

# Gestión de operaciones en obras de construcción y montaje de redes e instalaciones de agua

## Caso práctico



Piqsels ([CC0](#))

**Aitor**, parece no recuperarse, de hecho su estado se ha agravado y ha tenido que ser ingresado en el hospital. Por tanto **Malena** y **Paco** se van a encargar, de momento de gestionar las obras de construcción y montaje de la redes e instalaciones de agua que les han sido adjudicadas por concurso a la empresa dónde realizan las prácticas.

Uno de los condicionantes es que las obras tienen lugar en la Calle Mayor, que es una de las calles principales del municipio de unos 10.000 habitantes, y dentro de 6 meses comienzan las fiestas del Patrón. La Calle Mayor es escenario de procesiones y otros eventos. Al final de la calle, durante las fiestas se instala un escenario dónde tienen lugar diversos conciertos. Además la calle suele estar muy concurrida en esas fechas ya que en ella se ubican numerosos bares, comercios y restaurantes, que concentran la vida social del municipio durante las fiestas del Patrón. Por ésta razón, el ayuntamiento quiere que las obras finalicen antes de dicha fecha. En las bases del concurso se dispone una penalización económica por retraso en la entrega.

Hoy se han reunido **Paco** y **Malena** con el arquitecto municipal, con él han hablado de muchos temas que afectan a la obra, pero sobre todo, el arquitecto municipal les ha transmitido sus inquietudes por los plazos.

Tras la reunión **Paco** está algo nervioso ya que no está acostumbrado a planificar los procesos de obras de construcción y montaje de instalaciones de redes de agua, y menos con prisas. De todos modos, **Malena** le reconforta comentándole que **David** les puede echar una mano y, además, todo se puede simplificar aplicando lo que aprendieron en el módulo “Gestión de operaciones, calidad y medioambiente” que cursaron el año pasado. Allí desarrollaron herramientas de planificación que permitían estimar los tiempos de ejecución de proyectos en base a las actividades de los mismos.

La ayuda de **David** va a ser muy importante pues, en base a su experiencia, él es el que mejor puede estimar la duración de cada actividad así como los recursos de mano de obra y equipamiento necesarios para su ejecución. Una errónea estimación de dichos parámetros puede llevar al traste la ejecución de las obras de construcción y montaje de instalaciones de redes de agua, con los consiguientes problemas para la empresa. **Paco** y **Malena** van a tratar de sacar partido de esta información y realizar una planificación realista ayudados por herramientas como el diagrama PERT y el diagrama de Gantt, los cuales se describirán con detalle en la presente Unidad de Trabajo.



**Materiales formativos de FP Online propiedad del Ministerio de Educación y Educación Profesional.**

[Aviso Legal](#)

# 1.- Planificación de obras de construcción y montaje de redes e instalaciones de agua

## Caso práctico

**Malena y Paco**, saben que van muy ajustados de tiempo en la



Piqsels ([CC0](#))

planificación, por eso aprovechan todo momento para trabajar, no quieren dejar nada al azar, ya que cualquier circunstancia que supusiera un retraso en las obras de construcción y montaje de redes, podría provocar un retraso en la entrega del proyecto terminado al cliente, que en éste caso es el Ayuntamiento de una localidad de unos 10.000 habitantes, y finalmente podría suponer numerosas pérdidas económicas para la empresa, además de un deterioro de la imagen de la empresa.

**David** regresa para tranquilizarles:

-!Calma chicos!, sabéis más de planificación de lo que creéis, acaso ¿No estudiasteis con **Aitor** el proyecto para postular la oferta de la empresa ante el ayuntamiento?- les pregunta **David**

-Sí- responden **Malena y Paco**

-¿No hemos diseñado ya un plan de trabajo para la obra?

-Sí- asienten al unísono

-¿Están establecidos los materiales, máquinas, proveedores y estudiado el aprovisionamiento?-

-Sí- contestan **Malena y Paco**

-¿Sabéis algo de



Piqsels (CC0)

planificación? ¿Conocéis algunas herramientas y técnicas que os puedan ayudar a planificar?-

-Sí, estudiamos diversas Técnicas y herramientas de planificación, en el módulo Gestión de operaciones, calidad y medioambiente- responde **Paco** aliviado

-Es cierto, en el módulo aprendimos cómo realizar una EDT (estructura de desglose del trabajo), también aprendimos a diseñar diagramas de Red y cronogramas- apunta **Malena**

-Entonces estamos en disposición de empezar a planificar. Tomaos vuestro tiempo en planificar, la razón del fracaso de muchos proyectos es la improvisación. A lo largo de mi vida profesional he visto a muchos que comenzaban el proyecto presionados por la urgencia, sin la suficiente reflexión previa, muchas veces en base a suposiciones y a un exceso de confianza basado en su "experiencia" que les da la capacidad necesaria para ir enfrentándose a los problemas según vayan surgiendo, ¡qué equivocados!. Os puedo decir que no es posible una ejecución correcta sin una planificación previa. En una obra de éstas características siempre surgirán imprevistos o contratiempos con los que tendremos que lidiar-asevera **David**

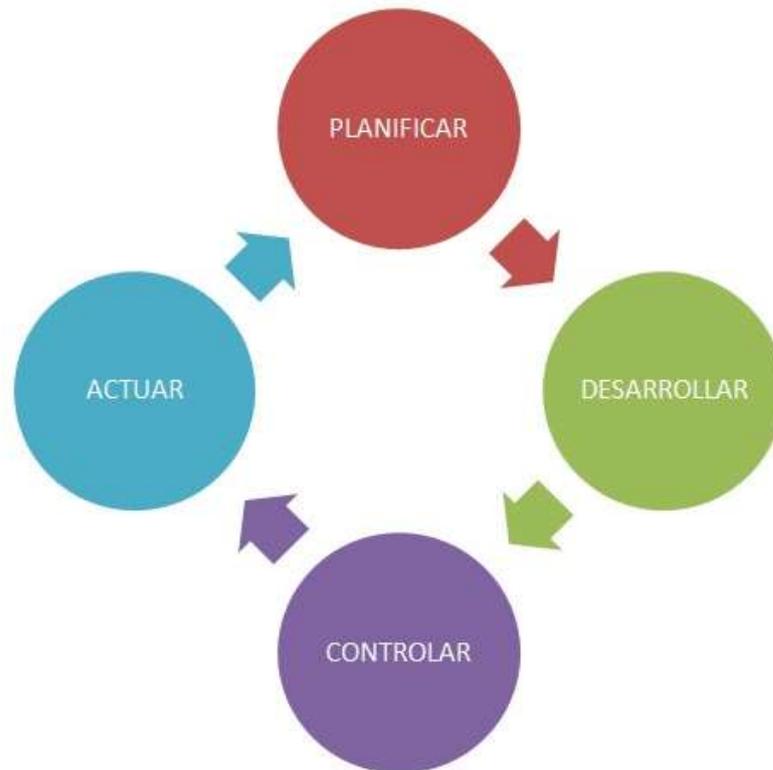
¿Qué es la gestión de un proyecto?

El proceso para administrar el tiempo de ejecución de un proyecto se denomina gestión de proyecto y se centra en la definición de las actividades, su secuencia y duración. La gestión del proyecto incluye todos los métodos, las técnicas y las competencias necesarias para terminar el proyecto. El ciclo PDCA representa el proceso de gestión de proyectos:

### **El ciclo PDCA**

El ciclo PDCA (planificar-desarrollar-controlar-actuar) se basa en el principio de mejora continua. Su representación gráfica muestra que el trabajo de planificación y control es una constante en toda empresa: no se puede pensar en una planificación inicial que no se actualiza sistemáticamente.

La importancia del ciclo está en demostrar al equipo del proyecto, que no es suficiente con planificar. No basta con establecer la metodología, los plazos y los recursos necesarios, sino que además, es necesario controlar las actividades y comparar los resultados reales con los deseados.



Laura Mateo Iturria ([CC BY-SA](#))

Dada la diversidad de variables involucradas, como son: la mano de obra, los materiales, el clima, las interferencias, los trabajos que hay que rehacer y las pérdidas de productividad. El ciclo PDCA se integra perfectamente en el mundo de la construcción, sus etapas son:

**Planificar**, consiste en establecer los objetivos, definir el plan de trabajo y organizar el equipo. Es una visión del conjunto de actividades que deben desarrollarse en un proyecto. Incluye la Programación, que sucede cuando al proyecto se le asocia el factor tiempo, es decir, cuando se calcula la duración de las diferentes actividades, su inicio y terminación. Planificar consiste en asignar personas, dinero y suministros a actividades específicas, así como relacionar las actividades entre sí. La planificación es la intención de las actuaciones del constructor, se intenta predecir la lógica constructiva y sus relaciones, para lo que se generan informaciones de objetivos físicos y plazos.

**Desarrollar**, en este paso se trata de trasladar lo planificado a la realidad, pero lo que pasa en obra no necesariamente refleja lo que se planeó, bien sea porque la planificación no era realista y por tanto imposible de aplicar o por circunstancias ajenas al control de la constructora. Los proyectos de obras y montaje de instalaciones tienen sus propias características: el producto resultante es único y se realiza una sola vez en un centro de producción que además es nómada, hasta que no se acaba no se sabe exactamente cómo será el resultado ni su precio, los procesos productivos son heterogéneos, los productos se realizan en muchos sitios y en circunstancias diferentes, etc.

**Controlar**, en esta etapa comparamos lo ejecutado con lo planeado, se debe señalar las diferencias en costes, tiempo, recursos y calidad. En esta fase se generan indicadores del desempeño real, se debe dejar constancia de las productividades, ya que representa las

condiciones sobre el terreno, es decir, las circunstancias bajo las que se ha llevado a cabo la obra.

**Actuar**, si los resultados obtenidos en la obra se desvían, se deben investigar las causas para neutralizarlas, haciendo las modificaciones necesarias, de acuerdo a las circunstancias. En las situaciones en las que no hay desvíos significativos en este cuadrante se debe aprovechar como oportunidad para valorar la posibilidad de reducir el plazo de la obra, aplicando así el principio de mejora continua.

El ciclo PDCA, se recorre varias veces hasta finalizar la obra. Pero existe un punto de comienzo tras la planificación inicial, en la que se programa el completo alcance del proyecto. Del mismo modo, existe un punto final tras el último de los controles, que si todo está correcto, coincidirá con la prueba de puesta en marcha de la instalación.

Muchas personas confunden el cronograma del proyecto con su planificación, lo que es erróneo. La planificación del proyecto es un proceso que afecta al alcance, coste, recursos, tiempo, etc. Mientras que el cronograma es el documento resultado del proceso de planificación temporal del proyecto, el cual está influido por la planificación del resto de puntos. Debemos tener claro que si en nuestros proyectos planificar es únicamente hacer el cronograma, nuestros proyectos no están planificados.

## Citas Para Pensar

Planifique anticipadamente: Noé construyó el Arca cuando no llovía  
*Cardenal Richard C. Cushing (1885-1970). Prelado estadounidense*

## Para saber más

Aquí tienes un enlace para que conozcas la guía PMBOK (elaborada por el PMI -Project Management Institute-) y su papel en la Gestión de proyectos. [La guía PMBOK](#)

## Autoevaluación

Indica que afirmación es la correcta en el ciclo PDCA

- consiste en planificar, definir, controlar y desarrollar
- Finaliza con el último de los controles.

- Consiste en planificar, desarrollar, actuar y controlar
- Tiene en cuenta únicamente los plazos y la metodología
- Se basa en el principio de crecimiento continuo

Incorrecto. No es definir si no desarrollar

Opción correcta

Incorrecto, se actúa después de la fase de control, donde se ven las deficiencias o errores

Incorrecto, además tiene en cuenta otros aspectos.

Incorrecto, Se basa en el principio de mejora continua

## Solución

1. Incorrecto
2. Opción correcta
3. Incorrecto
4. Incorrecto
5. Incorrecto

# 1.1.- Aspectos generales de la planificación de obras de construcción y montaje de redes e instalaciones de agua

---



Licencia: [CC0](#)

Debes tener en cuenta que la planificación define de forma concreta la materialización del proyecto, que generalmente corresponde al plan de construcción de la obra en sus etapas más gruesas. La planificación se realiza por fases, en cada fase nos acercamos de forma progresiva a la planificación final antes de empezar la ejecución de la obra, que dará como resultado el cronograma inicial. Se puede decir que fundamentalmente hay dos fases.

## Planificación Preliminar

En una primera fase de la planificación o planificación preliminar, se han de fijar unos parámetros que pueden agruparse de la siguiente manera:

- Fijar los objetivos generales
- Identificar las políticas de empresa que afectan al proyecto (calidad, medioambiente, etc.)
- Identificar la normativa que afecta al proyecto
- Reconocer actividades y procesos requeridos para la ejecución del proyecto.
- Agrupar actividades en paquetes y designar sus correspondientes responsables.
- Establecer el organigrama.
- Definir proveedores.

Al finalizar esta fase, se puede decidir si ciertos paquetes de actividades se pueden subcontratar. Otro aspecto importante de la planificación, como consecuencia de una buena organización, es la capacidad de idear tanto el Plan de trabajo, como el presupuesto oficial de la empresa.

## **Programación de obra**

Una vez finalizada la planificación preliminar, a través de la programación se configuran los pormenores de la puesta en marcha de la obra se ordenan secuencialmente todas las actividades necesarias para ejecutar un proyecto teniendo en cuenta su interdependencia y la disponibilidad de recursos. La programación de obras construcción y montaje de redes e instalaciones de agua nos permite diseñar el desarrollo de la obra, y de esta manera asignar los recursos necesarios para cada actividad. Es en ésta fase cuando se determina la duración, la fecha de inicio y de fin de cada actividad. Como resultado obtenemos el tiempo total que se necesita para la ejecución de la obra completa, hacerlo de modo contrario es decir partiendo de un tiempo determinado dónde hay que meter nuestras actividades con calzador, sólo traerá malos resultados. Aunque en muchos casos la fecha es una condición de partida, por ejemplo una canalización para la infraestructura de unos edificios para albergar juegos olímpicos, pero en ese caso tampoco hay que dejar de ser realistas, hay que medir la duración exacta de las obras y si con el tiempo disponible no llegamos, se pueden implementar técnicas de aceleración del proyecto (que estudiaremos más adelante) que se pueden traducir en trabajar horas extra, contratar más personal. Así mismo hay que identificar las tareas fundamentales o críticas y las que disponen de cierta flexibilidad en el tiempo.

Los objetivos que se pretenden para el proyecto a través de la programación son:

1. Cumplir plazos de ejecución.
2. No superar el presupuesto previsto.
3. Cumplir con los parámetros de calidad.
4. Cumplir con la funcionalidad prevista.
5. Suponer el menor coste financiero posible.
6. Optimizar la mano de obra.
7. Optimizar el empleo de máquinas y equipos.
8. Evitar tiempos muertos y paralizaciones.

## 1.2.- Técnicas y herramientas de planificación.



Licencia: [CC0](#)

Te estarás preguntando ¿Cómo podemos llevar a cabo la planificación del proyecto? ¿Existen métodos para hacerlo? ¿Existen técnicas o herramientas que nos ayuden a planificar?

Sin lugar a dudas, uno de los puntos críticos de cualquier tipo de proyecto es la etapa de planificación del mismo. Los procesos que componen la etapa de planificación, configuran el cuerpo principal de la Gestión de Proyectos, ya que mediante estos procesos, se definen los objetivos y se planifican las acciones necesarias para alcanzar dichos objetivos. Las técnicas de planificación de proyectos, serían por tanto, todas aquellas herramientas que en el marco de la Gestión de Proyectos permiten lo siguiente:

- Especificar los objetivos del proyecto. Definidos en el alcance del mismo.
- Estructurarlo en actividades y tareas. Mediante el Método EDT.
- Establecer la secuencia, prioridades y dependencia. Relaciones de precedencia entre tareas.
- Estimar la duración de dichas tareas.
- Definir los recursos disponibles.
- Definir el presupuesto admisible.

Podemos agrupar las Técnicas de planificación en dos grandes grupos:

1. Las técnicas basadas en la Ruta Crítica: PERT/CMP y Roy.
2. El diagrama de Gantt

Dichas técnicas se analizarán en los apartados siguientes pero tienen un aspecto en común: todas ellas gestionan actividades de un proyecto. De todos modos, para aplicar dichas herramientas, es necesario caracterizar previamente las actividades con los siguientes parámetros:

Tiempo de ejecución: estimación del tiempo necesario para la realización de la actividad, para el cual es muy útil tener datos históricos o experiencia en montajes análogos.

Recursos: equipamiento y mano de obra necesarios para la ejecución de la actividad. Se pueden dividir en

Humanos: perfil de la mano de obra necesaria para ejecutar la actividad.

Materiales: equipamiento y herramientas necesarias para ejecutar la actividad.

Condiciones de seguridad: medidas de prevención de riesgos asociados a la ejecución de la actividad (EPIs, etc.).

Antes de ver brevemente las técnicas específicas más utilizadas en la Planificación de Proyectos, es necesario hacer referencia al trabajo previo que hay que realizar con otros tipos de técnicas más generalistas. Estas técnicas, son herramientas imprescindibles en la fase de planificación del mismo. Son muy útiles inicialmente para definir la estructura de las actividades del proyecto y la temporalidad de las mismas. Nos referimos al Método EDP y a los Diagramas de Gantt.

Hasta ahora hemos visto la importancia de la planificación, su utilidad y los objetivos que persigue. Llegados a este punto, vamos a ver cómo podemos planificar, con qué herramientas contamos para elaborar el Buenos días o por haber si vamos a la playa luego pudiera calidad de los ella unplan de trabajo.

La planificación debe de seguir un guión:

1. Identificación de las actividades.
2. Definición de las duraciones y costes de cada actividad.
3. Establecimiento del orden de actividades.
4. Diseño del diagrama.
5. Interpretación del resultado.

## Autoevaluación

**De entre los siguientes términos, marca aquellos que describan tipologías de recursos empleados para la ejecución de las actividades de un proyecto.**

Estéticos.

Técnicos.

Humanos.

Materiales.

Mostrar retroalimentación

## Solución

1. Incorrecto
2. Incorrecto
3. Correcto
4. Correcto

## Debes conocer

En el siguiente enlace encontrarás las técnicas más empleadas en planificación. [Técnicas de planificación y programación](#)

## 1.2.1.- Estructura de Desglose del trabajo

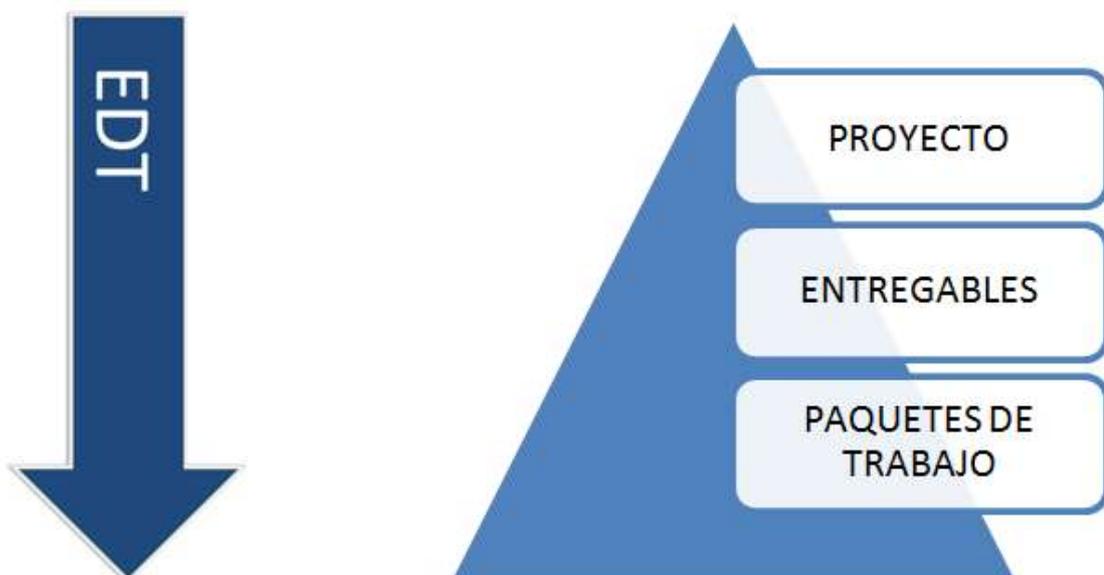
¿Cuál es el primer paso para empezar a planificar?

El primer paso en la planificación de obras de construcción y montaje de redes e instalaciones de agua es identificar las actividades, que estructurarán la planificación del proyecto.

Esta etapa requiere una especial atención ya que descompone el alcance total del proyecto en tareas más sencillas y fáciles de gestionar. En adición a los requerimientos, es recomendable desarrollar un documento donde se establezca la descripción detallada del proyecto y en el cual se defina explícitamente lo que forma parte del proyecto, y lo que no forma parte de este.

La identificación de actividades no debe ser labor de una sola persona. Todos los involucrados en la ejecución del proyecto deben colaborar y contribuir. En este momento es muy importante la colaboración de los trabajadores con mayor antigüedad, ya que su experiencia les proporciona una mayor casuística de situaciones a las que se han enfrentado y son capaces de anticipar problemas que se pueden dar en un futuro. Las actividades que no se hayan planificado no aparecerán en el plan de trabajo causando retrasos y sobrecostos posteriormente.

Subdividir el proyecto en actividades no es una tarea sencilla, requiere una minuciosa lectura de los planos y de los informes pertinentes, también es necesario entender bien los procesos constructivos, finalmente hay que ser capaz de agrupar las tareas de la obra en pequeños paquetes de trabajo, medibles y abarcables.



[Laura Mateo Iturria \(CC BY-SA\)](#)

La Estructura de desglose del trabajo o EDT (también conocida por sus siglas en inglés WSB), es una representación gráfica de la descomposición del alcance total del proyecto en partes más pequeñas, donde en cada nivel se subdivide el elemento del nivel superior en sus elementos componentes. La subdivisión se realiza hasta alcanzar el nivel de actividad

de trabajo, es decir el nivel de paquetes de trabajo, que a su vez contendrán actividades y tareas, el cual es posible planificar y controlar como elemento. De ésta forma conseguimos asignar duraciones y recursos a las actividades y facilitar la atribución de responsabilidades. Aunque como vemos se podría seguir subdividiendo hasta el nivel de actividades, no conviene complicar la EDT, ya que eso complicaría la ejecución y el control. La EDT se deja hasta el nivel de responsabilidad de un encargado o de un trabajador.

Otra función de la EDT es establecer cuales componentes deben irse realizando para completar un entregable determinado hasta llegar a el proyecto como la suma de sus paquetes de trabajo. Debe notarse que la EDT no es una lista de actividades, más bien tiene una orientación a producir elementos tangibles en el proyecto, conocidos como entregables, tal como se ha mencionado.

Aunque en la unidad anterior hemos escogido el orden cronológico de ejecución como criterio para configurar la sucesión de actividades, la división de la obra puede responder a otros criterios. Si se estudia el plano de planta general de un proyecto, se verá la conveniencia de dividir la obra en secciones para su ejecución. Algunos de los motivos que influirán en la elección de las secciones pueden ser: la diferente ubicación de los tajos, el que se ejecuten con distinto equipo de construcción (subcontratas), que los operarios sean de especialidades diferentes y que deban ejecutarse en distintas épocas.

En un mismo proyecto hay muchas maneras de organizar la EDT, entre otras:

- Descomposición en partes físicas
- Descomposición por capítulos.
- Descomposición por oficios.
- Descomposición por contratos.

Dos personas diferentes nos darían dos EDT diferentes, pero lo importante es que quede cubierto el 100% del alcance de la obra.

## Debes conocer

Este vídeo te ayudará a fijar a expandir tus conocimientos acerca de la EDT. [Creación de la EDT](#)

## 1.2.2.- Duración de las actividades

---



Licencia: [CC0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Probablemente tras leer el punto anterior te estés preguntando: ¿Es posible cuantificar la duración de las actividades? ¿Cómo podemos hacerlo?

El siguiente paso tras identificar las actividades del alcance del proyecto es determinar duración. A pesar de que la duración es siempre una estimación y por lo tanto está sujeta a cierto margen de error, no es menos cierto que en actividades habituales y repetitivas, por tanto conocidas, la duración se puede decir que también es conocida. En cambio para nuevas actividades, con nuevos procesos de los que no se tienen datos históricos que nos sirvan de referencia, el margen de error será mayor. La confianza que merece la planificación reside principalmente en dos parámetros: la duración y la lógica.

La duración es el tiempo necesario para la ejecución completa de una actividad. La unidad de trabajo mínima en la planificación para la construcción es un día, aunque es muy común utilizar la semana laborable. Es recomendable asignar duraciones para cada actividad, independientemente del resto de actividades, bajo el supuesto de suficiente disposición de materiales, mano de obra y equipos. Las restricciones respecto a la disposición de recursos se deja para una segunda fase de nivelación.

Entre los factores que pueden afectar a la duración están:

- El nivel de conocimiento de la tarea, si es una tarea nueva costará más que una conocida, ya que se necesita un tiempo para familiarizarse.
- El grado de experiencia del equipo, un equipo experto y muy coordinado, realizará la labor en menos tiempo.
- Envergadura de la tarea, aquí también se produce una economía de escala contra mayor es la tarea, menos tiempo se invertirá en ella proporcionalmente.
- La logística, la duración de la actividad puede reducirse con un adecuado apoyo logístico que garantice que los trabajadores no pierden tiempo por falta de material, maquinaria defectuosa o largos desplazamientos.

Hay actividades que tienen una duración fija por ejemplo: el transporte de material o personal a una determinada distancia, sin embargo hay otras actividades cuya duración se puede variar función de los recursos que se le asignen.

## Productividad, rendimiento y producción

La productividad es un concepto afín a la Economía, que se refiere a la relación entre la producción de una persona o de un equipo, es decir la cantidad de producto que es capaz de fabricar y el tiempo empleado en su producción. En este sentido, la productividad es un indicador de la eficiencia productiva. Cuanto más productivo es un recurso, menos tiempo necesita para cumplir la tarea. El rendimiento es inverso de la productividad y representa la cantidad necesaria de un recurso para ejecutar una unidad de medida de obra, p.e: h/m<sup>2</sup> o días/m<sup>3</sup>...En edificación es habitual utilizar como parámetro el rendimiento, sin embargo en obra civil, es la productividad el parámetro empleado.

Por ejemplo, un equipo formado por una apisonadora, una motoniveladora, dos camiones cisternas y un tractor con rastra de discos puede tener una productividad de 280 m<sup>3</sup> cúbicos de terraplén compactado por hora.

Si disponemos de la productividad y el rendimiento, es muy sencillo calcular la duración.

- Duración= producción x rendimiento
- Duración= producción/productividad

En muchas situaciones no se pueden añadir más y más recursos ilimitadamente para aumentar la productividad, por ejemplo en una zanja, no se pueden añadir más y más operarios ya que se estorbarían unos a otros y disminuye la productividad. Este equilibrio se denomina como TRADE-OFF entre el personal y la duración.

## Ejercicio Resuelto

Para la actividad de colocación de 200 metros de tubería de PVC, tenemos que los rendimientos de instalador y ayudante son de 0,8 y 1,6 h/m respectivamente. Determinar:

-La productividad de cada recurso y de la cuadrilla básica

-La duración de la actividad (calculada en días)sabiendo que se utilizaran 5 cuadrillas

[Mostrar retroalimentación](#)

Solución:

La productividad es la inversa del rendimiento:

-Instalador:  $1/0,8$  (h/m)=1,25m/h, es decir, 10m/día

-Ayudante:  $1/1,6$  (h/m)=0,625 m/h, es decir, 5m/día

**La cuadrilla será óptima si tenemos 1 instalador y 2 ayudantes**

Si se utilizan 5 cuadrillas, la duración es:

-Trabajo=  $200\text{m} \times 0,8(\text{h/m})=160\text{ h}$ , necesitamos que los instaladores trabajen un total de 160 horas, como tenemos 5 cuadrillas con un instalador cada una, tendremos 5 instaladores

-Duración (días)= $160\text{horas} / (5\text{cuadrillas de } 1\text{ instalador} \times 8\text{ horas al día})=4\text{ días}$

**Para terminar la actividad necesitamos 4 días de trabajo de 5 cuadrillas de 1 instalador y 2 ayudantes**

## Autoevaluación

En una obra se realiza una zanja, y se sabe que el rendimiento de la excavadora es de  $0,019\text{ h/m}^3$

El vertedero está a  $1\text{ km}$ , y el rendimiento del camión es; en circulación es de  $0,047\text{ h/m}^3$  y en espera es de  $0,008\text{ h/m}^3$

¿cuantos camiones se necesitan para que la retroexcavadora funcione de una manera lo más óptima posible

- 1
- 2
- 3

Incorrecto, se necesitan 3 camiones

$(0,047+0,008)/0,019=2,89$  camiones, por aproximación 3

Incorrecto, se necesitan 3 camiones

$(0,047+0,008)/0,019=2,89$  camiones, por aproximación 3

Opción correcta

## Solución

1. Incorrecto
2. Incorrecto
3. Opción correcta



## 1.2.3.- Relación entre actividades. Predecesoras y sucesoras.

---

Una vez identificadas las actividades que componen la totalidad del proyecto lo siguiente que debes hacer es establecer la secuencia lógica que siguen dichas actividades, tal como se ha hecho en la anterior unidad, hay que establecer la relación que existe entre dichas actividades, el tipo de dependencia o precedencia que las vincula.

El cronograma se ve afectado por la secuencia definida, por ello hay que ser muy riguroso en este paso. El establecimiento de la duración y la interdependencia de actividades son los puntos clave de la planificación. En este punto es muy importante el sentido común, la lógica constructiva y por supuesto, la experiencia.

Hay actividades que necesitan que haya finalizado completamente la actividad que la precede para poder iniciarse. Son lo que se conoce en como actividades predecesoras y sucesoras. Por ejemplo si tenemos por este orden tres actividades: A, B y C. Respecto a la actividad B, la actividad A será su predecesora y la actividad C será su sucesora.



[Laura Mateo Iturria \(CC BY-SA\)](#)

De lo anterior se deduce, que las actividades finales no tendrán sucesoras, del mismo modo las actividades iniciales no tendrán predecesoras.

a tabla de precedencias es la lista donde se definen y registran las actividades y sus interdependencias suelen tener tres columnas:

- identificación o código de la actividad, persona representada por una letra o un número
- actividad, se denomina con la misma definición que en la EDT

Los Nodos o hitos son actividades de duración nula que no representan acciones como tales, pero que resultan cómodas para picar situaciones en las que un gran número de actividades comienzan o terminan. Sirven para determinar grandes fases de la planificación, como el inicio, el final, y los puntos en los que se deben realizar determinados pagos. Los hitos, se vinculan a los entregables de la EDT.

TABLA DE PRECEDENCIAS		
ACTIVIDADES	PRECEDENCIAS	DURACION
A	-	3
B	A	3
C	A	5
D	A	6
E	B,C	7
F	D	2

[Laura Mateo Iturria \(CC BY-SA\)](#)

## Autoevaluación

Según lo aprendido y fijándote en la tabla de arriba marca las respuestas correctas

- La actividad C tiene como predecesora a la B

.....

- La actividad B es predecesora de la E

.....

- La actividad final no tiene predecesora

.....

- La actividad A es predecesora de la B,C,D

.....

- La actividad E es sucesora de B y C

.....

Mostrar retroalimentación

# Solución

1. Incorrecto
2. Correcto
3. Incorrecto
4. Correcto
5. Correcto

## 1.2.4.- Diseño del diagrama de red. Métodos de Ruta crítica

---

Una vez definidas las actividades, establecidas las relaciones entre ellas, los pasos siguientes que tienes que dar son:

- Dibujar la red que conecta todas las actividades.
- Asignar las duraciones calculadas
- Calcular el camino de mayor duración de la red. El denominado camino o ruta crítica.

El diagrama de redes es la herramienta utilizada para la planificación de proyectos y que permite la representación gráfica del proyecto así como la estimación de la duración mínima del mismo.

Hay dos tipos de diagramas de red, aunque son muy parecidos y tienen las mismas finalidades, cuentan con algunas peculiaridades propias, esencialmente en su representación :

### DIAGRAMAS DE FLECHAS. METOS PERT/CMP

La base de funcionamiento es la siguiente, sobre las flechas se sitúan las actividades, que acaban y comienzan en los nodos, el nodo es la ocurrencia de un evento, es un estado, es instantáneo.



[Laura Mateo Iturria \(CC BY-SA\)](#)

Hay que tener ciertas reglas en cuenta:

- No se pueden representar dos o más actividades que comiencen y finalicen en los mismos nodos. En ese caso se emplearán actividades ficticias, las actividades ficticias no consumen tiempo, se representan por flechas de trazado discontinuo.
- la misma actividad no puede partir de dos nodos diferentes.
- Las actividades no deben quedar sueltas

### DIAGRAMAS DE BLOQUES. METODO ROY

En éste sistema , las actividades se representan por bloques, que se conectan por flechas, las flechas son las que muestran las relaciones de dependencia. No existe el concepto nodo o evento. Es una concepción más moderna del diagrama de flechas que el PERT/CMP.



[Laura Mateo Iturria \(CC BY-NC-SA\)](#)

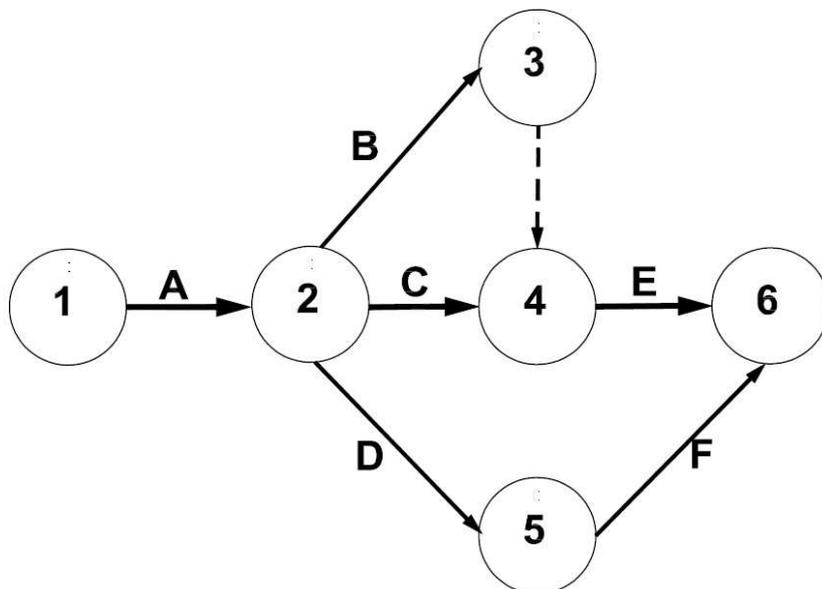
## METODO DE LA RUTA CRITICA

Vamos a representar el diagrama de redes, basándonos en la tabla de precedencias del capítulo anterior, y lo haremos de las dos formas que hemos aprendido, por diagrama de flechas y por diagrama de bloques.

TABLA DE PRECEDENCIAS		
ACTIVIDADES	PRECEDENCIAS	DURACION
A	-	3
B	A	3
C	A	5
D	A	6
E	B,C	7
F	D	2

[Laura Mateo Iturria \(CC BY-SA\)](#)

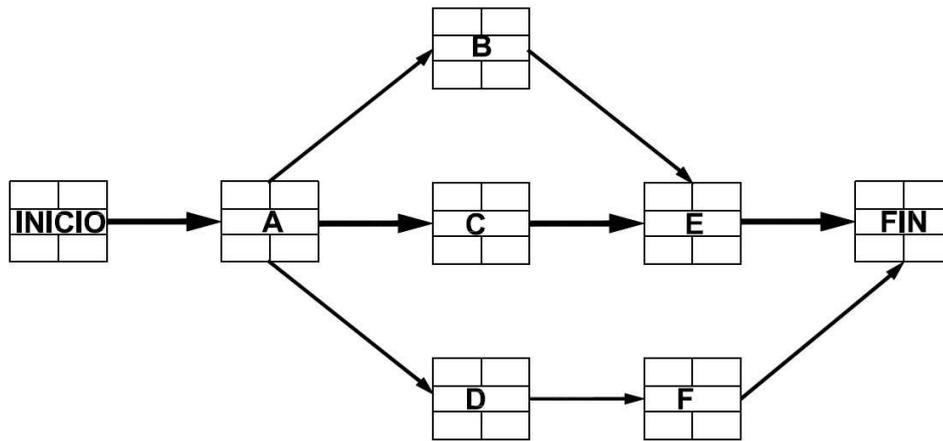
La construcción del grafo de la red de flechas se inicia en un vértice que representa el suceso inicio del proyecto y termina en otro vértice que representa el suceso fin del proyecto. La imagen adjunta describe lo anterior.



[Laura Mateo Iturria. DIAGRAMA DE FLECHAS \(CC BY-SA\)](#)

Para mayor comodidad el diagrama de bloques comenzará con un bloque de inicio y terminará con un bloque de final, ninguno de los dos bloques, contienen ninguna actividad. Las actividades se representan

dentro de cada bloque, como se indica en la imagen de abajo.



[Laura Mateo Iturria](#). DIAGRAMA DE BLOQUES (CC BY-SA)

Como se puede observar, tanto de una manera como de otra la ruta crítica es la misma (ruta regresada). La ruta crítica es la de la siguiente secuencia de actividades A-C-E.

## Autoevaluación

**Rellena los espacios en blanco con los conceptos adecuados.**

La holgura total de una actividad se calcula al restar al tiempo  del suceso final el tiempo  del suceso inicial y la  de la actividad.

La holgura total de una actividad se calcula al restar al tiempo LAST del suceso final el tiempo EARLY del suceso inicial y la duración de la actividad.

## Autoevaluación

Del ejemplo expuesto ¿Sabrías decir qué duración mínima tendrá el proyecto?

- 11
- 15
- La suma de todas las actividades, es decir 26

La ruta crítica marca la duración mínima del proyecto, y es igual a la suma de las duraciones de las actividades que componen la ruta crítica, es decir;  $A-C-E = 3+5+7$ , por tanto la duración del proyecto del ejemplo de arriba será de 15, no se especifican unidades.

Opción correcta

*La ruta crítica marca la duración mínima del proyecto, y es igual a la suma de las duraciones de las actividades que componen la ruta crítica, es decir;  $A-C-E = 3+5+7$ , por tanto la duración del proyecto del ejemplo de arriba será de 15, no se especifican unidades.*

## Solución

1. Incorrecto
2. Opción correcta
3. Incorrecto

## Debes conocer

El método PERT y El CMP, son muy parecidos, aprende sus diferencias. [Diferencias entre PERT y CMP](#)

## 1.2.5.- Holguras en el diagrama de Red

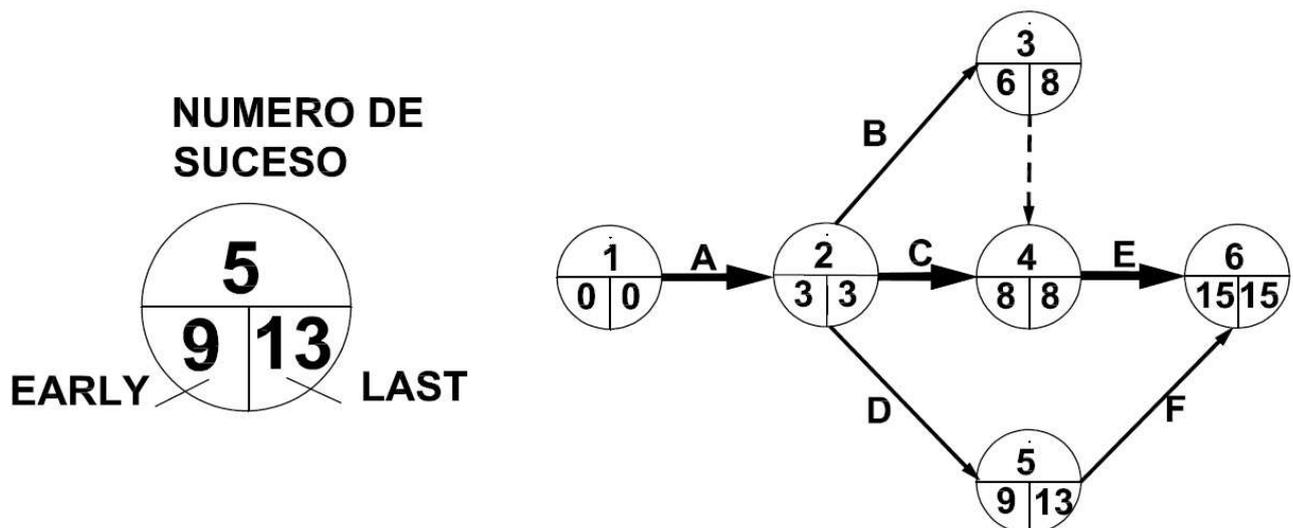
Una vez tienes definidas las actividades con sus duraciones y las relaciones de vinculación entre ellas, conforme a la lógica racional, y una vez que has terminado de construir el diagrama de red, el paso siguiente que debes dar es calcular la ruta crítica, que es el tiempo mínimo de duración del proyecto. Las actividades que forman parte de la ruta crítica son las denominadas actividades críticas y no se pueden demorar ni en su comienzo ni en su finalización, dado que supondría un retraso en la finalización del proyecto. Simultáneamente a la realización de actividades críticas, pueden darse en el proyecto actividades no críticas, que son aquellas que no forman parte de la ruta crítica. Las actividades no críticas tienen cierto margen para comienzo o finalización, sin que ello afecte a fecha final programada de entrega del proyecto, a este margen es al que se denomina **Holgura**, y la holgura se puede calcular.

Para calcular las holguras de las actividades, primero deberemos calcular los tiempos EARLY (tiempo más pronto posible) y LAST (tiempo más tarde permisible), de cada actividad, que es calcular las fechas en las que se puede realizar cada una de las actividades. Aquí encontramos pequeñas diferencias entre los diagramas de flechas y los diagramas de bloques.

### DIAGRAMA DE FLECHAS. TIEMPOS EARLY-LAST

El tiempo EARLY representa el tiempo mínimo que hemos de emplear para poder comenzar cualquier actividad que salga del suceso. El tiempo EARLY del suceso inicial es cero y, para el resto de actividades, se calcula así:

- Seleccionar todas las actividades que llegan al suceso.
- Para cada actividad que entra, sumar la duración de la actividad y el tiempo EARLY de su suceso inicial.
- Seleccionar el tiempo EARLY más alto que se obtenga.



[Laura Mateo Iturria \(CC BY-SA\)](#)

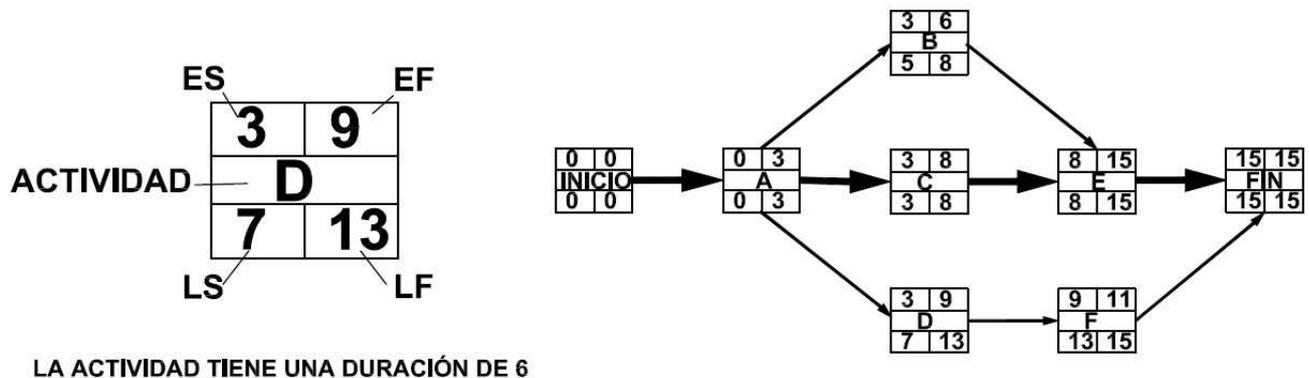
El tiempo LAST representa lo más tarde que puede llegar a ese suceso sin afectar a la duración del proyecto. El suceso fin del proyecto tiene un tiempo LAST igual al EARLY y, para el resto de actividades, se calcula así:

- Considerar todas las actividades que salen del suceso.
- Restar al tiempo LAST del suceso final la duración de cada actividad.
- Seleccionar el menor tiempo LAST que se haya obtenido.

## DIAGRAMA DE BLOQUES. TIEMPOS ES-EF LS-LF

En el diagrama de bloques tenemos 2 EARLY y 2 LAST. El tiempo de inicio más temprano, conocido ES (Early Start en inglés) es la fecha más temprana en que se puede iniciar una actividad. Para las primeras actividades del proyecto esta fecha es la fecha de comienzo del proyecto. El tiempo de terminación más temprano, conocido como EF (Early Finish en inglés) deriva del anterior, y es el tiempo de inicio más temprano más la duración de la actividad ( $EF = ES + \text{duración actividad}$ ).

El tiempo de terminación más tardío, conocido como LF (Last Finish en inglés) es la fecha más tardía en que se puede finalizar una actividad. Visto en forma simétrica a los anteriores, si comenzamos a programar las tareas desde el final, las últimas actividades se completarán con la fecha de finalización del proyecto. El tiempo de inicio más tardío conocido como LS (Last Start en inglés) deriva del anterior, y es el tiempo de terminación más tardío menos la duración de la actividad ( $LS = LF - \text{duración}$ ).



[Laura Mateo Iturria \(CC BY-SA\)](#)

La duración del proyecto está representada por los tiempos EARLY y LAST del suceso final del mismo. A su vez, los tiempos EARLY y LAST de los diferentes sucesos constituyen la base para el cálculo de las holguras de las actividades. La holgura de una actividad se define como el tiempo que resulta de restar al tiempo LAST del suceso final el tiempo EARLY del suceso inicial y la duración de esa actividad.

## HOLGURA. CALCULO

La holgura de una actividad indica el número de unidades de tiempo en que puede retrasarse su realización con respecto al tiempo diagrama previsto, de manera que la duración del proyecto no se retrase.



[Laura Mateo Iturria \(CC BY-SA\)](#)

En los diagramas de flechas la holgura de cada actividad, es el resultado de la resta de las fechas LAST- EARLY. En el ejemplo Vemos que es  $13 - 9 = 4$ , 4 es la holgura permitida para que finalice la actividad D.

En los diagramas de bloques la holgura de cada actividad es el resultado de la resta LS-ES, o LF-EF. En el ejemplo vemos que si nos fijamos en las fechas de comienzo, tenemos  $7 - 3 = 4$ . Si nos fijamos en las fechas finalizacion tenemos  $13 - 9 = 4$ , vemos que el resultado, tal como debe ser, coincide y es 4, Por tanto diremos que la holgura es de 4 para la actividad D.

En definitiva, lo que estamos diciendo es que aunque la actividad de se demore 4días ( o la medida de tiempo que estemos utilizando) en acabar, no producirá ningún retraso en la finalización del proyecto.

Las actividades críticas tienen  $holgura=0$ , es decir no se pueden retrasar sin comprometer la fecha de finalización del proyecto. El retraso en la realización de cualquiera de las actividades críticas producirá un retraso en la finalización del proyecto.

## Autoevaluación

**Indica cuáles de las siguientes opciones se podrían emplear para equilibrar la carga de trabajo de un proyecto en el caso de precisar mayor disponibilidad de recursos.**

- Reducir los recursos humanos disponibles para el proyecto.

- Gestionar las holguras de las actividades críticas.

- Gestionar las holguras de las actividades no críticas.

- Aumentar los recursos mediante la subcontratación externa de las actividades implicadas.

Mostrar retroalimentación

**Solución**

1. Incorrecto
2. Incorrecto
3. Correcto
4. Correcto

## Debes conocer

Ahora coge lápiz y papel, te mostramos dos ejemplos de diagramas de red un ejemplo de [diagrama de flechas](#) y otro de [diagrama de bloques](#). Sería interesante que tratases de hacer tú mismo los ejercicios.

## 1.2.6.- Diseño del cronograma. Diagrama de Gantt

---

### ¿Qué es el cronograma de un proyecto?

Podríamos decir que es el documento que muestra ordenadamente las diferentes actividades e hitos que forman el proyecto, su duración, y el inicio y fin del proyecto. Es fruto de la planificación. El cronograma es el instrumento de planificación preferido en el día a día de las obras, sobre su base se toman las siguientes decisiones:

- Programar las actividades para los equipos
- Disponer la maquinaria
- Contratar trabajadores
- Realizar pedidos de suministros
- Hacer subcontratas
- Controlar los retrasos o adelantos en las actividades
- Replanificar actividades

Hoy en día existen muchísimos tipos de cronogramas, pero el más conocido es el diagrama de Gantt.

### El Diagrama de Gantt

Fue creado en el año 1910 por Henry Gantt, quien buscaba una técnica gráfica que le ayudase a plasmar la programación de un proyecto. Surgieron para resolver el problema de la programación de actividades, es decir, su distribución conforme a un calendario, de manera tal que se pudiese visualizar el periodo de duración de cada actividad, sus fechas de iniciación y terminación e igualmente el tiempo total requerido para la ejecución de un trabajo. Este instrumento permite también que se siga el curso de cada actividad, al proporcionar información del porcentaje ejecutado de cada una de ellas, así como el grado de adelanto o atraso con respecto al plazo previsto.

Este gráfico consiste simplemente en un sistema de coordenadas en que se indica:

- En el eje horizontal: un calendario o escala de tiempo definido en términos de la unidad más adecuada al trabajo que se va a ejecutar: hora, día, semana, etc.
- En el eje vertical: las actividades que constituyen el trabajo a ejecutar.

Cada actividad se representa mediante un bloque rectangular cuya longitud indica su duración; la altura carece de significado, y la posición de cada bloque en el diagrama indica los instantes de inicio y finalización de las tareas a que corresponden. En la imagen adjunta, se muestra un ejemplo de diagrama de Gantt. A la hora de aplicar esta técnica, se suele proceder de la siguiente forma:

1. Definición de las fases del proyecto, sus actividades y las diferentes tareas que cada una de ellas comprende.
2. Estimación temporal de cada uno de estos elementos.
3. Identificación de las dependencias entre actividades.
4. Establecimiento de prioridades.
5. Asignación de recursos.
6. Distribución de responsabilidades y cargas de trabajo.

Cada actividad se representa mediante un bloque rectangular cuya longitud indica su duración; la altura carece de significado, y la posición de cada bloque en el diagrama indica los instantes de inicio y finalización de las tareas a que corresponden. En la imagen adjunta, se muestra un ejemplo de diagrama de Gantt, que corresponde al ejemplo tratado en la unidad.

ACTIVIDADES	PRECEDENCIAS	DURACION (en semanas)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	-	3	█	█	█												
B	A	3				█	█	█									
C	A	5				█	█	█	█	█							
D	A	6				█	█	█	█	█	█						
E	B,C	7									█	█	█	█	█	█	
F	D	2										█	█				

Laura Mateo Iturria ([CC BY-SA](#))

ACTIVIDADES	SEMANAS														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	█	█	█												
B				█	█	█									
C				█	█	█	█	█							
D				█	█	█	█	█	█						
E									█	█	█	█	█	█	█
F										█	█				

Se ha marcado en oscuro la Ruta Crítica

Laura Mateo Iturria ([CC BY-SA](#))

La construcción de un diagrama de Gantt se simplifica enormemente (especialmente si el proyecto es complejo) si previamente se ha realizado el diagrama de Redes. La información que nos aportará el diagrama de redes será la siguiente:

Actividades con holgura o no críticas: tiempos EARLY y LAST de inicio y fin de la actividad. En este caso, será posible programar la actividad en un margen determinado, por la holgura de tiempo existente.

Actividades críticas: sólo se podrán programar en un intervalo determinado del calendario pues no disponen de ninguna holgura.

Los beneficios de su utilización tienen que ver con:

- Capacidad para condensar los datos más relevantes y la información más crítica en relación a un proyecto.
- Sencillez de aplicación, basada en una estructura de ejes.
- Funcionalidad.

Por contra las relaciones de interdependencia no se muestran de una manera tan clara. En proyectos de mediana a alta magnitud no muestran, o resulta complicada la presentación, de la dependencia entre actividades. No permiten definir la Ruta Crítica del Proyecto.

**Para saber más**

En este enlace podrás acceder a un vídeo en el que se describe como se puede confeccionar rápidamente un diagrama de Gantt mediante el empleo de una hoja de cálculo Excel.

[Diagrama de Gantt con Excel](#)

## 2.- Control de obras de construcción y montaje de redes e instalaciones de agua

### Caso práctico



Piqsels (CC0)

**Malena** se ha ido a la obra antes de comenzar las labores de replanteo ya que quiere ver "in situ" que problemas pueden surgir. Mientras, **Paco** ha recibido la visita del cliente, que en éste caso es el arquitecto municipal, el que viene en representación del Ayuntamiento del municipio.

En la reunión éste le urge a concretar el plazo de ejecución de las obras de construcción y montaje de redes de agua. El arquitecto le recuerda a **Paco** que las obras tienen lugar en una de las calles principales del municipio plagada de comercios, bares, bancos, y otros locales cuyas actividades se ven afectadas por las obras, por ello y para evitar quejas a mayores, las obras se deben ejecutar en el plazo pactado. El arquitecto municipal, transmite a **Paco** su preocupación por los plazos:

-¿Sois conscientes de que las obras deben empezar en breve y a día de hoy no está hecho ni el replanteo?- increpa el arquitecto municipal a **Paco**

-Lo siento, ha habido problemas con unos permisos y por ese motivo puede haber un pequeño retraso en el inicio, pero éste se está teniendo en cuenta en el seguimiento de la planificación- se excusa **Paco**

-Vuestra empresa debe poner los medios para cumplir los plazos. Es muy importante que las obras queden completamente acabadas para el comienzo de las fiestas, en una zona tan concurrida y en un ambiente festivo es mucho más fácil que ocurran accidentes, y tener las obras abiertas puede ser peligroso-argumenta el arquitecto

-Pondremos los medios necesarios para que las obras acaben en plazo, la reputación de nuestra empresa nos avala- responde **Paco**

Tras la conversación **Paco** llama por teléfono a **Malena** ya que se ha quedado muy preocupado por lo hablado con el arquitecto municipal. La aplicada **Malena**, responde a la llamada de su compañero en un tono tranquilizador:



Piqsels (CC0)

-No te preocupes **Paco**, ayer por la noche cogí mis apuntes del módulo “Gestión

de operaciones, calidad y medioambiente”, y previendo que nos podemos empezar a retrasar, estuve repasándolos y he encontrado la manera de recuperar éste retraso, sin apenas afectar al presupuesto- le aclara **Malena**

-Gracias, **Malena**. Creo que yo también voy a desempolvar mis apuntes, nunca creí que nos fueran a ser de tanta utilidad- responde **Paco**

**David**, que había acompañado a **Malena** a visitar la obra, no ha podido evitar escuchar la conversación que mantenía **Malena** con **Paco**, felicita a **Malena** por su resolución ante los problemas:

-Muy bien **Malena**, has demostrado ser muy profesional, tienes una buena formación y la has puesto en práctica. Las obras de Construcción y montaje de redes e instalaciones de aguas, están sometidas a múltiples factores que pueden hacer que no se cumplan los plazos, pero con una buena planificación, un buen seguimiento de la planificación y unas buenas medidas correctivas, se pueden minimizar los retrasos. Las desviaciones en tiempo son tan habituales o más que las de coste, pero mientras las desviaciones de coste pueden ser absorbidas por los diferentes agentes que intervienen en el proyecto, las desviaciones de tiempo son negativas para todos, el tiempo es el recurso de mayor valor ya que no se puede comprar con dinero- concluye **David**

Es muy importante que tengas en cuenta que de nada sirve planificar un trabajo con los criterios correctos y emplear unas buenas técnicas, si no hay una buena técnica de seguimiento posterior. En el proceso de ejecución se debe comparar constantemente lo previsto con lo realizado para ver si está bajo control la estimación inicial de plazos o si es necesario implementar medidas correctivas. Hay que hacer un seguimiento continuo del progreso de las actividades para establecer si se está cumpliendo el cronograma establecido.

Si nos centramos en el ciclo PDCA, el seguimiento correspondiente al tercer cuadrante: C de "controlar". En esta etapa, al transcurrir cierto periodo de tiempo preestablecido, que puede ser un día, una semana o una quincena, pero siempre un tiempo inferior a la mitad del programado para una actividad, se evalúa el progreso de las actividades y se compara con lo planeado, para estudiar el rendimiento efectivamente alcanzado. Tras el cuadrante C viene el cuadrante A, de "actuar", en caso de haber detectado desviaciones los responsables de las actividades y del proyecto en general, deben tomar las medidas preventivas y correctivas necesarias para encauzar de nuevo la planificación o bien para mantenerla si no habido desviaciones importantes.

Si la planificación fuese una ciencia exacta, el cronograma inicial sería suficiente para gestionar el proyecto, y no habría necesidad de seguimiento ni control. Sin embargo, las obras de construcción y montaje de redes e instalaciones de agua son de naturaleza dinámica y con cierta dosis de imprevisibilidad. Se trata de procesos constructivos que dependen de muchos factores y su ejecución no es un proceso plenamente estandarizado, por tanto la planificación requiere que el trabajo se supervise constantemente.

La tarea de control de una obra consiste en identificar los avances de las actividades y realizar las actuaciones adecuadas. Por tanto diremos que la planificación es continua y además debe ser muy meticulosa, para subsanar a tiempo las situaciones de retraso de plazos. Es importante el control por diversas razones:

- El inicio de las actividades en ocasiones no coincide con la fecha prevista.
- La finalización de las actividades no siempre se da en el momento programado.
- Los cambios en el diseño pueden afectar a la duración de las actividades.
- Pueden aparecer sucesos imprevistos debido al factor humano, que afectan al desarrollo de los trabajos. Por ejemplo: accidentes, huelgas, bajas por enfermedad, etc.
- Existen factores externos que aún siendo previsibles no se pueden plasmar con exactitud en el cronograma. Por ejemplo: lluvias, inundaciones, aparición de restos arqueológicos, etc.
- Se pueden dar retrasos en el suministro de materiales.
- Se pueden producir averías en la maquinaria o equipos.
- Fluctuaciones en la productividad, modifican la duración de las tareas.
- La secuencia de ejecución de algunas unidades de obra puede ser reprogramada, en función de ciertas circunstancias que se den durante la ejecución.
- El sistema constructivo de alguna partida de obra puede ser cambiado por el equipo.
- Se pueden producir faltas en la planificación por alcance incompleto, es decir actividades que no han sido contempladas en la planificación.

## Autoevaluación

Indica si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas

El tiempo que transcurre entre el comienzo de una actividad y su control debe ser superior a la mitad del programado para una actividad.

Verdadero  Falso

Falso

Falso, debe ser inferior

El cronograma inicial no es suficiente para gestionar el proyecto.

Verdadero  Falso

**Verdadero**

Los procesos constructivos as obras de construcción y montaje de redes e instalaciones de agua dependen de muchos factores y su ejecución es un proceso plenamente estandarizado.

Verdadero  Falso

**Falso**

Falso, el proceso es dinámico y no está plenamente standarizado.

## 2.1.- Líneas de base

---

¿Qué referencia tomaremos para establecer los controles de las obras de construcción y montaje de redes e instalaciones de aguas.?

Muy sencillo, tomaremos como referencia la planificación inicial, completada y aprobada por el equipo gestor del proyecto, se denomina plan de referencia y sus referencias de partida son las líneas de base.

Una **línea base de Proyecto** es: un conjunto de variables, un conjunto de datos, que nos definen una situación inicial del **Proyecto** que se considera representativa, probable y deseable de lo que va a suceder durante la ejecución del **Proyecto**. Las líneas de base son, por así decirlo, el ideal perseguido por el equipo del proyecto, ya que Contiene todas las actividades, refleja la lógica constructiva, muestra los recursos asignados e identifica la ruta crítica.

¿Qué definen las Líneas Base del Proyecto?

La situación inicial de determinadas variables del Proyecto, la Triple Restricción del Proyecto: alcance, tiempo y costo



LINEAS de BASE DE PROYECTO			
Campo de actuación de la línea de base	Línea de base del tiempo	Línea de base del alcance	Línea de base de costos
Herramienta	Cronograma inicial	Plan de trabajo inicial	Presupuesto inicial
¿Qué resuelve?	Cuánto durará el proyecto	Que objetivos conseguiremos con la ejecución del proyecto	Cuánto costará el proyecto

laura Mateo Iturria (CC BY-SA)

Para cuando se inicia la fase de control ya se han definido las Líneas de Base del Proyecto

Las líneas de base tienen una importancia múltiple:

- establece el consenso del equipo que ejecutará la obra; es un plan de trabajo que se supone válido, viable, racional y consensuado.
- El progreso real del proyecto se comparará con estas líneas de base, que actuarán como referencia para la detección de desviaciones, retrasos y adelantos.
- Servirán para evaluar la asignación de responsabilidades en el caso de conflictos, reclamaciones, auditorías, etc.

Una vez establecidas las líneas base nos permite determinar en cualquier momento si estamos siguiendo el plan o no y que tanto nos desviamos de este, y, por ende, que tanto nos alejamos del cumplimiento de las metas u objetivos del proyecto. Debe tenerse en cuenta en este punto que, para tener un proyecto exitoso, no basta exclusivamente con contar con líneas base. Aunque son un componente indispensable, es necesario saber detalladamente qué tenemos que hacer, cómo lo haremos, cuánto tardaremos, cuánto nos costará, qué recursos utilizaremos y cómo garantizaremos que la información fluya adecuadamente.

Cuanto menos desvíos haya de la línea base mejor, eso significa que los trabajos están desarrollando han sufrido pocas variaciones del plan inicial.

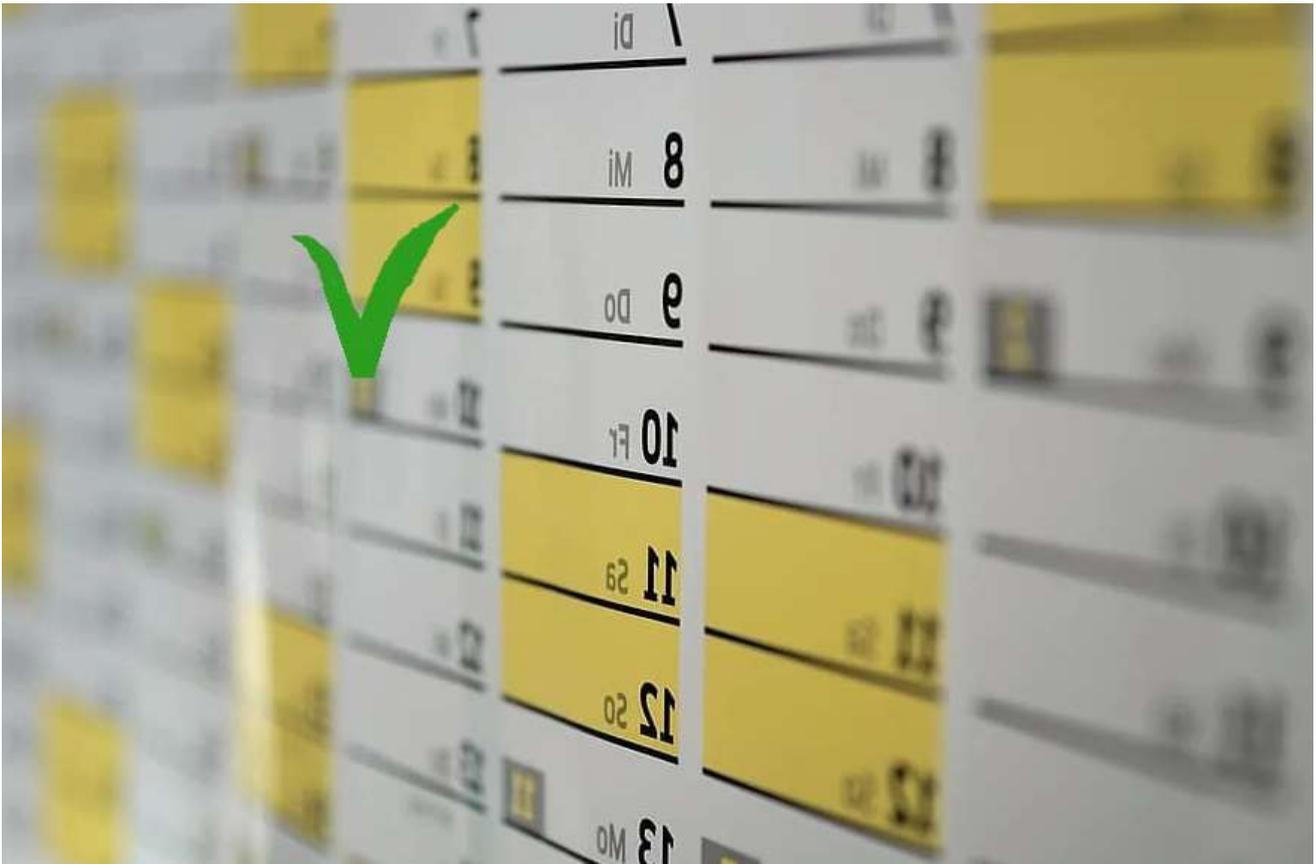
La línea de base puede ser la misma hasta finalizar el proyecto o modificarse a mitad del camino; todo depende de las diferencias entre lo realizado y lo previsto. Si las desviaciones a lo largo de la obra no son muy graves, se puede mantener la línea de base inicial. Por el contrario, si durante la ejecución del proyecto vemos que las líneas de base difieren en exceso con el desarrollo real del proyecto, eso demuestra que las estimaciones iniciales eran incorrectas y se debería reprogramar por completo el resto de la obra, creando unas nuevas líneas de base más realistas.

Pero incluso, en el caso de deber establecer una nueva línea de base se debe conservar la original para ver que salió mal y aprender de esta experiencia. Para los encargados de la planificación muchas veces es frustrante ver que la obra se aleja de la línea base, pero lo importante es detectar a tiempo las desviaciones y tomar medidas correctivas para resituar la obra. Por ello es tan importante la labor de seguimiento y control, por el valor que puede

tener replanificar la obra en un momento dado. Continuamente se debe estar monitorizando la ejecución del proyecto, ya que no existe una planificación inicial 100% correcta.

## 2.2.- Medición del avance

---



¿Se puede medir el avance de la obra?

La respuesta es, sí y además los avances se pueden cuantificar.

### **Medición del Avance de las actividades**

Sobre el cronograma hay definidas unas fechas de cierre de actividades que coinciden, con los nudos o nodos del diagrama de red, en estas fechas de cierre se debe cuantificar el avance de la obra. La tarea de recogida de datos de campo recibe el nombre de “certificación”, las fechas de cierre de suelen coincidir con las fechas de certificación de tasadores externos. Al igual que las obras se ejecutan por fases, también se pagan por fases. La certificación se cotejará con el avance previsto en la línea de base.

La medición del avance de las actividades se puede hacer de diferentes maneras, según la naturaleza del trabajo. En función del tipo de medición se aplicarán:

- unidades físicas, cuando la cantidad se puede medir de manera exacta en la obra, esta es la forma preferida de realizar las mediciones. Por ejemplo, metro cúbico de excavación, metro cuadrado de pintura, metro de cable, kilogramo de armadura, unidades de luminarias.
- Porcentaje, cuando no es fácil medir por unidades físicas, hay que estimar porcentajes. Por ejemplo, curado del hormigón (porcentaje del tiempo transcurrido)
- Hitos ponderados. La actividad se compone de varias unidades de obra y se asigna un peso cada una, que se convierte en un hito de control. Por ejemplo, la instalación de un colector de saneamiento, asignando pesos del 40% a la excavación de la zanja, 35% la colocación de la tubería, 10% al relleno y 15% la pavimentación.

### **Etapas en el seguimiento**

El seguimiento podemos reducirlo a tres etapas sucesivas:

- Cuantificación del avance de la obra. Consiste en medir en la obra el avance de las actividades para compararlo posteriormente con el avance previsto para ese periodo. El responsable hace un registro del avance en cantidades (m<sup>3</sup>, m<sup>2</sup>, Tn, Kg, etc.) o en porcentajes.
- Actualización de la planificación. Se comparan los datos de la línea base, de lo previsto a lo realizado. Se recalcula el cronograma en función del desarrollo real de las actividades, ya que la ruta crítica puede haber variado y haberse desviado a otra rama de la red.
- Interpretación de los resultados. Se deben analizar las causas del retraso o el adelanto sobre el cronograma de la obra, para averiguar si es algo puntual o representa una tendencia.

La investigación sobre el avance de las actividades puede parecer una tarea tediosa, pero no es así aunque la planificación incluya miles de actividades, sólo unas cuantas se desarrollan de manera simultánea.

En las empresas de construcción, es habitual que el planificador o un técnico de producción miran el avance de las actividades, aunque lo importante es que exista un protocolo de control donde anotar la situación de una actividad. Se debe apuntar el porcentaje realizado, dado que es importante comparar este porcentaje con lo que estaba previsto. Es muy importante que todos los participantes de la obra sean conscientes de los objetivos del proyecto, por eso se deberían desplegar gráficos y tablas de la planificación por toda la obra, para implicar a todos los trabajadores. No sirve de nada que el jefe de obra sepa lo que hay que entregar y cuando hay que hacerlo, si no lo saben sus subordinados.

## Autoevaluación

Completa los huecos

En las fechas de cierre de actividades coinciden, con los nudos o nodos del , se mide el avance de la obra y se emiten , que suelen realizar  y cuantifican los avances, que estima  cuando no resulta fácil medir por .

## 2.3.- Líneas de progreso

---

Ahora te vamos a mostrar cómo puedes representar mediante una herramienta técnica sencilla el avance de la obra, que has estudiado en el apartado anterior, ésta herramienta técnica que podrás emplear en los futuros proyectos en los que trabajos se llama Línea de Progreso. Para hacerla más asequible la vamos a explicar mediante un ejemplo

La línea de progreso es una buena representación gráfica de la situación de cada tarea según la fecha de estado, es una herramienta muy atractiva para la valoración del avance de los trabajos, ya que muestra si las actividades van por delante, por detrás, o según lo programado. Las que se retrasan, las que están al día y las que van adelantadas.

En este cronograma la columna numérica muestra el porcentaje planificado hasta el momento del cierre, una vez transcurrido el mes de Septiembre. Una línea de progresos es una serie de segmentos rectos dibujado sobre el cronograma, a partir de la escala de tiempo que dependen del estado de cada actividad. El comportamiento de la línea permite que el equipo establezca rápidamente el avance del proyecto.

Laura Mateo Iturria ([CC BY-SA](#))

Siguiendo el ejemplo:

Nuestra fecha de control el final de septiembre, para dicha fecha se planificó que estuviera un 60% del proyecto terminado.

- La actividad A para esa fecha debe estar terminada, y lo está, por tanto la línea de progreso es recta.
- La actividad B, para esa fecha debe estar terminada, y lo está, por tanto la línea de progreso es recta.
- La actividad C, para esa fecha debe estar terminada, y lo está, por tanto la línea de progreso es recta.
- La actividad D, para esa fecha debe estar terminada, pero se ha ejecutado el 80%. La actividad va retrasada, por tanto la línea de progreso tendrá un pico hacia la izquierda, la profundidad ira en función del porcentaje restante, respecto a la actividad.
- La actividad E, para esa fecha se había planificado realizar un 14% de la actividad, pero se ha ejecutado el 28%. La actividad va adelantada, por tanto la línea de progreso tendrá un

pico hacia la derecha, la profundidad ira en función del porcentaje restante, respecto a la actividad.

- La actividad F, para esa fecha se había planificado que no se hubiera comenzado, pero se ha ejecutado el 50%. La actividad va adelantada, por tanto la línea de progreso tendrá un pico hacia la derecha, la profundidad ira en función del porcentaje restante, respecto a la actividad.

Otra característica de las líneas de progreso es que podemos observar la tendencia de la obra, y la eficacia de las medidas que se han implantado para corregirlas, Fijate en el ejemplo de abajo

Laura Mateo Iturria ([CC BY-SA](#))

En el ejemplo podemos observar que en el primer control al finalizar Enero La actividad B estaba bastante retrasada, se aplicaron medidas, que vista la progresión de Febrero y Marzo, han sido positivas.

## Autoevaluación

Establece si las siguientes afirmaciones basadas en el último ejemplo de cronograma, son verdaderas o falsas.

La actividad B ha ido retrasándose más con el tiempo

Verdadero  Falso

**Falso**

Falso. Ha ido corrigiendo el retraso

La actividad C ha ido aumentando su retraso con el tiempo

Verdadero  Falso

**Verdadero**

Correcto

La actividad E ha ido aumentando su adelanto con el tiempo

Verdadero  Falso

**Falso**

Falso, Ha ido disminuyendo su adelanto.

## 2.4.- Aceleración. Técnicas de compresión del cronograma.

---

Es de imaginar que durante toda la unidad estés pensando ¿Qué puedo hacer si veo que no voy cumpliendo con los plazos? ¿Cómo puedo solventar la situación?

Muchas veces en las obras nos encontramos con pequeños retrasos que son fáciles de gestionar, en otras ocasiones estas

Licencia: [CC0](#)

desviaciones empiezan a ser importantes y pueden producir incumplimientos en las fechas. En estas ocasiones es necesario recurrir a técnicas de aceleración o de compresión del cronograma.

El tiempo y el coste de un proyecto están intrínsecamente unidos, la variable coste responde a cualquier modificación de la variable tiempo. Si el proyecto se ve acelerado, como consecuencia el coste se incrementará. Cualquier actividad dentro de una obra de obras de construcción y montaje de redes e instalaciones de agua requiere personal, materiales, equipos o pagos a terceros (subcontratación), todo esto consume dinero y por tanto tiene un impacto económico en el proyecto. La relación entre coste y tiempo es una relación de compromiso, es decir, hay que buscar un equilibrio entre el coste a cambio de la reducción del tiempo de ejecución. En el sector de la construcción la aceleración puede llevarse a cabo a través de:

- añadir horas extraordinarias a la jornada laboral
- añadir jornadas laborales en días festivos
- añadir turnos de trabajo
- pagar un sobrecoste para acelerar una entrega de material
- instalar equipos de mayor capacidad (y más caros)
- subcontratar empresas más especializadas.

### Coste marginal de aceleración

Cada actividad tiene su propio coste de aceleración. Se define como “coste marginal de aceleración” el coste de acelerar una actividad una unidad de tiempo (que pueden ser horas, días, semanas, etc). Cuanto más bajo es el coste marginal de una actividad, más económico resulta acelerarla.

$$\text{Coste marginal} = \Delta \text{Coste} / \Delta \text{Tiempo}$$

$$\Delta \text{Coste} = \text{Coste acelerado} - \text{Coste normal}$$

$$\Delta \text{Tiempo} = \text{Tiempo normal} - \text{Tiempo acelerado}$$

Laura Mateo Iturria ([CC BY-SA](#))

Vamos a analizar la técnica de acelerar o comprimir el cronograma, partiendo del concepto de coste marginal. En un proyecto compuesto por muchas actividades no es necesario acelerar todas para reducir el plazo, ya que la duración total del proyecto es la suma de las actividades críticas. Cuando queremos acelerar la ejecución de un proyecto, sólo hay que acelerar las actividades críticas, ya que éstas son las que determinan el plazo total de duración de la obra. Pero ¿es necesario reducir todas las actividades críticas? En función del tiempo que queramos acortar acelerar hemos una, algunas o todas las actividades. En primer lugar se debe acelerar las actividades de coste marginal más bajo ya que el ahorro de tiempo resulta más económico que en cualquier otra actividad, es decir, comenzaremos por las actividades más baratas de acelerar. Pero hay que tener en cuenta que a medida que acortamos la duración de algunas actividades, la ruta crítica puede trasladarse a otras actividades. Por tanto el proceso de aceleración o compresión del cronograma podemos resumirlo en los siguientes puntos:

1. identificar la ruta crítica y las actividades críticas.
2. Calcular el coste marginal de cada una de las actividades críticas.
3. Seleccionar la actividad de la ruta crítica con el coste de aceleración más bajo, es decir, con el coste marginal más bajo.
4. Acelerar la actividad escogida, lo máximo posible.
5. Verificar que la trayectoria de la ruta crítica no ha cambiado, en caso contrario, repetir el proceso con la nueva ruta crítica

## Para saber más

En éste vídeo vas a conocer las técnicas que existen para comprimir el cronograma. [Técnicas para comprimir el cronograma](#)

## Ejercicio Resuelto

Dado el diagrama de red para las siguientes actividades y la tabla de Aceleraciones,

Laura Mateo Iturria ([CC BY-SA](#))

Laura Mateo Iturria ([CC BY-SA](#))

Calcular:

- 1- Calcular los costes Marginales de cada actividad
- 2- Escoge la actividad que nos acelere el proyecto por el mínimo coste

Mostrar retroalimentación

Laura Mateo Iturria ([CC BY-SA](#))

- La actividad que escogemos es la A, por formar parte de la ruta crítica y tener el coste marginal más bajo.

# Autoevaluación

Según la tabla de arriba, y el diagrama de red del ejercicio resuelto, suponiendo que las unidades son en días ¿Qué opción sería la mejor para acelerar las obras si disponemos de 355 euros de presupuesto para acelerar actividades?

## Sugerencia

- Acelerar las actividades A y C
- Aceleramos las actividades A, E y F
- Aceleramos la actividad B

Correcto. Aceleramos la actividad A que es la de menor coste marginal y luego la C, con ello gastamos 280 Euros y acabamos 3 días antes

Incorrecto, no estamos optimizando los recursos, gastamos todo y acabamos un día antes

Incorrecto, no estamos optimizando los recursos, no podemos adelantar el final

## Solución

1. Opción correcta
2. Incorrecto
3. Incorrecto

# Anexo.- Aplicaciones informáticas de gestión de operaciones

---

¿Has pensado en la dificultad que entraña la planificación y el control de proyectos de montaje de instalaciones de gran envergadura? Pues bien, en aras a facilitar dicha labor, existen en el mercado una amplia variedad de herramientas informáticas para la planificación y control de proyectos.

Un sistema informatizado para la gestión de los proyectos nos puede beneficiar en muchos aspectos tales como una reducción del costo de la planificación y control, unificamos todos los documentos, los trabajos administrativos se hacen más ágiles, aumenta el rendimiento de los empleados del departamento de gestión, etc.

Sin embargo, uno de los puntos más complicados para conseguir que una empresa acepte el uso de los sistemas informáticos es conseguir perder los antiguos hábitos. Muchas veces los encargados del montaje de instalaciones comentan “llevamos muchos años trabajando con nuestros métodos, y no vemos por qué tenemos que cambiar”.

A continuación se muestra una imagen con el formato de la pantalla de un programa de gestión de proyectos, pudiéndose apreciar el diagrama de Gantt del proyecto.

Garry booker>Malyszcz>Mario Fèvre (Dominio público)

A continuación se muestra un listado con los programas más habituales:

- Microsoft Project.
- Ganttprojct.
- Dot Project.
- Harvard Project Manager.
- Google Project, etc.

En resumen, la planificación de un proyecto mediante aplicaciones informáticas requiere los siguientes pasos:

- Fraccionamiento del trabajo en actividades y establecimiento de relaciones de precedencia. Se realiza manualmente.

Introducción de las actividades en el archivo de proyecto del ordenador, definiendo la duración de las mismas.

Introducción de los tipos de recursos a emplear durante el proyecto en el fichero Recursos.

Asignación de la hoja de recursos a las diferentes actividades del proyecto.

Introducir las relaciones de inicio y final de cada actividad.

Introducir los hitos o puntos de control del seguimiento del proyecto en el diagrama de Gantt.

Introducir datos en el fichero de disponibilidad de recursos.

Generar el gráfico de carga de recursos de la planificación del proyecto.

Equilibrar la carga y capacidad de recursos según un criterio dado.

Imprimir el gráfico de Gantt resultante con la planificación final del proyecto.

La principal ventaja de este tipo de programas radica en el hecho de que simplifican el control y seguimiento del proyecto respecto al método tradicional, más basado en la memoria del gestor. De este modo, el programa es capaz de detectar problemas durante la ejecución del proyecto y simular diferentes soluciones al mismo para optimizar la respuesta de manera que, en breve tiempo, sea posible modificar la planificación reduciendo al mínimo su impacto sobre los objetivos del proyecto.

Cuando la complejidad del proyecto de montaje sea grande se aconseja realizar previamente un diagrama PERT del mismo, ya que esto ayuda a la hora de visualizar el camino crítico del proyecto y plantear el diagrama de Gantt en el programa.

## Para saber más

En este enlace podrás acceder a un vídeo en el que se describe cómo llevar cabo las fases de gestión de un proyecto en el programa Microsoft Project, en este caso la estructuración del proyecto en tareas y fases.

MS PROJECT 2010-2013-...



[Resumen textual alternativo](#)