

# ORGANIZACIÓN

Aportado por: Bernardo Dieguez Moran -  
[bernardodieguezmoran@hotmail.com](mailto:bernardodieguezmoran@hotmail.com)

## TEMA I: GENERALIDADES

### LECCIÓN PRIMERA

#### INTRODUCCION.-

##### 1.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA ORGANIZACIÓN.

La organización existe desde siempre y considerada como ciencia desde finales del siglo pasado y principios del actual.

##### **XIII (1240) WALTER OF HENLEY**

Vigilancia.

Selección - Adiestramiento: de los trabajadores.

Rendimiento mínimo: trabajo a desarrollar en un periodo de tiempo.

Recursos apropiados.

Estos puntos venían expresados en una carta que un padre le dejo a su hijo para que cuidara la finca.

##### **XV (1452 - 1519) LEONARDO DA VINCI**

Primer testimonio escrito sobre medición del trabajo.

La medición la hizo mediante la descomposición del trabajo en partes.

##### **XVIII (1760) PERRONET**

Aparece por primera vez descrito un ciclo completo de producción.

Ciclo completo de fabricación de alfileres.

##### **XIX (1800) FUNDICION DE BOULTON WAT**

Decoración (del centro de trabajo).

Obsequios navideños (como incentivo al trabajador).

Viviendas (por empresa al servicio del trabajador cerca del centro de trabajo).

##### **XIX (1832) CHARLES BABBAGE**

División del trabajo en fases.

Bonificaciones, se maneja el concepto de la incentivación por primera vez. (Actualmente el tope de incentivación rentable "tiempo/ calidad" es de 1/3, aunque esta cifra es orientativa. Esta cifra sale de la demostración de que un trabajador incentivado incrementa su rendimiento en 1/3 aproximadamente.

Cronometraje, se usan por primera vez aparatos de medida del tiempo. (A principios del siglo XX, se grabo por primera vez a un trabajador en su puesto de trabajo para corregir sus defectos).

Hoy en día esta prohibido.

##### **DURANTE EL SIGLO XIX**

Salarios e incentivos.

Participación de beneficios (ventajas e inconvenientes: esto no da siempre el resultado buscado).

### **XIX - XX (1856 - 1915) FREDERICK WINSLOW TAYLOR**

“Padre de la organización científica del trabajo”.

Comenzó a estudiar rendimientos y tiempos.

Distintos métodos de trabajo.

Estudio de las dimensiones de la pala de carga de minera y otros materiales.

### **XX FRANK BUNKER GILBRETH Y LILLIAN MOLLER**

Son contemporáneos de Taylor.

Aportación de criterios psicológicos al estudio del trabajo.

El estudio del movimiento lo realizaron descomponiéndolo en movimientos elementales, ayudándose de filmaciones e incorporando el cronómetro al campo de visión.

#### **1.2. OBJETIVOS DE UNA ORGANIZACIÓN.-**

Podemos analizarlo entorno a la productividad y al nivel de vida.

Nivel de vida: cambia con el tiempo y es un índice que mide el grado de bienestar de una empresa, sociedad, ...

PRODUCTIVIDAD - NIVEL DE VIDA

NIVEL DE VIDA

PRODUCCION

PRODUCTIVIDAD = -----

RECURSOS

Al aumentar la productividad conseguimos ser más competitivos en el mercado con lo que conseguimos aumentar el nivel de vida.

“Para aumentar la productividad tenemos conseguir mayor producción con menos recursos”.

#### **1.3. PRINCIPIOS BASICOS DE UNA ORGANIZACIÓN.-**

ESTUDIO DEL TIEMPO

METODOS DE TRABAJO.

CONTROL.

DIVISION DE TRABAJO (especialización: cada uno trabaja en lo que esta más capacitado).

ESTIMULACION (incentivos).

DISMINUCION DE RESPONSABILIDADES (como consecuencia de la especialización).

## **LECCIÓN SEGUNDA**

### **CONCEPTOS.-**

#### **2.1. DEFINICIÓN DE PLANIFICACIÓN, ORGANIZACIÓN, PROGRAMACIÓN, EJECUCIÓN, CONTROL Y GESTIÓN DE OBRAS.**

Planificación: “Es el hecho de hacer el plan o proyecto de una acción”.

Planificar es el conjunto de organización, planificación, ejecución y gestión.

Organización: “Es la acción de establecer o reformar una cosa, sujetando a reglas el número, orden, armonía y dependencia de las partes que la componen o han de componerla”.

Programación: “Es la acción de coordinar en el tiempo y en el espacio las distintas partes que intervienen y son necesarias para la realización de la obra, fijando la interdependencia entre ellos”.

Ejecución: “La acción de poner por obra una cosa”.

Es la acción de materializar lo que estamos programando.

Control: “Inspección, fiscalización, intervención”.

Gestión: “Es la acción y efecto de administrar”.

## **2.2. TIPOS DE ORGANIZACIÓN.**

Todas las empresas tienen un organigrama de funcionamiento distinto, hay tantos tipos de organización como empresas.

### **ORGANIZACIÓN REGLAMENTARIA**

Reglamentos rígidos y preestablecidos. Es una organización que obedece a unos reglamentos rígidos establecidos de antemano de forma que esos reglamentos condicionan la forma de actuación. Tiene una ventaja importante que es la de dar la misma respuesta ante problemas iguales planteados en sitios distintos. Su inconveniente es que es un tipo de organización lento, torpe, difícil de adaptarse a situaciones nuevas, etc. Ejemplo: el Estado.

### **ORGANIZACIÓN LINEAL**

Línea perfectamente establecida y clara en la transmisión de ordenes, actuaciones, obligaciones y responsabilidades. Ventajas: la rapidez, las ordenes se ejecutan con mucha celeridad. Inconvenientes: en los altos mandos de esa línea va a haber personas con un alto grado de responsabilidad de forma individual, teniendo que ser muy especializadas. Ejemplo: el ejército.

Dentro de la obra la organización es lineal.

### **ORGANIZACIÓN FUNCIONAL**

Aparición de asesores o consejeros. Es una organización similar a la lineal pero para adaptarse a situaciones no tan graves ni tan límites. La modifica buscando grupos de asesoramiento en los altos cargos. La empresa constructora va a tener algo de los tres tipos de organización, variando las proporciones de un tipo o de otro.

## **2.3. VENTAJAS Y PROBLEMAS QUE PRESENTA UNA ORGANIZACIÓN DE OBRAS.**

### **VENTAJAS:**

Económicas, temporales, de orden, ....

### **PROBLEMAS:**

Unidad de producción: Cada unidad es diferente. La unidad a producir es siempre distinta, no hay dos obras iguales.

Emplazamiento: Diferente. No se hacen dos obras en el mismo sitio.

Consideraciones climáticas: Trabajo intemperie.

Formación del personal: Personal con escasa cualificación profesional.

Proyecto: Incompleto y sujeto a continuos cambios. El proyecto no suele tener un nivel de definición suficiente a la hora de comenzar la obra y se encuentra sujeto a continuos cambios.

### Conclusión

## **LECCIÓN TERCERA**

### **ORGANIZACIÓN DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN.-**

#### **3.1. AGENTES QUE INTERVIENEN EN LA CONSTRUCCIÓN.**

Promotor: Concibe, pone en marcha todo el proceso. Es la persona o empresa que tiene una necesidad constructiva y tiene capacidad económica para realizarla.

Proyectista: Técnico competente, resuelve aspectos técnicos y de diseño.

Contratista: Contrata la ejecución de la obra.

Constructor: Ejecución material del proyecto.

Dirección facultativa: Asesores técnicos.

Arquitecto/s + Aparejador/es (en el caso de edificación).

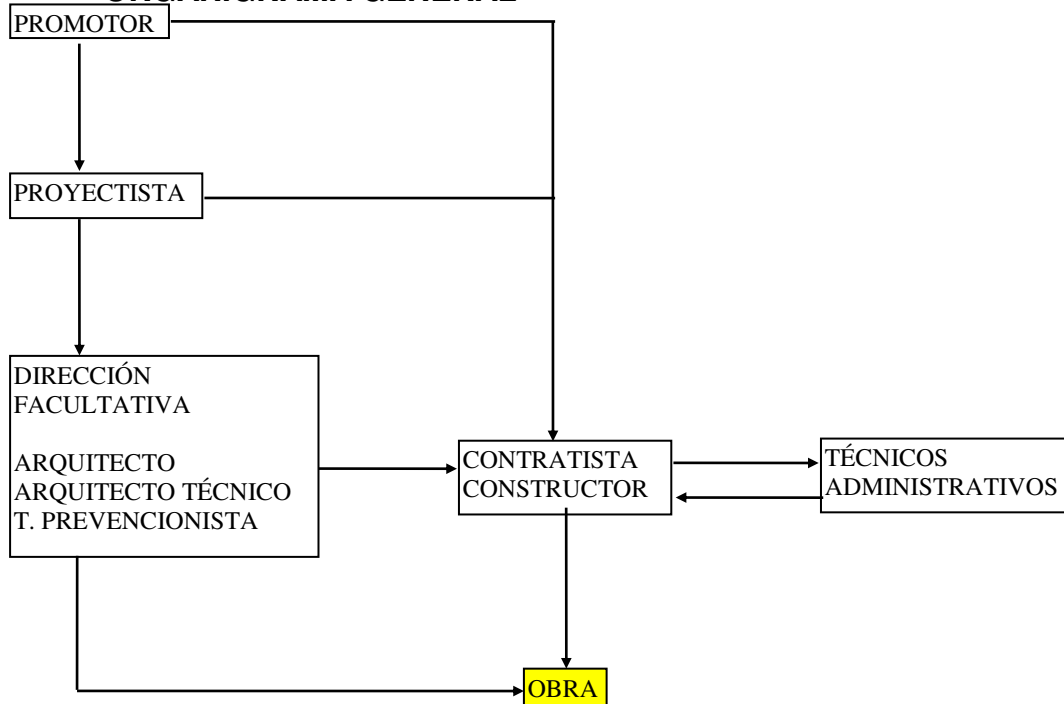
Normalmente el contratista y el constructor son la misma persona.

En el año 1986 salió un decreto que obligaba a realizar un estudio de seguridad en obras cuyo presupuesto fuese igual o superior a los cien millones de pesetas. En el año 1990 otro decreto definía la competencia de este estudio de seguridad asignándosela a un aparejador o a un arquitecto técnico y dicho técnico se añadirá a la dirección facultativa de la obra con competencia es la seguridad de la obra y capacidad para la paralización de la obra.

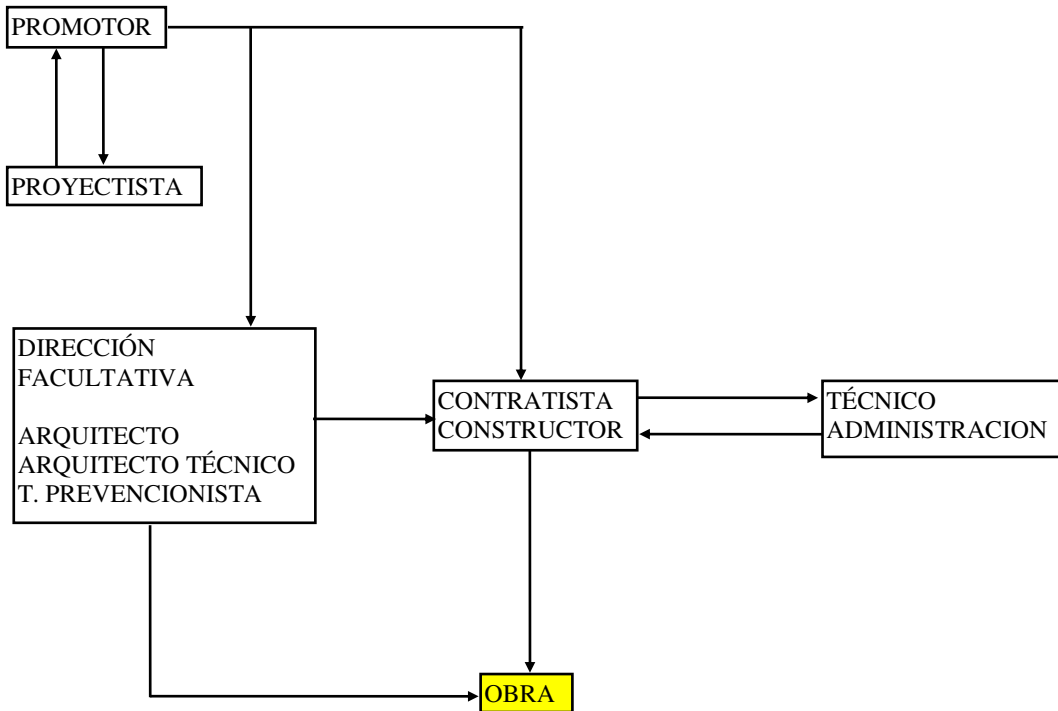
Un individuo que posea las dos titulaciones de arquitecto y aparejador o arquitecto técnico no podrá ejercer la dirección facultativa de ambas titulaciones en la misma obra.

El arquitecto puede ser promotor, proyectista, director de obra, contratista y constructor de la misma obra mientras el aparejador puede ser todo menos proyectista (aunque puede realizar proyectos de reforma siempre y cuando no toque elementos estructurales).

#### **ORGANIGRAMA GENERAL**



## POSIBLE ORGANIGRAMA , OBRAS OFICIALES



### 3.2. INTERVENCIÓN DEL ARQUITECTO TÉCNICO EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO.

#### Promotor

Proyectista: “puede actuar como colaborador en la realización del proyecto pero nunca firmándolo o desarrollándolo por solitario, aunque puede desarrollar proyectos en los que no halla que modificar ni tocar elementos estructurales”.

#### Dirección facultativa

#### Contratista

#### Constructor

### 3.3. CARACTERÍSTICAS DEL SECTOR.

## LECCIÓN CUARTA

## **GRÁFICOS Y DIAGRAMAS APLICADOS.-**

### **4.1. CONCEPTOS GENERALES SOBRE GRÁFICOS.**

Es un gran medio de comunicación, basado en el poder y rapidez de captación del ojo.

Es conveniente utilizar un método gráfico que sea capaz de transmitir una gran información, en lugar de darlo todo por escrito ya que es más engorroso.

Condiciones para que cumpla lo mejor posible su función de instrumento de información:

4.1.1. **INFORMACION** debe ser de clasificarse, relacionarse, ...

Se debe de poder representar gráficamente.

4.1.2. **CENTRAR LA ATENCIÓN** en la información a transmitir.

4.1.3. **CLARIDAD Y SENCILLEZ** sin acumular información.

4.1.4. **COMBINACIÓN DE GRÁFICOS** cuidadosa para no deformar o falsear la información.

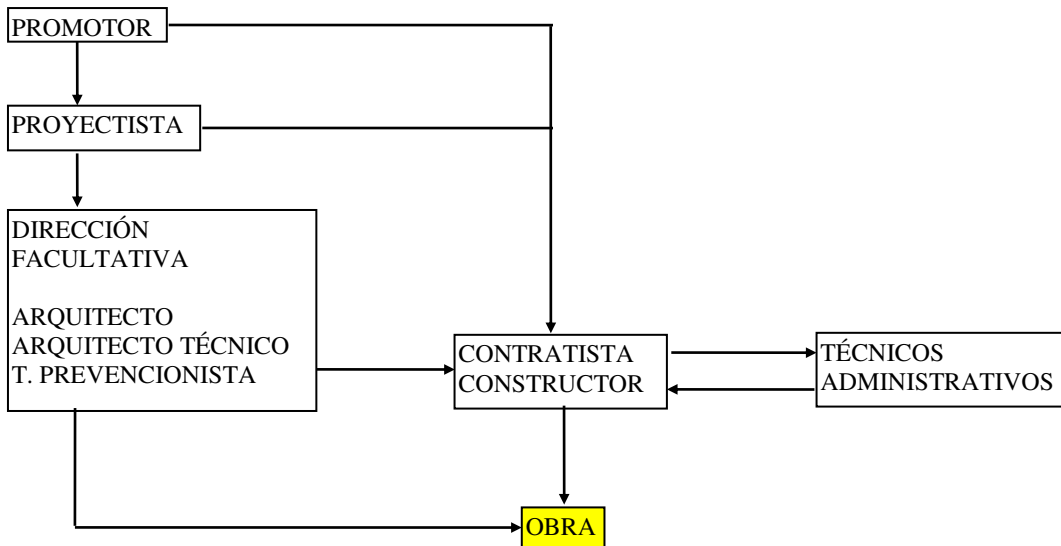
4.1.5. **LEYENDA** mínima, necesaria, clara y simple.

4.1.6. **ILUSTRATIVO** del texto a que acompaña.

4.1.7. **ADECUADO** elección apropiada del gráfico.

### **4.2. GRÁFICOS SIMPLES.**

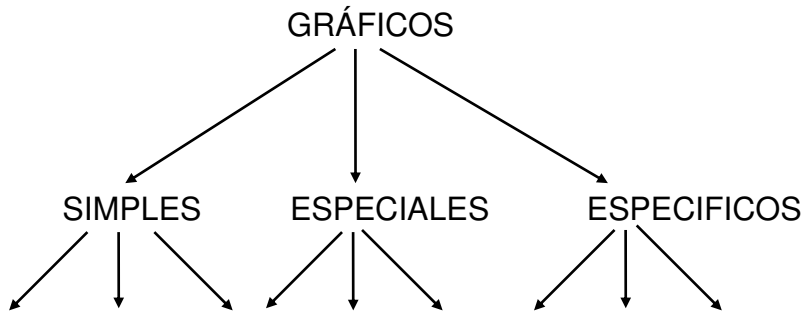
#### **4.2.1. ORGANIGRAMA**



El organigrama relaciona elementos de un conjunto como puede ser la estructura de organización de una empresa.

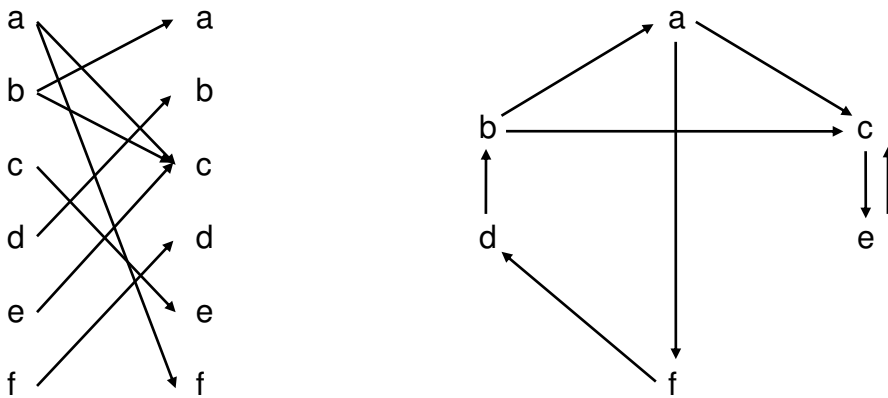
Siempre puede establecer una gerarquización cuando se emplea en una estructura empresarial.

### 4.2.2. PLANES DE CLASIFICACIÓN



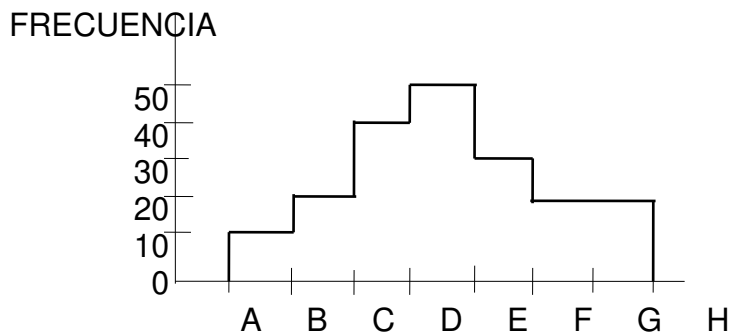
Los planes de clasificación sirven para establecer la clasificación de un conjunto.

### 4.2.3. GRÁFICO SAGITAL



Los gráficos sagitales relacionan elementos de dos conjuntos.

### 4.2.4. HISTOGRAMA



## INTERVALO

El histograma es un gráfico de coordenadas cartesianas y la relación que existe entre los elementos de los dos conjuntos viene dada por el área del rectángulo.

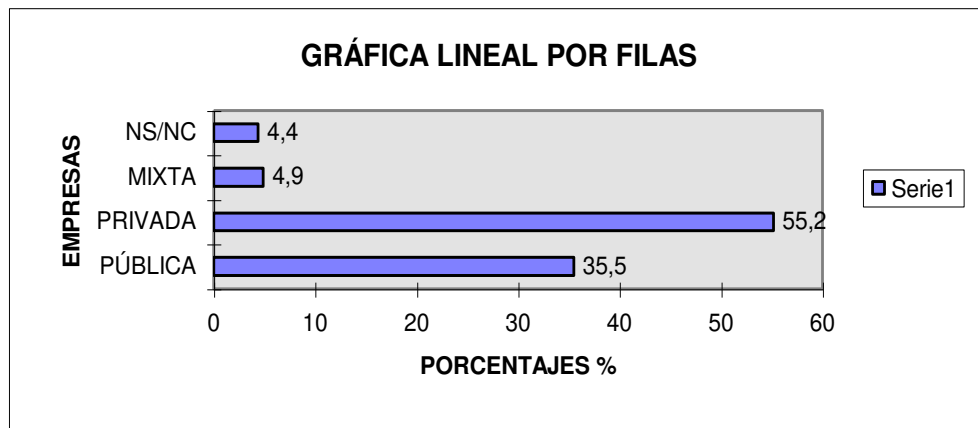
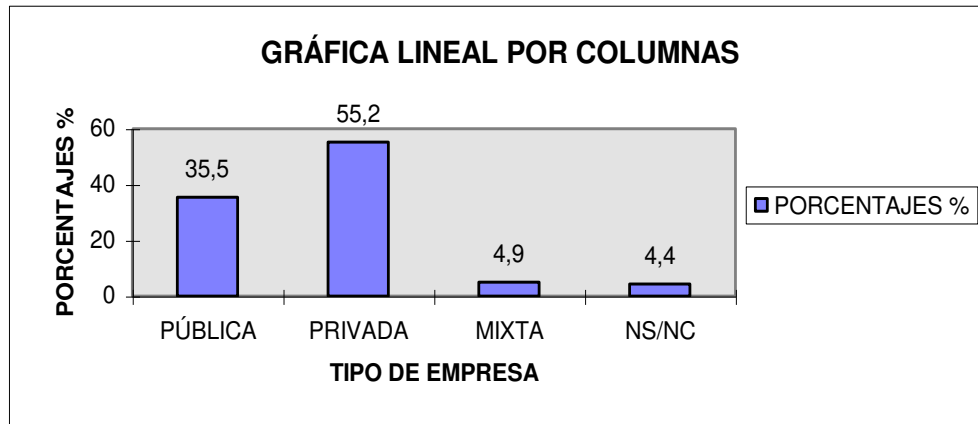
### 4.2.5. CUADRO DE DOBLE ENTRADA

	ARQUITECTO	A. TÉCNICO	JEFE DE OBRA	ENCARGADO	OFICIAL	PEON
PROYECTO	X					
DIRECCIÓN	X	X				
EJECUCIÓN	X	X	X	X		
CONTROL T.	X	X	X	X		
CONTROL A.			X	X		
UNIDAD O.				X	X	X

El cuadro de doble entrada es una matriz que define un conjunto por filas y otro por columnas.

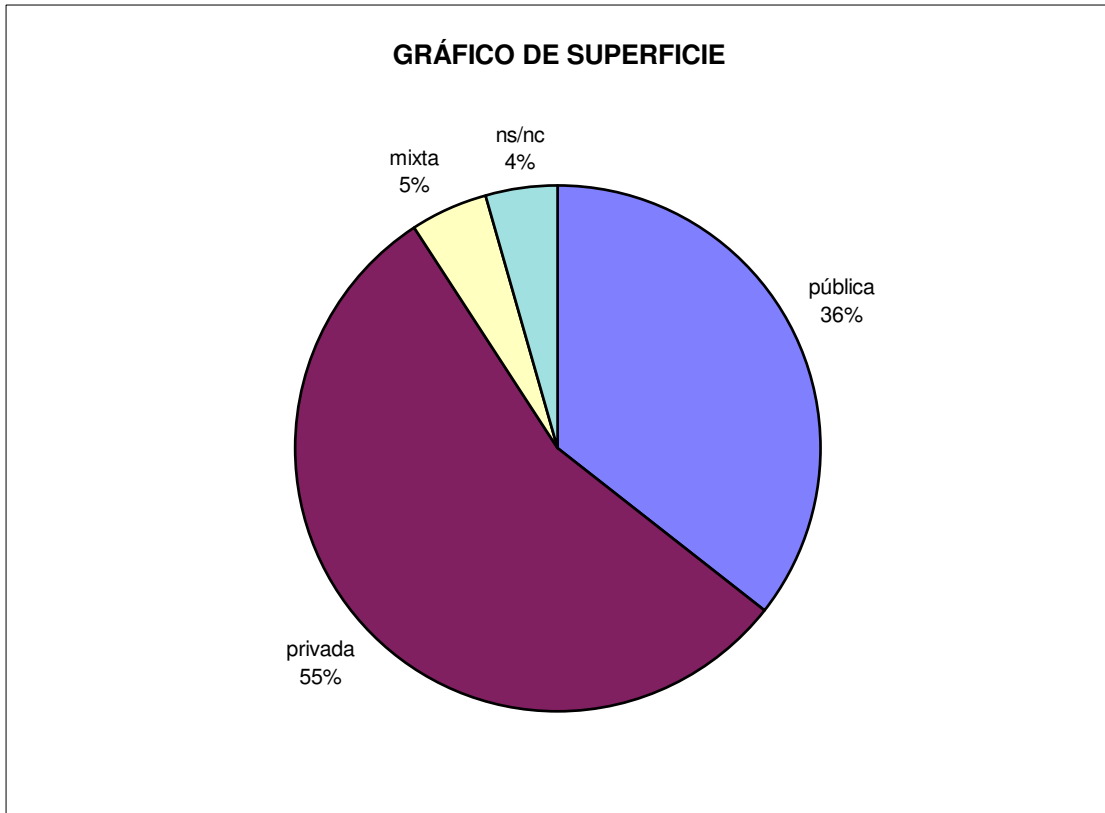
### 4.2.6. GRÁFICOS LINEALES





En gráficas lineales se establece la relación entre los elementos de ascisas con las ordenadas por la longitud de la barra.

#### 4.2.7. GRÁFICAS DE SUPERFICIE



Las gráficas de superficie son aquellas en las que la superficie o área en cuestión representa la totalidad del conjunto y luego esta la dividimos en los porcentajes correspondientes a cada fracción. Es aconsejable indicar el porcentaje que le pertenece a cada fracción.

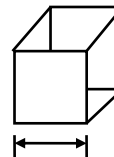
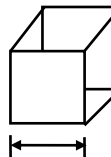
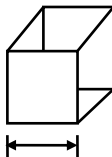
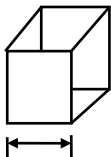
**TIPOLOGIA :**

**4.2.7.1. RECTANGULAR** un rectángulo representa el conjunto y se divide a este en porcentaje.

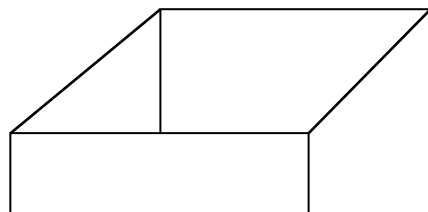
**4.2.7.2. SEMICIRCULAR** el área del semicírculo representa el 100 % del conjunto y se divide en porcentajes.

**4.2.7.3. CIRCULAR** el área del círculo representa el 100 % del conjunto y se divide en porcentajes.

**4.2.8. GRÁFICAS DE VOLUMEN**



Cierto



1 cm  
cm  
1 tn cemento

1 cm

1 cm

1

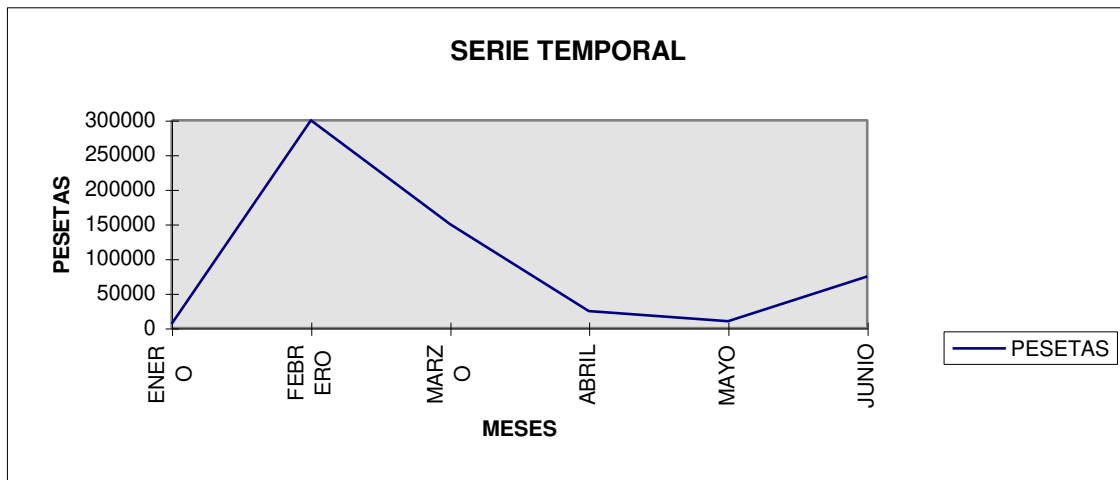
3 tn cemento

Falso

3 cm  
3 tn cemento

En gráficas de volumen su relación viene dada por el volumen de la figura geométrica.

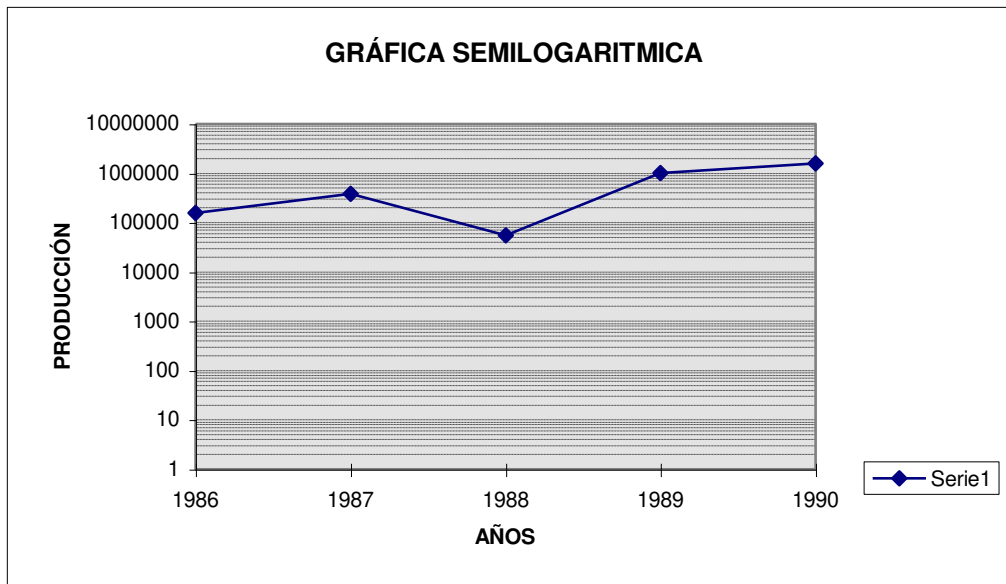
#### 4.2.9. SERIES TEMPORALES



En las series temporales una de las variables evoluciona o varía en función del tiempo, pueden ser o no representados en ejes cartesianos.

#### 4.3. GRÁFICAS ESPECIALES.

##### 4.3.1. GRÁFICAS LOGARÍTMICAS / SEMILOGARÍTMICAS



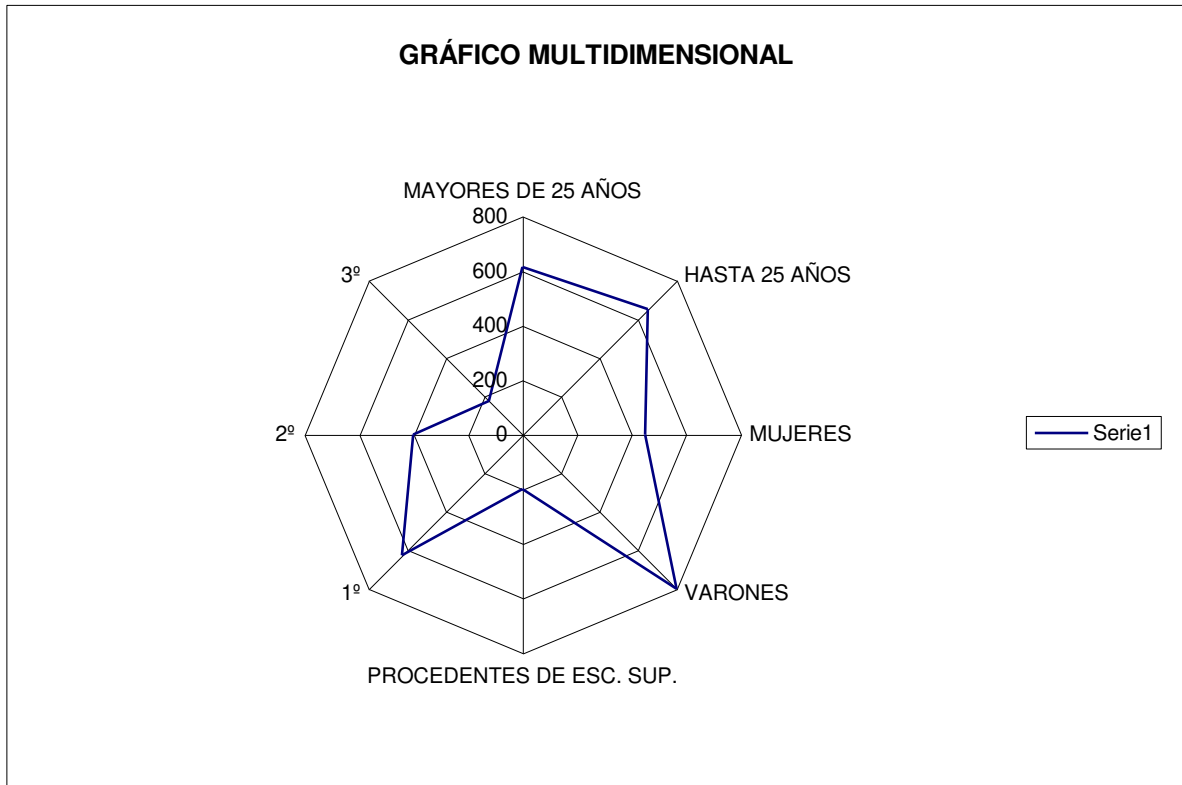
Las gráficas logarítmicas / semilogarítmicas son gráficos cartesianos que relacionan elementos de dos conjuntos a través de sus ejes, los dos conjuntos crecen de forma exponencial y se representan sobre los ejes en la escala logarítmica de los números naturales.

Cuanto mayor es un número menor es su logaritmo por lo tanto podemos representar números muy altos.

Los gráficos semilogarítmicos utilizan en un eje una escala normal y sobre el otro eje la serie logarítmica de los números naturales.

#### **4.3.2. GRÁFICOS MULTIDIMENSIONALES**

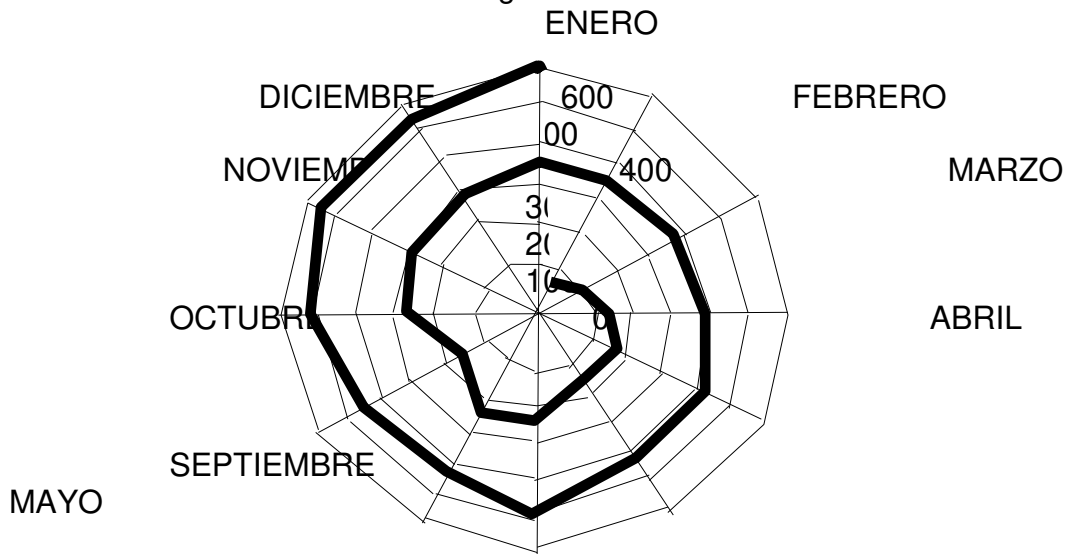
El gráfico multidimensional es un gráfico que es capaz de relacionar muchas variables de un mismo conjunto, son interesantes hasta dieciséis variables.



#### 4.3.3. GRÁFICO POLAR

El gráfico polar es un gráfico en el que mediante la distancia al centro y el ángulo que forma a un radio fijo nos relaciona los dos conjuntos, es similar al de las series temporales.

Se emplean cuando las variables evolucionan a través del tiempo de una forma acumulable al origen.



AGOSTO

JULIO

JUNIO

#### 4.3.4. SOCIOGRAMA

El sociograma es un cuadro de doble entrada con una aplicación muy específica.

En las filas se representan aspectos o características sociológicas y en las columnas se representa la escala de valores o baremo.

	1	2	3	4	5
Cultura general		*	*	*	*
Conocimientos técnicos generales				***	*
Conocimientos de la especialidad		*	*	*	*
Experiencia profesional		*	*	*	*
Experiencia de la vida		*	**		*
Facultad y claridad de expresión		*	*	*	*
Nivel de actividad y dinamismo		*		**	*
Distinción, seguridad y presentación			*	*	**
Inteligencia y lógica		*	*	*	*

- NIVEL ÓPTIMO \*
- NIVEL CANDIDATO 1 \*
- NIVEL CANDIDATO 2 \*
- NIVEL CANDIDATO 3 \*

#### 4.4. GRÁFICOS ESPECIFICOS EN CONSTRUCCIÓN.

En construcción se pueden emplear todos los gráficos expuestos en los apartados anteriores aunque los de este apartado 4.4. son más específicos.

##### 4.4.1. DIAGRAMA DE GANTT

Es un diagrama de tipo lineal en el que las barras se dibujan en horizontal indicándose las actividades de un proyecto, los tiempos de comienzo de cada uno de ellos y su duración.

No es ningún método de programación, solo transmite la información que con otros métodos hemos realizado.

El diagrama de Gantt sirve para llevar un control temporal de la obra.

Actividad	t <sub>ij</sub>	T <sub>EC</sub>	H <sub>L</sub>		







<b>Sin Nivelar</b>	<b>Por unidad</b>	
	<b>Acumulado</b>	
<b>Nivelada</b>	<b>Por unidad</b>	
	<b>Acumulado</b>	

#### **4.4.2. DIAGRAMA DE ETAPAS**

Es una variante del diagrama de Gantt, en este diagrama de etapas para cada actividad se indican varias barras correspondientes a las etapas en que se haya dividido la actividad o la obra, se usa poco ya que es difícil dividir la obra en etapas claramente diferenciadas.

#### **4.4.3. DIAGRAMA DE ESCALONES**

Es un diagrama en el que existen dos dimensiones, indicando en horizontal el tiempo y en vertical los costos de cada una de las actividades.

Habitualmente se dibuja de abajo a arriba para trabajar con la zona positiva del eje Y.

Forma de medir el tiempo:

1. Tiempo aritmético:

1.1. Día: 1º, 2º, ...

1.2. Semana: 1ª, 2ª, ... 1 semana → 5 días.

2. Tiempo calendario:

2.1 Días: día del calendario (18 de Marzo).

2.2. Semana: máximo de 5 días (dura menos si hay fiestas).

2.3. Meses

.....

### **LECCIÓN QUINTA**

#### **INVESTIGACIÓN OPERATIVA.-**

##### **5.1. INTRODUCCIÓN.**

Nace y se desarrolla en el contexto militar (Segunda Guerra Mundial), y luego pasa a aplicarse en la industria. Tiene gran aplicación en política, medicina, cualquier rama de las ciencias, etc.

La investigación operativa consiste fundamentalmente en la aplicación de métodos y técnicas matemáticas a la hora de tomar decisiones, podrá resolver cualquier problema cuyos objetivos y condicionantes puedan traducirse a expresiones matemáticas.

Antes de la investigación operativa la decisión se tomaba de forma intuitiva y por una sola persona, ahora también se toma individualmente pero hay asesoramiento por equipos multidisciplinarios para tomar la decisión.

##### **5.2. MODELOS MATEMÁTICOS DE LA INVESTIGACIÓN OPERATIVA.**

La investigación operativa utiliza tres modelos:

5.2.1. Determinísticos: Parten de datos establecidos y fijados de antemano y en consecuencia nos conducen a resultados ciertos.

5.2.2. Probabilísticos: Parten de datos estadísticos y nos conducen a resultados probables.

5.2.3. Simulación: Reproducen o simulan mediante maquetas, programas de ordenador, etc. el objeto a estudiar y al someterlo a las acciones a las que va a estar expuesto vemos cuales son sus respuestas y en función de esto modificamos aquello.

La simulación se puede determinar de forma física o matemáticamente.

### **5.3. CAMPOS DE ACTUACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN OPERATIVA.**

Desde el punto de vista que nos interesa actúa en dos frentes:

#### 5.3.1. Proyecto:

5.3.1.1. Diseño del proyecto.

5.3.1.2. Vida probable de los componentes.

5.3.1.3. Normalización o estandarización de elementos.

#### 5.3.2. Producción:

5.3.2.1. Productos a fabricar, tipos y cantidad.

5.3.2.2. Planificación y programación.

5.3.2.3. Disposición en planta.

5.3.2.4. Mantenimiento.

### **5.4. MÉTODOS UTILIZADOS EN LA ORGANIZACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE OBRAS.**

#### 5.4.1. PROGRAMACIÓN MATEMÁTICA:

##### 5.4.1.1. Programación lineal:

5.4.1.1.1. Gráfico.

5.4.1.1.2. Matricial.

5.4.1.1.3. Simplex.

##### 5.4.1.2. Problema de asignación.

##### 5.4.1.3. Problema del transporte.

##### 5.4.1.4. Programación no lineal.

##### 5.4.1.5. Otras programaciones.

#### 5.4.2. TEORÍA DE LOS GRAFOS:

##### 5.4.2.1. CPM.

##### 5.4.2.2. PERT.

##### 5.4.2.3. PERT - CPM / COSTOS.

##### 5.4.2.4. ROY.

## **LECCIÓN SEXTA**

### **PROGRAMACIÓN LINEAL.-**

#### **6.1. PROGRAMACIÓN LINEAL.**

Es una parte de la investigación operativa que la podremos aplicar cuando el problema que tratamos se puede traducir a expresiones matemáticas de tipo

lineal y que las limitaciones o restricciones que tenga el sistema productivo se pueda también traducir en expresiones matemáticas de tipo lineal.

Un problema de programación lineal tendrá la siguiente forma:

Función Objetivo: Es una expresión matemática lineal que representa el objetivo del problema. Es la expresión que tendremos que maximizar o minimizar.

Función Objetivo:

$$(\text{Max. ó Min.}) Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n$$

Ecuaciones o Inecuaciones de Restricción: Expresiones matemáticas, ecuaciones o inecuaciones de tipo lineal que representan las limitaciones del problema.

$$\begin{aligned} a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n &\leq b_1 \\ a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n &\geq b_2 \\ a_{31}X_1 + a_{32}X_2 + \dots + a_{3n}X_n &\leq b_3 \\ \dots & \\ a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mn}X_n &= b_m \end{aligned}$$

Aunque el problema no lo diga llevara las restricciones:

$$x_1 \geq 0; x_2 \geq 0; \dots; x_n \geq 0$$

Las variables no tomaran valores negativos.

Conceptos propios de la programación Lineal:

Solución Posible: Es cualquier conjunto de valores de la variable que satisface el sistema de ecuaciones de la restricción.

Solución Posible Básica: Es aquella solución posible en la que ninguna variable toma valores negativos.

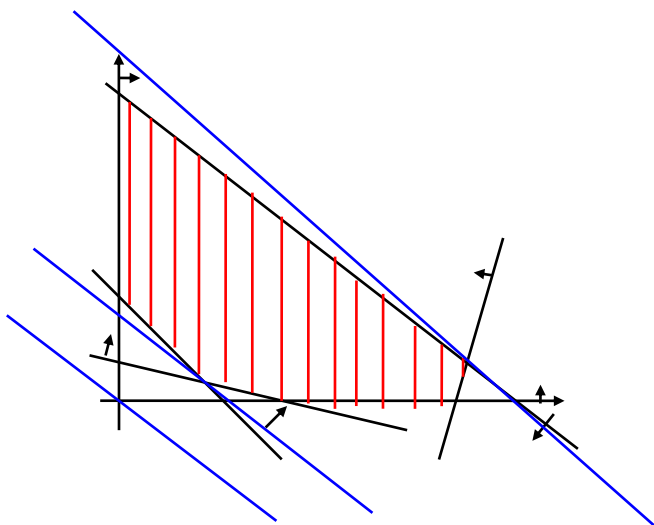
Solución Básica Posible Degenerada: Solución básica posible en la que al menos una variable toma el valor cero.

Solución Óptima: Es aquella solución básica posible que optimiza a la función objetivo.

## 6.2. MÉTODO GRÁFICO.

Solo resuelve problemas de dos variables.

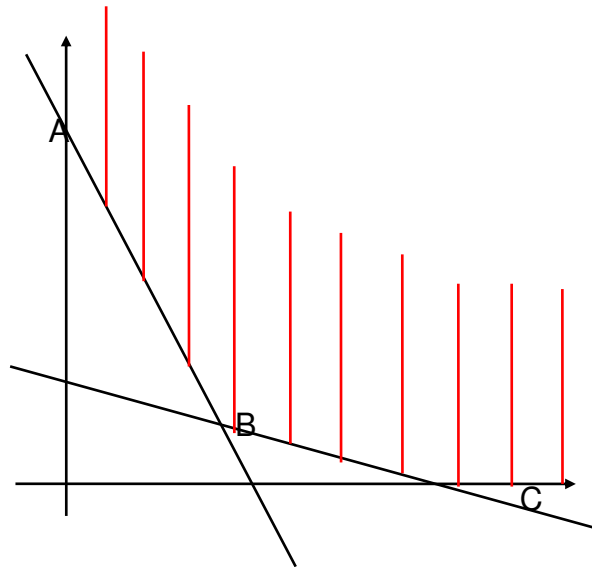
El punto A maximiza la función objetivo y el punto B la minimiza.



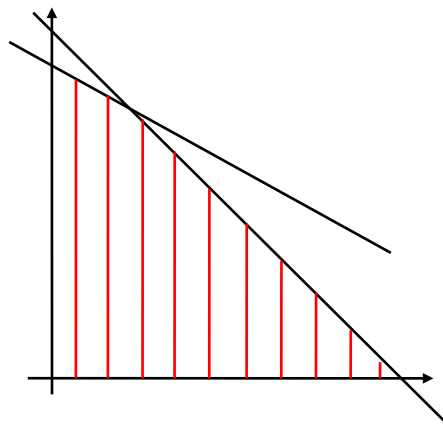


B

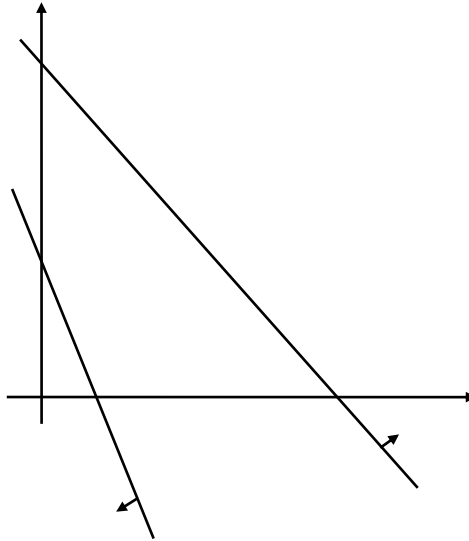
En este caso en el que no nos cierra el polígono, solo consideramos los vértices A, B, y C y nos quedaríamos con el último por el que pase la recta que se forma con la función objetivo para maximizar y el primero para minimizar.



En este próximo caso particular el punto (0,0) minimiza la función y como esto no es lógico nos indica que falta alguna restricción.



No existe polígono de posibles soluciones luego el problema no tiene solución.



### 6.3. PREPARACIÓN PARA LOS METODOS MATRICIAL Y SIMPLEX.

Este método no tiene limitación en cuanto al número de variables. Hace lo mismo que el método gráfico pero en  $R^n$ .

La forma del problema sería la siguiente:

Función objetivo:

$$(\text{Max. ó Min.}) Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n$$

Restricciones:

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n \leq b_1$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n \geq b_2$$

$$a_{31}X_1 + a_{32}X_2 + \dots + a_{3n}X_n \leq b_3$$

.....

$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mn}X_n = b_m$$

Procedimiento:

Primer paso variables de holgura, son variables ficticias que se introducen en las restricciones para convertirlo en un sistema de ecuaciones. Pasan a la función objetivo con coeficiente cero.

$$(\text{Max. ó Min.}) Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n + 0X_{n+1} + 0X_{n+2} + \dots + 0X_{n+m}$$

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n + X_{n+1} = b_1$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n - X_{n+2} = b_2$$

$$a_{31}X_1 + a_{32}X_2 + \dots + a_{3n}X_n - X_{n+3} = b_3$$

.....

$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mn}X_n + X_{n+m} = b_m$$

Segundo paso variables de penalización, son variables ficticias que se introducen en el sistema de ecuaciones de restricción en todas aquellas ecuaciones en las que no exista una variable única (que este en esa ecuación y no en ninguna otra) y que además tenga el mismo signo que el termino independiente.

Las variables de penalización pasan a la función objetivo con coeficiente - M si se trata de maximizar y con + M en el caso de que se este minimizando, siendo M un valor que tiende a infinito pero sin llegar a serlo.

$$(\text{Max. ó Min.}) Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n + 0X_{n+1} + \dots + 0X_{n+m} \pm MX_{n+m+1} \pm \dots \pm M X_{n+2m}$$

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n + X_{n+1} + X_{n+m+1} = b_1 \quad X_{n+m+1} = 0$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n - X_{n+2} + X_{n+m+2} = b_2 \quad \text{en nuestro caso}$$

$$a_{31}X_1 + a_{32}X_2 + \dots + a_{3n}X_n - X_{n+3} + X_{n+m+3} = b_3$$

.....

$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mn}X_n + X_{n+m} + X_{n+2m} = b_m \quad X_{n+m} = 0$$

en nuestro caso

#### 6.4. PROBLEMA DE ASIGNACIÓN.

Es un problema de programación lineal que tiene una manera especial de resolverse.

Consiste en buscar la relación entre dos conjuntos de forma que el rendimiento de dicha relación sea el optimo posible.

En nuestro caso uno de los conjuntos serán personas y el otro de los conjuntos serán puestos de trabajo, maquinas, etc. y habremos de buscar la asignación en la que cada persona de el rendimiento optimo.

x (x<sub>1</sub>, x<sub>2</sub>, ..., x<sub>n</sub>) 1<sup>er</sup> conjunto

y (y<sub>1</sub>, y<sub>2</sub>, ..., y<sub>n</sub>) 2<sup>o</sup> conjunto

El método de asignación se basa en establecer una asignación de tipo biyectivo o biunívoco entre ambos conjuntos.

$a_{ij}$  es el rendimiento que cada uno de los elementos del 1<sup>er</sup> conjunto tiene con cada uno de los elementos del 2<sup>o</sup> conjunto y vamos a formar una matriz de rendimientos.

	$y_1$	$y_2$	$y_3$	...	$y_{1n}$	$a_{11} \rightarrow$ rendimiento que obtiene el 1 <sup>er</sup> elemento del 1 <sup>er</sup> conjunto al relacionarse con el 1 <sup>er</sup> elemento del 2 <sup>o</sup> conjunto
$X_1$	$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{13}$	...	$a_{1n}$	
$X_2$	$a_{21}$	$a_{22}$	$a_{23}$	...	$a_{2n}$	
$X_3$	$a_{31}$	$a_{32}$	$a_{33}$	...	$a_{3n}$	
.....						
$X_n$	$a_{n1}$	$a_{n2}$	$a_{n3}$	...	$a_{nn}$	

La relación que buscamos lo que hará será maximizar o minimizar la asignación.

En el segundo conjunto no tiene porque ser igual que el primero ya que podemos tener más candidatos que puestos y en esos caso creamos un puesto de trabajo ficticio (para que la matriz siga siendo cuadrada) y asignar un rendimiento igual y constante para todas las personas en ese puesto de trabajo y el más desfavorable posible.

	$y_1$	$y_2$	$y_3$	...	$y_{1n}$	$y_{n+1}$
$X_1$	$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{13}$	...	$a_{1n}$	0
$X_2$	$a_{21}$	$a_{22}$	$a_{23}$	...	$a_{2n}$	0
$X_3$	$a_{31}$	$a_{32}$	$a_{33}$	...	$a_{3n}$	0
.....						
$X_n$	$a_{n1}$	$a_{n2}$	$a_{n3}$	...	$a_{nn}$	0
$X_{n+1}$	$a_{(n+1)1}$	$a_{(n+1)2}$	$a_{(n+1)3}$	...	$a_{(n+1)n}$	0

$y_{n+1} \rightarrow$  no existe en realidad, es ficticio y representa el stock. La columna  $y_{n+1} = 0$  si se esta maximizando en el caso de estar minimizando se le pone a todos los elementos de la columna  $y_{n+1}$  el mismo valor pero ligeramente superior al mayor valor que haya en la matriz de rendimientos.

**Teorema fundamental de la asignación:** Si a todos los elementos de una fila o de una columna de una matriz de rendimientos se le suma o se le resta una cantidad constante la asignación óptima no varia.

**Algoritmo Húngaro:** (Anexo II del librito de practicas), el algoritmo Húngaro esta destinado para minimizar si tenemos que maximizar tendremos previamente que darle la vuelta a la matriz restándole el mayor elemento de toda la matriz a cada uno de los elementos de la misma de manera que el elemento que era más pequeño pasara a ser el más grande y a la inversa.

El Algoritmo Húngaro se debe a D. König y E. E Egervóry.





A	3	7	1
B	4	5	7
C	6	5	2

A	2	6	0
B	0	1	3
C	4	3	0

A	2	5	0*
B	0	0	3
C	4	2	0*

	1	2	3
A	0	3	0
B	0	0	5
C	2	0	0

SOLUCIÓN.1:

A → 1 = 3  
 B → 2 = 5  
 C → 3 = 2

10

=

	1	2	3
A	0	3	0
B	0	0	5
C	2	0	0

SOLUCIÓN.2:

A → 3 = 1  
 B → 1 = 4  
 C → 2 = 5

10

### EJEMPLO DE TRANSPORTE

MIN.	1	2	3	
A	25	28	17	10
B	20	29	15	12
C	22	27	15	8
	10	11	9	

CAPACIDADES =  $\sum C = 30$

NECESIDADES =  $\sum N = 30$

	1	2	3	
A	8	11	0	10
B	5	14	0	12
C	7	12	0	8
	10	11	9	

A	3	0 <sup>10</sup>	0	10, 0
B	0 <sup>0</sup>	3	0	12, 2, 1*
C	2	1	0 <sup>8</sup>	8, 0 *
	10	11	9	
	0	1	1	
			0	

SOLUCIONES:

- A - 2 - 10
- B - 1 - 10
- B - 3 - 2
- C - 2 - 1
- C - 3 - 7

	1	2	3	
A	4	0 <sup>10</sup>	1	10, 0
B	0 <sup>10</sup>	2	0 <sup>2</sup>	12, 2, 0
C	2	0 <sup>1</sup>	0 <sup>7</sup>	8, 7, 0
	10	11	9	
	0	1	7	
		0	0	

**TEMA II: SISTEMAS DE PROGRAMACIÓN POR GRAFOS**  
**LECCIÓN SEPTIMA**  
**TEORÍA DE LOS GRAFOS.-**

**7.1. INTRODUCCIÓN.**

Es la base de todos los sistemas de programación que estudiaremos: PERT, CPM y ROY.

**7.2. CONCEPTOS Y DEFINICIONES.**

Grafo: Es el conjunto de elementos entre los que existen ligaduras orientadas.

Suponemos un conjunto  $x = \{A, B, C, D, E, F\}$  y una relación  $G = (x, T)$  de manera que:

$$T_A = \{B, C, D\}$$

$$T_B = \{A\}$$

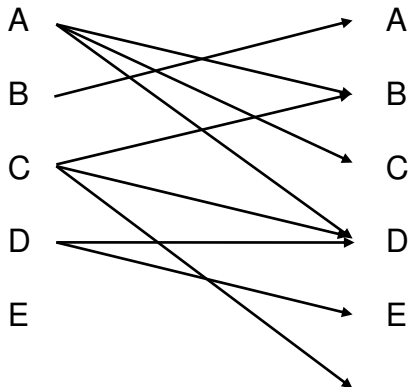
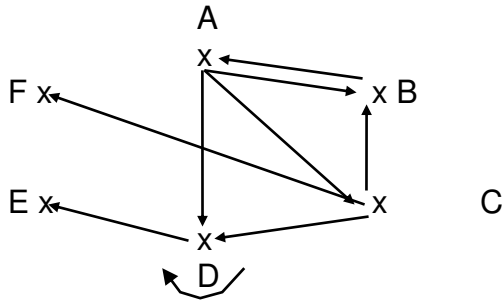
$$T_C = \{B, D, F\}$$

$$T_D = \{D, E\}$$

$$T_E = \{0\}$$

$$T_F = \{0\}$$

Lo representamos mediante un diagrama sagital.



F

F

Cuadro de doble entrada.

	A	B	C	D	E	F
A		1	1	1		
B	1					
C		1		1		1
D				1	1	
E						
F						

Definiciones:

Vértice: Elemento de un conjunto que constituye un grafo.

Arco: Par de elementos entre los que existe relación teniendo en cuenta la orientación, es decir que exista relación orientada: (A, B); (A, C); (B, A); ...

Camino: Es una sucesión de arcos adyacentes que nos permiten pasar de un vértice a otro: (A, C, D, E).

Circuito: Es un camino en el que el vértice inicial y final coinciden: (A, C, B, A); (A, B, A).

Bucle: Es un arco en el que el vértice origen y final coinciden: (D)

Arista: Relación entre dos vértices sin atender a la orientación: (C, A); (A, C).

Cadena: Sucesión de aristas adyacentes: (F, C, B, A).

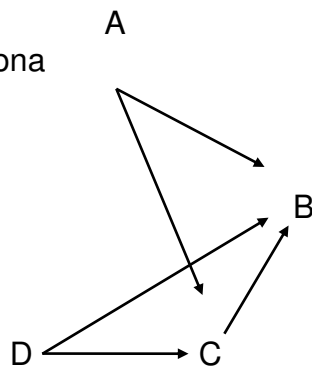
Longitud de un camino o circuito: Se mide por el número de arcos que constituyen el camino o circuito.

Grafo conexo: Entre todo par de vértices podemos establecer al menos una cadena.

relaciona

él.

E



Grafo no conexo ya que E no se relaciona con nadie y nadie se relaciona con él.

Grafo fuertemente conexo: Es aquel que entre cualquier par de vértices podemos establecer al menos un camino.

Grafo sin circuitos: Es aquel que no tiene circuitos.

A nosotros nos interesan los grafos sin circuitos y conexos.

### 7.3. RELACIÓN DE ORDEN ESTRICTO EN UN GRAFO CONEXO SIN CIRCUITOS.

Si un grafo es conexo y sin circuitos se puede establecer una relación de orden si cumple las siguientes propiedades:

1. Antisimétrica: A se relaciona con B entonces B no puede preceder a A.

A y B son vértices del grafo

$A < B \Rightarrow B$  no puede preceder a A.

< no significa menor sino sentido, dirección.

2. Transitiva: A precede a B y B precede a C entonces A precede a C.

$$\left. \begin{array}{l} A < B \\ B < C \end{array} \right\} A < C$$

## LECCIÓN OCTAVA

### ORDENACIÓN DE GRAFOS.-

#### 8.1. INTRODUCCIÓN.

Necesidad de ordenar.

#### 8.2. DESCOMPOSICIÓN DE UN GRAFO CONEXO SIN CIRCUITOS EN NIVELES.

Establecimiento convencional de niveles

Situar los vértices de manera que ningún vértice de un determinado nivel precede a un vértice situado en un nivel anterior. (A su izquierda) Entre los vértices de un mismo nivel no existirá relación.

Pasos a seguir:

1. Sumamos por filas el número de veces que cada vértice precede a otro.

2. Vértices situados en el último nivel son aquellos que no preceden nunca a nadie.

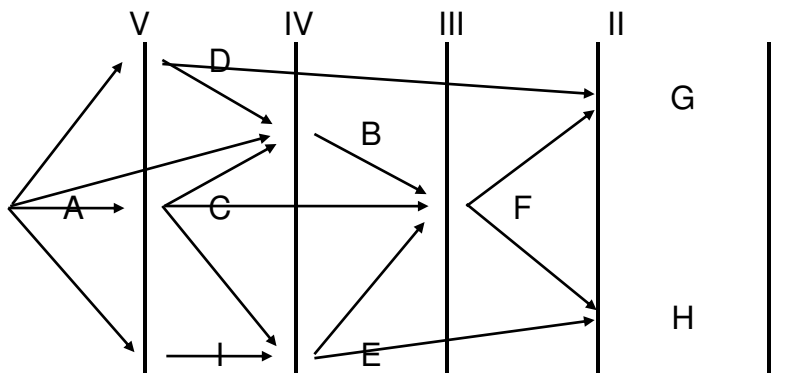
3. Restamos a cada elemento el número de veces que precedía a los situados en el último nivel.

4. Así sucesivamente hasta que todos los vértices tengan asignado un nivel.

Ejemplo:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	I	II	III	IV	V
A		1	1	1					1	4	4	4	3	0
B						1				1	1	0		

C	1		1	1				3	3	2	0	
D	1				1			2	1	1	0	
E				1		1		2	1	0		
F					1	1		2	0			
G								0				
H								0				
I			1					1	1	1	0	
								G	F	B	C	A
								H		E	D	
											I	



Nota.- En este tipo de ejercicios no es conveniente hacer diagramas de tipo sagital ya que resultarían muy confusos de interpretar.

### 8.3. CONSIDERACIONES PARA EL DIBUJO DE GRAFOS.

1. Las precedencias serán inmediatas.
2. La longitud del arco no representa nada.
3. Evitar longitudes de arcos desproporcionadas.
4. Evitar el trazado de arcos curvos.
5. Evitar el cruce entre arcos.
6. Evitar ángulos pequeños entre arcos.
7. Dos arcos distintos no podrán tener el mismo vértice inicial y final.

## LECCIÓN NOVENA

### PROGRAMACIÓN POR GRAFOS, GENERALIDADES.-

#### 9.1. SISTEMAS DE PROGRAMACIÓN POR GRAFOS: PERT, CPM, ROY.

9.1.1. Método PERT: Se vale de datos estadísticos y nos lleva a datos probables, nos da la información en función de probabilidades.

PERT: Programación, evaluación, revisión técnica.

9.1.2. Método CPM: Utilizan datos determinísticos y nos conducen a resultados ciertos.

CPM: Método del camino crítico.

9.1.3. Método ROY: Utiliza datos determinísticos y nos conduce a resultados ciertos.

ROY: Nombre del inventor.

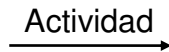
El Pert no se utiliza mucho en la construcción ya que la obtención de datos estadísticos es muy laboriosa, ya que requiere mucho tiempo y en la construcción el tiempo es escaso.

Los métodos que se están empleando ahora son CPM y ROY.

## 9.2. ACONTECIMIENTO, ACTIVIDAD Y CAMINO.

9.2.1. Actividad, arco: Las actividades son el hecho de realizar ó ejecutar algo.

Las actividades consumen recursos para realizarlos (recursos materiales, humanos, económicos, tiempo, etc.).



9.2.2. Acontecimiento, vértice, suceso, nudo: Un suceso es la situación consecuencia de realizar una actividad o la situación que se tiene que dar de partida para poder realizar una actividad.

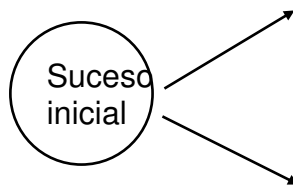
Los sucesos no consumen recursos para su realización, son una situación.



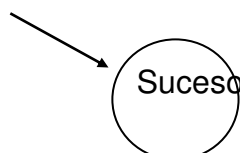
9.2.3. Actividad ficticia: Es una actividad irreal para poder establecer relaciones entre diferentes actividades. No consumen recursos de ningún tipo.



9.2.4. Suceso inicial: Es la situación (punto), de partida para iniciar el proyecto. Es un suceso del que pueden partir actividades pero a él no llega ninguna. En toda programación hay solo un suceso inicial.

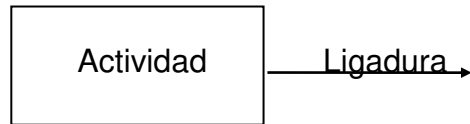


9.2.5. Suceso final: Es la situación final del proyecto, a él llegan actividades pero no sale ninguna. En todo proyecto hay un solo suceso final.

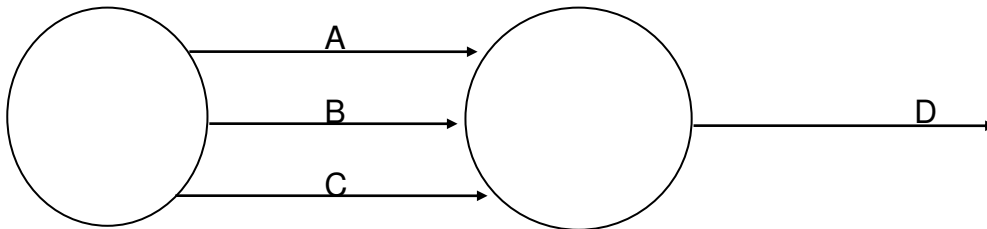


9.2.6. Camino: Sucesión de actividades adyacentes.  
 9.2.7. El método Roy: Las actividades con el mismo concepto que anteriormente se ha expuesto, se sitúan en los vértices del grafo mientras que los arcos representan las ligaduras entre las actividades.

En el método Roy no hay sucesos, hay actividades y ligaduras. El método Roy no necesita sucesos ni actividades ficticias para dibujar el grafo.

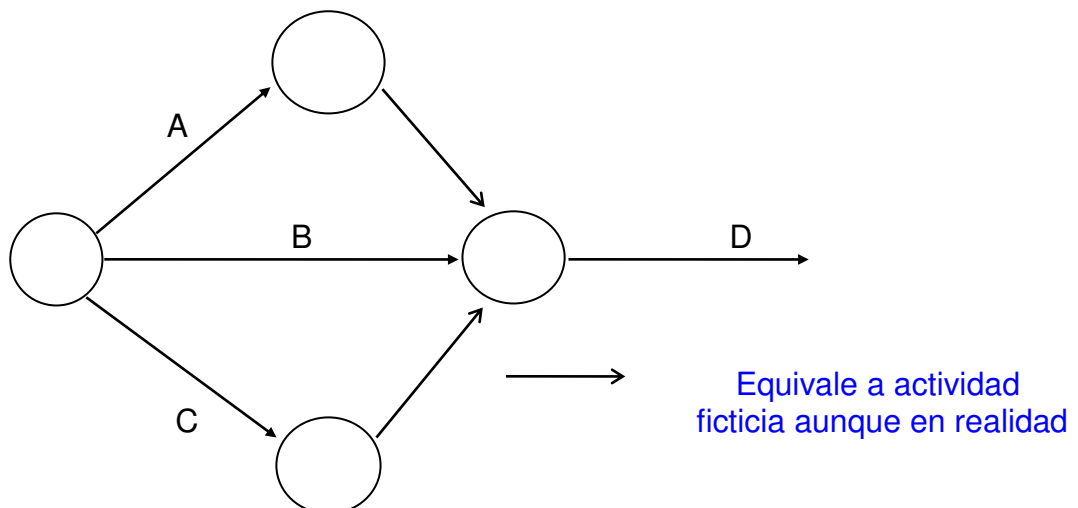


### 9.3. ACTIVIDADES FICTICIAS Y SU UTILIZACIÓN.



NO SE PERMITE

En una programación cualquiera A, B, C preceden a D y los tres tienen la misma situación partida, luego los tres crean la situación de partida de D, pero como dos o más actividades que parten de un mismo suceso no pueden tener el mismo suceso final entonces tenemos que crear la actividad ficticia.



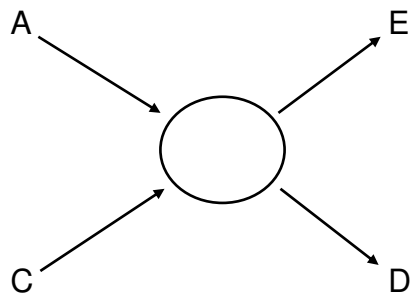


se .....represente

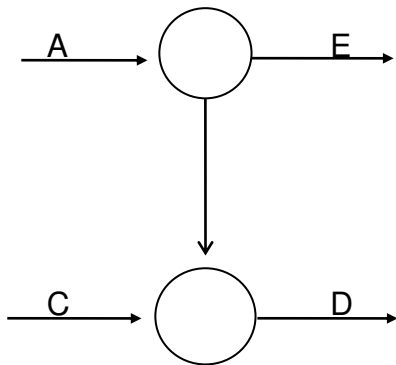
>

En una zona del grafo suponemos que ocurre lo siguiente:

$$A < E; A, C < D$$



Hay que esperar a que acabe C para empezar E aunque entre E y C no hay relación, entonces para solucionarlo hacemos lo siguiente:



No hay que esperar que acabe C para poder empezar E ya que no tiene relación.

#### 9.4. IDENTIFICACIÓN DE ACONTECIMIENTOS Y ACTIVIDADES.

9.4.1. Los sucesos o acontecimientos se identifican mediante números naturales (N). Esto se utiliza en grafos sencillos, si tenemos un grafo complejo N pero usando alguna progresión aritmética por ejemplo: 3, 5, 7, ..., esto se hace por si hay que añadir algún suceso más.

9.4.2. Las actividades las denominaremos por:

9.4.2.1. Letras mayúsculas para grafos simples.

9.4.2.2. Por la pareja de números ordenados de los sucesos que anteceden y preceden (i, j), es complementario de los otros dos, se usa siempre.

9.4.2.3. Por una breve descripción de la actividad la identifica si el proyecto es complejo.

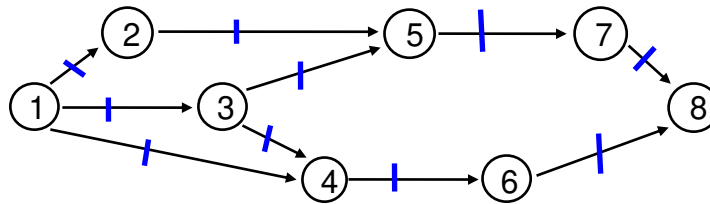
9.4.3. Numeración de los grafos:

1º Localizar el suceso inicial y numerarlo.

2º Eliminar imaginariamente las actividades que parten del suceso inicial y localizar el suceso o sucesos que se han convertido en iniciales, se numeran correlativamente (partiendo por el situado más a la izquierda).

3º Se eliminan imaginariamente las actividades que parten del siguiente suceso numerado y nuevamente se numeran todos aquellos que se han convertido en iniciales.

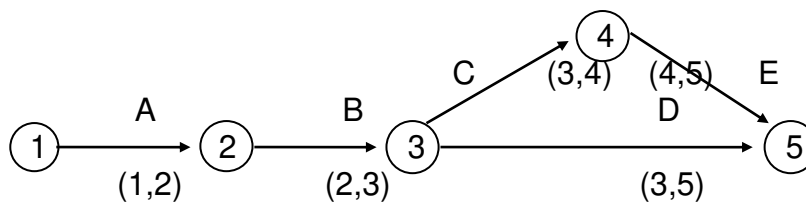
4º Así sucesivamente hasta numerar el suceso final.



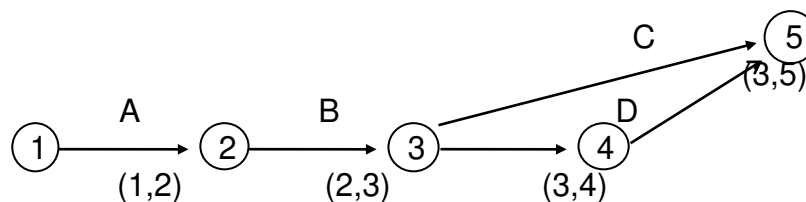
## 9.5. DIBUJO DE GRAFOS.

Práctica 26.

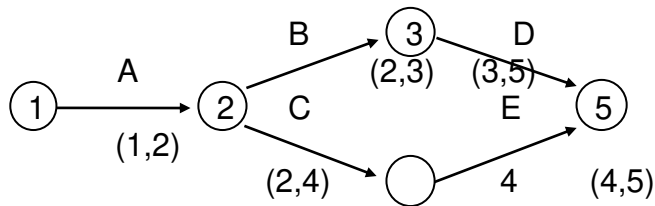
1.  $A < B$ ;  $B < C, D$ ;  $C < E$



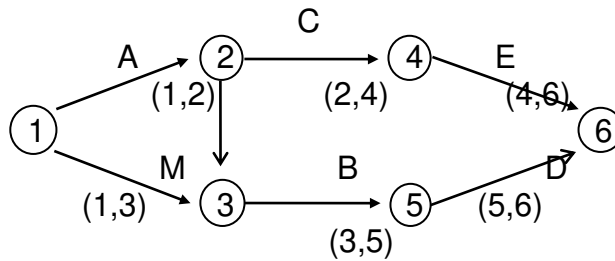
2.  $A < B$ ;  $B < C, D$



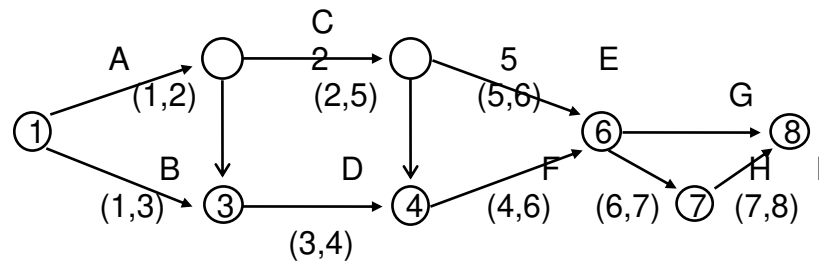
3.  $A < B, C$ ;  $B < D$ ;  $C < E$



4.  $A < B, C$ ;  $M < B$ ;  $B < D$ ;  $C < E$



5.  $A < C$ ;  $A, B < D$ ;  $D < E, F$ ;  $C < E$ ;  $E, F < G, H$ ;  $H < I$



## LECCIÓN DÉCIMA

### CÁLCULO DE TIEMPOS EN PERT Y CPM.-

#### 10.1. EL TIEMPO DE LAS ACTIVIDADES.

Las actividades consumen tiempo, para programar el recurso básico es el tiempo.

El PERT se basa en estudios estadísticos.

El PERT utiliza para cada actividad tres tiempos:

- 1) Tiempo optimista ( $t_o$ ): Es el tiempo que tardamos en realizar la actividad en las condiciones más favorables posibles, sin que surjan imprevistos.
- 2) Tiempo moda ( $t_m$ ): Es el tiempo de mayor frecuencia, es decir, el tiempo que vamos a tardar en ejecutar la actividad mayor número de veces.
- 3) Tiempo pesimista ( $t_p$ ): Es el tiempo que tardamos en realizar la actividad en medio de problemas previstos o imprevistos, excluyendo las circunstancias excepcionalmente anormales (incendios, inundaciones, ...).
- 4) Con estos tres tiempos elaboramos el tiempo estimado ( $t_e$ ), para la actividad.

$$t_e = \frac{t_o + 4t_m + t_p}{6} \quad \text{Es una media ponderada.}$$

El tiempo de moda ( $t_m$ ) también se define como tiempo medio aunque esto no es cierto.

CPM, el tiempo que considera para cada actividad es un tiempo determinístico ( $t_{ij}$ ).

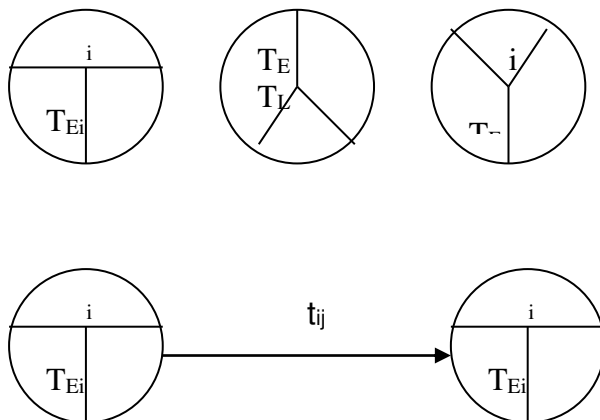
En CPM tenemos un solo tiempo para una actividad, no hay tiempos estadísticos como en el PERT.

Este tiempo ( $t_{ij}$ ) es equiparable a efectos de cálculo de tiempos de la programación con  $t_{eij}$ .

Las unidades de tiempo que vamos a utilizar van a depender de dos variables:

- 1) Volumen del proyecto.
- 2) Grado de programación que queremos alcanzar.

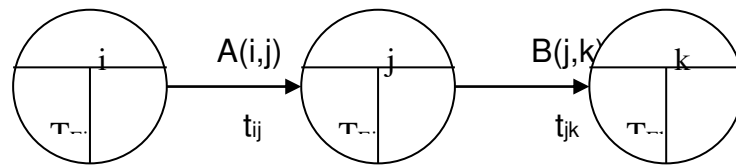
## 10.2. TIEMPO MÁS PRÓXIMO Y MÁS LEJANO DE LOS ACONTECIMIENTOS.



$$T_{Ej} = T_{Ei} + t_{ij}$$

Tiempo más próximo, más corto o más pronto posible en alcanzar un suceso será el mínimo tiempo necesario para que se ejecuten las actividades que dan lugar al suceso.

Por definición, el tiempo lo más pronto posible en alcanzar el suceso inicial es cero.

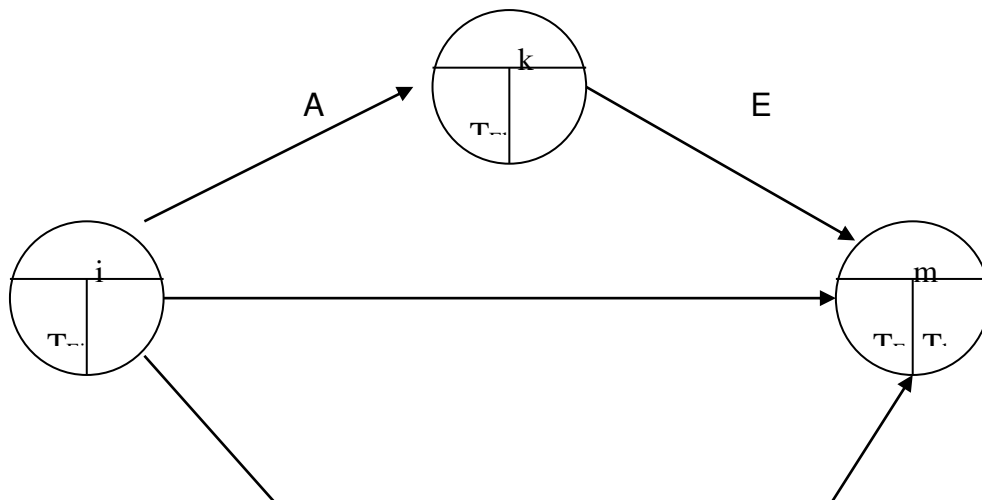


$$T_{Ei} = 0$$

$$T_{Ej} = T_{Ei} + t_{ij}$$

$$T_{Ek} = (T_{Ei} + t_{ij}) + t_{jk} = T_{Ej} + t_{jk}$$

El tiempo lo más pronto posible en alcanzar cualquier suceso es igual al tiempo lo más posible en alcanzar el suceso anterior más el tiempo de la actividad que relaciona los dos sucesos.



B

C

F

D

$$T_{Em} = T_{Ei} + t_{im}$$

$$T_{Em} = T_{Ek} + t_{km}$$

$$T_{Em} = T_{Ej} + t_{jm}$$

$$T_{Em} = T_{Ei} + t_{im}$$

$$T_{Em} = T_{Ek} + t_{km} = T_{Ei} + t_{ik} + t_{km}$$

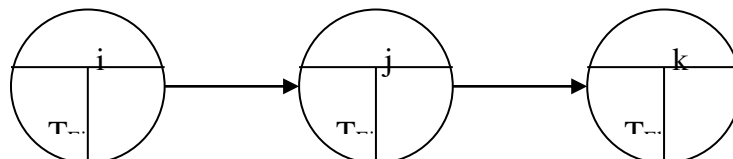
$$T_{Em} = T_{Ej} + t_{jm} = T_{Ej} + t_{jl} + t_{lm} = T_{Ei} + t_{jl} + t_{lj} + t_{lm}$$

Cuando a un determinado suceso se puede llegar por varios caminos, se considerará el de mayor duración.

El tiempo más lejano, más largo o lo más tarde permisible en alcanzar un suceso será el tiempo lo más tarde que nos permitimos en alcanzar su suceso siguiente menos el tiempo de la actividad que relaciona los dos sucesos.

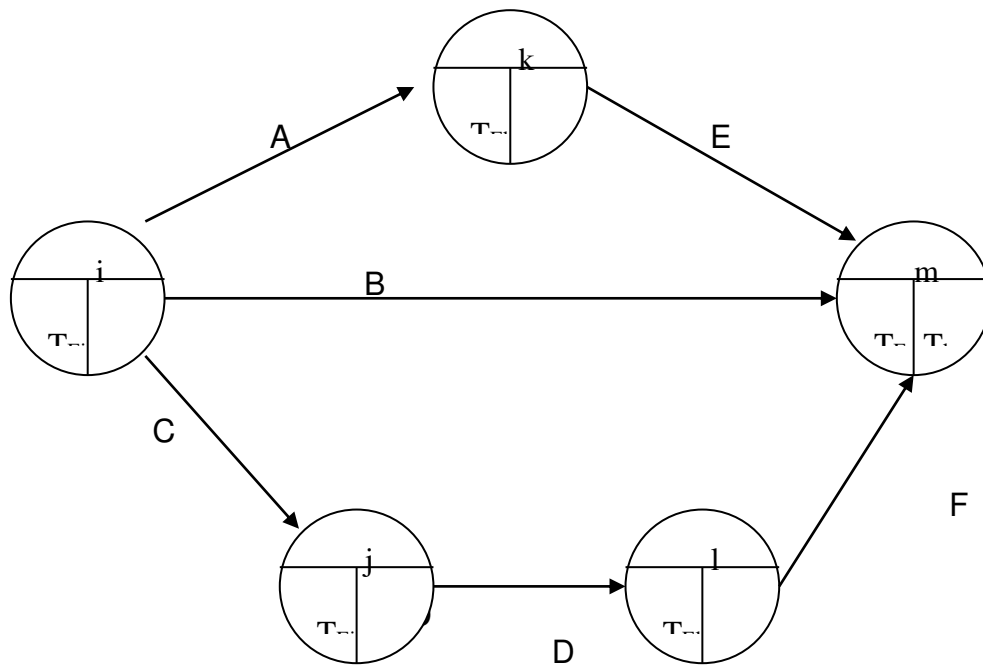
Por definición el tiempo lo más tarde en alcanzar el suceso final es igual al tiempo lo más pronto posible.

$$T_{Lk} = T_{Ek}$$



$$T_{Li} = T_{Lk} - t_{ik} - t_{ij} \quad T_{Lj} = T_{Lk} - t_{jk} \quad T_{Lk} = T_{Ek}$$

Es decir que el tiempo lo más tarde permisible en alcanzar un suceso es igual al tiempo lo más tarde permisible en alcanzar el suceso siguiente menos el tiempo de la actividad que los relaciona.



$$T_{Li} = T_{Lm} - t_{im}$$

$$T_{Li} = T_{Lk} - t_{ik} = T_{Lm} - t_{Lm} - t_{ik}$$

$$T_{Li} = T_{Lj} - t_{ij} = T_{Li} - t_{ji} - t_{ij} = T_{Lm} - t_{jl} - t_{ij}$$

Cuando a un determinado suceso se puede llegar por varios caminos se considerará el de mayor duración.

### 10.3. TIEMPO MÁS PRÓXIMO Y MÁS LEJANO DEL COMIENZO Y FINALIZACIÓN DE LAS ACTIVIDADES.

1) Tiempo lo más pronto posible en comenzar una actividad ( $T_{ECij}$ ): Es el tiempo lo más pronto posible que podamos alcanzar su suceso inicial.

$$T_{ECij} = T_{Ei}$$

- 2) Tiempo lo más pronto posible en finalizar una actividad ( $T_{EFij}$ ): Es el tiempo lo más pronto posible que puede comenzar más lo que tardo en ejecutarlo.

$$T_{EFij} = T_{ECij} + t_{ij}$$

- 3) Tiempo lo más tarde en finalizar una actividad ( $T_{LFij}$ ): Es el tiempo lo más tarde permisible que nos alcanza su suceso final.

$$T_{LFij} = T_{Lj}$$

- 4) Tiempo lo más tarde en comenzar una actividad ( $T_{LCij}$ ): Es lo más tarde que puedo acabarla menos el tiempo que tardo en realizarla.

$$T_{LCij} = T_{LFij} - t_{ij}$$

Ordenación de las actividades de acuerdo con un orden lógico:

- 1) Se atenderá al tiempo lo más pronto posible en que puede comenzar cada actividad.
- 2) En caso de igualdad la de menor duración.
- 3) En caso de igualdad la de menor holgura.

## LECCIÓN DÉCIMO PRIMERA

### HOLGURAS EN PERT Y CPM.-

#### 11.1. HOLGURA DE LOS SUCESOS.

Margen de tiempo entre lo más tarde permisible en alcanzar dicho suceso y su tiempo lo más pronto posible en alcanzarlo.

$$H_i = T_{Li} - T_{Ei}$$

#### 11.2. HOLGURA TOTAL, LIBRE E INDEPENDIENTE DE LAS ACTIVIDADES.

- 1) Holgura total: Es el margen de tiempo disponible entre el tiempo lo más pronto posible en comenzar y el tiempo lo más tarde permisible en acabarla excluyendo el tiempo que tardamos en ejecutarla.

$$H_T = T_{Li} - T_{Ei} - t_{ij} = T_{LFij} - T_{ECij} - t_{ij}$$

- 2) Holgura libre: Es el margen de tiempo disponible entre los tiempos lo más pronto posible en comenzar la actividad y el tiempo lo más pronto en alcanzar su suceso final excluyendo el tiempo de la actividad.

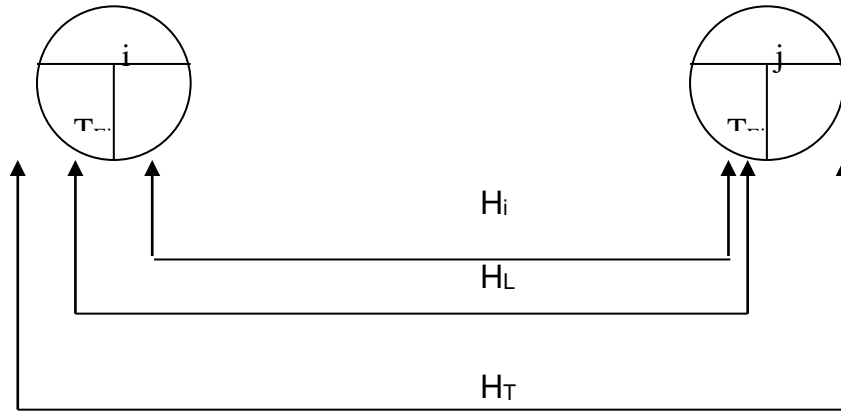
$$H_L = T_{Ej} - T_{Ei} - t_{ij} = T_{Ej} - T_{ECij} - t_{ij}$$

- 3) Holgura independiente: Es el margen de tiempo entre el tiempo lo más tarde permisible en alcanzar su suceso inicial y el tiempo lo

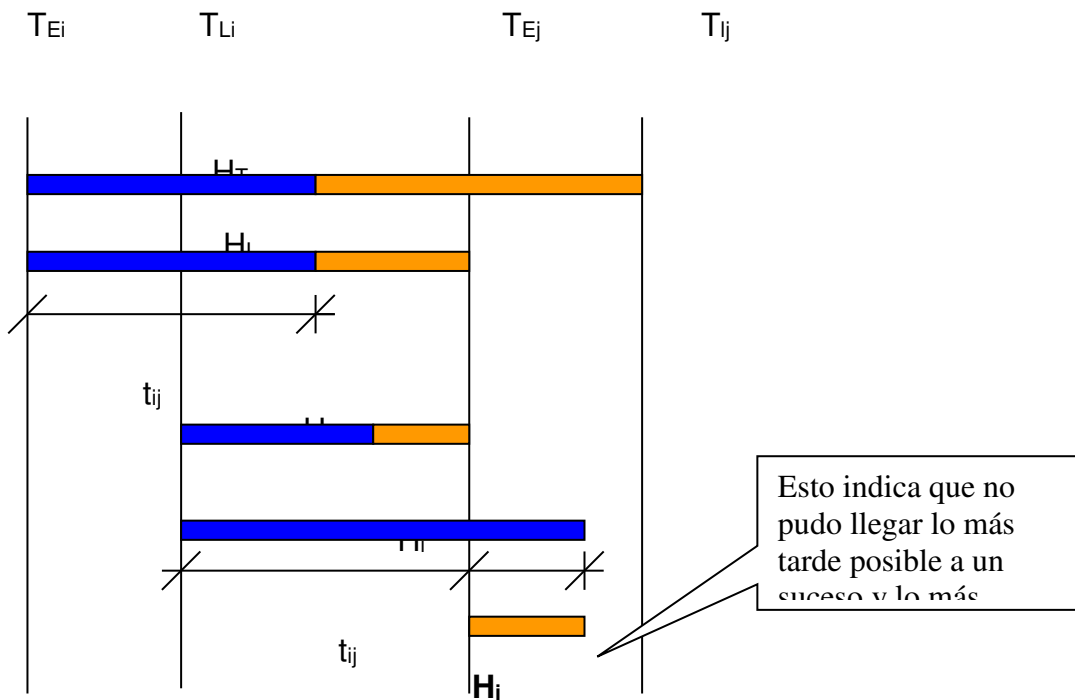


más pronto posible en alcanzar su suceso final, excluyendo el tiempo necesario para su ejecución.

$$H_i = T_{Ej} - T_{Lj} - t_{ij}$$



### 11.3. REPRESENTACIÓN GRÁFICA E INTERPRETACIÓN PRÁCTICA DE LAS HOLGURAS.




Interpretación práctica:

- 1) Holgura total: Representa el número de unidades de tiempo de que disponemos para retrasar el comienzo de la actividad o aumentar la duración de la actividad sin alterar los tiempos límite u en principio la programación.
- 2) Holgura libre: Representa el número de unidades de tiempo de que disponemos para retrasar el comienzo de la actividad o aumentar la duración de la actividad sin alterar el comienzo de las siguientes.
- 3) Holgura independiente: Refleja las unidades disponibles para que habiéndose alcanzado un suceso en el tiempo límite pasemos al tiempo lo más pronto posible del suceso siguiente.

#### 11.4. CAMINO CRÍTICO.

- 1) Actividad crítica: Son aquellas en que sus tres holguras son cero, no tienen ningún tiempo disponible. Si una actividad se retrasa repercute sobre todas.
- 2) Camino crítico: Es aquel que condiciona la duración final del proyecto.

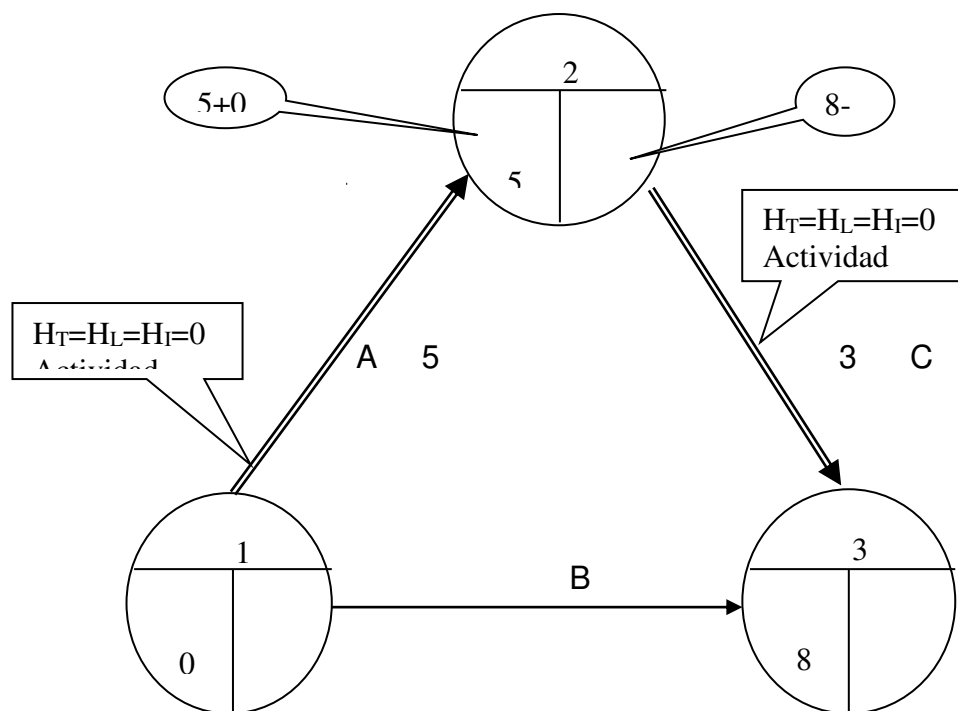
La representación de las actividades del camino crítico se realiza con una doble línea 

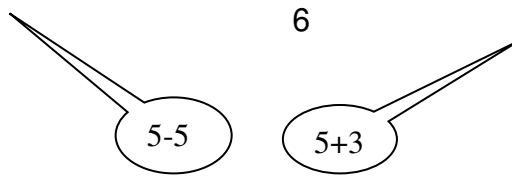
Todas las actividades del camino crítico tienen sus tres holguras iguales a cero, es decir son actividades críticas.

El camino crítico tiene que empezar en el suceso inicial y acabar en el suceso final sin interrupciones.

Cualquier retraso que se produzca en una actividad crítica va a repercutir en la duración del proyecto.

Ejemplo aclaratorio:





$$H_{TB} = 8 - 6 = 2$$

CAMINO CRÍTICO

A-C

$$H_L = 8 - 0 - 6 = 2$$

$$H_i = 8 - 6 - 0 = 2$$

## LECCIÓN DUODÉCIMA

### CÁLCULO DE TIEMPOS Y HOLGURAS EN ROY.-

#### 12.1. EL TIEMPO DE LAS ACTIVIDADES.

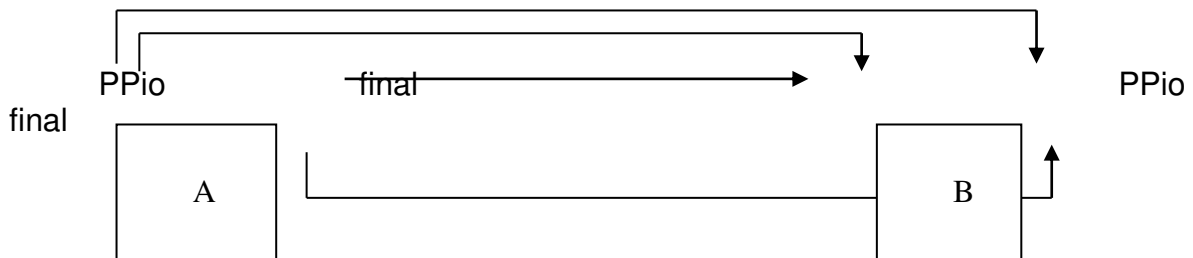
CPM y ROY utilizan un concepto determinístico del tiempo.

En toda programación por ROY vamos a tener una actividad llamada inicio que precede a todas las actividades que no son precedidas por nadie, también habrá un fin que será el final de todas las actividades que no precedan a nadie.

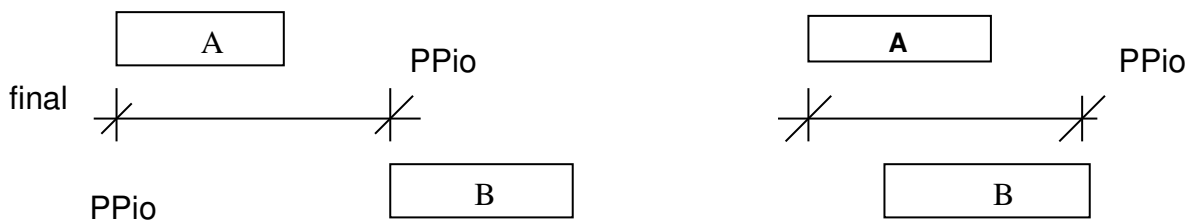
#### 12.2. TIEMPO MÁS PRÓXIMO Y MÁS LEJANO DEL COMIENZO Y FINALIZACIÓN DE LAS ACTIVIDADES.

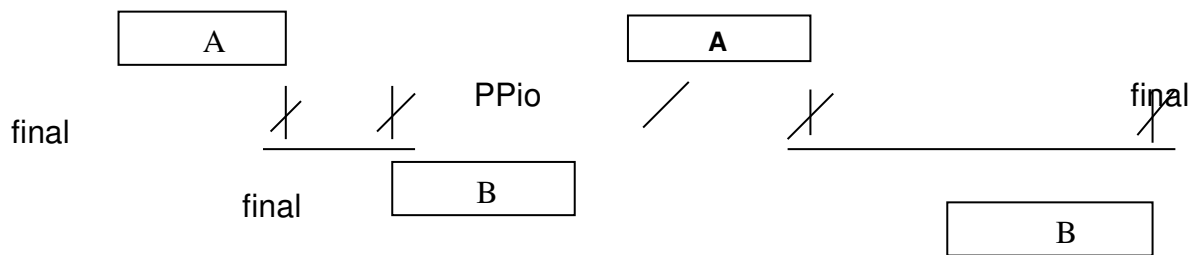
Hay dos tipos de ligaduras:

- 1) De precedencia: Que son equivalentes a las precedencias de PERT y CPM.
- 2) Temporales: A parte de preceder la actividad se relaciona mediante el tiempo.



PPio → Principio.





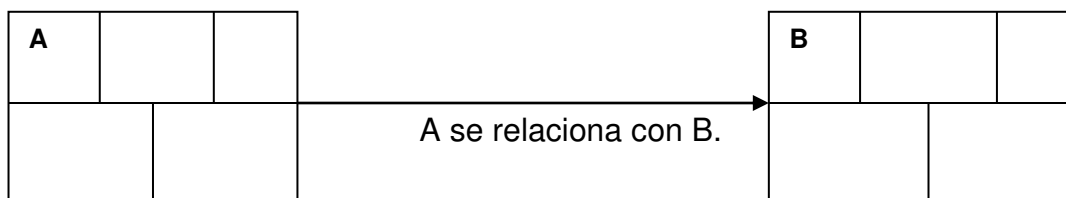
Roy va a poder establecer ligaduras más versátiles, final y final, comienzo y comienzo, final y comienzo, comienzo y final.

Esta ligadura permite por ejemplo que la actividad B comience durante la ejecución de la actividad A.

En Roy la actividad se presenta así:

1	2	3
4		5

- 1) Nombre de la actividad.
- 2) Tiempo que dura la actividad.
- 3) Holgura de la actividad.
- 4) Tiempo lo más pronto en comenzar ( $T_{EC}$ ).
- 5) Tiempo lo más tarde en Comenzar ( $T_{LC}$ ).



- 1) Tiempo lo más pronto en comenzar ( $T_{EC}$ ): Es el tiempo lo más pronto posible en comenzar las actividades anteriores que se relacionan con ella más el tiempo de las ligaduras correspondientes tomando la mayor de las sumas.

En la actividad inicio por definición  $T_{EC} = 0$

- 2) Tiempo lo más pronto en finalizar ( $T_{EF}$ ): Tiempo lo más pronto en comenzar más el tiempo de ejecución de la actividad.

$$T_{EF} = T_{EC} + t_{ij}$$

- 3) Tiempo lo más tarde en comenzar ( $T_{LC}$ ): Es el tiempo lo más tarde en comenzar de las actividades siguientes que estén relacionadas con la misma menos el tiempo de sus ligaduras, tomándose la menor de esas restas.

En la actividad final, por definición, es igual al tiempo lo más pronto en comenzar.

- 4) Tiempo lo más tarde en finalizar ( $T_{LF}$ ): Es el tiempo lo más tarde en comenzarla más el tiempo necesario para su ejecución.

$$T_{LF} = T_{LC} + t_{ij}$$

### 12.3. HOLGURA DE LAS ACTIVIDADES.

Una holgura que es la diferencia entre el tiempo lo más pronto y más tarde en comenzar la actividad.

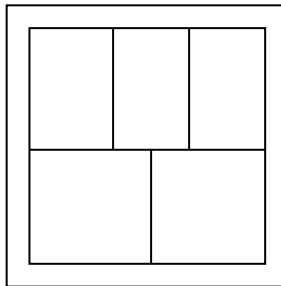
$$H_A = T_{LCA} - T_{ECA}$$

### 12.4. CAMINO CRÍTICO.

Es el camino de mayor duración y estará formado por las actividades que tienen holgura cero.

Como mínimo tiene que haber un camino crítico en todo grafo tipo ROY.

Las actividades críticas se representan por una doble línea.



## LECCIÓN DECIMOTERCERA

### PROBABILIDAD DE LOS PLAZOS EN PERT.-

#### 13.1. CONCEPTOS GENERALES SOBRE PROBABILIDAD.

- 1) Frecuencia absoluta: Es el número de veces que una variable se presenta.  
La frecuencia absoluta no dice nada.
- 2) Frecuencia relativa: Es el coeficiente entre la frecuencia absoluta y el número de veces que se ha realizado la experiencia.

3) Probabilidad: Es el valor a que tiende la frecuencia relativa cuando realizamos un número suficiente de veces la experiencia.

Se expresa en tanto por ciento.

#### Medidas de una distribución

Las distribuciones pueden ser con una altas dispersión o una baja dispersión.

Cuanto más dispersión hay menos fiable es el resultado y cuanto menos dispersión haya más fiable es el resultado.

La estadística utiliza medidas de posición y medidas de dispersión.

a) Medidas de posición: Dan un valor representativo, se posicionan en un punto, (Media aritmética,...).

1.1. Media aritmética simple y ponderada:

$$\frac{\sum \text{valores}}{n^{\circ} \text{ de valores}}$$

La media ponderada, pondera alguno de los valores.

1.2. Media cuadrática: Es la raíz cuadrada de la media aritmética de los cuadrados de los valores.

1.3. Media geométrica: Es la raíz de índice el número de valores que tenemos y de radicando el número de los valores.

$$\sqrt[n]{a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdots a_n}$$

1.4. Moda: Es el valor de la variable que mayor frecuencia tiene, es decir, el que más veces se presenta.

1.5. Mediana: Es el valor que ocupa el valor central una vez ordenados todos de mayor a menor o de menor a mayor.

1.6. Población: Conjunto de elementos sobre los que vamos a realizar el estudio.

1.7. Muestra: Es el subconjunto del conjunto población sobre el que vamos a tomar una muestra, realizar el estudio y extrapolar el resultado.

b) Medidas de dispersión:

1.1. Amplitud: Es la diferencia que hay entre los valores extremos.

1.2. Desviación: Es la diferencia que hay entre cada valor y la media aritmética del conjunto.

1.3. Desviación media: Es la media aritmética de todas las desviaciones tomadas en valor absoluto.

1.4. Varianza: Es la media aritmética de los cuadrados de las desviaciones.

Se representa por  $\sigma^2$

1.5. Desviación tipo o estándar: Es la raíz cuadrada con signo positivo de la varianza.

### 13.2. VARIANZA DE LAS ACTIVIDADES.

Es la diferencia entre el tiempo optimista más el tiempo pesimista partido por seis y elevado al cuadrado.

$$\sigma_{ij}^2 = \frac{(t_p - t_o)^2}{6^2} = \left( \frac{t_p - t_o}{6} \right)^2$$

### 13.3. DESVIACIÓN TIPO DEL CAMINO CRÍTICO.

Es la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las desviaciones del camino crítico.

$$\sigma_T = \sqrt{\sum \sigma_{ij}^2} \quad \text{Siendo } \sigma_{ij}^2 = \text{varianza de las actividades del camino crítico.}$$

Hay una desviación tipo para cada camino.

### 13.4. FACTOR DE PROBABILIDAD.

$$z = \frac{T_S - T_E}{\sigma_T}$$

Siendo:

Z = factor de probabilidad que varía entre -3 y 3.

T<sub>S</sub> = Tiempo en el que queremos realizar el proyecto o tiempo en el que queremos conocer la probabilidad que tenemos de cumplirlo.

T<sub>E</sub> = Tiempo estimado final del proyecto, es decir, el tiempo del suceso final del proyecto.

$\sigma_T$  = Desviación tipo del camino crítico. Si existen varios caminos críticos el más desfavorable.

### 13.5. TIEMPO ESPERADO FINAL; SU PROBABILIDAD.

$$T_E \Rightarrow 50\%$$

### 13.6. PROYECTO CIERTO Y PROYECTO FACTIBLE.

1. Factible: Mínima probabilidad 25%  $\Rightarrow Z = -0,67$
2. Certeza: Mínima probabilidad 97%  $\Rightarrow Z = 1,89$
3. Proyecto factible: Es aquel que al menos tiene un 25% de probabilidad de cumplirse, por debajo del 25% decimos que no es factible. Para cualquier valor de  $Z \geq -0,67$  el proyecto es factible.
4. Proyecto cierto: Es aquel que al menos tiene un 97% de probabilidad. Para cualquier valor de  $Z \geq 1,89$  el proyecto es cierto.

Desviación tipo más desfavorable: Si estamos en las Z positivas de la  $\sigma_T$  que nos interesa es la mayor ya que queremos que Z sea lo más bajo posible. Si estamos en las Z negativas la  $\sigma_T$  que nos interesa es la menor.

$$z = \frac{T_S - T_E}{\sigma_T} \begin{cases} T_S > T_E \Rightarrow Z(+), \\ T_S < T_E \Rightarrow Z(-) \end{cases}$$

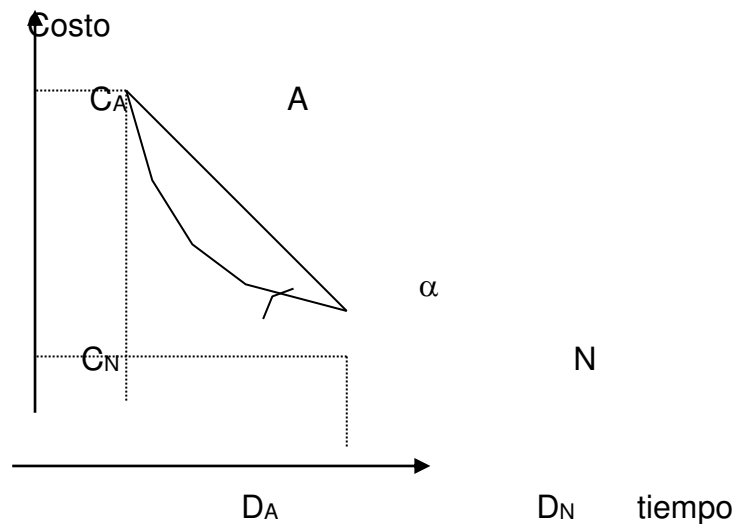
Aumentando la Z aumenta la probabilidad por lo tanto lo que nos interesa es que la Z sea baja y para que la Z sea baja  $\sigma_T$  tiene que ser grande.

#### LECCIÓN DECIMOCUARTA

#### RELACIÓN COSTO-TIEMPO.-

#### 14.1. RELACIÓN COSTO-TIEMPO DE UNA ACTIVIDAD; REPRESENTACIÓN.

La relación que existe entre el costo y la duración es inversa, es decir, a mayor duración menor costo y a menor duración mayor costo.



La proporción que se incrementa esta en función de la actividad a desarrollar.

La relación que existe entre el costo y el tiempo de una actividad responde más o menos a la gráfica representada. Conforme aceleramos la actividad el costo va aumentando (siempre que estemos entre A y N).



1. Punto N: Es el punto de duración normal y de costo normal en condiciones normales de trabajo.
2. Punto A: Es el punto de mínimo tiempo o de máxima aceleración y de costo más acelerado, o sea, de mayor costo.

A la derecha del punto N se produce una infrutilización de los recursos con lo cual aumenta el costo al aumentar la duración; a la izquierda del punto A por mucho que incrementemos los recursos no conseguiremos reducir la duración de la actividad.

Incremento del costo por unidad de tiempo acelerado:

$$\text{tg } \alpha = \frac{\text{incremento del costo}}{Ud} = \frac{C_A C_N}{D_A D_N} = \frac{C_A - C_N}{D_n - D_A}$$

$$\frac{C_A - C_N}{D_n - D_A} = \text{Pendiente de la recta } (r) \text{ y representa el incremento del costo}$$

que se produce por cada unidad de tiempo que aceleramos la actividad.

Si tenemos que acelerar un proyecto aceleramos aquellas actividades que sean más baratas.

#### 14.2. DURACIÓN ÓPTIMA DE LA ACTIVIDAD.

Es aquella en la que se realice la actividad con el menor costo posible.

La duración óptima de una actividad aisladamente, si es que se pudiera aislar, se corresponde con la duración a menor costo, es decir, duración normal a costo normal.

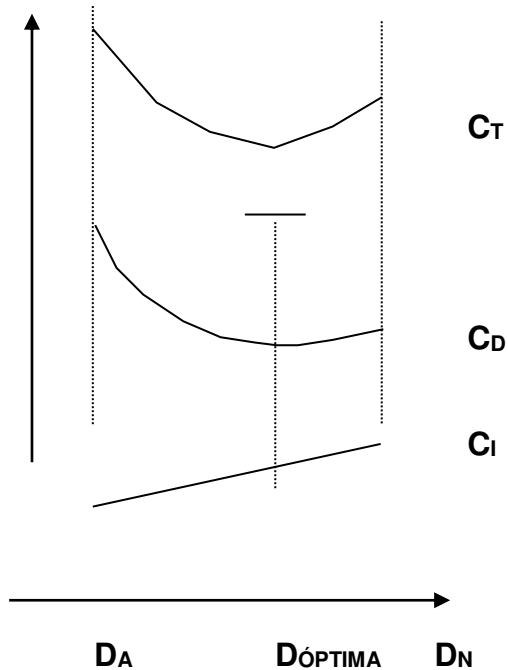
#### 14.3. relación costo-tiempo de un proyecto: costos directos, indirectos y totales.

EN PRINCIPIO PODRÍA ESTABLECERSE QUE LA DURACIÓN ÓPTIMA DE UN PROYECTO SERÍA AQUELLA QUE NOS VINIERA CONDICIONADA POR LA DURACIÓN NORMAL DE TODAS SUS ACTIVIDADES.

ESTA AFIRMACIÓN NO ES CORRECTA YA QUE PARA LA EJECUCIÓN DE UN PROYECTO HAY QUE TENER EN CUENTA UNA SERIE DE COSTOS LLAMADOS INDIRECTOS.

- A. COSTOS DIRECTOS: SON LOS COSTOS QUE INCIDEN DIRECTAMENTE EN LA EJECUCIÓN DE LA ACTIVIDAD Y SON IMPUTABLES EN EXCLUSIVA A CADA UNA DE ELLAS.  
EJEMPLO: COSTO DE MATERIALES, MANO DE OBRA, MAQUINARIA, ETC.
- B. COSTOS INDIRECTOS: SON AQUELLOS QUE SIN INCIDIR DIRECTAMENTE EN LA EJECUCIÓN DE UNA ACTIVIDAD SON NECESARIOS PARA LA EJECUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES, NO SON IMPUTABLES EN EXCLUSIVA A UNA ACTIVIDAD.  
EJEMPLO: COSTO DEL ENCARGADO, GRÚA, VALLADO, BOTIQUÍN, ETC.
- C. COSTOS TOTALES: ES LA SUMA DE LOS COSTOS DIRECTOS Y LOS COSTOS INDIRECTOS.

$$C_T = C_D + C_I = PEM$$



Como consecuencia de los costos indirectos la duración óptima se desplaza a la izquierda con lo que se acortara la duración.

El costo total es lo que se llama PEM.

Los gastos generales de la empresa son los generados por las oficinas centrales y demás oficinas que no pertenecen a ninguna obra en concreto pero que hay que mantener.

El beneficio industrial es el beneficio que se lleva el promotor.

Por lo tanto el costo total de la obra es :

$$C_T = PEM + GG + BI$$

#### 14.4. ACELERACIÓN DE UN PROYECTO.

1. ACELERAR ÚNICAMENTE ACTIVIDADES DEL CAMINO CRÍTICO YA QUE SINO AUMENTA EL COSTO PERO NO DISMINUYE LA DURACIÓN.
2. COMENZAREMOS LA ACELERACIÓN POR AQUELLA QUE MENOR INCREMENTO DE COSTO PRODUZCA POR UNIDAD DE TIEMPO REDUCIDA.

3. **NO MÁS UNIDADES DE TIEMPO QUE LA DIFERENCIA ENTRE SU DURACIÓN NORMAL Y DURACIÓN ACELERADA.**
4. **NO MÁS UNIDADES DE TIEMPO QUE LAS QUE PERMITAN LOS CAMINOS NO CRÍTICOS.**
5. **DE EXISTIR MÁS DE UN CAMINO CRÍTICO HABRÁ DE REDUCIRSE IGUAL NÚMERO DE UNIDADES EN TODOS ELLOS.**

Cuando no podamos acelerar más el proyecto hemos llegado a la duración más acelerada posible del proyecto.

La aceleración de las actividades se consigue mediante la asignación de más recursos a la actividad, asignación de más personal, medios auxiliares, aumento de jornada de trabajo, incentivos, etc.

#### **LECCIÓN DECIMOQUINTA**

#### **NIVELACIÓN DE RECURSOS.-**

##### **15.1. PASO DE UNA PROGRAMACIÓN POR GRAFOS A DIAGRAMA DE GANTT.**

El diagrama de Gantt y no el grafo establece la coordinación en la misma unidad de tiempo entre distintas actividades.

Al expresar la programación por grafos en un diagrama de Gantt hay que tener en cuenta el tiempo aritmético y el tiempo calendario.

Deberá previamente haberse ajustado toda la programación a los plazos y fechas establecidos.

##### **15.2. ASIGNACIÓN DE RECURSOS.**

Toda actividad necesita recursos para ejecutarse.

Hay que asignar a cada actividad los recursos y la cantidad de cada uno de ellos que necesitamos para poder desarrollar la misma.

Considerando el recurso económico que engloba a todas.

##### **15.3. NIVELACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LOS RECURSOS.**

La distribución de los recursos que se considera óptima es aquella que es constante en el tiempo.

Este ideal en la práctica es imposible de conseguir.

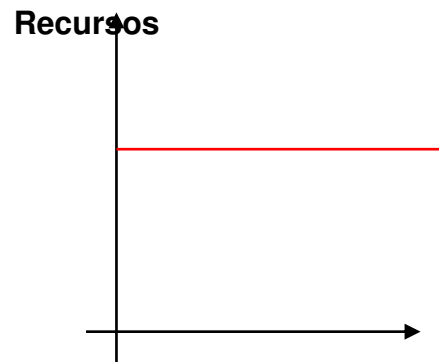
Tendremos que hacer una distribución lo más parecida posible a la campana de Gauss y lo menor posible a la suma de los cuadrados de los recursos.

Esta nivelación se efectuará mediante el desplazamiento en su comienzo de las actividades que no son críticas.

La programación final deberá satisfacer los criterios de cumplimiento de la campana de Gauss, reducir lo máximo posible la suma de los cuadrados de los recursos, todos los criterios impuestos por el promotor y una ordenación de las actividades lo más lógica posible.

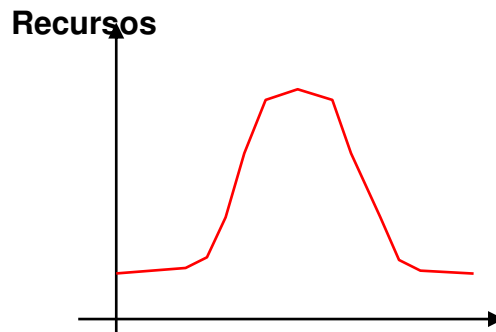
$$\sum R^2 \Rightarrow NO (\sum R)^2$$

**la gráfica ideal y que en nuestro sector no se puede lograr sería:**



Tiempo

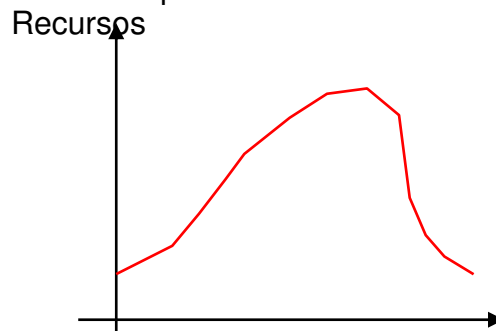
En construcción la Gráfica que se da es la Campana de Gauss.



Tiempo

La nivelación más óptima que se puede alcanzar es aquella en la que la campana de Gauss se asemeje más a la línea recta.

En construcción la campana más usuales:



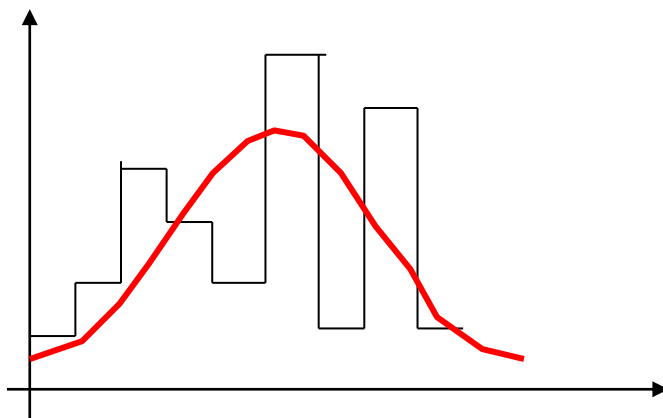
## Tiempo

Esto es debido a que se reservan para el final de obra algunas actividades que suponen un gran desembolso como son: los ascensores, las calderas, etc.

La mejor Campana de Gauss sería aquella en la que la  $\sum R^2$  sea la menor posible.

### ¿Cómo se realiza la nivelación de recursos?

Act.	R/ud	1	2	3	4	5	6	.....	Recurso s totales
A									
B									
C									
D									
		R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	R <sub>5</sub>	R <sub>6</sub>	.....	



1. Aprovechando las holguras total y libre de las actividades desplazamos los recursos de donde hay muchos a donde hay pocos para equilibrarlo al máximo.
2. Hay que tener cuidado con las precedencias ya que si  $A < C$  entonces si muevo A también tengo que mover C el mismo número de unidades.

**Trucos a seguir en la nivelación:**

- a) Ver la programación que nos viene dada por el proyecto y en la que no hemos hecho nada de nivelación ( $R_1$ ).
- b) Empezamos a nivelar hasta aproximarnos a la campana ( $R_2$ ).
- c) Seguimos nivelando hasta conseguir que  $\sum R_3^2 < \sum R_2^2$ .

**TEMA III: ORGANIZACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE OBRAS.**

**LECCIÓN DECIMOSEXTA**

**ORGANIZACIÓN GENERAL DE OBRAS.-**

**16.1. Introducción.**

Pasos a seguir para la organización de una obra:

- ¿Qué vamos a hacer?  
La respuesta la encontramos en el proyecto, luego hay que conocer bien el proyecto.
- ¿Cómo lo vamos a hacer?  
Qué métodos constructivos vamos a utilizar, es decir, la aplicación de los conocimientos técnicos a lo que vamos a realizar.
- ¿Con qué lo vamos a hacer?  
Mano de obra, medios auxiliares, materiales, etc. Que necesitamos y de que disponemos.
- ¿Quién va a ejecutar la obra?  
Jefe de obra, subcontratistas, etc. En el caso de ser yo el contratista la obra la ejecutarán todas las subcontratas y yo.
- ¿Cuándo tiene que estar acabada?  
Plazos que tengo para ejecutarla (comienzo, entrega, etc.).

**16.2. Influencia de la organización en los distintos agentes que intervienen en la construcción.**

- Promotor: Le influye desde el momento en que puede establecerse un calendario de inversiones, le va a afectar también en una fiabilidad del cumplimiento de plazo.
- Dirección Facultativa: Es la responsable legal de la ejecución del proyecto, le va a influir desde que puede establecerse un calendario de visitas y así controlar mejor el desarrollo de la obra.
- Constructor: Es el que tiene que hacer la obra y coordinar las subcontratas para poder hacerla.

El constructor es el que hace la programación de la obra ya que es el beneficiado de la programación.

- Proveedores: En principio no les importa que la obra este organizada o no. Pero si la obra esta programada podrá programar sus rutas y el almacenamiento y producción de los materiales que le pidamos.
- Usuarios: Un proceso organizado y programado tiene una calidad mayor y se cumplirán los plazos con lo cual será el gran beneficiado.

### **16.3. Estudios y actuaciones previas.**

Se refiere a una serie de actuaciones previas al desarrollo de la programación de la obra.

#### 1. Información y estudios previos de oficina:

- Mano de obra: Nos fijamos en aquellos que por sus características, cuantía puedan condicionar el desarrollo de la obra.
- Medios auxiliares: Nos fijamos en aquellos que por sus características, cuantía puedan condicionar el desarrollo de la obra.
- Materiales: Nos fijamos en aquellos que por sus características, cuantía puedan condicionar el desarrollo de la obra.
- Servicios auxiliares de obra: Estudio de las necesidades de oficina de obra, almacenes, talleres, etc.
- Servicios de higiene: Estudio de las necesidades de letrinas, duchas, vestuarios, comedores, etc.
- Climático de la zona: Conocer los aspectos que nos pueden condicionar por factores climáticos en el desarrollo de la obra. Esta información nos la da el Instituto Nacional de Meteorología.

#### 2. Información y estudios previos de emplazamiento en el que se va a construir:

- Situación.
- Entorno
- Instalaciones: Electricidad, agua, saneamiento, teléfono, etc. Todo ello para nuestro uso en la obra.
- Instalaciones Próximas: Que puedan ser dañadas por la ejecución de la obra (Electricidad, agua, saneamiento, teléfono, etc.), o que tengan servidumbre (Electricidad, agua, saneamiento, teléfono, etc.).
- Tráfico: Densidad de tráfico, señalizaciones, etc. Que nos puedan condicionar la entrada y salida de la obra.
- Subsuelo: Posibilidad de existencia de aguas subterráneas.
- Vertedero: Situación y distancia.
- Espacio: Para el almacenamiento de material, taller de ferralla, etc. Tanto dentro como fuera de la parcela.
- Alojamientos: Para los operarios, necesidad de construir barracones, pensiones, hoteles, etc.
- Taller mecánico
- Estación de servicio
- Central de hormigonado: Existencia, distancia y capacidades.
- Medico y hospital
- otros.

### **16.4. Licencias.**

Hay que tenerlas en cuenta en la organización ya que aveces dan problemas debido a su lentitud.

- Licencia de obra.
- Licencias de alineación y rasante.
- Vallado.
- Ocupación de vía pública.

Otras que no son licencias pero que interesan:

- Industria (Grúa).
- Agua.
- Electricidad.
- Teléfono.
- Etc.

#### **16.5. Documentación previa del proyecto.**

El proyecto consta de una serie de documentos:

- Memoria.
- Pliego de Condiciones Técnicas y Legales.
- Planos.
- Mediciones y Presupuestos.

#### **16.6. Documentación de archivo: Mano de obra, Materiales, Medios auxiliares.**

a) Mano de obra, base de datos con:

- Cualificación.
- Categoría.
- Residencia.
- Etc.

b) Materiales, base de datos con:

- Proveedores.
- Características.
- Etc.

c) Medios auxiliares, base de datos con:

- Características maquinas.
- Las que tenemos en propiedad:
  - Mantenimiento.
  - Servicio oficial.
  - Etc.
- Arrendadas:
  - Proveedores.
  - Precios.
  - Etc.

## **LECCIÓN DECIMOSEPTIMA**

### **DOCUMENTOS DE LA ORGANIZACIÓN.-**

#### **17.1. MEMORIA GENERAL DE ORGANIZACIÓN.**

- Objetivo y descripción del Proyecto: es la memoria de la organización de la obra, es decir, de cómo vamos a hacer la obra y como la vamos a ordenar y a distribuir.
- Datos de la parcela: Si posee o no medianerías, si por ella pasan tendidos eléctricos, etc.
- Características y tipología de viviendas (edificación).
- Empresa: Información de que medios auxiliares dispongo o que maquinaria tengo que alquilar, personal de que dispongo (mano de obra), etc.
- Desarrollo del proyecto y fases de ejecución: Indicar si vamos a fraccionar el proyecto, en cuantas partes o fases y por que lo vamos a hacer, indicar por donde vamos a empezar y porque, etc.
- Proveedores: lista de proveedores de que disponemos con sus características de capacidad de producción, almacenamiento, distribución, etc.



- Comunicaciones y servicios: Vías de acceso a la obra, recorridos alternativos para la maquinaria pesada, etc.; situación de hospitales, estaciones de servicios, talleres, etc.

### **17.2. INSTALACIONES Y SERVICIOS PROVISIONALES DE OBRA.**

- a) Instalaciones: Definir que instalaciones vamos a necesitar, de que tipo y características (no incluye medición ni presupuesto ya que se incluyen en los gastos generales).
  - 1) Electricidad.
  - 2) Agua.
  - 3) Telefonía.
  - 4) Saneamiento, etc.
- b) Servicios de obra:
  - 1) Vestuarios, aseos y duchas.
  - 2) Servicios.
  - 3) Comedor.
  - 4) Botiquín.
  - 5) Oficina de obra.
  - 6) Almacén: Es cuando esta bajo control, es necesario especialmente cuando hay materiales valiosos en la obra, Acopio: Es el material que tenemos en la obra que no esta controlado (ladrillos, arena, cemento, etc.).
  - 7) Talleres: Taller de ferralla, encofradores y medios de los que vamos a dotar la obra.

### **17.3. DOCUMENTACIÓN GRÁFICA.**

- a) Organización general en planta: Se representa en un plano general las zonas para acopios, donde se coloca la maquinaria (Grúa, hormigonera, etc.).
- b) Acopios
- c) Emplazamiento de maquinaria
- d) Acceso y circulaciones: Hay que elegir el sitio más conveniente para colocar el acceso a la obra. Hay que ver la circulación por el interior de la obra de camiones, peatones, etc.
- e) Vallado: Tiene que tener una altura de unos 2 m y una separación máxima de la línea de fachada de 2 m, debe de quedar entre el bordillo de la acera y el vallado un paso de 60 cm como mínimo, en lugares de poca visibilidad se debe de marcar con señales luminosas.
- f) Señalización: Donde y que señalizaciones vamos a poner en la obra (Prohibido el paso a toda persona ajena a la obra, uso obligatorio de casco, señalización de huecos, de lugares de arrojado de escombros, etc.).
- g) Instalaciones: Distribución de las instalaciones por la obra (hablamos de instalaciones de obra), es decir, si van aéreas o enterradas, donde están los cuadros, contadores, acometidas, etc.
  - 1) Agua
  - 2) Electricidad
  - 3) Telefonía

- 4) Saneamiento
- 5) Etc.
- h) Servicios de obra
- i) Oficinas
- j) Almacén
- k) Etc.

## **LECCIÓN DECIMOCTAVA**

### **SEGURIDAD E HIGIENE (SEGURIDAD Y SALUD LABORAL)**

#### **18.1. INTRODUCCIÓN.**

Las alarmantes cifras de siniestralidad laboral tienen preocupada a toda la sociedad.

#### **18.2. RACIONALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS EN CONSTRUCCIÓN.**

Procesos más lógicos y racionales, esto provocará una mayor seguridad.

En los últimos años grandes avances.

Queda mucho camino que recorrer.

#### **18.3. EL RIESGO EN LA CONSTRUCCIÓN.**

Las estadísticas nos sitúan a la cabeza en accidentes mortales y en segundo lugar en accidentes con baja.

Accidente queda definido por la Real Academia como: "Alteración del curso regular de una acción".

Los factores de riesgo son:

- Puesto de trabajo no estático: El trabajador se mueve mucho por la obra al realizar su trabajo.
- Bajo grado de especialización: Del personal que trabaja en la construcción ya que no ha recibido ninguna formación específica sobre su cometido.
- Personal de obra variable: Es decir, el personal de la obra va cambiando al no parar de entrar distintos oficios (fontaneros, electricistas, encofradores, etc.).
- Riesgo en los propios trabajos de protección y prevención: Es decir, como se protegen los trabajadores que colocan las medidas de seguridad (Las redes, etc.).
- Estamos en un proceso artesanal, muy rudimentario y sin mecanizar.

Los riesgos se clasifican según las unidades de obra que se realizan, las causas más son:

- Demoliciones.
- Movimiento de tierras.
- Cimentaciones y estructuras.
- Obras de fábrica.
- Instalaciones y acabados.

#### **18.4. obligaciones y responsabilidades del arquitecto técnico EN RELACIÓN CON las medidas de seguridad.**

**Obligaciones:**

Como jefes de obra tenemos que:

1. **CUMPLIR Y HACER CUMPLIR LO DISPUESTO EN LA ORDENANZA SOBRE SEGURIDAD E HIGIENE.**
2. **INSTRUIR AL PERSONAL A UTILIZAR CORRECTAMENTE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD.**
3. **PROHIBIR O PARAR ACTIVIDADES QUE ADVIERTAN PELIGRO INMINENTE.**
4. **IMPEDIR QUE MENORES REALICEN TRABAJOS PROHIBIDOS A LOS MISMOS.**
5. **INTERVENIR EN LA EXTINCIÓN DE SINIESTROS Y PRESTAR LOS PRIMEROS AUXILIOS.**

### **Responsabilidades:**

Como jefes de obra tenemos responsabilidades:

1. **ADMINISTRATIVA.**
2. **LABORAL.**
3. **CIVIL: ES ASEGURABLE.**
4. **PENAL: NO ES ASEGURABLE.**

### **LECCIÓN DECIMONOVENA**

### **ESTUDIO Y PLAN DE SEGURIDAD.-**

#### **19.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS.**

Se empezó a hablar de él en 1971 con el decreto 265 de 19/2 entre las facultades y competencias de los arquitectos técnicos:

“Controlar las instalaciones provisionales, los medios auxiliares y los sistemas de protección exigiendo el cumplimiento de las disposiciones vigentes sobre la seguridad en el trabajo”.

En 1979 a instancia del Ministerio de Trabajo se redactan unas primeras bases de actuación del entonces llamado PROYECTO DE SEGURIDAD.

En 1980 el Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Madrid tomo la iniciativa y tras diversas reuniones se llevo a firmar en Enero de 1981 un documento único que es la base del Real Decreto 555/86 de 21 de Febrero y 84/90 de 19 de Enero. El único cambio que se produce con respecto al de 1979 es que paso a llamarse ESTUDIO DE SEGURIDAD.

En 1997 adaptación a la Ley 31/1995 de 8 de Noviembre y la Directiva 92/57/CEE de 24 de Junio apareciendo el Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre.

#### **19.2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD.**

Justificaciones:

- Costo de la siniestralidad: no solo costo monetario sino también moral, anímica (del trabajador), etc.
- Mano de obra poco cualificada.
- Plazos de ejecución ajustados: con la velocidad aumenta el riesgo.

Objetivos del estudio de seguridad:

1. Garantizar la salud y la integridad física del trabajador.
2. Evitar acciones peligrosas por imprevisión o falta de medios.
3. Delimitar y esclarecer atribuciones y responsabilidades en materia de seguridad.
4. Determinar los costos de las medidas de seguridad.

5. Definir las medidas de seguridad.
6. Detectar a tiempo los riesgos implícitos a cada obra.
7. Aplicar técnicas que reduzcan los riesgos.

### **19.3. REAL DECRETO 1627/97.**

Análisis del Real Decreto.

### **REAL DECRETO 24 DE OCTUBRE 1997, NÚM. 1627/1997.**

**MINISTERIO PRESIDENCIA**

### **CONSTRUCCIÓN. Establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.**

N. de R.- Deroga las siguientes disposiciones:

RD 555/86, de 21 enero (RCL 1986, 874 Y 2924) y

Art. 1.º De RD 84/1990, de 19 enero (RCL 1990, 143 y 322).

---

La Ley 31/1995, de 8 de noviembre (RCL 1995, 3053), de prevención de Riesgos Laborales, es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo, en el marco de una política coherente, coordinada y eficaz.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha Ley, serán las normas reglamentarias las que fijarán y concretarán los aspectos más técnicos de las medidas preventivas, a través de normas mínimas que garanticen la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran necesariamente las destinadas a garantizar la salud y la seguridad en las obras de construcción.

Del mismo modo, en el ámbito de la Unión Europea se han ido fijando, mediante las correspondientes Directivas, criterios de carácter general sobre las acciones en materia de seguridad y salud en determinados lugares de trabajo, así como criterios específicos referidos a medidas de protección contra accidentes y situaciones de riesgo. Concretamente, la Directiva 92/57/CEE, de 24 de junio (LCEur 1992, 2907), establece las disposiciones mínimas de seguridad y de salud que deben aplicarse en las obras de construcción temporales o móviles. Mediante el presente Real Decreto se procede a la transposición al Derecho español de la citada Directiva.

Igualmente, España ha ratificado diversos convenios de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) que guardan relación con esta materia y que forman parte de nuestro ordenamiento jurídico interno. En concreto, con carácter general, el Convenio número 155 de la OIT, relativo a la seguridad y salud de los trabajadores, de 22 de junio de 1981 (RCL 1985, 2683 y ApNDL 12377), ratificado por nuestro país el 26 de julio de 1985, y, en particular, el Convenio número 62 de la OIT, de 23 de junio de 1937 (RCL 1959, 1166, 1492 y NDL 27197), relativo a las prescripciones de seguridad en la industria de la edificación, ratificado por España el 12 de junio de 1958.

El texto del Real Decreto pretende, como es habitual en cualquier transposición de una Directiva comunitaria, la consecución de los objetivos pretendidos con su aprobación, a la vez que su integración correcta con las

instituciones y normas propias del Derecho español. Así, el presente Real Decreto presenta algunas particularidades en relación con otras normas reglamentarias aprobadas recientemente en materia de prevención de riesgos laborales.

En primer lugar, el Real Decreto tiene presente que en las obras de construcción intervienen sujetos no habituales en otros ámbitos que han sido regulados con anterioridad. Así, la norma se ocupa de las obligaciones del promotor, del proyectista, del contratista y del subcontratista (sujetos estos dos últimos que son los empresarios en las obras de construcción) y de los trabajadores autónomos, muy habituales en las obras. Además y como consecuencia de lo dispuesto en la Directiva que se transpone, se introducen las figuras del coordinador en materia de seguridad y salud durante la elaboración del proyecto y del coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.

En segundo lugar, el Real Decreto tiene en cuenta aquellos aspectos que se han revelado de utilidad para la seguridad en las obras y que están presentes en el Real Decreto 555/1986, de 21 de febrero (RCL 1986, 874 y 2924), por el que estableció la obligatoriedad de inclusión de un estudio de seguridad e higiene en los proyectos de edificación y obras públicas, modificado por el Real Decreto 84/1990, de 19 de enero (RCL 1990, 143 y 322), norma aquélla que en cierta manera inspiró el contenido de la Directiva 92/57/CEE. A diferencia de la normativa anterior, el presente Real Decreto incluye en su ámbito de aplicación a cualquier obra, pública o privada, en la que se realicen trabajos de construcción o ingeniería civil.

Por último, el Real Decreto establece mecanismos específicos para la aplicación de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero (RCL 1997, 208), por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, en un sector de actividad tan peculiar como es el relativo a las obras de construcción.

En virtud, de conformidad con el artículo 6 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, a propuesta conjunta de los Ministerios de Trabajo y Asuntos Sociales, de Fomento, de Medio Ambiente, y de Industria y Energía, consultadas las organizaciones empresariales y sindicales más representativas, oída la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, de acuerdo con el Consejo de Estado y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día 24 de octubre de 1997, dispongo:

## **CAPITULO I**

### **Disposiciones generales.**

Artículo 1. Objetivo y ámbito de aplicación.

1. El presente Real Decreto establece, en el marco de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, las disposiciones mínimas de seguridad y de salud aplicables a las obras de construcción.
2. Este Real Decreto no será de aplicación a las industrias extractivas a cielo abierto o subterráneas o por sondeos, que se regularán por normativa específica.

3. Las disposiciones del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, se aplicarán plenamente al conjunto del ámbito contemplado en el apartado 1, sin perjuicio de las disposiciones específicas previstas en el presente Real Decreto.

#### Artículo 2. Definiciones.

1. A efectos del presente Real decreto, se entenderá por:
  - a) **Obra de construcción:** cualquier obra, pública o privada, en la que se efectúen trabajos de construcción o ingeniería civil cuya relación no exhaustiva figura en el anexo I.
  - b) **Trabajos con riesgos especiales:** trabajos cuya realización exponga a los trabajadores a riesgos de especial gravedad para su seguridad y salud, comprendidos los indicados en la relación no exhaustiva que figura en el anexo II.
    1. Trabajos con riesgos especialmente graves de sepultamiento, hundimiento o caída de altura, por las particulares características de la actividad desarrollada, los procedimientos aplicados, o el entorno del puesto de trabajo.
    2. Trabajos en los que la exposición a agentes químicos o biológicos suponga un riesgo de especial gravedad, o para los que la vigilancia específica de la salud de los trabajadores sea legalmente exigible.
    3. Trabajos con exposición a radiaciones ionizantes para los que la normativa específica obliga a la delimitación de zonas controladas o vigiladas.
    4. Trabajos en la proximidad de líneas eléctricas de alta tensión.
    5. Trabajos que expongan a riesgo de ahogamiento por inmersión.
    6. Obres de excavaciones de túneles, pozos y otros trabajos que supongan movimiento de tierra subterráneos.
    7. Trabajos realizados en inmersión con equipo subacuático.
    8. Trabajos realizados en cajones de aire comprimido.
    9. Trabajos que impliquen el uso de explosivos.
    10. Trabajos que requieran montar o desmontar elementos prefabricados pesados.
  - c) **Promotor:** Cualquier persona física o jurídica por cuenta de la cual se realiza la obra.
  - d) **Proyectista:** el autor o autores, por encargo del promotor, de la totalidad o parte del proyecto de obra.
  - e) **Coordinador en materia de seguridad y de salud durante la elaboración del proyecto:** el técnico competente designado por el promotor para coordinar, durante la fase del proyecto de obra, la aplicación de los principios que se mencionan en el artículo 8.
  - f) **Coordinador en materia de seguridad y de salud durante la ejecución de la obra:** el técnico competente integrado en la dirección facultativa, designado por el promotor para llevar a cabo las tareas que se mencionan en el artículo 9.

- g) Dirección facultativa: el técnico o técnicos competentes designados por el promotor, encargados de la dirección y del control de la ejecución de la obra.
  - h) Contratista: la persona física o jurídica que asume contractualmente ante el promotor, con medios humanos y materiales, propios o ajenos, el compromiso de ejecutar la totalidad o parte de las obras con sujeción al proyecto y al contrato.
  - i) Subcontratista: La persona física o jurídica que asume contractualmente ante el contratista, empresario principal, el compromiso de realizar determinadas partes o instalaciones de la obra, con sujeción al proyecto por el que se rige la ejecución.
  - j) Trabajador autónomo: La persona física distinta del contratista y del subcontratista, que realiza de forma personal y directa una actividad profesional, sin sujeción a contrato de trabajo, y que asume contractualmente ante el promotor, el contratista o el subcontratista el compromiso de realizar determinadas partes o instalaciones de la obra. Cuando el trabajador autónomo emplee en la obra a trabajadores por cuenta ajena tendrá la consideración de contratista o subcontratista a efectos del presente Real Decreto.
2. **El contratista y el subcontratista a los que se refiere el presente Real Decreto tendrán la consideración de empresario a los efectos previstos en la normativa sobre la prevención de riesgos laborales.**
  3. Cuando el promotor contrate directamente trabajadores autónomos para la realización de la obra o de determinados trabajos de la misma, tendrá la consideración de contratista respecto de aquéllos a efectos de lo dispuesto en el presente Real Decreto.  
Lo dispuesto en el párrafo anterior no será de aplicación cuando la actividad contratada se refiera exclusivamente a la construcción o reparación que pueda contratar un cabeza de familia respecto de su vivienda.

El Real Decreto 1627/97 viene determinado por la normativa de la CEE por eso hace tantas definiciones.

Los únicos conceptos nuevos son el e) y el f).

## CAPITULO II

### **Disposiciones específicas de seguridad y salud durante las fases de proyecto y ejecución de las obras.**

Artículo 3. Designación de los coordinadores en materia de seguridad y salud.

1. En obras incluidas en el ámbito de aplicación del presente Real Decreto, cuando en la elaboración del proyecto de obra intervengan varios proyectistas, el promotor designará un coordinador en materia de seguridad y de salud durante la elaboración del proyecto de obra.
2. Cuando en la ejecución de la obra intervenga más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores

autónomos, el promotor, antes del inicio de los trabajos o tan pronto como se constate dicha circunstancia, designará un coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.

3. La designación de los coordinadores en materia de seguridad y salud durante la elaboración del proyecto de obra y durante la ejecución de la obra podrá recaer en la misma persona.
4. La designación de los coordinadores no eximirá al promotor de sus responsabilidades.

Artículo 4. Obligación del estudio de seguridad y salud o del estudio básico de seguridad y salud en las obras.

1. El promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio de seguridad y de salud en los proyectos de obras en que se den alguno de los supuestos siguientes:
  - a) Que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 75 millones de pesetas.
  - b) Que la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
  - c) Que el volumen de mano de obra estimada, entendiéndose por la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, sea superior a 500.
  - d) Las obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.
2. En los proyectos de obras no incluidos en ninguno de los supuestos previstos en el apartado anterior, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio básico de seguridad y salud.

Artículo 5. Estudio de seguridad y salud.

El estudio de seguridad al que se refiere el apartado 1 del artículo 4 será elaborado por el técnico competente designado por el promotor. Cuando deba existir un coordinador en materia de seguridad y salud durante la elaboración del proyecto de obra, le corresponderá a éste elaborar o hacer que se elabore, bajo su responsabilidad, dicho estudio.

2. El estudio contendrá, como mínimo, los siguientes documentos:
  - a) Memoria descriptiva de los procedimientos, equipos técnicos y medios auxiliares que hayan de utilizarse o cuya utilización pueda preverse; identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando a tal efecto las medidas técnicas necesarias para ello; relación de los riesgos laborales que no puedan eliminarse conforme a lo señalado anteriormente, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos valorando su eficacia, en especial cuando se pongan medidas alternativas.



Asimismo, se incluirá la descripción de los servicios sanitarios y comunes de que deberá estar dotado el centro de trabajo de la obra, en función del número de trabajadores que vayan a utilizarlos.

En la elaboración de la memoria habrán de tenerse en cuenta las condiciones del entorno en que se realiza la obra, así como la tipología y características de los materiales y elementos que hayan de utilizarse, determinación del proceso constructivo y orden de ejecución de los trabajos.

- b) Pliego de condiciones particulares en el que se tendrá en cuenta las normas legales aplicables a las especificaciones técnicas propias de la obra de que se trate, así como las prescripciones que habrán de cumplir en relación con las características, la utilización y la conservación de las máquinas, útiles, herramientas, sistemas y equipos preventivos.
  - c) Planos en los que se desarrollarán los gráficos y esquemas necesarios para la mejor definición y comprensión de las medidas preventivas definidas en la memoria, con expresión de las especificaciones técnicas necesarias.
  - d) Mediciones de todas aquellas unidades o elementos de seguridad y salud en el trabajo que hayan sido definidos o proyectados.
  - e) Presupuesto que cuantifique el conjunto de gastos previstos para la aplicación y ejecución del estudio de seguridad y salud.
3. Dicho estudio deberá formar parte del proyecto de ejecución de obra o en su caso, del proyecto de obra, ser coherente con el contenido del mismo y recoger las medidas preventivas adecuadas a los riesgos que conlleve la realización de la obra.
  4. El presupuesto para la aplicación y ejecución del estudio de seguridad y salud deberá cuantificar el conjunto de gastos previstos, tanto por lo que se refiere a la suma total como a la valoración unitaria de elementos, con referencia al cuadro de precios sobre el que se calcula. Sólo podrán figurar partidas alzadas en los casos de elementos u operaciones de difícil previsión.

Las mediciones, calidades y valoración recogidas en el estudio de seguridad y salud podrán ser modificadas o sustituidas por alternativas propuestas por el contratista en el plan de seguridad y salud a que se refiere el artículo 7, previa justificación técnica debidamente motivada, siempre que ello no suponga disminución del importe total, ni de los niveles de protección contenidos en el estudio. A estos efectos, el presupuesto del estudio de seguridad y salud deberá ir incorporado al presupuesto general de la obra como un capítulo más del mismo.

No se incluirán en el presupuesto del estudio de seguridad y salud los costes exigidos por la correcta ejecución profesional de los trabajos, conforme a las normas reglamentarias en vigor y los criterios técnicos generales admitidos, emanados de organismos especializados.

5. El estudio de seguridad y salud a que se refieren los apartados anteriores deberá tener en cuenta, en su caso,

cualquier tipo de actividad que se lleve a cabo en la obra, debiendo estar localizadas e identificadas las zonas en las que se presten trabajos incluidos en uno o varios de los apartados del anexo II, así como sus correspondientes medidas específicas.

6. En todo caso, en el estudio de seguridad y salud se contemplarán también las previsiones y las informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.

#### Artículo 6. Estudio básico de seguridad y salud.

1. El estudio básico de seguridad y salud a que se refiere el apartado 2 del artículo 4 será elaborado por un técnico competente designado por el promotor. Cuando deba existir un coordinador en materia de seguridad y salud durante la elaboración del proyecto de obra, le corresponderá a éste elaborar o hacer que se elabore, bajo su responsabilidad, dicho estudio.
2. El estudio básico deberá precisar las normas de seguridad y salud aplicables a la obra. A tal efecto, deberá contemplar la identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias para ello; relación de los riesgos laborales que no puedan eliminarse conforme a lo señalado anteriormente, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos y valorando su eficacia, en especial cuando se propongan medidas alternativas. En su caso, tendrá en cuenta cualquier otro tipo de actividad que se lleve a cabo en la misma, y contendrá medidas específicas relativas a los trabajos incluidos en uno o varios de los trabajos especificados en el apartados del anexo II.
3. En el estudio básico se contemplarán también las previsiones y las informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.

#### Artículo 7. Plan de seguridad y salud en el trabajo.

1. En aplicación del estudio de seguridad y salud o, en su caso, del estudio básico, cada contratista elaborará un plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen previsiones contenidas en el estudio o estudio básico, en función de su propio sistema de ejecución de la obra. En dicho plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención que el contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, que no podrá implicar disminución de los niveles de protección previstos en el estudio o estudio básico.

En el caso de planes de seguridad y salud elaborados en aplicación del estudio de seguridad y salud las propuestas de medidas alternativas de prevención incluirán la valoración económica de las mismas, que no podrá implicar disminución del importe total, de acuerdo con el segundo párrafo del apartado 4 del artículo 5.

2. El plan de seguridad y salud deberá ser aprobado, antes del inicio de la obra, por el coordinador en materia de seguridad y de salud durante la ejecución de la obra.  
En caso de obras de las Administraciones públicas, el plan, con el correspondiente informe del coordinador en materia de seguridad y de salud durante la ejecución de la obra, se elevará para su aprobación a la Administración pública que haya adjudicado la obra.  
Cuando no sea necesaria la designación de coordinador, las funciones que se le atribuyen en los párrafos anteriores serán asumidas por la dirección facultativa.
3. En relación con los puestos de trabajo en la obra, el plan de seguridad y salud en el trabajo a que se refiere este artículo constituye el instrumento básico de ordenación de las actividades de identificación y, en su caso, evaluación de los riesgos y planificación de la actividad preventiva a las que se refiere el capítulo II del Real Decreto por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
4. El plan de seguridad y salud podrá ser modificado por el contratista en función del proceso de ejecución de la obra, de la evolución de los trabajos y de las posibles incidencias o modificaciones que puedan surgir a lo largo de la obra, pero siempre con la aprobación expresa en los términos del apartado 2. Quienes intervengan en la ejecución de la obra, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención en las empresas intervinientes en la misma y los representantes de los trabajadores, podrán presentar, por escrito y de forma razonada, las sugerencias y alternativas que estimen oportunas. A tal efecto, el plan de seguridad y salud estará en la obra a disposición permanente de los mismos.
5. Asimismo, el plan de seguridad y salud estará en la obra a disposición permanente de la dirección facultativa.

Artículo 8. Principios generales aplicables al proyecto de obra.

1. De conformidad con la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, los principios generales de prevención en materia de seguridad y de salud previstos en el artículo 15 deberán ser tomados en consideración por el proyectista en las fases de concepción, estudio y elaboración del proyecto de obra y en particular:
  - a) Al tomar las decisiones constructivas, técnicas y de organización con el fin de planificar los distintos trabajos o fases de trabajo que se desarrollarán simultáneamente o sucesivamente.
  - b) Al estimar la duración requerida para la ejecución de estos distintos trabajos o fases del trabajo.
2. Asimismo, se tendrán en cuenta, cada vez que sea necesario, cualquier estudio de seguridad y salud o estudio básico, así como las previsiones e informaciones útiles a que se refieren el apartado 6 del artículo 5 y el apartado 3 del artículo 6, durante las fases de concepción, estudio y elaboración del proyecto de obra.

3. El coordinador en materia de seguridad y de salud durante la elaboración del proyecto de obra coordinará la aplicación de lo dispuesto en los apartados anteriores.

Artículo 9. Obligaciones del coordinador en materia de seguridad y de salud durante la ejecución de la obra.

El coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra deberá desarrollar las siguientes funciones:

- a) Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y de seguridad:

1º Al tomar las decisiones técnicas y de organización con el fin de planificar los distintos trabajos o fases de trabajo que vayan a desarrollarse simultánea o sucesivamente.

2º Al estimar la duración requerida para la ejecución de distintos trabajos o fases de trabajo.

- b) Coordinar las actividades de la obra para garantizar que los contratistas y, en su caso, los subcontratistas y los trabajadores autónomos apliquen de manera coherente y responsable los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra y, en particular, en las tareas o actividades a que se refiere el artículo 10 de este Real Decreto.
- c) Aprobar el plan de seguridad y salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo. Conforme a lo dispuesto en el último párrafo del apartado 2 del artículo 7, la dirección facultativa asumirá esta función cuando no fuera necesaria la designación de coordinador.
- d) Organizar la coordinación de actividades empresariales previstas en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- e) Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
- f) Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra. La dirección facultativa asumirá esta función cuando no fuera necesaria la designación de coordinador.

Artículo 10. Principios generales aplicables durante la ejecución de la obra.

De conformidad con la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, los principios de la acción preventiva que se recogen en su artículo 15 se aplicarán durante la ejecución de la obra y, en particular, en las siguientes tareas o actividades:

- a) El mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpieza.
- b) La elección del emplazamiento de los puestos y áreas de trabajo, teniendo en cuenta sus condiciones de acceso, y la determinación de las vías o zonas de emplazamiento o circulación.
- c) La manipulación de los distintos materiales y la utilización de los medios auxiliares.
- d) El mantenimiento, el control previo a la puesta en servicio y el control periódico de las instalaciones y dispositivos necesarios para la ejecución

de la obra, con objeto de corregir los defectos que pudieran afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.

- e) La delimitación y al acondicionamiento de las zonas de almacenamiento y depósito de los distintos materiales, en particular si se trata de materiales o sustancias peligrosas.
- f) La recogida de los materiales peligrosos utilizados.
- g) El almacenamiento y la eliminación o evacuación de residuos y escombros.
- h) La adaptación, en función de la evolución de la obra, del período de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
- i) La coordinación entre los contratista, subcontratistas y trabajadores autónomos.
- j) Las interacciones e incompatibilidades con cualquier otro tipo de trabajo o actividad que se realice en la obra o cerca del lugar de la obra.

Artículo 11. Obligaciones de los contratistas y subcontratistas.

1. Los contratistas y subcontratistas estarán obligados a:
  - a) Aplicar los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, en particular al desarrollar las tareas o actividades indicadas en el artículo 10 del presente Real Decreto.
  - b) Cumplir y hacer cumplir a su personal lo establecido en el plan de seguridad y salud al que se refiere el artículo 7.
  - c) Cumplir la normativa en materia de prevención de riesgos laborales, teniendo en cuenta, en su caso, las obligaciones sobre coordinación de actividades empresariales previstas en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, así como cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el anexo IV del presente Real Decreto, durante la ejecución de la obra.
  - d) Informar y proporcionar las instrucciones adecuadas a los trabajadores autónomos sobre todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a su seguridad y salud en la obra.
  - e) Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del coordinador en materia de seguridad y de salud durante la ejecución de la obra o, en su caso, de la dirección facultativa.
2. Los contratistas y los subcontratistas serán responsables de la ejecución correcta de las medidas preventivas fijadas en el plan de seguridad y salud en lo relativo a las obligaciones que les correspondan a ellos directamente o, en su caso, a los trabajadores autónomos por ellos controlados.

Además, los contratistas y los subcontratistas responderán solidariamente de las consecuencias que deriven del incumplimiento de las medidas previstas en el plan, en los términos de apartado 2 del artículo 42 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

3. Las responsabilidades de los coordinadores, de la dirección facultativa y del promotor no eximirán de sus responsabilidades a los contratistas y a los subcontratistas.

**Artículo 12. Obligaciones de los trabajadores autónomos.**

1. Los trabajadores autónomos estarán obligados a:
  - a) Aplicar los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, en particular al desarrollar las tareas o actividades indicadas en el artículo 10 del presente Real Decreto.
  - b) Cumplir las disposiciones mínimas de seguridad y salud establecidas en el anexo IV del presente Real Decreto, durante la ejecución de la obra.
  - c) Cumplir las obligaciones en materia de prevención de riesgos que establece para los trabajadores el artículo 29, apartados 1 y 2, de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
  - d) Ajustar su actuación en la obra conforme a los deberes de coordinación de actividades empresariales establecidas en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, participando en particular en cualquier medida de actuación coordinada que se hubiera establecido.
  - e) Utilizar quipos de trabajo que se ajusten a lo dispuesto en el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio (RCL 1997, 2010), por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
  - f) Elegir y utilizar equipos de protección individual en los términos previstos en el Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo (RCL 1997, 1466 y 1827), sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
  - f) Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del coordinador en materia de seguridad y de salud durante la ejecución de la obra o, en su caso, de la dirección facultativa.
2. Los trabajadores autónomos deberán cumplir lo establecido en el plan de seguridad y salud.

**Artículo 13. Libro de incidencias.**

1. En cada centro de trabajo existirá con fines de control y seguimiento del plan de seguridad y salud un libro de incidencias que constará de hojas por duplicado, habilitado al efecto.
2. El libro de incidencias será facilitado por:
  - a) El Colegio profesional al que pertenezca el técnico que haya aprobado el plan de seguridad y salud.
  - b) La Oficina de Supervisión de Proyectos u órgano equivalente cuando se trate de obras de las Administraciones públicas.
3. El libro de incidencias, que deberá mantenerse siempre en la obra, estará en poder coordinador en materia de seguridad y salud durante la

ejecución de la obra o, cuando no fuera necesaria la designación de coordinador, en poder de la dirección facultativa. A dicho libro tendrán acceso la dirección facultativa de la obra, los contratistas y subcontratistas y los trabajadores autónomos, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención en las empresas intervinientes en la obra, los representantes de los trabajadores y los técnicos de los órganos especializados en materia de seguridad y salud en el trabajo de la Administraciones públicas competentes, quienes podrán hacer anotaciones en el mismo, relacionadas con los fines que al libro se le reconocen el apartado 1.

4. Efectuada una anotación en el libro de incidencias, el coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra o, cuando no sea necesaria la designación de coordinador, la dirección facultativa, estarán obligados a remitir, en el plazo de veinticuatro horas, una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente deberán notificar las anotaciones en el libro al contratista afectado y a los representantes de los trabajadores de éste.

Artículo 14. Paralización de los trabajos.

1. Sin perjuicio de lo previsto en los apartados 2 y 3 del artículo 21 y en el artículo 44 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, cuando el coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra o cualquier otra persona integrada en la dirección facultativa observase incumplimiento de las medidas de seguridad y salud, advertirá al contratista de ello, dejando constancia de tal incumplimiento en el libro de incidencias, cuando este exista de acuerdo con lo dispuesto en el apartado 1 del artículo 13, y quedando facultado para, en circunstancias de riesgo grave e inminente para la seguridad y la salud de los trabajadores, disponer la paralización de los trabajos o, en su caso, de la totalidad de la obra.
2. En el supuesto previsto en el apartado anterior, la persona que hubiera ordenado la paralización deberá dar cuenta a los efectos oportunos a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social correspondiente, a los contratistas y, en su caso, a los subcontratistas afectados por la paralización, así como a los representantes de los trabajadores de éstos.
3. Asimismo, lo dispuesto en este artículo se entiende sin perjuicio de la normativa sobre contratos de la Administraciones públicas relativa al cumplimiento de plazos y suspensión de obras.

### CAPITULO III

#### **Derechos de los trabajadores.**

Artículo 15. Información a los trabajadores.

1. De conformidad con el artículo 18 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, los contratistas y subcontratistas deberán garantizar que los

trabajadores reciban una información adecuada de todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a su seguridad y salud en la obra.

2. La información deberá ser comprensible para los trabajadores afectados.

Artículo 16. Consulta y participación de los trabajadores.

1. La consulta y participación de los trabajadores o sus representantes se realizarán, de conformidad con lo dispuesto en el apartado 2 del artículo 18 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, sobre las cuestiones a las que se refiere al presente Real Decreto.
2. Cuando sea necesario, teniendo en cuenta el nivel de riesgo y la importancia de la obra, la consulta y participación de los trabajadores e sus representantes en las empresas que ejerzan sus actividades en el lugar de trabajo deberá desarrollarse en la adecuada coordinación de conformidad con el apartado 3 del artículo 39 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
3. Una copia del plan de seguridad y salud y de sus posibles modificaciones, en los términos previstos en el apartado 4 del artículo 7, a efectos de su conocimiento y seguimiento, será facilitada por el contratista a los representantes de los trabajadores en el centro de trabajo.

#### CAPITULO IV

##### **Otras disposiciones.**

Artículo 17. Visado de proyectos.

1. La inclusión en el proyecto de ejecución de obra del estudio de seguridad y salud o, en su caso, del estudio básico será requisito necesario para el visado de aquél por el Colegio profesional correspondiente, expedición de la licencia municipal y demás autorizaciones y trámites por parte de las distintas Administraciones públicas.
2. En la tramitación para la aprobación de los proyectos de obras de las Administraciones públicas se hará declaración expresa por la Oficina de Supervisión de Proyectos u órgano equivalente sobre la inclusión del correspondiente estudio de seguridad y salud o, en su caso, del estudio básico.

Artículo 18. Aviso previo.

1. En las obras incluidas dentro del ámbito de aplicación de este Real Decreto, el promotor deberá efectuar un aviso a la autoridad laboral competente antes del comienzo de los trabajos.
2. El aviso previo se redactará con arreglo a lo dispuesto en el anexo III del presente Real Decreto y deberá exponerse en la obra de forma visible, actualizándose si fuera necesario.

Artículo 19. Información a la autoridad laboral.



1. La comunicación de apertura del centro de trabajo a la autoridad laboral competente deberá incluir el plan de seguridad y salud al que se refiere el artículo 7 del presente Real Decreto.
2. El plan de seguridad y salud estará a disposición permanente de la Inspección de Trabajo y Seguridad Social y de los Técnicos de los órganos especializados en materia de seguridad y salud en las Administraciones públicas competentes.

**Disposición transitoria única. Régimen aplicable a las obras con proyecto visado.**

Las obras de construcción cuyo proyecto hubiera sido visado por el Colegio profesional correspondiente o aprobado por las Administraciones públicas antes de la entrada en vigor del presente Real Decreto seguirán rigiéndose por lo dispuesto en el Real Decreto 555/1986, de 21 de febrero, por el que implanta la obligatoriedad de la inclusión de un estudio de seguridad e higiene en el trabajo en los proyectos de edificación y obras públicas. No obstante, desde la fecha de entrada en vigor del presente Real Decreto en la fase de ejecución de tales obras será de aplicación lo establecido en los artículos 10, 11 y 12 y en el anexo IV de este Real Decreto.

**Disposición derogatoria única. Derogación normativa.**

Quedan derogadas cuantas disposiciones de igual o inferior rango se opongan a lo dispuesto en el presente Real Decreto y, expresamente, el Real Decreto 555/1986, de 21 de febrero (RCL 1986, 874 y 2924), por el que se implanta la obligatoriedad de la inclusión de un estudio de seguridad e higiene en el trabajo en los proyectos de edificación y obras públicas, modificado por el Real Decreto 84/1990, de 19 de enero (RCL 1990, 143 y 322).

**Disposición final primera. Guía técnica.**

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, de acuerdo con lo dispuesto en el apartado 3 del artículo 5 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, elaborará y mantendrá actualizada una Guía técnica, de carácter no vinculante, para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a las obras de construcción.

**Disposición final segunda. Facultad de desarrollo.**

Se autoriza al Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, previo informe favorable de los de Fomento, de Medio Ambiente y de Industria y Energía, y previo informe de la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, a dictar cuantas disposiciones sean necesarias para la aplicación y desarrollo de este Real Decreto, así como para las adaptaciones de carácter estrictamente técnico y de la evolución de normativas o especificaciones internacionales o de los conocimientos en materia de obras de construcción.

**Disposición final tercera. Entrada en vigor.**

El presente Real Decreto entrará en vigor a los dos meses de su publicación en el <<Boletín Oficial del Estado>>.

## **ANEXO I**

### **Relación no exhaustiva de las obras de construcción o de ingeniería civil.**

1. Excavación.
2. Movimiento de tierras.
3. Construcción.
4. Montaje y desmontaje de elementos prefabricados.
5. Acondicionamiento o instalaciones.
6. Transformación.
7. Rehabilitación.
8. Desmantelamiento.
9. Derribo.
10. Mantenimiento.
11. Conservación - Trabajos de pintura y limpieza.
12. Saneamiento.

## **ANEXO II**

### **Relación no exhaustiva de los trabajos que implican riesgos especiales para la seguridad y la salud de los trabajadores.**

1. Trabajos con riesgos especialmente graves de sepultamiento, hundimiento o caída de altura, por las particulares características de la actividad desarrollada, los procedimientos aplicados, o el entorno del puesto de trabajo.
2. Trabajos en los que la exposición a agentes químicos o biológicos suponga un riesgo de especial gravedad, o para los que la vigilancia específica de la salud de los trabajadores sea legalmente exigible.
3. Trabajos con exposición a radiaciones ionizantes para los que la normativa específica obliga a la delimitación de zonas controladas o vigiladas.
4. Trabajos en la proximidad de líneas eléctricas de alta tensión.
5. Trabajos que expongan a riesgo de ahogamiento por inmersión.
6. Obres de excavaciones de túneles, pozos y otros trabajos que supongan movimiento de tierra subterráneos.
7. Trabajos realizados en inmersión con equipo subacuático.
8. Trabajos realizados en cajones de aire comprimido.
9. Trabajos que impliquen el uso de explosivos.
10. Trabajos que requieran montar o desmontar elementos prefabricados pesados.

## **ANEXO III**

### **Contenido del aviso previo.**

1. Fecha:
2. Dirección exacta de la obra:
3. Promotor [nombre(s) y dirección(es)]:
4. Tipo de obra:
5. Proyectista [nombre(s) y dirección(es)]:

6. Coordinador(es) en materia de seguridad y salud durante la elaboración del proyecto de la obra [nombre(s) y dirección(es)]:
7. Coordinador(es) en materia de seguridad y de salud durante la ejecución de la obra [nombre(s) y dirección(es)]:
8. Fecha prevista para el comienzo de la obra:
9. Duración prevista de los trabajos en la obra:
10. Número máximo estimado de trabajadores en la obra:
11. Número previsto de contratistas, subcontratistas y trabajadores autónomos en la obra:
12. Datos de identificación de contratistas, subcontratistas y trabajadores autónomos, ya seleccionados:

## **ANEXO IV**

### **Disposiciones mínimas de seguridad y de salud que deberán aplicarse en las obras.**

#### **PARTE A**

#### Disposiciones mínimas generales relativas a los lugares de trabajo en las obras

Observación preliminar: las obligaciones previstas en la presente parte del anexo se aplicarán siempre que lo exijan las características de la obra o de la actividad, las circunstancias o cualquier riesgo.

1. Ambito de aplicación de la parte A: La presente parte del anexo será de aplicación a la totalidad de la obra, incluidos los puestos de trabajo en las obras en el interior y en el exterior de los locales.
2. Estabilidad y solidez:
  - a) Deberá procurarse, de modo apropiado y seguro, la estabilidad de los materiales y equipos y, en general, de cualquier elemento que en cualquier desplazamiento pudiera afectar a la seguridad y a la salud de los trabajadores.
  - b) El acceso a cualquier superficie que conste de materiales que no ofrezcan una resistencia suficiente sólo se autorizará en caso de que se proporcionen equipos o medios apropiados para que el trabajo se realice de manera segura.
3. Instalaciones de suministro y reparto de energía:
  - a) La instalación eléctrica de los lugares de trabajo en las obras deberá ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica.  
En todo caso, y a salvo de disposiciones específicas de la normativa citada, dicha instalación deberá satisfacer las condiciones que se señalan en los siguientes puntos de este apartado.
  - b) Las instalaciones deberán proyectarse, realizarse y utilizarse de manera que no entrañen peligro de incendio ni de explosión y de modo que las personas estén debidamente protegidas contra los riesgos de electrocución por contacto directo o indirecto.
  - c) El proyecto, la realización y la elección del material y de los dispositivos de protección deberán tener en cuenta el tipo y la potencia de la energía suministrada, las condiciones de los factores

externos y la competencia de las personas que tengan acceso a partes de la instalación.

4. Vías y salidas de emergencia:

- a) Las vías y salidas de emergencia deberán permanecer expeditas y desembocar lo más directamente posible en una zona de seguridad.
- b) En caso de peligro, todos los lugares de trabajo deberán poder evacuarse rápidamente y en condiciones de máxima seguridad para los trabajadores.
- c) El número, la distribución y las dimensiones de las vías y salidas de emergencia dependerán del uso, de los equipos y de las dimensiones de la obra y de los locales, así como del número máximo de personas que puedan estar presentes en ellos.
- d) Las vías y salidas específicas de emergencia deberán señalizarse conforme el Real Decreto 485//1997, de 14 de abril (RCL 1997, 974), sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. Dicha señalización deberá fijarse en los lugares adecuados y tener la resistencia suficiente.
- e) Las vías y salidas de emergencia, así como las vías de circulación y las puertas que den acceso a ellas, no deberán estar obstruidas por ningún objeto, de modo que puedan utilizarse sin trabas en cualquier momento.
- f) En caso de avería del sistema de alumbrado, las vías y salidas de emergencia que requieran iluminación deberán estar equipadas con iluminación de seguridad de suficiente intensidad.

5. Detección y lucha contra incendios:

- a) Según las características de la obra y según las dimensiones y el uso de los locales, los equipos presentes, las características físicas y químicas de las sustancias o materiales que se hallen presentes así como el número máximo de personas que puedan hallarse en ellos, se deberá prever un número suficiente de dispositivos apropiados de lucha contra incendios y, si fuera necesario, de detectores de incendios y de sistemas de alarma.
- b) Dichos dispositivos de lucha contra incendios y sistemas de alarma deberán verificarse y mantenerse con regularidad. Deberán realizarse, a intervalos regulares, pruebas y ejercicios adecuados.
- c) Los dispositivos no automáticos de lucha contra incendios deberán ser de fácil acceso y manipulación.  
Deberán estar señalizados conforme al Real Decreto sobre señalización de seguridad y salud en el trabajo. Dicha señalización deberá fijarse en los lugares adecuados y tener la resistencia suficiente.

6. Ventilación:

- a) Teniendo en cuenta los métodos de trabajo y las cargas físicas impuestas a los trabajadores, éstos deberán disponer de aire limpio en cantidad suficiente.

- b) En caso de que se utilice una instalación de ventilación, deberá mantenerse en buen estado de funcionamiento y los trabajadores no deberán estar expuestos a corrientes de aire que perjudiquen su salud. Siempre que sea necesario para la salud de los trabajadores, deberá haber un sistema de control que indique cualquier avería.
7. Exposición a riesgos particulares:
- a) Los trabajadores no deberán estar expuestos a niveles sonoros nocivos ni a factores externos nocivos (por ejemplo, gases, vapores, polvo).
  - b) En caso de que algunos trabajadores deban penetrar en una zona cuya atmósfera pudiera contener sustancias tóxicas o nocivas, o no tener oxígeno en cantidad suficiente o ser inflamable, la atmósfera confinada deberá ser controlada y se deberán adoptar medidas adecuadas para prevenir cualquier peligro.
  - c) En ningún caso podrá exponerse a un trabajador a una atmósfera confinada de alto riesgo. Deberá, al menos, quedar bajo vigilancia permanente desde el exterior y deberán tomarse todas las debidas precauciones para que se le pueda prestar auxilio eficaz e inmediato.
8. Temperatura: La temperatura debe ser la adecuada para el organismo humano durante el tiempo de trabajo, cuando las circunstancias lo permitan, teniendo en cuenta los métodos de trabajo que se apliquen y las cargas físicas impuestas a los trabajadores.
9. Iluminación:
- a) Los lugares de trabajo, los locales y las vías de circulación en la obra deberán disponer, en la medida de lo posible, de suficiente luz natural y tener una iluminación artificial adecuada y suficiente durante la noche y cuando no sea suficiente la luz natural. En su caso, se utilizarán puntos de iluminación portátiles con protección antichoques. El color utilizado para la iluminación artificial no podrá alterar o influir en la percepción de las señales o paneles de señalización.
  - b) Las instalaciones de iluminación de los locales, de los puestos de trabajo y de las vías de circulación deberán estar colocadas de tal manera que el tipo de iluminación previsto no suponga riesgo de accidente para los trabajadores.
  - c) Los locales, los lugares de trabajo y las vías de circulación en los que los trabajadores estén particularmente expuestos a riesgos en caso de avería de la iluminación artificial deberán poseer una iluminación de seguridad de intensidad suficiente.
10. Puertas y portones:
- a) Las puertas correderas deberán ir provistas de un sistema de seguridad que les impidan salirse de los raíles y caerse.
  - b) Las puertas y portones que se abran hacia arriba deberán ir provistos de un sistema de seguridad que les impida volver a bajarse.

- c) Las puertas y portones situados en el recorrido de las vías de emergencia deberán estar señalizados de manera adecuada.
- d) En las proximidades inmediatas de los portones destinados sobre todo a la circulación de vehículos deberán existir puertas para la circulación de los peatones, salvo en el caso de que el paso sea seguro para éstos. Dichas puertas deberán estar señalizadas de manera claramente visible y permanecer expeditas en todo momento.
- e) Las puertas y portones mecánicos deberán funcionar sin riesgo de accidente para los trabajadores. Deberán poseer dispositivos de parada de emergencia fácilmente identificables y de fácil acceso y también deberán poder abrirse manualmente excepto si en caso de producirse una avería en el sistema de energía se abren automáticamente.

#### 11. Vías de circulación y zonas peligrosas:

- a) Las vías de circulación, incluidas las escaleras fijas y los muelles y rampas de carga deberán estar calculados, situados, acondicionados y preparados para su uso de manera que se puedan utilizar fácilmente, con toda seguridad y conforme al uso al que se les hayan destinado y de forma que los trabajadores empleados en las proximidades de estas vías de circulación no corran riesgo alguno.
- b) Las dimensiones de las vías destinadas a la circulación de personas o de mercancías, incluidas aquellas en las que se realicen operaciones de carga y descarga, se calcularán de acuerdo con el número de personas que puedan utilizarlas y con el tipo de actividad. Cuando se utilicen medios de transporte en la vías de circulación, se deberá prever una distancia de seguridad suficiente o medios de protección adecuados para las demás personas que puedan estar presentes en el recinto.  
Se señalarán claramente las vías y se procederá regularmente a su control y mantenimiento.
- c) Las vías de circulación destinadas a los vehículos deberán estar situadas a una distancia suficiente de las puertas, portones pasos de peatones, corredores y escaleras.
- d) Si en la obra hubiera zonas de acceso limitado, dichas zonas deberán estar equipadas con dispositivos que eviten que los trabajadores no autorizados puedan penetrar en ellas. Se deberán tomar todas las medidas adecuadas para proteger a los trabajadores que estén autorizados a penetrar en las zonas de peligro. Estas zonas deberán estar señalizadas de modo claramente visible.

#### 12. Muelles y rampas de carga:

- a) Los muelles y rampas de carga deberán ser adecuados a las dimensiones de las cargas transportadas.

- b) Los muelles de carga deberán de tener al menos una salida y las rampas de carga deberán ofrecer la seguridad de que los trabajadores no puedan caerse.
13. Espacio de trabajo: Las dimensiones del puesto de trabajo deberán calcularse de tal manera que los trabajadores dispongan de la suficiente libertad de movimientos para las actividades, teniendo en cuenta la presencia de todo el equipo y material necesario.
14. Primeros auxilios:
- a) Será responsabilidad del empresario garantizar que los primeros auxilios puedan prestarse en todo momento por personal con la suficiente formación para ello. Asimismo, deberán adoptarse medidas para garantizar la evacuación, a fin de recibir cuidados médicos, de los trabajadores accidentados o afectados por una indisposición repentina.
  - b) Cuando el tamaño de la obra o el tipo de actividad lo requieran, deberá contarse con uno o varios locales para primeros auxilios.
  - c) Los locales para primeros auxilios deberán estar dotados de las instalaciones y el material de primeros auxilios indispensables y fácil acceso para las camillas. Deberán estar señalizados conforme al Real Decreto sobre señalización de seguridad y salud en el trabajo.
  - d) En todos los lugares en los que las condiciones de trabajo lo requieran se deberá disponer también de material de primeros auxilios, debidamente señalizado y de fácil acceso.  
Una señalización claramente visible deberá indicar la dirección y el número de teléfono del servicio local de urgencia.
15. Servicios higiénicos:
- a) Cuando los trabajadores tengan que llevar ropa especial de trabajo deberán de tener a su disposición vestuarios adecuados.  
Los vestuarios deberán ser de fácil acceso, tener las dimensiones suficientes y disponer de asientos e instalaciones que permitan a cada trabajador poner a secar, si fuera necesario, su ropa de trabajo. Cuando las circunstancias lo exijan (por ejemplo, sustancias peligrosas, humedad, suciedad), la ropa de trabajo deberá poder guardarse separada de la ropa de calle y de los efectos personales. Cuando los vestuarios no sean necesarios, en el sentido del párrafo primero de este apartado, cada trabajador deberá disponer de un espacio para colocar su ropa y sus objetos personales bajo llave.
  - b) Cuando el tipo de actividad o la salubridad lo requieran, se deberán poner a disposición de los trabajadores duchas apropiadas y en número suficiente.  
Las duchas deberán tener dimensiones suficientes para permitir que cualquier trabajador se asee sin obstáculos y en adecuadas condiciones de higiene. Las duchas deberán disponer de agua corriente, caliente y fría.

Cuando, con arreglo al párrafo primero de este apartado, no sean necesarias duchas, deberá haber lavabos suficientes y apropiados con agua corriente, caliente si fuere necesario, cerca de los puestos de trabajo y de los vestuarios.

Si las duchas o los lavabos y los vestuarios estuvieren separados, la comunicación entre unos y otros deberá ser fácil.

- c) Los trabajadores deberán disponer en las proximidades de sus puestos de trabajo, de los locales de descanso, de los vestuarios y de las duchas o lavabos, de locales especiales equipados con número suficiente de retretes y de lavabos.
- d) Los vestuarios, duchas, lavabos y retretes estarán separados para hombres y mujeres, o deberá preverse una utilización por separado de los mismos.

16. Locales de descanso o de alojamiento:

- a) Cuando lo exijan la seguridad o la salud de los trabajadores, en particular debido al tipo de actividad o el número de trabajadores, y por motivos de alejamiento de la obra, los trabajadores deberán poder disponer de locales de descanso y, en su caso, de locales de alojamiento de fácil acceso.
- b) Los locales de descanso o de alojamiento deberán tener unas dimensiones suficientes y estar amueblados con un número de mesas y de asientos con respaldo acorde con el número de trabajadores.
- c) Cuando no existan este tipo de locales se deberá poner a disposición del personal otro tipo de instalaciones para que puedan ser utilizadas durante la interrupción del trabajo.
- d) Cuando existan locales de alojamiento fijos, deberán de disponer de servicios higiénicos en número suficiente, así como de una sala para comer y otra de esparcimiento.  
Dichos locales deberán estar equipados de camas, armarios, mesas y sillas con respaldo acordes al número de trabajadores, y se deberá tener en cuenta, en su caso, para su asignación, la presencia de trabajadores de ambos sexos.
- e) En los locales de descanso o de alojamiento deberán tomarse medidas adecuadas de protección para los no fumadores contra los molestias debidas al humo del tabaco.

17. Mujeres embarazadas y madres lactantes: Las mujeres embarazadas y las madres lactantes deberán tener la posibilidad de descansar tumbadas en condiciones adecuadas.

18. Trabajadores minusválidos: Los lugares de trabajo deberán estar acondicionados teniendo en cuenta, en su caso, a los trabajadores minusválidos.

Esta disposición se aplicará, en particular, a las puertas, vías de circulación, escaleras, duchas, lavabos, retretes y lugares utilizados u ocupados directamente por trabajadores minusválidos.



19. Disposiciones varias:

- a) Los accesos y el perímetro de la obra deberán señalizarse y destacarse de manera que sean claramente visibles e identificables.
- b) En la obra, los trabajadores deberán disponer de agua potable y, en su caso, de otra bebida apropiada no alcohólica en cantidad suficiente, tanto en los locales que se ocupen como cerca de los puestos de trabajo.
- c) Los trabajadores deberán de disponer de instalaciones para poder comer y, en su caso, para preparar sus comidas en condiciones de seguridad y salud.

**PARTE B**

Disposiciones mínimas específicas relativas a los puestos de trabajo en las obras en el interior de los locales.

Observación preliminar: las obligaciones previstas en la presente parte del anexo se aplicarán siempre que lo exijan las características de la obra o de la actividad, las circunstancias o cualquier riesgo.

1. Estabilidad y solidez: Los locales deberán poseer la estructura y la estabilidad apropiadas a su tipo de utilización.
2. Puertas de emergencia:
  - a) Las puertas de emergencia deberán abrirse hacia el exterior y no deberán estar cerradas, de tal forma que cualquier persona que necesite utilizarlas en caso de emergencia pueda abrirlas fácil e inmediatamente.
  - b) Estarán prohibidas como puertas de emergencia las puertas correderas y las puertas giratorias.
3. Ventilación:
  - a) En caso de que se utilicen instalaciones de aire acondicionado o de ventilación mecánica, éstas deberán funcionar de tal manera que los trabajadores no estén expuestos a corrientes de aire molestas.
  - b) Deberá eliminarse con rapidez todo depósito de cualquier tipo de suciedad que pudiera entrañar un riesgo inmediato para la salud de los trabajadores por contaminación del aire que respiran.
4. Temperatura:
  - a) La temperatura de los locales de descanso, de los locales para el personal de guardia, de los servicios higiénicos, de los comedores y de los locales de primeros auxilios deberá corresponder al uso específico de dichos locales.
  - b) Las ventanas, los vanos de iluminación cenitales y los tabiques acristalados deberán permitir evitar una insolación excesiva, teniendo en cuenta el tipo de trabajo y uso del local.
5. Suelos, paredes y techos de los locales:
  - a) Los suelos de los locales deberán estar libres de protuberancias, agujeros o planos inclinados peligrosos, y ser fijos, estables y no resbaladizos.

- b) Las superficies de los suelos, las paredes y los techos de los locales se deberán poder limpiar y enlucir para lograr condiciones de higiene adecuadas.
  - c) Los tabiques transparentes o translúcidos y, en especial, los tabiques acristalados situados en los locales o en las proximidades de los puestos de trabajo y vías de circulación, deberán estar claramente señalizados y fabricados con materiales seguros o bien estar separados de dichos puestos y vías, para evitar que los trabajadores puedan golpearse con los mismos o lesionarse en caso de rotura de dichos tabiques.
6. Ventanas y vanos de iluminación cenital:
- a) Las ventanas, vanos de iluminación cenital y dispositivos de ventilación deberán poder abrirse, cerrarse, ajustarse y fijarse por los trabajadores de manera segura. Cuando estén abiertos, no deberán quedar en posiciones que constituyan un peligro para los trabajadores.
  - b) Las ventanas y vanos de iluminación cenital deberán proyectarse integrando los sistemas de limpieza o deberán llevar dispositivos que permitan limpiarlos sin riesgo para los trabajadores que efectúen este trabajo ni para los demás trabajadores que se hallen presentes.
7. Puertas y portones:
- a) La posición, el número, los materiales de fabricación y las dimensiones de las puertas se determinarán según el carácter y uso de los locales.
  - b) Las puertas transparentes deberán tener una señalización a la altura de la vista.
  - c) Las puertas y los portones que se cierran solos deberán ser transparentes o tener paneles transparentes.
  - d) Las superficies transparentes o translúcidas de las puertas o portones que no sean de materiales seguros deberán protegerse contra la rotura cuando ésta pueda suponer un peligro para los trabajadores.
8. Vías de circulación: Para garantizar la protección de los trabajadores, el trazado de las vías de circulación deberá estar claramente marcado en la medida en que lo exijan la utilización y las instalaciones de los locales.
9. Escaleras mecánicas y cintas rodantes: Las escaleras mecánicas y las cintas rodantes deberán funcionar de manera segura y disponer de todos los dispositivos de seguridad necesarios. En particular deberán poseer dispositivos de parada de emergencia fácilmente identificables y de fácil acceso.
10. Dimensiones y volumen de aire de los locales: Los locales deberán de tener una superficie y una altura que permita que los trabajadores lleven a cabo su trabajo sin riesgos para su seguridad, su salud o su bienestar.

## **PARTE C**

## Disposiciones mínimas específicas relativas a puestos de trabajo en las obras en el exterior de los locales.

Observación preliminar: las obligaciones previstas en la presente parte del anexo se aplicarán siempre que lo exijan las características de la obra o de la actividad, las circunstancias o cualquier riesgo.

### 1. Estabilidad y solidez:

a) Los puestos de trabajo móviles o fijos situados por encima o por debajo del nivel del suelo deberán ser sólidos y estables teniendo en cuenta:

1.º El número de trabajadores que los ocupen.

2.º Las cargas máximas que, en su caso, puedan tener que soportar, así como su distribución.

3.º Los factores externos que pudieran afectarles.

En caso de que los soportes y los demás elementos de estos lugares de trabajo no poseyeran estabilidad propia, se deberá garantizar su estabilidad mediante elementos de fijación apropiados y seguros con el fin de evitar cualquier desplazamiento inesperado o involuntario del conjunto o de parte de dichos puestos de trabajo.

b) Deberá verificarse de manera apropiada la estabilidad y la solidez, y especialmente después de cualquier modificación de la altura o de la profundidad del puesto de trabajo.

### 2. Caídas de objetos:

a) Los trabajadores deberán estar protegidos contra la caída de objetos o materiales; para ello se utilizarán, siempre que sea técnicamente posible, medidas de protección colectivas.

b) Cuando sea necesario, se establecerán pasos cubiertos o se impedirá el acceso a las zonas peligrosas.

c) Los materiales de acopio, equipos y herramientas de trabajo deberán colocarse o almacenarse de forma que se evite su desplome, caída o vuelco.

### 3. Caídas de altura:

a) Las plataformas, andamios y pasarelas, así como los desniveles, huecos y aberturas existentes en los pisos de las obras, que supongan para los trabajadores un riesgo de caída de altura superior a 2 metros, se protegerán mediante barandillas u otro sistema de protección colectiva de seguridad equivalente. Las barandillas serán resistentes, tendrán una altura mínima de 90 centímetros y dispondrán de un reborde de protección, un pasamanos y una protección intermedia que impidan el paso o deslizamiento de los trabajadores.

b) Los trabajos en altura sólo podrán efectuarse, en principio, con ayuda de equipos concebidos para tal fin o utilizando dispositivos de protección colectiva, tales como barandillas, plataformas o redes de seguridad. Si por la naturaleza del trabajo ello no fuera posible, deberá disponerse de medios de acceso seguros y utilizarse

cinturones de seguridad con anclaje u otros medios de protección equivalente.

- c) La estabilidad y solidez de los elementos de soporte y el buen estado de los medios de protección deberán verificarse previamente a su uso, posteriormente de forma periódica y cada vez que sus condiciones de seguridad puedan resultar afectadas por una modificación, período de no utilización o cualquier otra circunstancia.
4. Factores atmosféricos: Deberá protegerse a los trabajadores contra las inclemencias atmosféricas que puedan comprometer su seguridad y su salud.
5. Andamios y escaleras:
- a) Los andamios deberán proyectarse, construirse y mantenerse convenientemente de manera que se evite que se desplomen o se desplacen accidentalmente.
  - b) Las plataformas de trabajo, las pasarelas y las escaleras de los andamios deberán construirse, protegerse y utilizarse de forma que se evite que las personas caigan o estén expuestas a caídas de objetos. A tal efecto, sus medidas se ajustarán al número de trabajadores que vayan a utilizarlos.
  - c) Los andamios deberán ser inspeccionados por una persona competente:
    - 1.º Antes de su puesta en servicio.
    - 2.º A intervalos regulares en lo sucesivo.
    - 3.º Después de cualquier modificación, período de no utilización, exposición a la intemperie, sacudidas sísmicas, o cualquier otra circunstancia que hubiera podido afectar a su resistencia que hubiera podido afectar a su resistencia o a su estabilidad.
  - d) Los andamios móviles deberán asegurarse contra los desplazamientos involuntarios.
  - e) Las escaleras de mano deberán cumplir las condiciones de diseño y utilización señaladas en el Real Decreto 486/1997, de 14 de abril (RCL 1997, 975), por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
6. Aparatos elevadores:
- a) Los aparatos elevadores y los accesorios de izado utilizados en las obras, deberán ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica. En todo caso, y a salvo de disposiciones específicas de la normativa citada, los aparatos elevadores y los accesorios de izado deberán satisfacer las condiciones que se señalan en los siguientes puntos de este apartado.
  - b) Los aparatos elevadores y los accesorios de izado, incluidos sus elementos de fijación, anclaje y soportes, deberá:
    - 1.º Ser de buen diseño y construcción y tener una resistencia para el uso al que estén destinados.
    - 2.º Instalarse y utilizarse correctamente.

- 3.º Mantenerse en buen estado de funcionamiento.
  - 4.º Ser manejados por trabajadores cualificados que hayan recibido una formación adecuada.
  - c) En los aparatos elevadores y en los accesorios de izado de deberá colocar, de manera visible, la indicación del valor de su carga máxima.
  - d) Los aparatos elevadores lo mismo que sus accesorios no podrán utilizarse para fines distintos de aquéllos a los que estén destinados.
7. Vehículos y maquinaria para movimiento de tierras y manipulación de materiales:
- a) Los vehículos y maquinaria para movimiento de tierras y manipulación de materiales deberán ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica.  
En todo caso, y a salvo de disposiciones específicas de la normativa citada, los vehículos y maquinaria para movimientos de tierras y manipulación deberán satisfacer las condiciones que se señalan en los siguientes puntos de este apartado.
  - b) Todos los vehículos y toda la maquinaria para movimiento de tierras y para manipulación de materiales deberán:
    - 1.º Estar bien proyectados y contruidos, teniendo en cuenta, en la medida de lo posible, los principios de la ergonomía.
    - 2.º Mantenerse en buen estado de funcionamiento.
    - 3.º Utilizarse correctamente.
  - c) Los conductores y personal encargado de vehículos y maquinarias para el movimiento de tierras y manipulación de materiales deberán recibir una formación especial.
  - d) Deberán adoptarse medidas preventivas para evitar que caigan en las excavaciones o en el agua vehículos o maquinaria para movimiento de tierras y manipulación de materiales.
  - e) Cuando sea adecuado, las maquinarias para movimientos de tierras y manipulación de materiales deberán ir equipados con estructuras concebidas para proteger el conductor contra el aplastamiento, en caso de vuelco de la máquina, y contra la caída de objetos.
8. Instalaciones, máquinas y equipos:
- a) Las instalaciones, máquinas y equipos utilizados en las obras deberán ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica.  
En todo caso, y a salvo de disposiciones específicas de la normativa citada, las instalaciones, máquinas y equipos deberán satisfacer las condiciones que se señalan en los siguientes puntos de este apartado.
  - b) Las instalaciones, máquinas y equipos, incluidas las herramientas manuales o sin motor, deberán:
    - 1.º Estar bien proyectados y contruidos, teniendo en cuenta, en la medida de lo posible, los principios de ergonomía.
    - 2.º Mantenerse en buen estado de funcionamiento.

- 3.º Utilizarse exclusivamente para los trabajos que hayan sido diseñados.
  - 4.º Ser manejados por trabajadores que hayan recibido una formación adecuada.
  - c) Las instalaciones y los aparatos a presión deberán ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica.
9. Movimiento de tierras, excavaciones, pozos, trabajos subterráneos y túneles:
- a) Antes de comenzar los trabajos de movimientos de tierras, deberán tomarse medidas para localizar y reducir al mínimo los peligros debidos a cables subterráneos y demás sistemas de distribución.
  - b) En las excavaciones, pozos, trabajos subterráneos o túneles deberán tomarse las precauciones adecuadas:
    - 1.º Para prevenir los riesgos de sepultamiento por desprendimiento de tierras, caídas de personas, tierras, materiales u objetos, mediante sistemas de entibación, blindaje, apeo, taludes u otras medidas adecuadas.
    - 2.º Para prevenir la irrupción accidental de agua, mediante los sistemas o medidas adecuados.
    - 3.º Para garantizar una ventilación suficiente en todos los lugares de trabajo de manera que se mantenga una atmósfera apta para la respiración que no sea peligrosa o nociva para la salud.
    - 4.º Para permitir que los trabajadores puedan ponerse a salvo en caso de que se produzca un incendio o una irrupción de agua o caída de materiales.
  - c) Deberán preverse vías seguras para entrar y salir de la excavación.
  - d) Las acumulaciones de tierras, escombros o materiales y los vehículos en movimiento deberán mantenerse alejados de las excavaciones o deberán tomarse las medidas adecuadas, en su caso mediante la construcción de barreras, par evitar su caída en las mismas o el derrumbamiento del terreno.
10. Instalaciones de distribución de energía:
- a) Deberán verificarse y mantenerse con regularidad las instalaciones de distribución de energía presentes en la obra, en particular las que estén sometidas a factores externos.
  - b) Las instalaciones existentes antes del comienzo de la obra deberán estar localizadas, verificadas y señalizadas claramente.
  - c) Cuando existan líneas de tendido eléctrico aéreas que puedan afectar a la seguridad en la obra será necesario desviarlas fuera del recinto de la obra o dejarlas sin tensión. Si esto no fuera posible, se colocaran barreras o avisos para que los vehículos y las instalaciones se mantengan alejados de las mismas. En caso de que vehículos de la obra tuvieran que circular bajo el tendido se utilizarán una señalización de advertencia y una protección de delimitación de altura.

11. Estructuras metálicas o de hormigón, encofrados y piezas prefabricadas pesadas:

- a) Las estructuras metálicas o de hormigón y sus elementos, los encofrados, las piezas prefabricadas pesadas o los soportes temporales y los apuntalamientos sólo se podrán montar o desmontar bajo vigilancia, control y dirección de una persona competente.
- b) Los encofrados, los soportes temporales y los apuntalamientos deberán proyectarse, calcularse, montarse y mantenerse de manera que puedan soportar sin riesgo las cargas a que sean sometidas.
- c) Deberán adoptarse las medidas necesarias para proteger a los trabajadores contra los peligros derivados de la fragilidad temporal de la obra.

12. Otros trabajos específicos:

- a) Los trabajos de derribo o demolición que puedan suponer un peligro para los trabajadores deberán estudiarse, planificarse y emprenderse bajo la supervisión de una persona competente y deberán realizarse adoptando las precauciones, métodos y procedimientos apropiados.
- b) En los trabajos en tejados deberán adoptarse las medidas de protección colectiva que sean necesarias, en atención a la altura, inclinación o posible carácter o estado resbaladizo, para evitar la caída de trabajadores, herramientas o materiales. Asimismo cuando haya que sobre o cerca de superficies frágiles, se deberán tomar las medidas preventivas adecuadas para evitar que los trabajadores las pisen inadvertidamente o caigan a través suyo.
- c) Los trabajos con explosivos, así como los trabajos en cajones de aire comprimido se ajustarán a lo dispuesto en su normativa específica.
- d) Las ataguías deberán estar bien construidas, con materiales apropiados y sólidos, con resistencia suficiente y provistas de un equipamiento adecuado para que los trabajadores puedan ponerse a salvo en caso de irrupción de agua o de materiales.

La construcción, el montaje la transformación o el desmontaje de una ataguía deberá realizarse únicamente bajo la vigilancia de una persona competente. Asimismo, las ataguías deberán ser inspeccionadas por una persona competente a intervalos regulares.

## **LECCIÓN VIGÉSIMA**

### **ETAPAS DE LA OBRA.**

#### **20.1. INTRODUCCIÓN.**

En proyectos de cierta envergadura se divide la obra en distintas etapas y dentro de cada etapa hay distintas fases (Cimentación, etc.).

#### **20.2. PRIMERA ETAPA: ACTIVIDADES ELEMENTALES DE ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO, CIMENTACIÓN, POCERÍA Y ESTRUCTURA.**

- Demoliciones: Aquí se refiere a pequeñas demoliciones. Si la demolición es grande tiene que tener su propio proyecto.
- Trabajos previos: Vallado de obra, instalaciones provisionales, grúa, oficina, talleres, etc.
- Acondicionamiento del terreno: Desmonte, vaciado, terraplenado, excavación en zanjas, limpieza de solar, etc. Y cualquier otra actividad previa al replanteo.
- Hormigón de limpieza, cimentación y estructura: Preparación y puesta en obra de las armaduras, preparación y puesta del encofrado, hormigonado, desencofrado (en la estructura aparecen las mismas actividades más la colocación de viguetas y bovedillas).
- Saneamiento: Se refiere al saneamiento enterrado (arquetas, colectores, etc.).

**20.3. Segunda etapa: Actividades elementales de albañilería, cubrición, instalaciones empotradas, ayudas a instalaciones y carpintería; solados, alicatados y aplacados.**

- Albañilería: Cerramientos exteriores, caja de escalera y huecos de ascensores, divisiones entre viviendas, zonas comunes, divisiones en cuartos húmedos, resto de la tabiquería, peldañado, colocación de bañeras.
- Cubrición: Formación de pendientes, colocación del material de cubrición, aislantes, etc.
- Instalaciones:
  - En fontanería: Comunicaciones verticales, derivaciones horizontales, cuarto de contadores y llegar hasta el punto donde va a ser necesaria.
  - En electricidad: Columnas verticales y llegar hasta el punto donde va a ser necesaria.
  - En calefacción: Comunicaciones verticales, derivaciones horizontales, cuarto de contadores y llegar hasta el punto donde va a ser necesaria.
  - En instalaciones electromecánicas: colocación de guías de ascensor.
  - Carpintería: Si es de aluminio se hace en esta etapa, si es de madera colocaremos los premarcos y armazones de armarios empotrados.
  - Revestimientos: Solerías, aplacados de piedra, enfoscados, pavimentos de zonas comunes y el acabado de los pavimentos de los locales húmedos.

La división entre la 1ª y la 2ª etapa es muy clara generalmente, no es tan clara cuando la obra va acelerada.

La división entre la 2ª y la 3ª etapa no es tan clara ya que hay actividades que comienzan en la 2ª etapa y acaban en la 3ª.

**20.4. Tercera etapa: Actividades elementales de colocación de aparatos sanitarios, mecanismos de electricidad, distintos elementos de otras instalaciones, carpintería y acabados en general.**



- Instalaciones: Acabar las instalaciones; colocar sanitarios, grifos, contadores, radiadores, calderas (hay que prever la colocación del depósito de gasoil), ascensores, se meten los hilos de electricidad, colocación de antenas y portero automático con el correspondiente paso de sus hilos, etc.
- Carpintería: Colocación de tapajuntas, puertas, marcos, puertas de armarios empotrados, barandillas, persianas, etc.
- Revestimientos: Yesos falsos techos, etc.
- Vidrios: Se colocan lo más tarde posible.
- Pinturas: Exteriores e interiores de cualquier tipo.
- Decoración: Señalizaciones, etc.
- Limpieza general interior.

#### **20.5. Cuarta etapa: Actividades elementales de urbanización, ajardinamiento y acabados exteriores de obra.**

- Movimiento de tierras.
- Instalaciones.
- Albañilería y varios.
- Pavimentaciones.
- Jardinería.
- Acabados exteriores con mobiliario urbano.
- Limpieza general de exteriores.

Con esta etapa vamos a acabar pero no tiene por que ser la última que comience.

#### **20.6. Interdependencia entre las distintas actividades.**

Se relacionan en función de cómo se vaya a construir.

Cualquier precedencia de actividades puede darse siempre que sea justificable.

### **LECCIÓN VIGÉSIMA PRIMERA PROGRAMACIÓN GENERAL DE OBRAS.**

#### **21.1. INTRODUCCIÓN.**

Proceso de lo general a lo particular, para ello hay que perder el proyecto de vista.

En obras de gran volumen se programan divididas en fases aprovechando las zonas de diferenciación del edificio, por ejemplo las juntas de dilatación.

#### **21.2. MÉTODOS DE PROGRAMACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN.**

Cualquier cosa será mejor que no programar nada.

- PERT: Se basa en tiempos estadísticos y tiene las siguientes dificultades:
  1. Necesita que la empresa tenga cierta antigüedad para poder tener datos estadísticos.
  2. Aunque la empresa tenga la suficiente antigüedad no dispone de estos datos.
    - CPM: necesita tiempos determinísticos y es el más factible para la construcción.

- ROY: No permite relaciones entre las actividades.

Los más utilizados son CPM y ROY e informaticamente el más utilizado es el ROY.

Para poder programar un proyecto:

1. Análisis y descomposición del proyecto en actividades – del conjunto de las partes .
2. Dibujo del grafo que nos permite establecer las relaciones de precedencia entre las actividades.
3. Cálculo de tiempos y recursos que son necesarios para cada actividad.

### **21.3. AJUSTE DE TIEMPOS.**

Iniciamos con el supuesto de disponer de los mínimos recursos necesarios para la realización de la actividad.

A partir de la duración obtenida, incrementamos los recursos en actividades del camino crítico.

Ajustar el tiempo de la programación al tiempo que nos impone el Pliego de Condiciones.

El PERT funciona con tiempo aritmético y este tiempo hay que pasarlo a tiempo calendario ya que hay que descontar sábados, domingos y festivos.

### **21.4. DIAGRAMA DE GANTT.**

Es el primer sistema dentro de la programación donde se empiezan a relacionar tiempos aritméticos con tiempos calendario.

Cuando se pasa la programación al diagrama de Gantt, tendremos en cuenta el tiempo calendario y el diagrama de Gantt nos dirá si nos sobran o nos faltan días sobre la programación, es decir, si el promotor nos dijo que acabaríamos el día x del mes y nos da un x ó y diferente al previsto.

### **21.5. NIVELACIÓN DE RECURSOS.**

La nivelación debe ajustarse al periodo de tiempo en que normalmente se realicen las certificaciones, es decir, todos los meses calendario.

Si se empezó a trabajar a mediados de mes se acumula lo ejecutado en este periodo al mes siguiente y no se certifica conjuntamente.

Una vez ajustado el tiempo tenemos que realizar la nivelación de los recursos.

### **21.6. DOCUMENTOS DE PROGRAMACIÓN.**

- Memoria.
- Estudio de tiempos.
- Asignación de recursos.
- Grafo ajustado en el tiempo.
- Diagrama de Gantt nivelado.

Estos documentos son de presentación obligatoria en la adjudicación por recursos.

Si la adjudicación es por subasta esto no es necesario.

## **LECCIÓN VIGÉSIMA TERCERA** **ESTUDIO DEL TIEMPO.**

### **23.1. MUESTREO Y TÉCNICAS DE MUESTREO.**

A la hora de estudiar el tiempo hay que recurrir a un muestreo.

Población, si la población es muy grande se toma una parte de ella (muestra), sobre esta parte hacemos el estudio y luego extrapolamos.

Tipos de muestreo:

1. Simple: Es totalmente aleatorio.  
Los elementos de la muestra no deben de tener una característica común.
2. Sistemático: Se ordenan y se toma la muestra de una forma sistemática.  
Ejemplo, tres ladrillos por palet y dentro de cada palet uno de arriba, otro del medio y otro de abajo.
3. M. aleatorio- estratificado.
4. Conglomerado.
5. M. no aleatorio.
6. M. mixto: Es una mezcla del simple y del sistemático. A nosotros los que nos interesan son el simple, el sistemático y el mixto.

Se puede extraer información de:

- a) Fundación, Codificación y Banco de Precios.
- b) Cuadro de precios del Instituto Eduardo Torroja.
- c) Eme dos, etc.

### **23.2. CRONOMETRAJE.**

Es la mejor manera de saber cuanto tiempo se tarda en hacer algo.

Tipos de cronómetros:

- a) Cronómetro de aguja retrapante: Es el que permite hacer lapsus de tiempo y poder tomar lecturas intermedias sin tener que parar el cronómetro.
- b) Cronómetro de segundos: no se usa ya que es poco preciso.
- c) Cronómetro de minuto decimal: Divide el minuto en 100 partes.
- d) Cronómetro de hora decimal: divide la hora en 100 partes.
- e) Cronómetros electrónicos: Es el más usado actualmente y es el que viene en los relojes.

Unidades de medida del tiempo.

- a) Minuto y minuto decimal: No se usa normalmente en la industria y menos en la construcción.
- b) Hora decimal: Esta si se utiliza en construcción y es la unidad de tiempo básica en el estudio del trabajo. No es una unidad de tiempo que nos sirva para hacer una programación de obra.
- c) Día: Se usa el día contando solo las horas laborales. Se puede dar el caso de que se dispongan de 24 horas si se disponen de los turnos necesarios.
- d) Semana: Es la más utilizada en obras de construcción. La semana tiene 40 h y 5 días. La semana es la única unidad de tiempo que es constante a no ser que exista algún día festivo.

e) Mes: Es una unidad que nos compromete demasiado y se usa en obras con mala programación.

f) Año: Se utiliza en obra pública.

### **23.3. VALORACIÓN DE LAS ACTUACIONES DEL OPERARIO.**

Una vez seleccionada la actividad a estudiar antes de cronometrar deberemos de asegurarnos que la forma de ejecutar la actividad es la correcta y es aconsejable antes de introducir los cambios en la ejecución hacer un estudio de tiempos previos.

Nunca se observara desde posiciones ocultas al trabajador, lo prohíbe la OIT.

Valoración del ritmo:

Ritmo tipo: Se define como ritmo tipo “el rendimiento que obtiene naturalmente y sin forzarse, los trabajadores cualificados como promedio de la jornada, siempre que conozcan y respeten el método especificado, estando de acuerdo en su aplicación.”

Escalas de valoración del ritmo:

100 – 133: Ritmo tipo de un trabajador retribuido por el tiempo.

60 – 80: Ritmo de un trabajador incentivado por cualquier estímulo.

75 – 100:

0 – 100: Es la recomendada por la OIT y es la que se utiliza hoy.

140 → Ritmo optimista.

130 → Muy bueno.

120 → Bastante bueno.

110 → Bueno.

100 → Normal.

90 → Menos que normal.

80 → Mediano.

70 → Menos que mediano.

60 → Malo.

Suplementos por descanso: Compensa la fatiga que le va a producir al trabajador realizar la tarea.

Tipos de suplementos por descanso:

a) Suplementos por necesidades personales: Necesidades fisiológicas.

b) Suplementos por fatiga.

Suplementos por clima: No es aplicable ni a la actividad ni a quien la hace, sino al lugar donde esta se hace.

En nuestra latitud no se tienen en cuenta.

### **23.5. TIEMPO TIPO.**

Tiempo tipo (UNE 52003) “Es el tiempo requerido para realizar un trabajo por un operario normal trabajando a un ritmo normal bajo condiciones tipificadas, más el tiempo necesario para compensar la fatiga, las necesidades personales y demoras inevitables.”

$$T_T = T_N + \text{Suplementos}$$

Normalmente los suplementos oscilan entre el 20 % y el 25 %.

### **23.6. TIEMPO ARITMÉTICO Y TIEMPO CALENDARIO.**

Tiempo aritmético: El tiempo tipo que corresponde a la unidad de dicha actividad multiplicado por el número total de unidades a realizar.

Tiempo calendario: será el tiempo aritmético trasladado al calendario laboral, considerándose todo tipo de incidencias.

## **LECCIÓN VIGÉSIMA CUARTA**

### **ESTUDIO DE LAS ACTIVIDADES.**

#### **24.1. ESTUDIO DETALLADO DE LAS ACTIVIDADES.**

Todo es mejorable, es decir, lo podemos hacer mejor. El hecho de que hagamos siempre igual una actividad no quiere decir que no se pueda hacer mejor.

Analizaremos y estudiaremos en primer lugar las actividades de mayor repercusión (Albañilería antes que el montaje de la grúa por ejemplo).

Utilizando el estudio del trabajo o recurriendo a fichas de rendimiento.

#### **24.2. RECURSOS HUMANOS Y AUXILIARES.**

Son condicionados por el tiempo.

Los recursos que están en función del tiempo son:

1. De tipo humano.
2. Maquinaria.
3. Auxiliares.

Estos recursos condicionarán la duración de la actividad.

#### **24.3. RECURSOS MATERIALES.**

Solamente afectan a la cantidad, no condicionan el tiempo.

Los obtenemos a partir de los descompuestos y no los vamos a tener en cuenta en el tiempo.

#### **24.4. AJUSTE RECURSOS – TIEMPO.**

Se representan en el diagrama de actividades simultaneas.

- Tiempo de recursos mínimos: Es el tiempo necesario para ejecutar la actividad disponiendo de los mínimos recursos necesarios para su ejecución. Es puramente teórico. Es el tiempo que tardamos en ejecutar una actividad suponiendo que de todos los recursos necesarios (que son función del tiempo), tenemos solo uno.
- Recursos mínimos óptimos: Es la cantidad de elemento que no me condiciona el tiempo que necesito. Es el recurso que ha optimizado el tiempo dentro de todos los recursos mínimos.
- Tiempo a recursos fijos: Es aquel que suponiendo fijos los recursos, el tiempo que se tarda en hacer la actividad. Fijamos la cantidad de recursos que tenemos y calculamos el tiempo.

- Recursos a tiempo fijo: Se establece el tiempo que se quiere realizar la actividad y se calculan los recursos que se necesitan.

Ejemplo:

Suponemos una actividad  $x$  de la que tenemos que realizar  $25 \text{ m}^2$ , de su descompuestos sacamos que:

$1 \text{ m}^2$  necesita  $1'5$  horas de A y  $0'7$  horas de B.

a) Tiempo de recursos mínimos:

$$1(A) \Rightarrow 1'5 \times 25 = 37'5 h(A)$$

$$1(B) \Rightarrow 0'7 \times 25 = 17'5 h(B)$$

Luego tardamos  $37'5$  h en realizar los  $25 \text{ m}^2$ .

b) Recursos mínimos óptimos:

$$1(A)$$

$$\frac{1}{x} \times 0'7 \times 25 = 37'5 \Rightarrow x = 0'47$$

Luego necesito  $0'47$  de (B) para realizar la actividad en  $37'5$  h.

c) Tiempo a recursos fijos:

Se supone que hay 2 de (A) y 1 de (B).

$$\frac{1}{2} \times 1'5 \times 25 = 18'75 h \text{ que intervienen los 2 (A).}$$

$$\frac{1}{1} \times 0'7 \times 25 = 17'5 h \text{ que tarda (B).}$$

Luego tardamos  $18'75$  h en hacer  $25 \text{ m}^2$ .

d) Recursos a tiempo fijo:

Suponemos que tenemos que realizar la actividad en  $25$  h.

$$x \rightarrow (A) \text{ y } y \rightarrow (B)$$

$$\frac{1}{x} \times 1'5 \times 25 = 25 \Rightarrow x = 1'5(A)$$

$$\frac{1}{y} \times 0'7 \times 25 = 25 \Rightarrow y = 0'7(B)$$

Aplicación:

45 m<sup>3</sup> de hormigón armado H – 175 en zapatas de cimentación, con árido rodado de diámetro máximo 40 mm y cemento II.-/35 con una media de 25 kg/m<sup>3</sup> de acero corrugado AEH 400 N/F. (Se ha tomado como fuente de información “Fundación, Codificación y Banco de Precios de la Construcción.”)

### HORMIGÓN

45 m3	1,030 m3 de hormigón	0,340 t de cemento	15,759 t de cemento
		0,433 m3 de arena	20,070 m3 de arena
		0,865 m3 de grava	40,093 m3 de grava
		0,185 m3 de agua	8,575 m3 de agua
		0,515 h de peón especialista	23,870 h de p.esp.(*)
	0,130 h de vibrador		5,850 h de vibrador(*)
	0,130 h de peón especialista		5,850 h de p.esp.(*)
	0,270 h de peón ordinario		12,150 h de p.ord.(*)

### ACERO

45 m3	25,000	1,080 Kg de acero	1215,000 Kg de acero
		0,005 Kg de alambre	5,625 Kg de alambre
		0,050 Ud pequeño material	56,250 Ud pequeño mat.
		0,020 h de oficial 1ª ferrallista	22,500 h de o.1ª f.(*)

(\*) Son los que están en función del tiempo.

A recursos mínimos quiere decir que solo tengo un peón especial, un peón ordinario, un oficial de 1ª ferrallista, un vibrador; la duración de la actividad la condiciona el mayor de ellos en nuestro caso el peón especial  $23'87 + 5'85 = 29'72 h$

Si queremos reducir el tiempo a la mitad lo que tenemos que hacer es poner dos peones especiales luego sería  $29'72/2 = 14'86 h$ , pero ya lo que condiciona para poder realizarlo en la mitad es el oficial de 1ª ferrallista, entonces se ponen dos  $22'5/2 = 11'25 h$ , y ahora me condiciona el peón ordinario luego pongo dos peones ordinarios  $12'15/2 = 6'07 h$ , y ya se ha conseguido.

## **LECCIÓN VIGÉSIMA QUINTA** **LA EMPRESA CONSTRUCTORA.**

### 25.1. LA EMPRESA CONSTRUCTORA.

La empresa constructora podemos definirla como una agrupación o asociación de personas o bienes que se agrupan u organizan para crear riquezas de bienes inmuebles (viviendas, presas, pistas, puentes, etc.). Las realizan para obtener un beneficio económico.

Las empresas constructoras de pueden clasificar en:

1. Desde un punto de vista legal

- Individual: Se caracteriza por tener una única persona física propietaria o dueña de la empresa.

Suele ser una empresa pequeña.

- Colectiva: Es la formada por más de una persona física como propietarias de la empresa.

Tipos:

A) Sociedad civil.

B) Sociedad anónima laboral.

C) Sociedad mercantil.

D) Sociedad comanditaria simple.

E) Sociedad anónima: Es una sociedad mercantil con el capital dividido en acciones con personalidad jurídica.

F) Sociedad limitada: Es como la anónima pero con unos límites que son:

1) Capital social máximo 50 millones de pesetas.

2) Número de socios máximo 50 socios.

G) Sociedad cooperativa: Es aquella en que todos sus socios (cooperativista), están en igualdad de derechos, es decir, todos tienen las mismas acciones y todos ganan y pierden por igual.

### 25.2. CLASIFICACIÓN ATENDIENDO A SU ACTIVIDAD.

1. Clasificación legal de capacidad de las empresas: La Ley de Contratos de Administraciones Públicas hace una clasificación por una Orden Ministerial del 68, según el tipo de las obras, existen los siguientes bloques:

- GRUPO A → Movimiento de tierras y perforaciones.
- GRUPO B → Puentes, Acueductos, Grandes estructuras.
- GRUPO C → Edificaciones.
- GRUPO D → Ferrocarriles.
- GRUPO E → Obras públicas.
- GRUPO F → Marítimas.
- Etc.

Dentro de cada grupo se establece otra clasificación por números. Ejemplo:

GRUPO C → EDIFICACIONES.

	CATEGORIA
<b>Subgrupo 1 → Demoliciones</b>	<b>F</b>
Subgrupo 2 → Estructuras de fabrica y hormigón	E
Subgrupo 3 → Estructuras metálicas	E



Subgrupo 4 → Albañilería, revocos y revestimientos	F	
Subgrupo 5 → Cantería y marmolería	F	
Subgrupo 6 → Pavimentos, solados y alicatados		F
Subgrupo 7 → Aislamientos e impermeabilizaciones	F	
Subgrupo 8 → Carpintería de madera		F
Subgrupo 9 → Carpintería metálica		F

2. Clasificación funcional: Consiste en ver dentro de la edificación los cuatro grupos de actividad empresarial que existen:

- 1) Promoción.
  - 2) Proyector.
  - 3) Construcción.
  - 4) Venta.
- Una macro empresa sería aquella que se dedique a las cuatro actividades, es decir, empresas que proyectan, construyen y venden sus propias obras y como es obvio están confundidos el promotor el constructor y la dirección técnica.
  - Empresas que construyen y venden sus obras aquí se confunden únicamente el promotor y el constructor.
  - Empresas que construyen obras ajenas.
  - Empresas mixtas.

### **25.3. CLASIFICACIÓN ATENDIENDO A SU VOLUMEN.**

Es la clasificación menos objetiva de todas ya que su clasificación depende del volumen de obra y este a su vez se clasifica por el número de trabajadores fijos y como es sabido hoy las empresas contratan a la mayoría de los operarios con contratos de obra, es decir, trabajadores eventuales.

Un factor muy determinante en esta clasificación es la territorialidad.

Tipos:

1. Pequeña empresa constructora.
2. Mediana empresa constructora.
3. Gran empresa constructora.

Una clasificación mejor es por el número o cantidad de medios auxiliares que posee una empresa:

1. Pequeña empresa: Es aquella que puede realizar una obra pequeña en función de los medios auxiliares.
2. Mediana empresa: Es aquella que puede realizar una obra mediana.
3. Gran empresa: Es aquella que puede realizar una obra grande en función de los medios auxiliares.

Desde el punto de vista del ámbito territorial de actuación pueden ser:

1. Locales.
2. Comarcales.
3. Provinciales.
4. Regionales.
5. Nacionales.
6. Multinacionales.

#### 25.4. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA CONSTRUCTORA.

Depende de las siguientes variables:

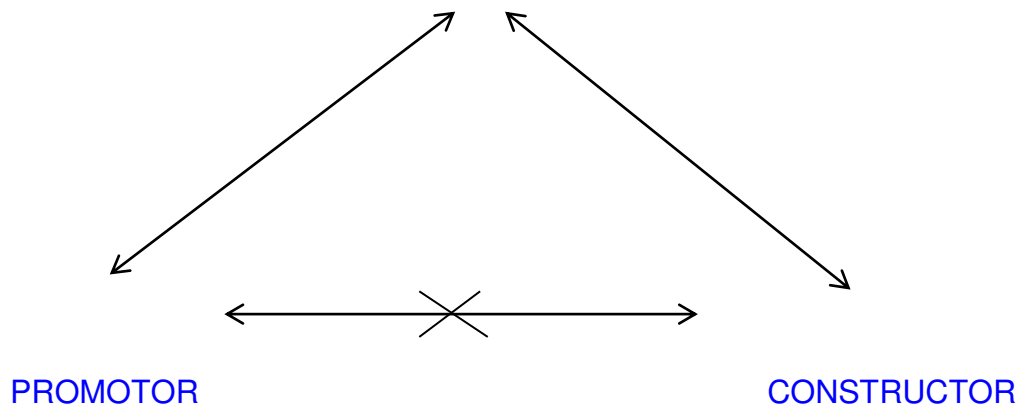
- a) Constitución legal.
- b) Actividad.
- c) Volumen.
- d) Territorialidad.

#### 25.5. Misión del arquitecto técnico en la empresa constructora.

- A) ESTUDIO DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA EN FUNCIÓN DEL SOLAR, REPERCUSIÓN DEL SOLAR, EDIFICABILIDAD, ETC.
- B) MEDICIONES, VALORACIONES Y PRESUPUESTOS.
- C) ORGANIZACIÓN DE LOS TRABAJOS.
- D) CONTROL.
- E) JEFE DE OBRA.
- F) CUALQUIER MISIÓN QUE SE LE ENCOMIENDE EN FUNCIÓN DE SU CAPACIDAD.

#### 25.6. RELACIÓN EMPRESA – DIRECCIÓN FACULTATIVA.

DIRECCIÓN FACULTATIVA



LA RELACIÓN PROMOTOR CONSTRUCTOR NO DEBE DE DARSE NUNCA.

**UNIÓN TEMPORAL DE EMPRESAS (U.T.E.): ES LA UNIÓN DE VARIAS EMPRESAS PARA LA REALIZACIÓN DE UNA OBRA GRANDE Y CONCRETA, ESTA UNIÓN SOLO DURA EL PERIODO DE TIEMPO EN QUE SE EJECUTA LA OBRA.**

#### LECCIÓN VIGÉSIMA SEXTA

##### CONTROL GENERAL.

##### 26.1. INTRODUCCIÓN.

- a) Control General (Técnico, Administrativo, Calidad, Económico, etc.).
- b) Control Económico y Comercial.
- c) Control Técnico y de la Programación.

26.2. Libros de control: Libro de ordenes, libro de matricula de personal, libro de visitas, libro de incidencias, etc.

1. **LIBRO DE ORDENES: ES LA HERRAMIENTA BÁSICA QUE TIENE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA PARA LLEVAR EL CONTROL DE LA OBRA.**  
**ESTA FORMADO POR HOJAS NUMERADAS Y POR TRIPPLICADO CON PAPEL AUTOCOPIATIVO.**  
**ESTE LIBRO TIENE QUE ESTAR DEPOSITADO EN LA OBRA Y ES DONDE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA VA A ESCRIBIR LAS ORDENES QUE A DADO Y UNA VEZ HECHO ESTO LO TIENE QUE FIRMAR COMO ENTERADO EL ENCARGADO O CUALQUIER REPRESENTANTE DEL CONSTRUCTOR ASÍ COMO EL REDACTANTE.**  
**EN EL LIBRO NUNCA PUEDE FALTAR LA 1ª HOJA DE LAS TRES, LA 2ª HOJA ES PARA EL ARQUITECTO Y LA 3ª PARA EL ARQUITECTO TÉCNICO.**
2. **LIBRO DE MATRICULA DEL PERSONAL: ES EL LIBRO PARA EL CONTROL DEL PERSONAL DONDE APARECEN LOS DATOS DE CADA OPERARIO QUE HAY EN LA OBRA EN CUALQUIER MOMENTO Y DENTRO DE LOS DATOS TAMBIÉN APARECEN LA FECHA DE ALTA Y LA DE BAJA ASÍ COMO SU D.N.I. Y ESTARÁ FIRMADO POR EL OPERARIO EN SU CORRESPONDIENTE CASILLA.**  
**ES UNA HERRAMIENTA VÁLIDA PARA LA INSPECCIÓN DE LA INSTITUTO NACIONAL DE LA SEGURIDAD SOCIAL.**
3. **LIBRO DE VISITAS: EN ÉL LOS INSPECTORES DE TRABAJO HACEN SUS ANOTACIONES.**
4. **LIBRO DE INCIDENCIAS: ES UN LIBRO PARECIDO AL DE ORDENES, LAS HOJAS VAN CUADRIPLICADAS Y CUALQUIERA QUE ESTE RELACIONADO CON LA OBRA PUEDE HACER ANOTACIONES Y EN ÉL SOLO SE HARÁN LAS ANOTACIONES RELACIONADAS CON LA SEGURIDAD Y LA SALUD LABORAL. SERÁ CUSTODIADO POR EL COORDINADOR DE SEGURIDAD Y SALUD LABORAL.**  
**UNA VEZ ANOTADO EN ÉL ALGO EN EL PLAZO DE 24 HORAS DEBE DE LLEGAR UNA COPIA A LA INSPECCIÓN DE TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL DE LA PROVINCIA EN QUE SE REALICE LA OBRA.**

### **26.3. CONTROL TÉCNICO DE LAS OBRAS.**

La dirección facultativa debe conocer en todo momento la situación de la obra.

El control se va a realizar en tres frentes básicos:

- a) Control de los elementos y materiales (ver que el material es el pedido y cumple las características pedidas).
- b) Control de la disposición y ejecución.
- c) Control del conjunto.

### **26.4. CONTROL DE CALIDAD Y TIPIFICACIÓN DE LOS ENSAYOS.**

Calidad: “Es la propiedad o conjunto de propiedades inherentes a una cosa que permiten apreciarla como igual, mejor o peor que las restantes de su especie”.

Fijar un patrón que nos permita medir y comparar esos niveles de calidad.

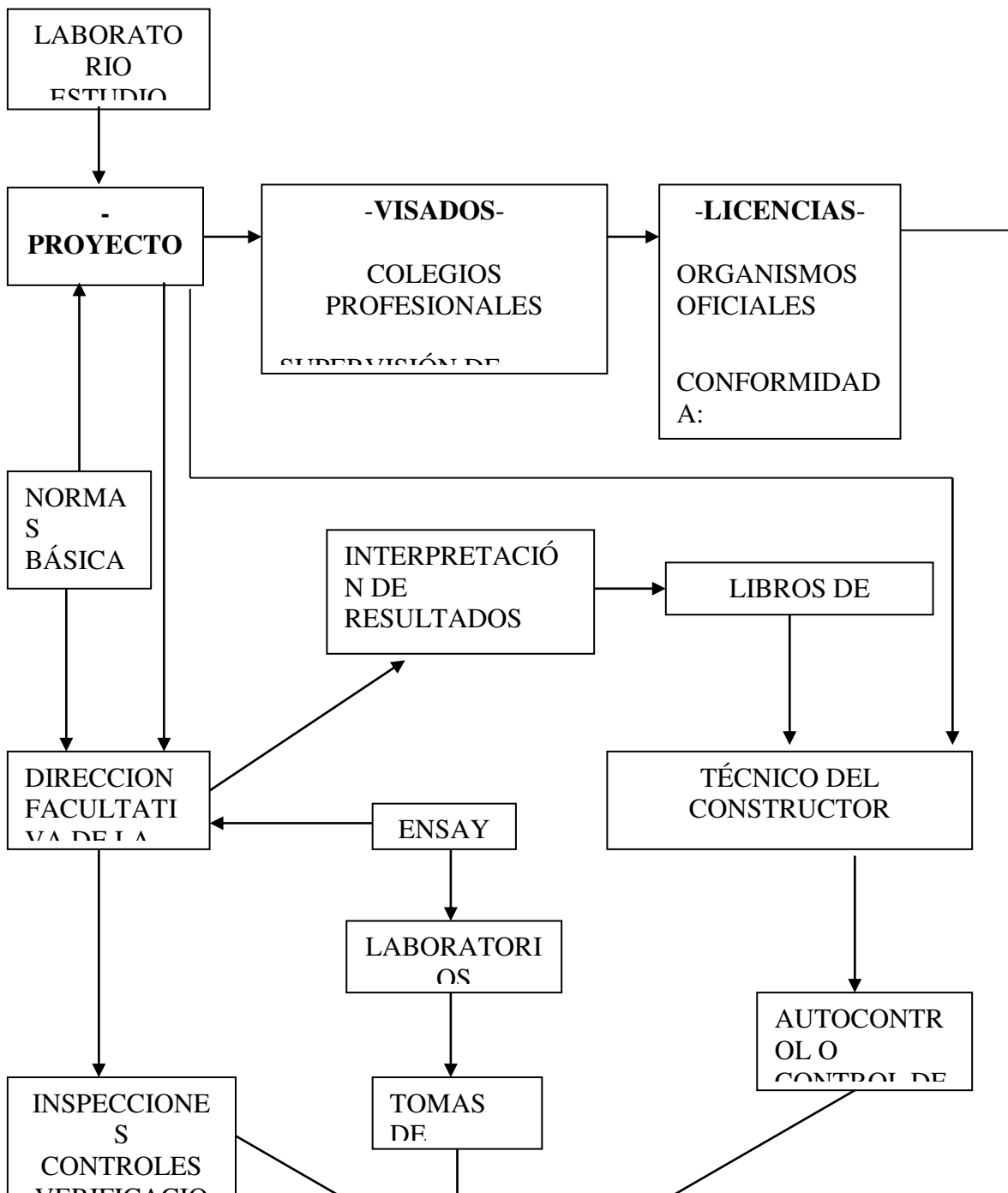
Normativa, estadística y ensayos.

La Asociación Española de Control de Calidad: “ El conjunto de técnicas y procedimientos que permiten garantizar que la obra a construir cumple los objetivos asignados de seguridad, funcionalidad y durabilidad al más bajo costo posible”.

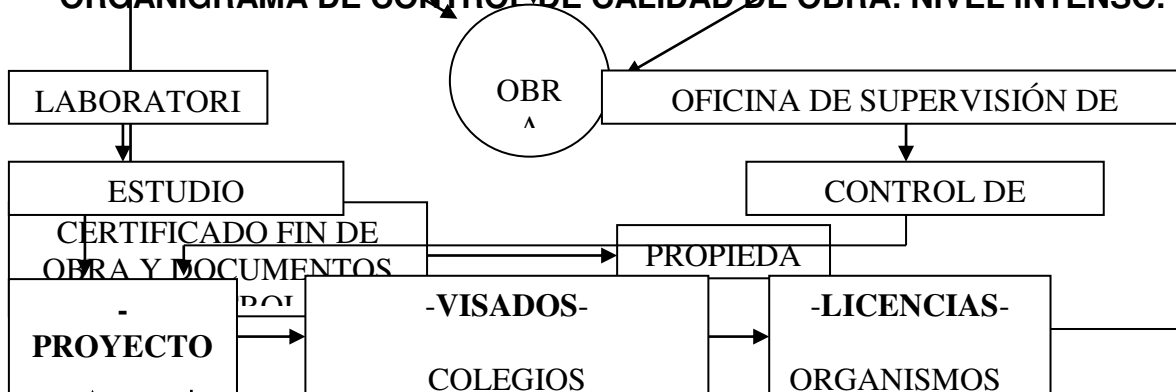
Normas Básicas: NBE

Normas Optativas: NTE

**ORGANIGRAMA DE CONTROL DE CALIDAD DE OBRA: NIVEL NORMAL.**



**ORGANIGRAMA DE CONTROL DE CALIDAD DE OBRA: NIVEL INTENSO.**



## **LECCIÓN VIGÉSIMA SEPTIMA**

### **CONTROL TÉCNICO Y PROGRAMACIÓN.**

#### **27.1. INTRODUCCIÓN.**

Buscamos el control técnico desde el punto de vista del constructor.

#### **27.2. DELIMITACIÓN DEL ÁREA TÉCNICA.**

En una obra hay tres áreas de actuación que parten del jefe de obra:

- a) Oficina técnica: Cumplimiento del proyecto, contemplando todas aquellas reformas o modificaciones que se produzcan.

Suministro de información suficiente a la sección económica, administrativa, etc.

Garantizar la seguridad.

Su obligación es hacer que técnicamente el proyecto se ejecute lo más fiablemente posible.

- b) Gestión de maquinaria y medios auxiliares.
- c) Producción.

### 27.3. MAQUINARIA Y MEDIOS AUXILIARES.

Podemos encontrarnos con dos situaciones:

a) Disponemos de maquinaria propia.

b) Maquinaria contratada (Alquilada).

GRUPO A → Maquinaria voluminosa, alto valor (Grandes Maquinas).

GRUPO B → Equipos de transporte.

GRUPO C → Maquinaria y equipos pequeños.

Suministrar a las obras las maquinas.

Realizar el mantenimiento.

Vigilar el trato.

Recepcionar las maquinas en las obras.

A efectos de valoración, la empresa cargará en la cuenta de la obra mensualmente aquellos gastos de mano de obra, maquinaria, etc. Que se han producido.

La maquinaria se envía a una obra a solicitud del director de producción.

La maquinaria será recepcionada tras comprobar su buen funcionamiento.

La maquinaria será retirada de la obra a solicitud del director de producción.

Cuando se trate de obras situadas en una misma área geográfica se podrá trasladar maquinas entre obras con la autorización del delegado o jefe de obra.

### 27.4. CALENDARIO DE OBRA.

Es el documento del proyecto o del contrato base para el control de la marcha de los trabajos.

Diagramas de Gantt o de barras, tomando como unidad de tiempo el mes y se dejara apreciar, siempre que la importancia de la obra lo merezca, la fracción semana.

El calendario es el punto de referencia para el control del desarrollo de la obra, es el control de producción y nos da lo que hemos producido y lo que deberíamos haber producido.

### 27.5. PRODUCCIÓN.

El jefe de producción comparando las unidades de obra realmente ejecutadas y las previstas en el plan, decidirá las acciones a acometer. Acelerar la programación actuando por supuesto en todo momento sobre actividades críticas, aumentando sus recursos.

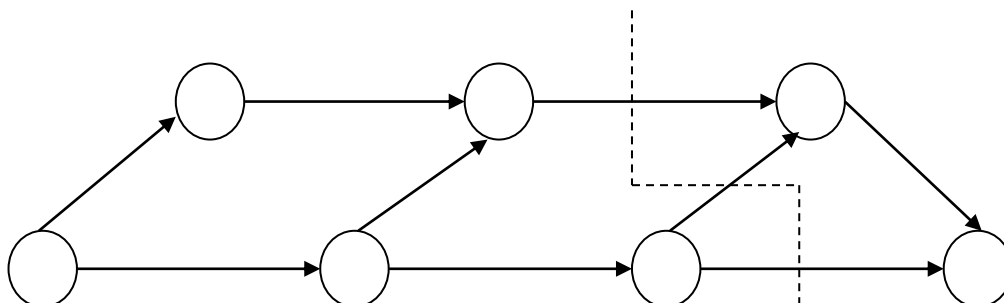
Una vez realizado el control y tomadas las medidas oportunas si no puede ajustarse a la programación inicial, se procederá a realizarse una revisión total de la programación.

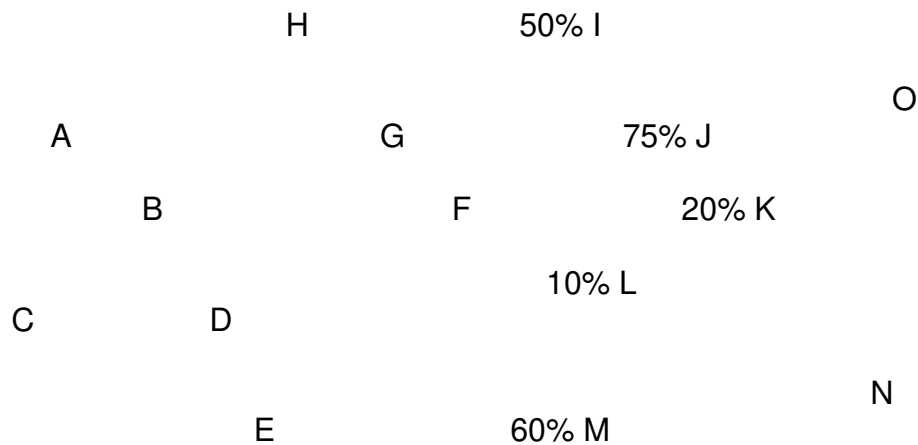
### 27.6. ANÁLISIS COMPARATIVO Y RECTIFICACIÓN.

1. Confeccionando una nueva programación en la que tomando la unidad de tiempo 0 como punto de partida.

2. Mantener en la nueva programación la unidad de tiempo en la que se efectúa la revisión.

La rectificación o reprogramación se realiza así:

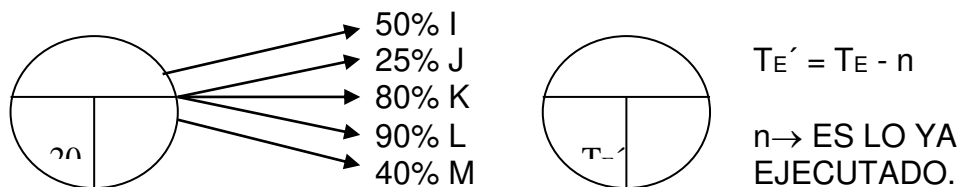




20 Ud. DE TIEMPO (\*\*)

\*\* A PARTIR DE AQUÍ EMPIEZO LA NUEVA PROGRAMACIÓN TENIENDO EN CUENTA LO EJECUTADO 20 Ud. DE TIEMPO.

Se traza una línea imaginaria por todas las actividades que están en fase de ejecución, con lo cual todo lo que quede a la izquierda de la línea está echo. El nuevo suceso inicial será lo que ya está ejecutado



Si han aparecido actividades nuevas las calculo y si han desaparecido algunas las elimino.

**LECCIÓN VIGÉSIMA OCTAVA**  
**CONTROL ECONÓMICO Y FINANCIERO.**

**28.1. INTRODUCCIÓN.**

Objetivo de cualquier empresa: obtener un rendimiento económico.

**28.2. FORMAS DE ABONO DE LAS OBRAS.**

Es como el promotor le va a pagar al constructor las fases de obra ejecutadas.

Hay las siguientes modalidades:

- a) Certificaciones y abonos a cuenta.

- b) Tanto alzado (tanto alzado total o por unidad de obra): Se pacta de antemano el precio total de la obra o de una unidad de obra determinada. Se aplica en obras pequeñas como reformas, etc.
- c) Pago por administración: Un representante del constructor (promotor), cuantifica las horas de mano de obra, materiales, etc. Que se emplean y luego se cuantifican según unas cantidades fijadas previamente. Se aplica en obras de restauración, rehabilitación, etc.
- d) Pago por horas de trabajo: Se paga solo la mano de obra del trabajo, los materiales los pone el promotor.

### **28.3. CERTIFICACIONES DE OBRAS.**

La certificación es un documento que la dirección facultativa hace mensualmente para controlar la cantidad de obra ejecutada y así determinar que cantidad le debe de abonar el promotor al constructor.

Las certificaciones se hacen siempre al origen para así poder determinar lo realmente ejecutado.

Normalmente es el constructor el que realiza la certificación y la dirección facultativa le da el visto bueno y el promotor la pagará.

### **28.4. PRECIOS CONTRADICTORIOS.**

Son unidades de obra cuyo precio no figuraba en el proyecto pero que tenemos que ejecutar.

Son precios a modificaciones que va a sufrir el proyecto (siempre y cuando los modificaciones sean pequeñas), y vamos a tener que pactar precios que no existan en el proyecto.

Los precios contradictorios se van a pactar cuando existan modificaciones de las calidades de los materiales o de unidades de obra que no existan en el proyecto, errores en las mediciones, ampliaciones, etc.

El precio contradictorio será fijado por la administración.

En la nueva Ley el precio de las nuevas unidades de obra lo establece la dirección facultativa y el constructor le dará el visto bueno y si este no esta de acuerdo se forma un comité de arbitraje que determinará el precio y si el constructor sigue sin estar de acuerdo no esta obligado a realizar esa unidad de obra, pudiéndose contratar a otro constructor para que nos realice esa unidad de obra al precio que antes determino la comisión de arbitraje.

### **28.5. REVISIONES DE PRECIOS.**

**Es un concepto que surge en 1917 como consecuencia de las variaciones de los precios en el mercado.**

En el siglo pasado las variaciones de precio eran pequeñas y no afectaban demasiado a las empresas ya que se podían prever y las tenían en cuenta en sus presupuestos.

Hasta el año 1964 no se consolida de una forma estable con la aparición de Decretos y Ordenes Ministeriales que regulan y unifican los criterios que se han de seguir para la revisión de precios.

En 1995 concretamente con la vigente Ley 13/1995, de 18 de Mayo, publicado en el BOE de 19 de Mayo, de Contratos de las Administraciones



Públicas, establece en su articulado los siguientes artículos y párrafos o conceptos en relación a la revisión de precios que actualmente han de aplicarse:

- Contratos en los que procede la revisión de precios.  
Artículo 104 (párrafos del artículo de especial interés).  
Cuando se hubiese ejecutado el 20 por 100 de su importe y hayan transcurrido 6 meses desde su adjudicación.  
El pliego de cláusulas administrativas deberá detallar la fórmula a aplicar.  
Todo proyecto por Ley esta sujeto a revisión de precios salvo que en resolución motivada pueda establecerse la improcedencia de la misma.
- Formulas de revisión.  
Artículo 105 (párrafos del articulado de especial interés).
  1. La revisión de precios se llevará a cabo mediante índices o fórmulas de carácter oficial que determine el órgano de contratación.
  2. Estas fórmulas deberán ser publicadas en el BOE y serán revisables cada 2 años, como mínimo.
  3. Las fórmulas aplicadas al contrato serán invariables durante la vigencia del mismo.
- Indices de precios.  
Artículo 106 (párrafos del articulado de especial interés).
  1. Las fórmulas de revisión servirán para calcular, mediante la aplicación de índices de precios, los coeficientes de revisión en cada fecha final del plazo de presentación de ofertas.
- Procedimiento de revisión.  
Artículo 107 (párrafos del articulado de especial interés).  
Cuando se utilicen fórmulas de revisión de precios en los contratos de obras y suministro de fabricación, se procederá a la revisión mediante la aplicación del coeficiente resultante de aquellas sobre el precio liquidado en la prestación realizada.
- Revisión en caso de demora en la ejecución.  
Artículo 108 (párrafos del articulado de especial interés).  
Cuando la cláusula de revisión se aplique sobre periodos de tiempo en los que el contratista hubiese incurrido en mora y sin perjuicio de las penalizaciones que fueren procedentes, los índices de precios que habrían de ser tenidos en cuenta serán aquellos que hubiesen correspondido a las fechas establecidas en el contrato para la realización de la prestación en plazo, salvo que las correspondientes al periodo real de ejecución produzcan un coeficiente inferior, en cuyo caso se aplicarán estas últimas, es decir, cuando se ejecute una unidad de obra con retraso se le aplicará el  $K_t$  más desfavorable entre el que se le debería de haber aplicado si hubiese echo la obra en su momento y el  $K_t$  que obtenga en el momento en que la realizo.
- Fuerza mayor.

En caso de fuerza mayor, no se aplicará la sanción correspondiente por retraso correspondiente a un periodo de tiempo igual al que existiera fuerza mayor.

Obras de características muy diferentes se podrá dividir el presupuesto en partes y aplicarles a cada uno de ellos el tipo de fórmula que la corresponda.

- Formula tipo.

$$K_t = h \frac{H_t}{H_o} + c \frac{C_t}{C_o} + c_r \frac{C_{rt}}{C_{ro}} + m \frac{M_t}{M_o} + s \frac{S_t}{S_o} + e \frac{E_t}{E_o} + c_u \frac{C_{ut}}{C_{uo}} + a_i \frac{A_t}{A_o} + l \frac{L_t}{L_o} + 0.15$$

Siendo:

h → Mano de obra.

c → Cemento.

cr → Cerámica.

m → Madera.

s → Siderúrgicos.

e → Energía.

cu → Cobre.

al → Aluminio.

l → Ligantes.

El 0'15 representa a los gastos generales y al beneficio industrial.

Las minúsculas son coeficientes que dependen del tipo de obra, tipo de fórmula que va en función de las características de la obra.

Las mayúsculas indican el índice de precios publicada en el BOE aceptado por el Consejo de Ministros.

El subíndice "t" se refiere a la fecha en que se realizaron las unidades de obra, es decir, fecha de ejecución,

El subíndice "o" se refiere a la fecha final de presentación de ofertas.

En el Pliego de Condiciones se debe de especificar la fórmula para el cálculo del  $K_t$  que se emplea.

En edificación los tipos de obra que nos afectan son del 16 al 23.

- Condiciones para revisión

Que se hayan presupuestado el primer 20% del presupuesto.

Se revisará a partir de este 20%, no siendo el 20% inicial, en consecuencia, susceptible de revisión.

Que hayan transcurrido 6 meses desde su adjudicación.

- Cálculo de la revisión

$$Revisión = K_t \times C_t - C_t$$

$K_t$  → Índice de revisión para la variación de precios desde la fecha de presentación de ofertas hasta el mes en que se ejecutan.

Revisión de precios correspondiente al mes t.

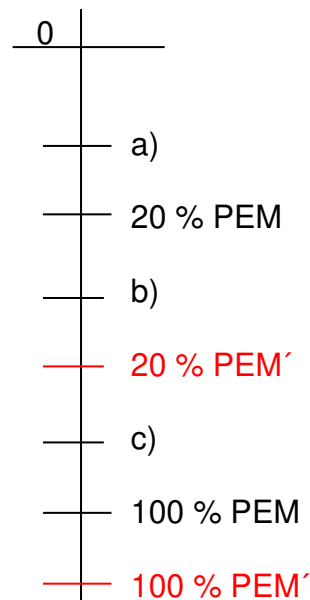
$C_t \rightarrow$  Certificación correspondiente al mes t.

Si  $K_t > 1 \rightarrow$  Los precios han subido.

Si  $K_t < 1 \rightarrow$  Los precios han bajado.

Si  $K_t = 1 \rightarrow$  No ha habido variación en los precios.

- Revisiones de precios con precios contradictorios



- a) Como no se ha alcanzado el 20 % del PEM al realizar la modificación entonces no pasa nada y no se empezaran las revisiones hasta que no llegemos al nuevo **20 % PEM'**.
- b) En este punto si se había alcanzado el 20 % PEM y se estaban realizando revisiones, entonces aparece una modificación que aumenta el PEM a **PEM'** con lo cual el 20 % PEM pasa a ser el **20% PEM'**, siendo mayor su valor que el valor que teníamos en el punto b) con lo cual tenemos que detener las revisiones y no reanudarlas hasta que no alcancemos el nuevo **20 % PEM'** y en la primera certificación que se expida se deducirán las cantidades cobradas en concepto de revisión correspondientes al 20 % PEM.
- c) En este punto ya hemos realizado revisiones de precios porque hemos superado el 20 % PEM y entonces nos aparece una modificación que hace aumentar el PEM a **PEM'** y consecuentemente aumente también el 20 % PEM a **20 % PEM'** pero este nuevo **20 % PEM'** no es superior al valor de c) entonces no se detienen las revisiones de precios pero en la 1ª certificación que se expida se deducirán las cantidades cobradas en concepto de revisión entre el 20 % PEM y el **20% PEM'**.

En caso de que la modificación reduzca el PEM el efecto es el inverso, también ocurre esto cuando el  $K_t$  es negativo.

En el caso de que las certificaciones se realicen por periodos superiores a 1 mes, es decir, 2, 3, 4, 5, ..., meses el  $K_t$  será la media aritmética de ellos.

## **LECCIÓN VIGÉSIMA NOVENA**

### **CONTROL ADMINISTRATIVO.**

#### **29.1. TRABAJOS ADMINISTRATIVOS; SU RELACIÓN CON LA EMPRESA CONSTRUCTORA.**

A comienzos de siglo: 1 empleado de oficina por cada 30 obreros.

En 1953: 1 empleado de oficina por cada 10 obreros.

En 1960: 1 empleado de oficina por cada 3 obreros.

Se ha pasado del trabajo artesanal de principios de siglo al trabajo superindustrializado de ahora que nos lleva a sustituir gente que trabaje a mano por gente que controle y organice.

Se ha pasado del trabajo desorganizado al trabajo organizado.

Causas:

- Aplicación de técnicas que aumenten la productividad.
- Optimización en la utilización de recursos.
- Control de producción.
- Contabilidades industriales.
- Obligaciones fiscales, etc.

Funciones principales de los trabajos administrativos:

- Función de recogida de datos.
- Función de registro de esos datos.
- Función de manipulación de datos.
- Función de información.

#### **29.2. Automatización, centralización y descentralización de los trabajos administrativos.**

Anterior a la revolución industrial.

Tras la revolución industrial.

A partir de la 1ª guerra mundial.

Automatización ofrece ventajas en cuanto a rapidez.

Capacidad y bajo costo.

Centralización.

Descentralización.

#### **29.3. CLASIFICACIÓN, CODIFICACIÓN Y ARCHIVO DE DOCUMENTOS.**

Se requiere tener facilidad de acceso y facilidad de búsqueda.

Clasificación, identificación y agrupación sistemática de conceptos similares.

Codificación, asignación de números, letras u otros símbolos.

La codificación puede ser:

- Alfabética.
- Numérica.
- Alfanumérica.
- Geográfica, cronológica, etc.

## **Ficheros y archivos**

Ficheros: Espacio físico donde se almacenan fichas, siendo la ficha un documento con contenido propio o de referencia.

Archivo: Espacio físico donde se almacena información con cualquier tipo de documento.

En el archivo también se pueden guardar fichas.

- Archivo activo o actual: Son en los que están los documentos que se manejan con frecuencia.
- Archivo pasivo o histórico: Son en los que están los documentos que nos se usan con frecuencia.

Al archivo histórico van los documentos que ya son historia.

En organismos oficiales por Ley no se pueden destruir documentos y una vez pasados 30 años una comisión de archiveros y bibliotecarios seleccionan los documentos a pasar al archivo histórico y cuales se eliminan.

## **29.4. REDACCIÓN DE DOCUMENTOS ADMINISTRATIVOS.**

No oficiales.

Oficiales:

- Instancias: Son documentos mediante los cuales se pide algo. Siempre que se presente una instancia es aconsejable llevar una fotocopia a la ventanilla para que la sellen.
- Acta: Es el documento mediante el cual se deja constancia de un "algo".
- Contrato: Es el documento entre dos o más personas mediante el cual se establecen obligaciones y compromisos mutuos.
- Notificación: Es una comunicación hacia una persona mediante la cual le trasladamos algún asunto de interés. La notificación no debe de ser nunca verbal.
- Autorización: Es un documento mediante el cual autorizamos a que se nos represente. Debe ser por escrito.
- Recurso ordinario y recurso de revisión: Es recurrir una decisión que se ha tomado y nos afecta negativamente.
- Certificación: Es un documento escrito mediante el cual se declara cierta una cosa.

## **LECCIÓN TRIGÉSIMA FORMULARIOS DE CONTROL.**

### **30.1. INTRODUCCIÓN.**

Control de gestión.

### **30.2. ÁREA TÉCNICA.**

Plan de obra.

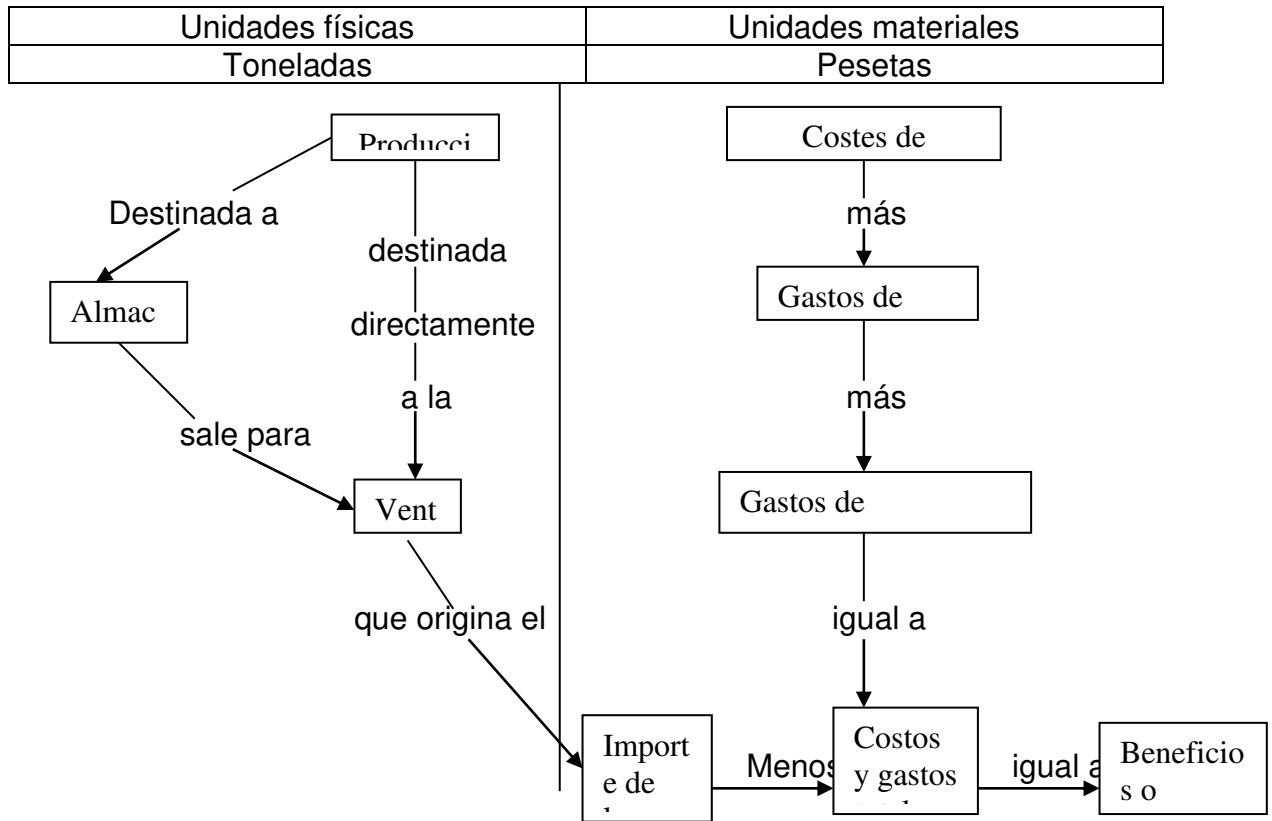
Planificación.

Impreso de mediciones y presupuestos.

Lista de materiales.

Movimiento y control de materiales.  
 Movimiento de materiales y maquinaria.  
 Control de mano de obra.

- Datos estadísticos necesarios para el control de gestión



**bernardo dieguez moran**  
[bernardodieguezmoran@hotmail.com](mailto:bernardodieguezmoran@hotmail.com)

## ORGANIZACIÓN

Aportado por: **Bernardo Dieguez Moran** -  
[bernardodieguezmoran@hotmail.com](mailto:bernardodieguezmoran@hotmail.com)