introducen nuevas historias de usuario por lo que el product backlog crece.

Estos gráficos suelen hacerse mediante herramientas de gestión.

8.5. Gestión de los recursos

- **Método de gestión de recursos:** Lean Management (eliminar todo el desperdicio), Just In Time Manufacturing (tener el stock necesario y no más del que se necesita), etc.
- **Inteligencia emocional (EI):** Los estudios demuestran que los equipos que trabajan y desarrollan aspectos de la EI son más competentes.
- **Equipos autorganizados (self-organizing teams):** El incremento de las prácticas ágiles (donde la figura del PM no existe) ha derivado en una gestión más descentralizada y un "empoderamiento" del equipo, que es capaz de autogestionarse y tomar decisiones.
- **Virtual/Distributed Teams:** Si hay equipos distribuidos/virtuales (no están en el mismo punto geográfico), hay que gestionarlos y la gestión de la comunicación y las herramientas necesarias para ello adquieren gran importancia.

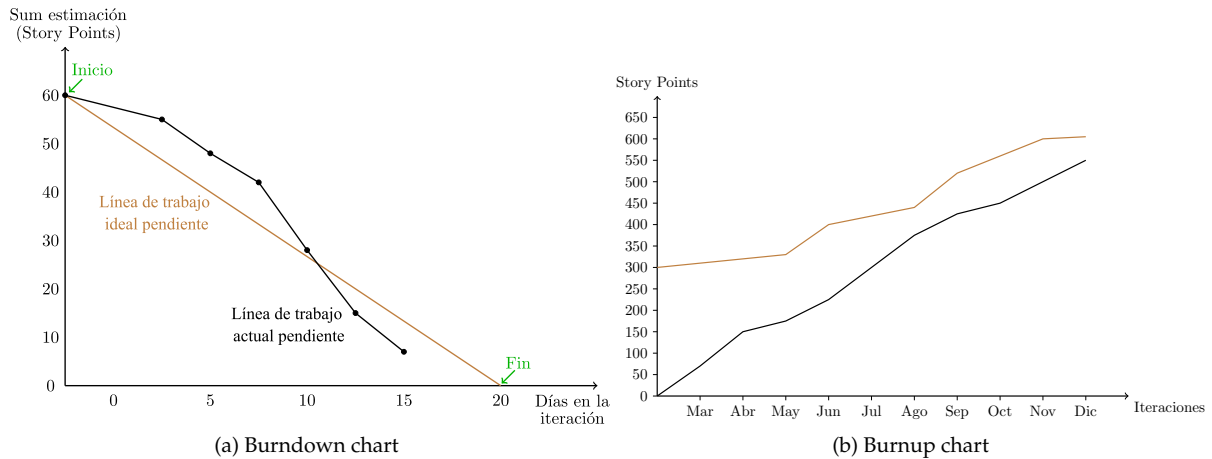


Figura 8.11: Gráficos de quemado

En los equipos ágiles se le da mucha importancia a que si ya hay un grupo formado (de un equipo que está en una etapa de performing), si se acaba el proyecto intentar reutilizar ese mismo equipo en otro proyecto porque ya se empieza en una etapa mucho más avanzada del rendimiento de equipo, que no el meter nuevos miembros.

8.5.1. Gestionar el equipo

Se debe promover el desempeño del equipo mediante la aplicación de inteligencia emocional. En las metodologías ágiles (y, cada vez más, también en el modelo tradicional), los soft skills/inteligencia emocional tienen un gran peso y son muy importantes para conseguir equipos de alto rendimiento y buenos resultados en los proyectos (saber trabajar de manera colaborativa y no tener puntos de conflicto, etc.):

- Evaluar el compromiso mediante el uso de indicadores de la personalidad.
- Analizar los indicadores de personalidad y adaptarse a las necesidades emocionales de los stakeholders clave también para satisfacer las necesidades, requerimientos del proyecto y que estén a gusto durante la ejecución del mismo.

La inteligencia emocional cuenta con 4 aspectos fundamentales (ver Figura 8.12):

1. **Conocerse a uno mismo.** Se necesita conocerse a uno mismo, tener una autoconciencia y un autoconocimiento de cómo se es. Es decir, identificar comportamientos, cuándo se altera, por qué ha pasado, etc., para luego poderlas gestionar.
2. **Gestionar los estados emocionales.** Tener autocontrol, autorregulación y autoconocimiento de uno mismo. Cuando ya se tiene la parte propia trabajada y se es capaz de gestionarse a sí mismo, se hace hacia los demás.
3. **Consciencia social.** Se reconocen las emociones de los demás, se empatiza con otra persona, se es sensible a necesidades, se entiende el entorno y se tiene una consciencia organizacional (valores, principios que sigue).
4. **Habilidades sociales.** Cuando se tiene esa consciencia social, también hay que saber gestionar las emociones en los demás, tener habilidades sociales para poder inspirar a otros, ayudar a crecer a estas personas. Se quiere llegar a ser un líder inspirador para los otros, porque se reconocen sus emociones, lo que les motiva, les preocupa... , entonces se es capaz de hacer crecer a los demás, ser un líder inspirador, ayudarles a que tengan autocontrol, que sepan regularse a sí mismos, y ayudar a la colaboración y el trabajo en equipo para que salga mejor.

Algunos de los soft skills críticos son:

- Saber negociar.
- Tener una escucha activa.

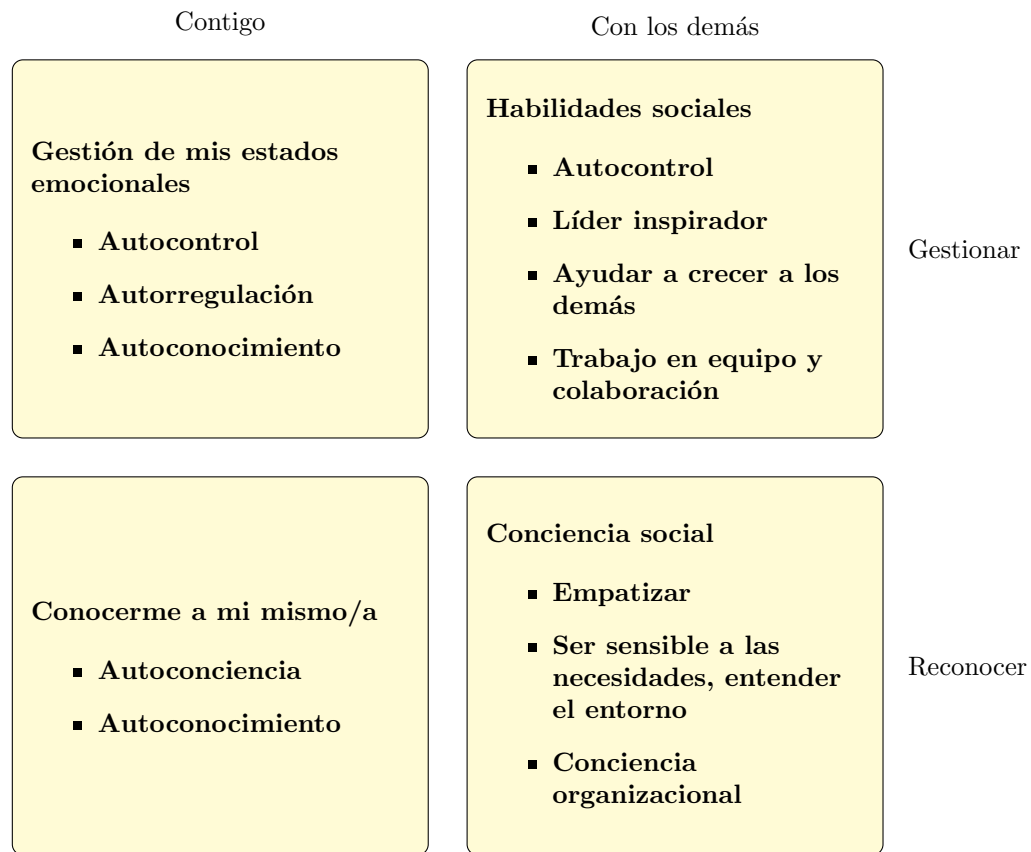


Figura 8.12: Cuadrantes de la inteligencia emocional

- Métodos de facilitación (cómo se hacen las reuniones para que sean efectivas y que no se vayan en tiempos desproporcionados, que haya alguien que controle que se trate el tema en cuestión, etc.).
- Globalización, cultura y la diversidad de equipos.
- Resolución de conflictos.
- Equipos distribuidos (cómo tratarlos para que haya una cohesión, qué herramientas utilizar y cómo se van a gestionar para que se llegue a un punto de performing).
- Modelo de decisión participativa (cómo se va a hacer toma de decisiones, qué va a involucrar).

8.6. Gestión de costes

En los entornos ágiles se utilizan ciclos de trabajo cortos (iteraciones) y/o se trabaja por flujo de valor. Por tanto, no se puede de inicio hacer muchos cálculos en cuanto a definir los costes del proyecto, porque no se conocen. Se parte del product backlog inicial que va creciendo y se le va añadiendo contenido, por lo que en estos proyectos se utilizan rangos de estimación de porcentajes y forecasts a alto nivel, puesto que no se puede controlar realmente el dato exacto de lo que se planificará en el futuro. También, muchos proyectos ágiles se firman como un “time and material”, es decir, una colaboración de cliente y de la parte que ejecuta el proyecto, en la cual se va pagando por iteraciones o por releases cuando se hace una entrega. En general, en este tipo de entornos, que tienen alto grado de incertidumbre y el alcance no está definido del todo, no tiene sentido realizar cálculos de costes muy detallados.

8.7. Gestión de riesgos e incertidumbre

En los entornos ágiles suele haber más incertidumbre y ambigüedad que en los modelos predictivos (en la planificación se hace todo a bajo nivel), lo que supone un mayor nivel de incerteza y riesgo. En el modelo ágil se empieza a trabajar cuanto antes con lo que se tenga, y el propósito es tener revisiones

continuas para ir validando todo lo que se va haciendo, que no sea desperdicio y luego cueste mucho hacer cambios. A medida que se va avanzando, se van descubriendo nuevas cosas. Por tanto, se deben emplear técnicas ágiles como revisiones de las iteraciones incrementales del producto. Los riesgos deben ser identificados, analizados y gestionados en cada iteración. Adicionalmente, los requisitos del proyecto se deben mantener en un documento vivo y actualizarse regularmente, así como ir priorizando el trabajo a medida que avanza el proyecto y se tiene un mayor entendimiento del riesgo asociado.

Se hace una primera identificación de riesgos con el project charter, a nivel también de las historias de usuario con que se va a empezar a trabajar y después a medida que se va avanzando, pues se van gestionando. Al final, hay muchos eventos dentro de un proyecto ágil para poder identificar riesgos y gestionarlos. La casuística aquí es que es el propio equipo quien hace la gestión de los riesgos, como no existe la figura del PM, recae la responsabilidad dentro del equipo. La mayoría utilizan también una matriz de riesgos, donde se pone la exposición del riesgo, el impacto, se hace un análisis cuantitativo y cualitativo para determinar si actuar sobre los riesgos o no. Cuando se hacen las estimaciones de las historias de usuario, las que tengan riesgos asociados se deberá estimarlas con más valor, es decir, ponerle una estimación mayor (más story points, como si fueran más horas en un modelo tradicional), porque se contempla que mientras se está implementando esa historia de usuario puede aparecer un riesgo asociado. Luego se van gestionando en cualquier evento, en esas daily meeting, las revisiones del producto, en la retrospectiva, etc. Además, también existen las "spikes de riesgo" (una spike es un tiempo dedicado/reservado dentro de la iteración para analizar/investigar cosas del proyecto).