

Informe Técnico sobre:

**RIESGO Y SEGURO EN  
“LA CONSTRUCCIÓN DE  
INFRAESTRUCTURAS CIVILES”**



Ref.: **E- 189/199**

Madrid, Diciembre 2003

C/ Bárbara de Braganza, 14  
28004 MADRID  
Tel. 91 581 33 70 – Fax. 91 581 33 80

## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN Y AMBITO DEL ESTUDIO.....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>NATURALEZA Y CARACTERÍSTICAS GENERALES PRINCIPALES EN LAS OBRAS DE INFRAESTRUCTURAS CIVILES .....</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>PROCESO GENERAL DE UN PROYECTO .....</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>EL DOCUMENTO PROYECTO .....</b>	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>PROCEDIMIENTO ADMINISTRATIVO DE ADJUDICACIÓN.....</b>	<b>23</b>
<b>6</b>	<b>OPERACIONES BASICAS Y MATERIALES.....</b>	<b>35</b>
<b>7</b>	<b>OBRAS DE URBANIZACION.....</b>	<b>70</b>
<b>8</b>	<b>CARRETERAS .....</b>	<b>77</b>
<b>9</b>	<b>PUENTES Y VIADUCTOS.....</b>	<b>86</b>
<b>10</b>	<b>TUNELES.....</b>	<b>126</b>
<b>11</b>	<b>ASPECTOS GENERALES DE LA COBERTURA ESTÁNDAR DEL SEGURO TODO RIESGO DE CONSTRUCCIÓN .....</b>	<b>132</b>
<b>12</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>151</b>
	<b>ANEXO I.- PROCEDIMIENTO ACONSEJADO PARA LIMITAR LOS DAÑOS A TERCEROS Y LA RESPONSABILIDAD EN OBRAS INFRAESTRUCTURA CIVIL.....</b>	<b>155</b>
	<b>ANEXO II.- GUÍA BÁSICA DE SEGURIDAD EN OBRAS DE CONSTRUCCIÓN .....</b>	<b>158</b>
	<b>ANEXO III.- EJEMPLOS DE SINIESTROS TIPO .....</b>	<b>175</b>

---

## **1 INTRODUCCIÓN Y AMBITO DEL ESTUDIO.**

---

El presente documento se elabora con la intención de servir de herramienta práctica de consulta para los diferentes agentes técnicos implicados en el proceso de aseguramiento de las obras de construcción de infraestructuras civiles y, muy en especial, de todo el cuerpo de inspectores-suscriptores de las entidades de seguro directo que diariamente se enfrentan a la, nunca fácil, tarea de identificar, analizar, evaluar y controlar los riesgos inherentes a este tipo de obras.

La enorme diversidad de obras incluidas en el amplio concepto de “infraestructuras civiles” obliga a limitar el ámbito del estudio de manera que aquí se abordan aquellos tipos de obra que, incluidas dentro de la mencionada denominación genérica, creemos son más frecuentes en la cartera de seguros suscritos en el mercado nacional. Y excluyendo del mismo, aquellas obras que por su singularidad, o especial complejidad, entendemos deben ser objeto de estudios muy específicos, citamos a modo de ejemplo, los puertos, aeropuertos, presas, oleoductos...

El documento pretende exponer conceptos técnicos relevantes tanto del entorno jurídico-administrativo de la obra como a nivel de proyecto y de técnicas habituales de ejecución. Conceptos éstos que se intenta abordar evitando, en lo posible, la profusión de tecnicismos no necesarios y procurando al lector una exposición sencilla.

Antes de centrar el ámbito exacto que aborda este estudio, debemos advertir que el concepto de “infraestructura civil” es lo suficientemente amplio como para resultar, en ocasiones, ambiguo. De forma aproximada podemos definirla como un conjunto heterogéneo de elementos, de titularidad tanto pública como privada, realizados típicamente por empresas constructoras y cuyo objeto es prestar servicios distintos a la defensa nacional y a una pluralidad indeterminada de personas proporcionándoles una mejora en su calidad de vida o en las condiciones en que desarrollan actividades económicas.

Las infraestructuras civiles pueden clasificarse en tres categorías: infraestructuras primarias, secundarias y terciarias.

Las **infraestructuras primarias** agruparían todas aquellas destinadas al transporte y la comunicación entre núcleos de población y a la garantía de suministros básicos: caminos rurales y carreteras, vías férreas, puertos y aeropuertos, líneas telegráficas y telefónicas, líneas de transporte de energía, embalses y presas, canales, oleoductos y gaseoductos, etc.

Las **infraestructuras secundarias** serían aquellas que proporcionan servicios de primera necesidad a los habitantes de núcleos poblados: vías públicas, alumbrado, líneas de suministro de agua, gas, electricidad y telefonía, redes de saneamiento incluyendo líneas de recogida e instalaciones de depuración de aguas, red de transporte subterráneo y superficial, etc.

Por último, las **infraestructuras terciarias** serían las que suelen denominarse “dotacionales”, es decir las que proporcionan otros servicios de índole social: sanitarios, educativos, centros de tercera edad, instalaciones deportivas, servicios de orden público y protección contra incendios, etc.

En el desarrollo de este tipo de obras pueden ocurrir numerosos eventos que supongan una pérdida económica para las personas o entidades implicadas en su diseño y ejecución o un perjuicio para terceros, circunstancias que determinan la necesidad de su aseguramiento y por tanto la obligación derivada del contrato de seguro para las compañías aseguradoras de hacer frente a indemnizaciones que en ocasiones pueden alcanzar cuantías muy elevadas.



Detalles de la construcción de puentes sobre la bahía de San Francisco

Dicho todo lo anterior, y procurando un foco práctico centramos este estudio, además de en los elementos comunes a la mayoría de los proyectos de infraestructuras, en las características constructivas y los factores de riesgo asociados a las obras más frecuentes, y que a nuestro juicio son:

- Obras de urbanización
- Carreteras
- Puentes y viaductos
- Túneles

Una vez identificadas las obras objeto de análisis es necesario, además, limitar el universo de riesgos posibles de estudio asociados a las mismas. Para lo cual nos centraremos en aquellos que habitualmente son objeto de cobertura aseguradora.

Partiendo de la base de que el asegurado sea el contratista de la obra, dotado de un Programa de Seguros que pueda cubrir, o no, simultáneamente a los subcontratistas, la tipología de los siniestros normalmente amparados por el mencionado Programa puede resumirse en la siguiente clasificación atendiendo a la naturaleza del daño emergente:

1. **Daños propios:** son todos aquellos que representan una pérdida económica de cualquier índole para el contratista sin que existan perjuicios para terceros. Incluyendo daños materiales directos y pérdidas consecuenciales derivadas de los mismos.
2. **Daños a terceros:**
  - 2.1. Daños a las personas: se incluirían en este grupo los siniestros que afectan directamente a personas, sean estas empleados del contratista o ajenos.
  - 2.2. Daños a las cosas: siniestros que implican la destrucción total o parcial de propiedades de terceras personas físicas o jurídicas.

Puede considerarse que las causas de los siniestros indemnizables pueden agruparse en tres categorías:

#### **A) El caso fortuito y la fuerza mayor.**

En sentido estricto, el **caso fortuito** es aquella situación totalmente imprevisible mientras que la **fuerza mayor** puede preverse, pero sus efectos son inevitables. Este último caso es fácilmente comprensible y, de hecho, el artículo 144 de la ley de contratos del estado contempla la indemnización al contratista de obras públicas, siempre que no exista imprudencia por su parte, cuando se le produce un perjuicio por alguna de las siguientes causas:

- a) Los incendios causados por la electricidad atmosférica.
- b) Los fenómenos naturales de efectos catastróficos, como maremotos, terremotos, erupciones volcánicas, movimientos del terreno, temporales marítimos, inundaciones u otros semejantes.
- c) Los destrozos ocasionados violentamente en tiempo de guerra, robos tumultuosos o alteraciones graves del orden público.

Por el contrario, acotar el caso fortuito es una cuestión mucho más compleja y que normalmente queda a criterio de los tribunales, por lo que es un asunto de casuismo. A título meramente indicativo podemos señalar las siguientes características:

- Debe ser un evento totalmente azaroso que, aunque posible, no es una consecuencia propia e inevitable de la actividad desarrollada
- El comportamiento doloso debe estar totalmente ausente
- Debe haberse desplegado una actividad suficiente con objeto de evitar que se produjera el daño

El caso fortuito excluye la responsabilidad del asegurado, salvo disposición legal expresa, por lo que suele tener como consecuencia una obligación de la compañía aseguradora de indemnizar los daños producidos al propio asegurado y eventualmente a terceros.

Hay que resaltar que cuando los daños y perjuicios hayan sido ocasionados como consecuencia inmediata y directa de una orden de la Administración, será ésta responsable dentro de los límites señalados en las leyes. También será la Administración responsable de los daños que se causen a terceros como consecuencia de los vicios del proyecto elaborado por ella misma en el contrato de obras.

### **B) La negligencia**

La negligencia se puede definir como una actitud descuidada y poco diligente en aplicar las condiciones necesarias para que no se produzca el evento dañoso o directamente en su inobservancia. Cuando concurre en el asegurado implica la existencia de responsabilidad civil por su parte, con la correlativa obligación de indemnizar los daños provocados a terceros pero normalmente excluye la obligación por parte de la aseguradora de indemnizar los daños propios.

### **C) La culpa**

La culpa aparece cuando de forma consciente y deliberada se omiten las disposiciones tendentes a evitar la producción del daño o se realizan actos que previsiblemente van a provocarlo, pero sin un deseo expreso de producir perjuicios. Los efectos civiles de la culpa son iguales a los de la negligencia pero se diferencia de esta en que puede hacer que nazca responsabilidad penal.

### **D) El dolo**

El dolo se presenta cuando en la realización de un daño existe un comportamiento consciente y deliberado, tanto si este es el objetivo directamente perseguido (p.e. el asesinato) como si es una consecuencia (p.e. la pérdida económica que origina un robo).

Dada la amplitud de la materia, este trabajo se limita a la exposición y análisis de las obras de infraestructura básica compuestas por urbanizaciones y redes de transporte viario incluyendo túneles y puentes.

Es importante también, y de cara a la cobertura de **daños a terceros**, considerar lo siguiente; La responsabilidad puede ser **subjetiva**, cuando el daño se deriva de una omisión o de una acción efectivamente realizada por una persona, u **objetiva** cuando la mera realización de una actividad plenamente lícita implica el riesgo de que el daño pueda producirse. Tradicionalmente, la responsabilidad que traía consigo la obligación de indemnizar se consideraba que era exclusivamente la subjetiva cuando concurría en el causante del daño mientras que cuando recaía en el propio perjudicado excluía esa obligación. Hoy en día, en la jurisprudencia se ha abierto camino el principio de que la responsabilidad objetiva es, en ciertos casos, causa suficiente de la obligación de indemnizar con independencia de la existencia o no de responsabilidad subjetiva en el causante del daño y que, si concurre, se convierte únicamente en un elemento agravante. El ejemplo paradigmático es la indemnización al peatón atropellado en un accidente de tráfico con independencia de que este estuviera cruzando por un lugar indebido.

Así pues, y después de establecer el ámbito de los riesgos objeto de análisis (aquellos habitualmente objeto de cobertura en los programas estándar de seguros) centraremos nuestro estudio en el producto de **Seguro Todo Riesgo de Construcción**, incluyendo la cobertura de **Daños Materiales Directos**, y las extensiones que dentro del mismo se ofrece para la cobertura de **Responsabilidad Civil Extracontractual**, cobertura de **Mantenimiento ó Conservación** y cobertura de **Pérdida Anticipada de Beneficios**.



Puente colgante

---

## **2 NATURALEZA Y CARACTERÍSTICAS GENERALES PRINCIPALES EN LAS OBRAS DE INFRAESTRUCTURAS CIVILES**

---

Definir en pocas líneas las características de una obra de infraestructura nos obliga, lógicamente, a centrarnos en las características generales o más habitualmente comunes al universo de diferentes tipologías constructivas amparadas bajo la denominación de “infraestructuras”, dejando para descripciones especializadas las propias de cada tipo específico de construcción.

Características comunes y relevantes en la mayoría de este tipo de obras son la consideración de que los trabajos que se realizan configuran un entorno cambiante, que se desarrolla en localizaciones abiertas de alta exposición a los agentes ambientales (viento, lluvia, nieve...), condicionantes orográficos como desniveles y accesos, con participación de numerosos intervinientes (con posibilidad de interaccionar favorable y desfavorablemente entre ellos), con ejecución de trabajos complejos y utilización de maquinaria pesada o singular y que, de manera general y obligada, precisan una exhaustiva planificación y un riguroso control de gestión y grado de cumplimiento de hitos y objetivos.

Los proyectos relativos a infraestructuras civiles suelen afectar a lo que se denomina genéricamente “interés público” cuando no caen directamente en el ámbito del dominio público. Por esta razón son proyectos en los que la intervención y el control de las distintas administraciones públicas se muestra en toda su extensión.

Como comentábamos, son proyectos que en su ejecución emplean gran cantidad de equipo y maquinaria pesada, que por sus características es de muy alto coste, baja maniobrabilidad y requiere una conducción especializada y cuidadosa. Los siniestros asociados a este tipo de maquinaria son asimilables a accidentes con vehículos de motor, principalmente colisiones con elementos de la obra o con otra maquinaria, vuelcos, atropellos y averías mecánicas, pero los resultados son más graves.

- La elevada masa hace que posea una inercia y una cantidad de movimiento (producto de masa por velocidad) muy altas por lo que las colisiones con los elementos de la obra o con otra maquinaria, pese a ser a baja velocidad, provocan daños de mucha extensión que pueden producir adicionalmente hundimientos o movimientos de tierras con derrumbe de paredes o terraplenes.
- Su empleo o traslado por vías abiertas con tráfico rodado, unido a la poca capacidad de maniobra, puede originar colisiones con otros vehículos particulares con resultados graves.
- En los atropellos se producen lesiones muy graves debido al peso y a la elevada cantidad de movimiento.
- La falta de capacitación o los descuidos del personal de mantenimiento puede producir mala colocación de recambios o daños directos, de elevado coste por el alto precio de componentes o de la propia máquina.
- La conducción por terrenos poco cohesivos puede producir atascos o incluso vuelcos con aplastamiento de personas (conductor, operarios) o destrucción de bienes, sin contar con la necesidad de maquinaria especializada para su retirada y los retrasos que conlleva.
- Conviene recordar que el estado de todo equipo de trabajo que entre en la obra debe ser comprobado por personal competente documentando los resultados en el archivo documental de la obra a disposición de la autoridad constando las características, utilización y mantenimiento de los mismos.

En general las obras civiles ocupan una gran extensión superficial. Piénsese por ejemplo en una obra de urbanización de un polígono de varios kilómetros cuadrados de superficie.

Esa extensión tiene efectos agravantes en el riesgo de siniestro.

- La naturaleza del terreno puede variar enormemente de una zona a otra en diversos aspectos: tipo de suelo, cohesión, profundidad de la capa freática, etc. Por esta razón, el agente de seguros debe verificar que el estudio geotécnico tiene un contenido adecuado, tanto en número de muestras como en los análisis y pruebas de laboratorio realizadas. Las carencias del estudio geotécnico pueden conducir a situaciones no deseables como por ejemplo la falta de adecuación de las tierras extraídas para su empleo en la propia obra, que los suelos resulten no aptos para el sostenimiento de la obra, aparición de estratos rocosos que exijan voladuras controladas, inundación de excavaciones etc.
- Estas circunstancias determinan siempre una pérdida económica indirecta para el contratista o incluso, eventualmente, directa. Las operaciones técnicas para solventar el problema (aportes de material externo, operaciones de consolidación de suelos, voladuras), al no estar incluidas en el proyecto original, dan lugar a la correspondiente ampliación y son remuneradas aparte, pero originan indefectiblemente retrasos en la ejecución de la obra. Por otro lado, se corre el riesgo de que se produzcan daños directos debidos a corrimientos de tierras, inundaciones o pérdida de estabilidad que afecten a encofrados o maquinaria, con derrumbe de estructuras o vuelcos.
- Dificulta el acceso de los trabajadores a los tajos concretos desde las zonas designadas para el estacionamiento de vehículos particulares y vestuarios, o desde los tajos a los servicios de cantinas e instalaciones higiénicas. Como consecuencia, los trabajadores tienden a estacionar en zonas urbanas próximas a sus puestos de trabajo y se desplazan a pié cruzando la obra agravando los riesgos de atropello y de caídas en zanjas o pozos.
- Existe la posibilidad de penetración de personal ajeno a la obra, especialmente cuando esta representa por su extensión un obstáculo para el acceso de las personas a los medios de transporte colectivos. En tales casos las probabilidades de que se produzcan accidentes como los reseñados anteriormente se elevan y debería preverse la zonificación de la obra y, cuando sea posible, la realización de pasos públicos.

- Se dificulta también la vigilancia en general y particularmente la de los acopios de materiales, que tienden a situarse en las proximidades de los tajos. Esto facilita la realización de robos o de actos vandálicos. Deben preverse entonces medidas adicionales de protección de los materiales.

La realización de las grandes infraestructuras ó la mejora de las ya existentes se inicia mucho antes de que las máquinas comiencen a trabajar en el terreno. Antes de que esto ocurra se desarrolla un laborioso proceso que comienza cuando se considera que existe una necesidad por cubrir. Después será necesario estudiar las diferentes alternativas posibles, el coste económico y las repercusiones medioambientales y sociales de la obra. Finalmente se tomará la decisión de realizar la alternativa más adecuada. Este proceso podrá durar meses e incluso años.

---

### **3 PROCESO GENERAL DE UN PROYECTO**

---

Podemos definir Proyecto de Construcción de una infraestructura cómo el conjunto de acciones no repetitivas, únicas, de duración determinada y formalmente organizadas, que utilizan RECURSOS (personas, empresas, máquinas, herramientas, materiales o dinero) necesarios para la consecución de ese objetivo material.

Dado que el PROYECTO es el punto obligado de inicio de cualquier obra de infraestructuras, a efectos de valorar su calidad es muy importante el establecimiento, no sólo de las características técnico-económicas del propio proyecto sino, también, la aplicación de métodos adecuados de gestión de proyectos. Siendo la gestión de proyectos la rama de la ciencia de la administración que trata de la planificación **y el control de proyectos.**

- PLANIFICACIÓN: Planear la ejecución de un proyecto antes de su inicio.
- CONTROL Y SEGUIMIENTO: Medir el progreso del proyecto.

*"La planificación consiste en determinar **qué** se debe hacer **cómo** debe hacerse, **quién** es el responsable de que se haga y **por qué**."*

American Management Association

---

## 4 EL DOCUMENTO PROYECTO

---

### 4.1 CONTENIDO DEL PROYECTO

Los proyectos de obras deberán comprender, al menos:

- a) Una memoria en la que se describa el objeto de las obras, que recogerá los antecedentes y situación previa a las mismas, las necesidades a satisfacer y la justificación de la solución adoptada, detallándose los factores de todo orden que haya que tener en cuenta.
- b) Los planos de conjunto y de detalle necesarios para que la obra quede perfectamente definida, así como los que delimiten la ocupación de terrenos y la restitución de servidumbres y demás derechos reales, en su caso, y servicios afectados por su ejecución.
- c) El pliego de prescripciones técnicas particulares donde se hará la descripción de las obras y se regulará su ejecución, con expresión de la forma en que ésta se llevará a cabo, de la medición de las unidades ejecutadas y el control de calidad y de las obligaciones de orden técnico que correspondan al contratista.
- d) Un presupuesto, integrado o no por varios parciales, con expresión de los precios unitarios y de los descompuestos, en su caso, estado de mediciones y los detalles precisos para su valoración.
- e) Un programa de desarrollo de los trabajos o plan de obra de carácter indicativo, con previsión, en su caso, del tiempo y coste.
- f) Las referencias de todo tipo en que se fundamentará el replanteo de la obra.
- g) Cuanta documentación venga prevista en normas de carácter legal o reglamentario.
- h) El estudio de seguridad y salud o, en su caso, el estudio básico de seguridad y salud, en los términos previstos en las normas de seguridad y salud en las obras.

En ciertos casos, se puede simplificar, refundir o incluso suprimir alguno o algunos de los documentos anteriores, en la forma que reglamentariamente se determine, siempre que la documentación resultante sea suficiente para definir, valorar y ejecutar las obras que comprende.

Salvo cuando resulte incompatible con la naturaleza de la obra, el proyecto deberá incluir un estudio geotécnico de los terrenos sobre los que la obra se va a ejecutar.

#### **4.1.1 Estudio geotécnico**

Como información previa a la realización del estudio geotécnico, y parte integrante del mismo, se deben conocer todos aquellos datos que puedan condicionar sus características, solicitaciones e influencias. En particular, y sin ánimo exhaustivo, podemos mencionar el perfil del terreno, la existencia de vertidos, canalizaciones y servicios enterrados, la existencia de posibles fallas, terrenos expansivos, terrenos agresivos, existencia y ubicación de rellenos, pozos, galerías, depósitos enterrados, etc.

El estudio geotécnico tiene por finalidad definir la naturaleza de los materiales a excavar, modo de excavación y utilización de los mismos, los taludes a adoptar en los desmontes de la explanación, la capacidad portante del terreno para soportar los rellenos, la forma de realizarlos, sus taludes, los asentamientos que puedan producirse y el tiempo necesario para que se produzcan, los coeficientes de seguridad adoptados, las medidas a tomar para incrementarlos, caso de no ser aceptables, y las medidas a tomar para disminuir los asentamientos y/o acelerarlos.

Suele comprender las siguientes fases:

- Establecimiento de la campaña geotécnica a realizar.
- Realización de las prospecciones de campo y toma de muestras.
- Realización de los ensayos de laboratorio.
- Preparación de la documentación.
- Redacción del informe (con un apartado de conclusiones y recomendaciones).

Cuando las obras tengan una considerable extensión, como es caso que nos ocupa, el asegurador debe comprobar que en el estudio geotécnico se ha tomado un número adecuado de muestras proporcionado a la extensión del territorio y además deben preverse tomas de muestras adicionales a medida que la obra avanza con objeto de detectar alteraciones en las condiciones del suelo, aparición de estratos diferentes a los previstos, alteraciones en el nivel de la capa freática, etc.

En el caso de que las obras tengan elementos singulares de gran importancia, como por ejemplo puentes, debe comprobarse que el estudio geotécnico contempla específica y exhaustivamente los puntos en los que van a situarse elementos sensibles de la propia estructura (apoyos, cimientos, contrafuertes, etc.) o de elementos auxiliares (p.e. cimbrados) con objeto de evitar en lo posible el riesgo de que se produzcan corrimientos de tierras o asentamientos diferenciales durante la ejecución.

Huelga decir que el estudio geotécnico debe ser realizado por personal técnico cualificado de acuerdo con la normativa.

#### **4.1.2 Proyecto de salud y seguridad**

La prevención de riesgos laborales es una materia que en la actualidad se considera de gran importancia. De hecho, la ley 1/1995 sobre esta materia tiene carácter básico, lo que no solo implica su obligatoriedad absoluta como disposición de mínimos sino también la de las disposiciones de desarrollo de rango inferior (reales decretos, órdenes ministeriales, etc.). Esta ley está orientada principalmente hacia los centros permanentes de trabajo obligando a que exista un estudio de riesgos potenciales y a la adopción de las medidas preventivas y correctoras que sean oportunas. La naturaleza de las obras de infraestructura las convierten en centros de trabajo provisionales lo que obliga a la adopción de estas medidas y si la inspección de trabajo comprueba que la inobservancia de la normativa sobre prevención de riesgos laborales implica, a su juicio, un riesgo grave e inminente para la seguridad y la salud de los trabajadores podrá ordenar la paralización inmediata de los trabajos.

Debe tenerse en cuenta que, salvando casos excepcionales comentados en prensa, la jurisprudencia se orienta en el sentido de admitir lo que se denomina **responsabilidad objetiva**. La protección del trabajador frente a los accidentes es absoluta y el contratista tiene una responsabilidad por el mero hecho de ejercer una actividad que conlleva la posibilidad de que los accidentes ocurran, con independencia de la obligación de adoptar todas las precauciones necesarias. La ausencia de prevención se convierte entonces en un factor agravante de la responsabilidad en lugar de ser el factor determinante.

En el caso de obras de construcción, la regulación se encuentra contenida en el RD 1627/1997 de disposiciones mínimas en esta materia. Distingue el decreto entre estudio básico y estudio de seguridad y salud y las previsiones que contienen se desarrollan posteriormente por el contratista en el plan de seguridad y salud.

El **estudio de seguridad y salud** deberá realizarse en los siguientes supuestos:

- cuando el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 450.759 € (75 millones de las antiguas pesetas).
- cuando la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- cuando el volumen de mano de obra estimada, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, sea superior a 500.
- en las obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.

Contendrá, como mínimo, los siguientes documentos:

1. Memoria descriptiva
2. Pliego de condiciones particulares
3. Planos
4. Mediciones de todas aquellas unidades o elementos de seguridad y salud en el trabajo que hayan sido definidos o proyectados.
5. Presupuesto

La **memoria** describirá 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 y valorando su eficacia, en especial cuando se propongan 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 realice 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, así como 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 siguientes apartados, así como sus correspondientes medidas específicas.

- 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.
- 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.
- Trabajos en la proximidad de líneas eléctricas de alta tensión.
- Trabajos que expongan a riesgo de ahogamiento por inmersión.
- Obras de excavación de túneles, pozos y otros trabajos que supongan movimientos de tierra subterráneos.
- Trabajos realizados en inmersión con equipo subacuático.
- Trabajos realizados en cajones de aire comprimido.
- Trabajos que impliquen el uso de explosivos.
- Trabajos que requieran montar o desmontar elementos prefabricados pesados.

En el **pliego de condiciones particulares** se tendrán en cuenta las normas legales y reglamentarias aplicables a las especificaciones técnicas propias de la obra de que se trate, así como las prescripciones que se habrán de cumplir en relación con las características, la utilización y la conservación de las máquinas, útiles, herramientas, sistemas y equipos preventivos.

En los **planos** 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.

El 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. El presupuesto del estudio de seguridad y salud deberá ir incorporado al presupuesto general de la obra como un capítulo más del mismo y no incluirá los costes exigidos por la correcta ejecución profesional de los trabajos, conforme a las normas reglamentarias en vigor y los criterios técnicos generalmente admitidos, emanados de organismos especializados.

El **estudio básico**, debe realizarse siempre que no se den las condiciones descritas anteriormente y 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 apartados anteriores.

Tanto en el estudio como en el estudio básico 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.

Cada contratista elaborará un **plan de seguridad y salud** en el trabajo, específico para cada obra, en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las 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 podrán implicar disminución ni del importe total ni de los niveles de protección previstos en el estudio o estudio básico.

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 el 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, sus funciones serán asumidas por la dirección facultativa.

#### **4.1.3 Estudio de impacto medioambiental**

El estudio de impacto medioambiental es una de las partes más complejas del proyecto de obras de infraestructura. La dificultad no estriba tanto en su necesidad en establecer su contenido, en tanto que es en esta materia donde se muestra, en ocasiones, el bajo nivel de coordinación de las distintas administraciones públicas, especialmente cuando la obra ha de discurrir por más de una comunidad autónoma.

El artículo 149 de la Constitución establece como competencia estatal la legislación básica sobre protección del medio ambiente, sin perjuicio de las facultades de las Comunidades Autónomas de establecer normas adicionales de protección. La reglamentación básica referente a este apartado se encuentra en el Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental y en el Real Decreto 1131/1988.

Los proyectos que, según el artículo 1 del Real Decreto legislativo, y que incluye las obras de infraestructura, hayan de someterse a evaluación de impacto ambiental deberán incluir un estudio de impacto ambiental que contendrá, al menos, los siguientes datos:

- Descripción general del proyecto y exigencias previsibles en el tiempo, en relación con la utilización del suelo y de otros recursos naturales. Estimación de los tipos y cantidades de residuos vertidos y emisiones de materia o energía resultantes.
- Una exposición de las principales alternativas estudiadas y una justificación de las principales razones de la solución adoptada, teniendo en cuenta los efectos ambientales.
- Evaluación de los efectos previsibles directos o indirectos del proyecto sobre la población, la fauna, la flora, el suelo, el aire, el agua, los factores climáticos, el paisaje y los bienes materiales, incluido el patrimonio histórico artístico y el arqueológico.
- Medidas previstas para reducir, eliminar o compensar los efectos ambientales significativos.
- Programa de vigilancia ambiental.
- Resumen del estudio y conclusiones en términos fácilmente comprensibles. Informe, en su caso, de las dificultades informativas o técnicas encontradas en la elaboración del mismo.

La descripción del proyecto y sus acciones incluirá:

- Localización.
- Relación de todas las acciones inherentes a la actuación de que se trate, susceptibles de producir un impacto sobre el medio ambiente, mediante un examen detallado tanto de la fase de su realización como de su funcionamiento.
- Descripción de los materiales a utilizar, suelo a ocupar, y otros recursos naturales cuya eliminación o afectación se considere necesaria para la ejecución del proyecto.

- Descripción, en su caso, de los tipos, cantidades y composición de los residuos, vertidos, emisiones o cualquier otro elemento derivado de la actuación, tanto sean de tipo temporal durante la realización de la obra, o permanentes cuando ya este realizada y en operación, en especial, ruidos, vibraciones, olores, emisiones luminosas, emisiones de partículas, etc.
- Un examen de las distintas alternativas técnicamente viables, y una justificación de la solución propuesta.
- Una descripción de las exigencias previsibles en el tiempo, en orden a la utilización del suelo y otros recursos naturales, para cada alternativa examinada.

El inventario ambiental y descripción de las interacciones ecológicas y ambientales claves comprenderá:

1. Estudio del estado del lugar y de sus condiciones ambientales antes de la realización de las obras, así como de los tipos existentes de ocupación del suelo y aprovechamientos de otros recursos naturales, teniendo en cuenta las actividades preexistentes.
2. Identificación, censo, inventario, cuantificación y, en su caso, cartografía, de todos los aspectos ambientales definidos en el artículo 6, que puedan ser afectados por la actuación proyectada.
3. Descripción de las interacciones ecológicas claves y su justificación.
4. Delimitación y descripción cartografiada del territorio o cuenca espacial afectada por el proyecto para cada uno de los aspectos ambientales definidos.
5. Estudio comparativo de la situación ambiental actual y futura, con y sin la actuación derivada del proyecto objeto de la evaluación, para cada alternativa examinada.

Las descripciones y estudios anteriores se harán de forma sucinta en la medida en que fueran precisas para la comprensión de los posibles efectos del proyecto sobre el medio ambiente.

#### 4.1.4 Disposiciones relativas al control de calidad en obra

El control de calidad en las obras se define en los pliegos de condiciones técnicas que deben ser parte integrante de todo proyecto. Se divide en dos partes: control de recepción de materiales y control de ejecución de unidades de obra.

Es una disposición normal que la realización efectiva del control sea realizada por laboratorios o instituciones de carácter independiente, oficiales o particulares siempre que estén debidamente acreditadas mediante certificación expedida por organismos competentes.

El pliego debe definir, para cada uno de los materiales o unidades de obra, la unidad de inspección (volumen de obra o número de unidades que constituyen la base para el muestreo), el número de muestras que hay que tomar, los ensayos que hay que realizar y las acciones en caso de rechazo (toma de más muestras, refacción, etc). Es frecuente que estos aspectos se establezcan por referencia a determinadas disposiciones: legal (EHE, MV), normas UNE, Military Standard, NTE, etc.

La normativa suele aceptar tres niveles de control: intenso, normal y reducido. Partiendo de las especificaciones de control normal se establecen reducciones o intensificaciones en función de factores tales como la certificación de los suministradores, el nivel de vigilancia por parte de la dirección facultativa, el rechazo o aceptación anteriores de lotes de material, etc.



Operaciones de control de calidad en hormigón

Resulta conveniente que el pliego de prescripciones técnicas particulares contenga expresamente las disposiciones de muestreo, los ensayos que hay que realizar y las tolerancias admitidas y no solo la referencia a la disposición aplicable. Hay que señalar que, de acuerdo con la instrucción de hormigón armado EHE, el nivel de control debe figurar, además, en los planos.

---

## **5 PROCEDIMIENTO ADMINISTRATIVO DE ADJUDICACIÓN**

---

A los efectos de identificación de posibles factores de riesgo, y dadas las especiales características de las obras de infraestructura, es de suma importancia conocer tanto la naturaleza y funciones de los diferentes agentes implicados en todo el proceso constructivo, como el procedimiento administrativo estándar que se viene siguiendo para la promoción y adjudicación de este tipo de obras.

### **5.1 AGENTES IMPLICADOS. INTERVENCIÓN DE LAS ADMINISTRACIONES PÚBLICAS**

#### **5.1.1 Agentes implicados**

Los agentes implicados en un proyecto de obra civil son: promotor, proyectista, contratista, dirección facultativa y administración pública.

El **promotor** en general es una persona física o jurídica, pública o privada, que interesa la realización de una obra aportando los recursos económicos para su realización y que percibirá los beneficios de la misma.

El **proyectista** es, en sentido amplio, una persona física o jurídica con capacidad y habilidad técnica, que elabora por cuenta del promotor el documento denominado proyecto que contiene las instrucciones precisas para la realización de la obra así como el presupuesto de ejecución. En sentido jurídico estricto, es una persona física con la titulación técnica precisa en arquitectura o ingeniería y dado de alta en el correspondiente colegio profesional, que con su firma se hace personalmente responsable de la adecuación del proyecto. Nuestro ordenamiento no admite que esta responsabilidad sea asumida por una persona jurídica puesto que no se reconoce que este tipo de personalidades sean capaces de ciertos actos, en particular de los delitos ya sean atribuibles a la imprudencia o al dolo. En el caso de que el proyectista firmante lo haga por cuenta de una persona jurídica se hace constar tal circunstancia, en cuyo caso la posible responsabilidad civil será asumida solidaria o subsidiariamente por esta. La responsabilidad del proyectista se encuentra cubierta normalmente por pólizas propias de responsabilidad civil, generales o específicas en función de la entidad de la obra y del daño previsible.

El **contratista** es una persona física o jurídica, a la que no se le exige una habilitación profesional específica, que se compromete con el promotor a cambio de un precio y en unas condiciones previamente pactadas a ejecutar la obra, en su totalidad o la parte designada, aportando y ordenando los medios precisos para ello. La relación jurídica entre contratista y promotor es la denominada “contrato de obra” y puede facultar para que a su vez el contratista ceda parte de la ejecución a un tercero, que se denomina **subcontratista**, aunque en general la subcontratación no crea ningún vínculo jurídico con el promotor.

La **dirección facultativa** tiene un doble sentido. Por un lado se refiere al acto de supervisión y dirección técnica de la obra; por otro se refiere a una o varias personas físicas con la titulación técnica y la habilitación profesional adecuada para llevar a cabo tal supervisión. El carácter necesariamente personal se debe a las mismas circunstancias señaladas para el proyectista.

El **coordinador o responsable en materia de seguridad y salud** durante la elaboración del proyecto de obra es el técnico competente designado por el promotor para coordinar durante la fase del proyecto de la obra la aplicación de los principios de la acción preventiva al tomar decisiones constructivas, técnicas y de organización con el fin de planificar los distintos trabajos o fases de trabajo que se desarrollarán simultánea o sucesivamente de manera segura. Durante la ejecución de la obra se integra en la dirección facultativa.

Las figuras de los coordinadores de seguridad tanto de la fase de proyecto como de la fase de ejecución de los trabajos, se hacen necesarias siempre que participen varios proyectistas (estructuras, instalaciones, etc.) y varias empresas de construcción (contratistas, subcontratistas, etc.) respectivamente. En caso de un solo proyectista o una sola empresa ejecutando los trabajos desaparece la necesidad de coordinación, con lo que la responsabilidad de la seguridad podrá recaer sobre el proyectista o la dirección facultativa de las obras en cada fase (proyecto y ejecución).

Tanto el responsable en materia de seguridad durante la fase del proyecto como el responsable de seguridad durante la fase de construcción son figuras clave para garantizar unas adecuadas condiciones de seguridad durante toda la obra, estableciendo en fase de proyecto un estudio de seguridad y salud de la obra y haciendo cumplir posteriormente durante la fase de ejecución de la obra las medidas de seguridad establecidas. No obstante la designación de dichos responsables, no exime al promotor de su responsabilidad en materia de seguridad, dado que es como consecuencia de la voluntad del promotor, como se consiguen los niveles de seguridad requeridos al proveer de autoridad al coordinador de seguridad sobre los contratistas y subcontratistas implicados.

Por otro lado los contratistas y subcontratistas deben efectuar planes de seguridad específicos mediante los cuales se establecerán las medidas de seguridad que efectivamente se llevarán a cabo respetando los criterios mínimos establecidos en los estudios de seguridad. Estos serán responsables de la ejecución correcta de las medidas preventivas fijadas en el plan de seguridad que será aprobado por el responsable de seguridad de la obra (coordinador designado o dirección facultativa), en lo relativo a las obligaciones que les correspondan a ellos directamente o en su caso a los trabajadores autónomos por ellos contratados. Los contratistas y subcontratistas serán responsables solidarios de las consecuencias del incumplimiento de las medidas preventivas previstas en el plan. Por tanto las responsabilidades de los coordinadores de la dirección facultativa y del promotor no eximirán de sus responsabilidades a contratistas y subcontratistas.

La **administración pública** hace referencia a cualquiera de los niveles administrativos que pueden estar presentes, directa o indirectamente, en el desarrollo de una obra de infraestructura civil de acuerdo con sus respectivos ámbitos de competencia: estatal, autonómico, provincial y local. En general, las administraciones de carácter no territorial, que son instituciones dependientes orgánicamente de una administración con base territorial pero con independencia funcional y cuyos fines son de marcado carácter técnico, no aparecen implicadas en este tipo de proyectos aunque sí cuando su finalidad se relaciona directamente con la obra civil como es el caso del Instituto de la Vivienda de Madrid (IVIMA) o, en el ámbito rural, el antiguo Instituto de Reforma y Desarrollo Agrario (IRYDA).

Eventualmente, pueden aparecer a lo largo del proceso terceras personas que resulten determinantes en la buena marcha de las obras. Es el caso de los **interesados** en el sentido administrativo del término. De acuerdo con la Ley de procedimiento administrativo, ostentan la condición de interesado en un expediente todas aquellas personas, físicas o jurídicas, cuyos bienes o derechos puedan verse afectados por la resolución que recaiga o que, simplemente, ostenten un interés directo en el tema. A título de ejemplo, pertenecen a esta categoría todas aquellas personas cuyos bienes han de ser expropiados con motivo de la obra o también organizaciones debidamente registradas que representen intereses difusos, como los grupos ecologistas.

### 5.1.2 Intervención de las Administraciones Públicas

Las distintas administraciones públicas intervienen de muy diversas maneras en el proceso de realización de obras de infraestructura, en muchos casos como agente en alguna de las formas vistas anteriormente y en todos los casos como supervisor de la obra dado el marcado carácter de obra pública que tienen estas infraestructuras.

En primer lugar, la naturaleza tendencialmente pública de las infraestructuras hace que las administraciones aparezcan como **promotor**. En tal caso resulta frecuente la contratación, en las condiciones que se comentarán en el apartado de los contratos públicos, tanto de la realización del proyecto como de la ejecución de las obras firmando el primero un técnico de la administración, llevando eventualmente la dirección de obras y en todo caso inspeccionando las obras a efectos de emisión de certificaciones y recepción provisional y definitiva.

Otra forma de intervención de las administraciones públicas es como **concedente** de la obra pública. Recientemente se ha introducido en la Ley de Contratos del Estado la figura de la **concesión de obra pública** aunque ya venía siendo practicada por los ayuntamientos para la realización de aparcamientos de residentes. Esta es una figura mixta entre el contrato de ejecución de obras y la concesión de servicios públicos por la cual, cuando la obra sea susceptible de explotación económica, el contratista adquiere simultáneamente la condición de **concesionario público**. La realización es totalmente por su cuenta y riesgo y percibe un precio cuando es utilizada, ya sea abonado totalmente por parte de los particulares o en parte por estos y en parte por la administración concedente en función de la utilización (peaje en la sombra). En esta figura, la actuación administrativa no se agota en la concesión sino que a la hora de la ejecución, si se necesitara la expropiación de bienes o derechos, actúa como expropiante siendo el concesionario la entidad beneficiaria.

En ciertas ocasiones una administración puede actuar como **impulsora y coadyuvante** de la actividad privada. El ejemplo paradigmático es el proyecto de urbanización de terrenos en el que el promotor una **junta de compensación** que es un órgano privado de representación de los propietarios de los terrenos que van a ser urbanizados, que adquiere interinamente la propiedad, y que además tiene encomendado el reparto de las parcelas resultantes. La administración, en este caso un ayuntamiento, puede proceder a petición de la junta a la expropiación forzosa de los terrenos afectados por el proyecto y cuyos propietarios se nieguen a integrarse en ella.

## 5.2 PROCEDIMIENTO ADMINISTRATIVO

En nuestro ordenamiento jurídico cualquier acto administrativo, entendido como una manifestación de voluntad emitida por un órgano perteneciente a una cualquiera de las administraciones públicas y que crea obligaciones o derechos en los administrados, es susceptible de control por parte de la jurisdicción contencioso-administrativa. Además, la falta de un procedimiento adecuado, cuando constituye una actuación por vía de hecho, es recurrible ante la jurisdicción civil.

El asegurador, a la hora de contratar una póliza que cubra la realización de obras civiles, deberá comprobar que el desarrollo del procedimiento presenta una “apariencia de buen derecho”, es decir que aparentemente se ha respetado el procedimiento correspondiente en todos sus aspectos puesto que en caso contrario se corre el riesgo de que la ejecución de la obra adjudicada mediante un contrato administrativo sea paralizada cautelarmente por un tribunal.

El presente apartado es aplicable únicamente a aquellos proyectos en los que una administración pública tiene una intervención directa como promotor o cedente de una obra pública y no solo controlando de modo ordinario los trabajos, ya sea mediante el otorgamiento de las licencias de obra oportunas o en el ejercicio de sus competencias de inspección laboral o de cualquier otra índole.

### **5.2.1 Actuaciones previas**

La adjudicación de un contrato de obras requerirá la previa elaboración, supervisión, en su caso, aprobación y replanteo del correspondiente proyecto, con los documentos descritos en el apartado siguiente, que definirá con precisión el objeto del contrato. En el supuesto de adjudicación conjunta de proyecto y obra, la ejecución de ésta quedará condicionada a la supervisión, aprobación y replanteo del proyecto por la Administración.

Aprobado el proyecto, y previamente a la tramitación del expediente de contratación de la obra, se procederá a efectuar el replanteo del mismo, el cual consistirá en comprobar la realidad geométrica de la misma y la disponibilidad de los terrenos precisos para su normal ejecución, que será requisito indispensable para la adjudicación en todos los procedimientos. Asimismo, se deberán comprobar cuantos supuestos figuren en el proyecto elaborado y sean básicos para el contrato. En la tramitación de los expedientes de contratación referentes a obras de infraestructuras hidráulicas, de transporte y de carreteras, se dispensará del requisito previo de disponibilidad de los terrenos, si bien la ocupación efectiva de aquéllos deberá ir precedida de la formalización del acta de ocupación.

En los casos de cesión de terrenos o locales por Entidades públicas, será suficiente para acreditar la disponibilidad de los terrenos la aportación de los acuerdos de cesión y aceptación por los órganos competentes.

Una vez realizado el replanteo se incorporará el proyecto al expediente de contratación.

### **5.2.2 Procedimiento de adjudicación**

A los efectos de la realización de obras de infraestructura civil, el procedimiento de adjudicación se rige por el texto refundido de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, aprobado por Real Decreto Legislativo 2/2000 y sus modificaciones posteriores, y en lo no expresamente previsto en ella, por la ley 30/1992 de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y Procedimiento Administrativo Común. Las expropiaciones se rigen por la Ley de Expropiación Forzosa de 1953.

Los procedimientos pueden recibir tres clases de tramitación: ordinaria, urgente y de emergencia. El procedimiento **urgente** permite un acortamiento de los plazos de publicación, oferta, calificación y adjudicación así como obliga al contratista a comenzar la obra en el plazo de dos meses. Cuando la Administración tenga que actuar de manera inmediata a causa de acontecimientos catastróficos, de situaciones que supongan grave peligro o de necesidades que afecten a la defensa nacional se procederá de acuerdo con la **tramitación de emergencia** en la que los órganos de contratación podrán ordenar la ejecución de lo necesario para remediar el acontecimiento producido, satisfacer la necesidad sobrevenida o contratar libremente su objeto, en todo o en parte, sin sujetarse a los requisitos formales.

La adjudicación de los contratos podrá llevarse a cabo por procedimiento abierto, restringido o negociado. En el **procedimiento abierto** todo empresario interesado podrá presentar una proposición. En el **procedimiento restringido** sólo podrán presentar proposiciones aquellos empresarios seleccionados expresamente por la Administración, previa solicitud de los mismos. En el **procedimiento negociado** el contrato será adjudicado al empresario justificadamente elegido por la Administración, previa consulta y negociación de los términos del contrato con uno o varios empresarios.

Tanto en el procedimiento abierto como en el restringido la adjudicación podrá efectuarse por subasta o por concurso. La **subasta** versará sobre un tipo expresado en dinero, con adjudicación al licitador que, sin exceder de aquel, oferte el precio más bajo. En el **concurso** la adjudicación recaerá en el licitador que, en su conjunto, haga la proposición más ventajosa, teniendo en cuenta los criterios que se hayan establecido en los pliegos y sin atender exclusivamente al precio de la oferta aunque la Administración podrá declararlo desierto.

Los órganos de contratación utilizan normalmente la subasta y el concurso como formas de adjudicación. El procedimiento negociado sólo procederá en ciertos los casos definidos para cada clase de contrato.

En principio, la adjudicación de una obra no es un tema que pueda ser objeto de sospecha por parte del asegurador. De cualquier forma resulta interesante la inspección cuidadosa de la oferta presentada por el contratista cuando el procedimiento se tramita por el sistema de subasta. El interés por la adjudicación puede llevar a realizar una rebaja excesiva sobre el tipo inicial de la obra, lo que se traduciría en un recorte de los beneficios o incluso en que la realización de la obra resulte antieconómica. Como consecuencia, cabe que el contratista en la ejecución de los trabajos contrate con empresas de poca solvencia determinados trabajos a bajo precio, reduzca las exigencias de calidad de los materiales o emplee mano de obra barata y poco cualificada.

### 5.2.3 Expropiación forzosa

Las obras de infraestructura, dada su extensión, suelen afectar a gran número de propiedades de titularidad privada. En el caso de obras de carácter privado, esta circunstancia exige la adquisición mediante compraventa ordinaria de tales propiedades, en su totalidad o solo de aquellos derechos inherentes que resulten necesarios (derechos de suelo y vuelo, derecho de superficie, servidumbres de paso, etc.). En el caso de la obra pública la adquisición de tales derechos puede exigirse pero de forma que se debe ajustar al procedimiento que se establece en la Ley de Expropiación Forzosa de 1954. Hay que recordar que, de acuerdo con el artículo 62 de la ley de procedimiento administrativo es nulo todo acto dictado con ausencia del procedimiento, por lo que tales actos incurren en la “vía de hecho” y por lo tanto el titular de bienes o derechos afectados puede invocar incluso la protección de los tribunales del orden civil y no solo la de los del orden contencioso-administrativo. La lógica consecuencia puede ser la paralización de la obra. La fase final del procedimiento, es decir la fijación del justiprecio, no es relevante a los efectos del desarrollo de la obra civil puesto que ni paraliza la ejecución ni afecta al contratista.

#### a) Naturaleza de los bienes y tipo de expropiación

Los bienes que son susceptibles de expropiación en el caso de obras de infraestructura son por naturaleza de tipo inmueble o derechos asociados a ellos, tanto de tipo real (usufructos, suelo y vuelo, superficie, etc.) como de tipo convencional (arrendamientos totales o de aprovechamientos concretos). La expropiación puede consistir en la privación en todo o en parte de los bienes o en la constitución de servidumbres y otras limitaciones de la propiedad. También puede consistir en algún tipo de limitación temporal, incluida la ocupación.

En cuanto a las expropiaciones, deben referenciarse en el proyecto todos aquellos bienes que resulten afectados por el proyecto identificando debidamente a sus titulares, así como la situación catastral real de las fincas colindantes. Si se emplean para su confección datos procedentes de registros públicos que no hayan sido actualizados se corre el riesgo de que la fase de información pública y subsanación de errores se prolongue excesivamente retrasando el comienzo de los trabajos o incluso provocando la paralización de la obra ya iniciada.

## **b) Declaración de utilidad pública e identificación de interesados**

Para proceder a la expropiación forzosa será indispensable la previa declaración de utilidad pública o interés social del fin a que ha de afectarse el objeto expropiado. La utilidad pública se entiende implícita, en relación con la expropiación de inmuebles, en todos los planes de obras y servicios del estado, provincia y municipio. En los demás casos en que por Ley se haya declarado genéricamente la utilidad pública, su reconocimiento en cada caso concreto deberá hacerse por acuerdo del consejo de ministros, salvo que para categorías determinadas de obras, servicios o concesiones las leyes que las regulan hubieren dispuesto otra cosa.

Las actuaciones del expediente expropiatorio se entenderán, en primer lugar, con el propietario de la cosa o titular del derecho objeto de la expropiación que, salvo prueba en contrario, se considerará que es quien con este carácter conste en registros públicos que produzcan presunción de titularidad, que sólo puede ser destruida judicialmente, o, en su defecto, a quien aparezca con tal carácter en registro fiscales o, finalmente, al que lo sea pública y notoriamente.

Siempre que lo soliciten, acreditando su condición debidamente, se entenderán también las diligencias con los titulares de derechos reales e intereses económicos directos sobre la cosa, así como con los arrendatarios cuando se trate de inmuebles rústicos o urbanos. En este último caso se iniciará para cada uno de los arrendatarios el respectivo expediente incidental para fijar la indemnización que pueda corresponderle.

Si de los registros mencionados se deduce la existencia de los titulares anteriores, será preceptiva su citación en el expediente de expropiación y si no se hiciera podría decretarse la nulidad.

### **c) Necesidad de ocupación**

Declarada la utilidad pública o el interés social, la Administración resolverá sobre la necesidad concreta de ocupar los bienes o adquirir los derechos que sean estrictamente indispensables para el fin de la expropiación. Podrán incluirse también entre los bienes de necesaria ocupación los que sean indispensables para previsibles ampliaciones de la obra o finalidad de que se trate. El beneficiario de la expropiación está obligado a formular una relación concreta e individualizada, en la que se describan, en todos los aspectos, material y jurídico, los bienes o derechos que considere de necesaria expropiación.

Normalmente, el proyecto de obras y servicios comprende la descripción material detallada a que se refiere el párrafo anterior, y la necesidad de ocupación se entiende implícita en la aprobación del proyecto, aunque el beneficiario estará igualmente obligado a formular la mencionada relación a los solos efectos de la determinación de los interesados.

La relación debe ser sometida a información pública con objeto de que se puedan aportar por los afectados cuantas correcciones sean pertinentes o para formular oposición, tanto en cuanto al fondo como en cuanto a la forma, a la necesidad de ocupación. El acuerdo de necesidad de ocupación inicia el expediente expropiatorio y se publicará en igual forma que para el acto por el que se ordene la apertura de la información pública. Además habrá de notificarse individualmente a cuantas personas aparezcan como interesadas en el procedimiento expropiatorio, si bien en exclusiva parte que pueda afectarlas.

Contra el acuerdo de necesidad de ocupación se dará recurso de alzada ante el Ministerio correspondiente, que podrán interponer los interesados en el procedimiento expropiatorio así como las personas que hubieran comparecido en la información pública, en el plazo de diez días, a contar desde la notificación personal o desde la publicación en los Boletines Oficiales, según los casos. El recurso habrá de resolverse en el plazo de veinte días. La interposición del recurso de alzada surtirá efectos suspensivos hasta tanto se dicte la resolución expresa. Respecto a la resolución, hay que señalar que, dado que no se establece un plazo concreto para que se entienda desestimado por silencio administrativo, habrá que estar al plazo general de seis meses por lo que cabe que por desidia administrativa la obra se encuentre paralizada durante dicho plazo.

Cuando la expropiación implique sólo la necesidad de ocupación de una parte de finca rústica o urbana, de tal modo que a consecuencia de aquélla resulte antieconómica para el propietario la conservación de la parte de finca no expropiada, podrá éste solicitar de la Administración que dicha expropiación comprenda la totalidad de la finca, debiendo decidirse sobre ello en el plazo de diez días. Dicha resolución es también susceptible del recurso de alzada.

---

## **6 OPERACIONES BASICAS Y MATERIALES**

---

### **6.1 MOVIMIENTOS DE TIERRAS**

Se denomina movimiento de tierras al conjunto de operaciones que se realizan con los terrenos naturales, a fin de modificar las formas de la naturaleza o de aportar materiales útiles en obras. Las operaciones del movimiento de tierras en el caso más general son: excavación o arranque, carga, acarreo, descarga, extendido, humectación o desecación y compactación. Además existen servicios auxiliares como refinados, saneos, etc.

Los diversos tipos de suelos que son considerados en el movimiento de tierras pueden variar desde roca sólida hasta tierra sola, pasando por todas las combinaciones de roca y tierra. Así los diferentes tipos de materiales ofrecen diferente resistencia para ser movidos, dependiendo del peso del material, dureza, rozamiento interno y cohesión. El estudio geotécnico debe determinar con la mayor aproximación posible la naturaleza del terreno puesto que una menor resistencia de remoción implica una mayor facilidad de carga, siendo ésta última fundamental en la elección del equipo o tipo de maquinaria a utilizar. Una mala elección de la maquinaria se traduce en retrasos en la ejecución. También afecta a la previsión de reemplazo del material extraído dentro de la propia obra puesto que puede resultar inútil, con lo que se hace necesario su retirada y el aporte de tierras de préstamo externas.

Los distintos tipos de tierras se forman con rocas desintegradas, residuos vegetales y animales. Una vez formada, comprende materia mineral, materia orgánica, agua y aire. Las tierras, en general, pueden dividirse básicamente en cinco grupos: arcillas, limos, arena, gravas y materia orgánica. La realidad dice que se pueden encontrar estos materiales en forma independiente o en varias combinaciones y mezclas.

Los tipos de excavación, se pueden dividir en tres grupos: a cielo abierto, subterráneas y subacuáticas. Dependiendo de la constitución del terreno y del material excavado, se tendrán que utilizar unos u otros medios de excavación.

### **6.1.1 Movimientos de tierras a cielo abierto**

Se consideran operaciones a cielo abierto todas aquellas que se realizan en superficie, entendiéndose como tal la cota libre del terreno. Todos los trabajos pueden hacerse en seco o con agotamiento, cuando el nivel freático se encuentra por debajo del plano de excavación.

En general, y dependiendo del tipo de terreno y de la extensión del trabajo, se emplean distintos sistemas. La excavación por peones con herramienta manual puede emplearse en obras de pequeña extensión (zanjas poco profundas) con suelos sueltos; la maquinaria se emplea en estos suelos cuando la obra es de gran extensión (vaciado de solares) y en suelos duros para obras pequeñas; en suelos rocosos y obras de gran extensión se hace conveniente el empleo de explosivos en voladuras controladas, aunque no siempre es posible cuando las obras se desarrollan en zonas urbanas.

La clasificación podría ser la siguiente:

#### **a) Vaciados y desmontes**

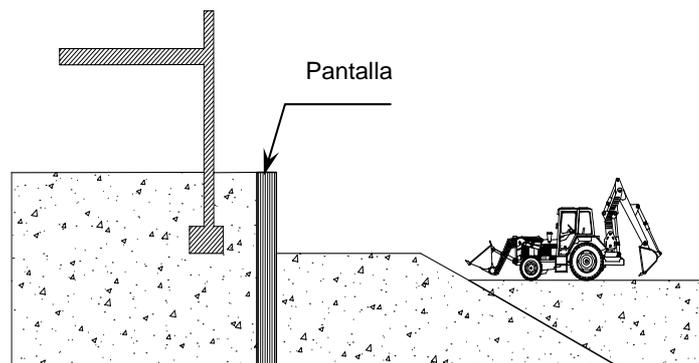
Los vaciados y desmontes comprenden todas aquellas operaciones que implican la extracción de una masa importante, de terreno ya sea con objeto de generar un hueco permanente o provisional para ser rellenado posteriormente de forma total o parcial. La diferencia entre ellos se encuentra en la naturaleza del terreno en que se realiza: en general se denomina vaciado a la extracción realizada en un terreno de naturaleza urbana, en el que se requiere la instalación de pantallas verticales, mientras que se denomina desmonte a la retirada de tierras en terrenos abiertos donde los laterales se mantienen mediante la creación de terraplenes o pedraplenes.

En cuanto a los desmontes, siempre que el estudio geotécnico sea adecuado, a priori no tienen más problema que los derivados de la circulación de maquinaria pesada teniendo en cuenta que, al ser sobrecargas dinámicas sobre el terreno, deben situarse a una distancia del borde de excavación igual o superior al doble de su profundidad. Si por el contrario el estudio es insuficiente, pueden darse situaciones de riesgo y daño debido a corrimientos de los terraplenes al haber sido defectuosamente considerado el ángulo de rozamiento interno de los materiales.



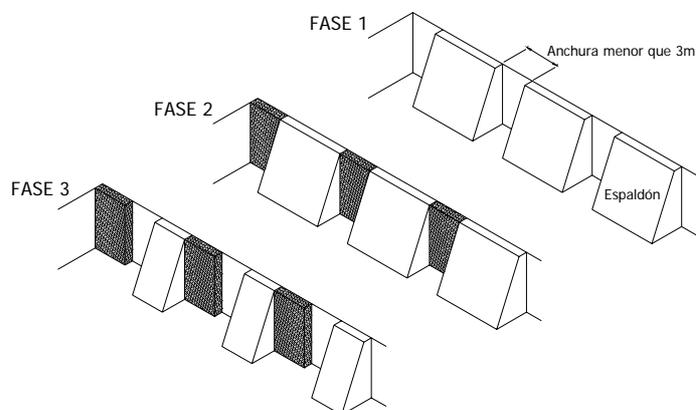
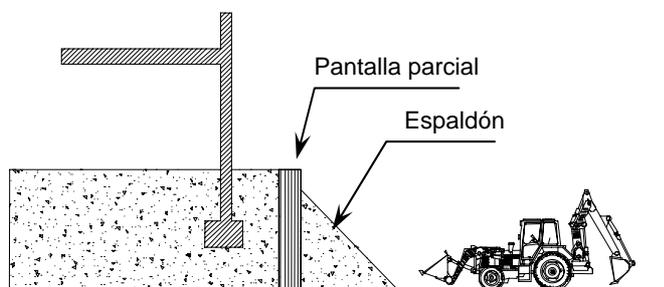
Vista aérea ejemplo movimiento de tierras

El vaciado puede realizarse apantallando previamente o mediante ejecución por bataches. Con el primer método, las pantallas laterales se ejecutan antes del vaciado, ya sea con pantalla continua o hincando pilotes a poca distancia y gunitando el muro a medida que se excava. En la ejecución por bataches se excava hasta cota de obra manteniendo las paredes con terraplenes; a continuación, los terraplenes se retiran por secciones colocando progresivamente el muro lateral.





Detalles de la construcción de pantallas de contención



En el caso de que los vaciados se realicen empleando la técnica de la ejecución por batches, la ausencia de muros o pantallas perimetrales continuas ejecutadas previamente al vaciado eleva el riesgo de desprendimientos de tierras dependiendo de la naturaleza de estas o corrimientos producidos por la presión sobre el terreno de los edificios colindantes. Las consecuencias pueden ir desde el enterramiento de la maquinaria y/o del personal de la obra hasta la producción de daños importantes en los edificios por desplazamientos de la cimentación, con aparición de grietas e incluso el derrumbe de fachadas completas.



Algunos ejemplos de maquinaria pesada

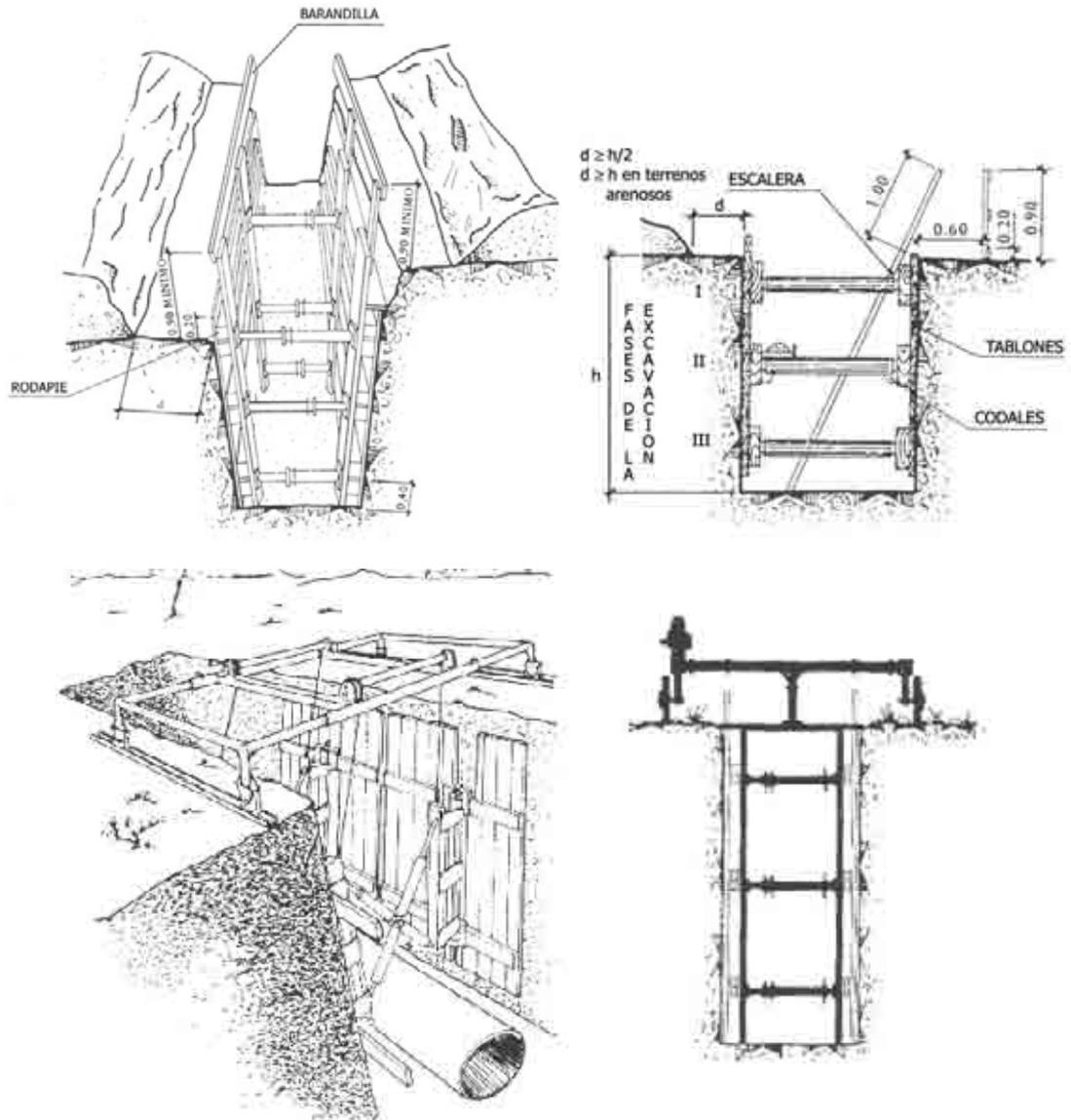
En estas obras resulta esencial el diseño correcto de las vías de entrada y salida de vehículos teniendo en cuenta que la pendiente de rampa no debe superar el 10% en tramos de 3 a 10 m, 12% en tramos menores de 3m y 8% en curvas y en el resto. También debe preverse una explanada de salida no menor de 6 por 4,5 m.



## **b) Zanjas**

Se define zanja como toda excavación longitudinal cuyo fondo sea mayor de 1,20 m. Su función principal es contener canalizaciones de servicios y suministros. Dependiendo de su anchura y de la naturaleza del terreno, las paredes de la zanja pueden sostenerse mediante taludes cuando que el ángulo que formen las paredes de la excavación con la horizontal del terreno sea menor que el ángulo de rozamiento interno de sus materiales, con las reducciones oportunas en los casos en que el terreno esté inundado o haya sido removido recientemente.

En caso contrario, se requiere el uso de entibaciones fijas o escudos móviles.



Además, en las proximidades de la zanja no circulará maquinaria ni se podrán situar medios auxiliares (compresores o similares) que alteren las condiciones de carga sobre el terreno. Se procurará evitar las infiltraciones de agua y se deben sanear todos los tramos para evitar desprendimientos.

Dada su escasa profundidad relativa, y en especial cuando la zanja se encuentra próxima a vías públicas o edificaciones, al excavar con medios mecánicos es cuando existe mayor riesgo de producir daños en canalizaciones de servicio por lo que debe procederse previamente a su localización mediante detectores de superficie o, en todo caso, acotar zonas de probable existencia con objeto de proceder en dichas zonas con especial cuidado.

Cuando se realice el relleno de una zanja, la entibación permanecerá instalada hasta que desaparezca cualquier riesgo de desprendimiento.

### **c) Pozos**

Se considera que el pozo es un tipo de excavación no longitudinal cuya profundidad es mayor que dos veces su diámetro, o su diagonal mayor si la sección es cuadrangular. Los materiales excavados se extraen por elevación y su ejecución y sistemas de protección dependen del tipo de pozo y de la finalidad para la que se construye.



Pozo de ventilación. Metro de Copenhague

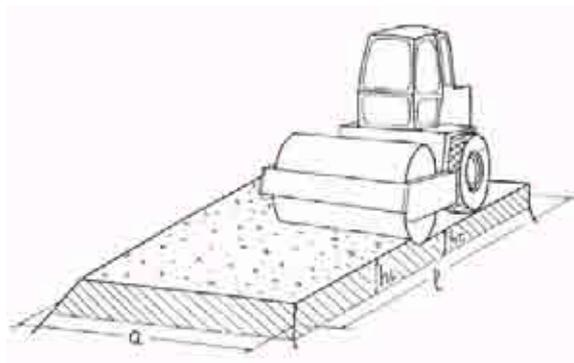
Cuando el pozo es de pequeño diámetro (pozos de captación, arquetas, pozos de registro, pozos de ventilación), en su ejecución se emplea la excavación manual según la técnica del cajón indio, de forma que la entiba del pozo se realiza con piezas prefabricadas de hormigón o acero que caen por gravedad a medida que se excava y se ensamblan en superficie, configurando un espacio de seguridad para el operario.

Si es de grandes dimensiones, se va protegiendo la excavación mediante la formación de un escudo de hormigón armado mediante la colocación de anillos de armadura formada por malla electrosoldada y gunitado de hormigón. También cabe la formación del escudo mediante hincado de pilotes o pantalla continua.

En ciertos casos se emplean topos desde galerías. Desde el exterior, se perfora un pequeño conducto vertical mediante trépano hasta alcanzar la galería de origen; por él se hace descender el eje del topo que se engancha en su parte inferior y se procede a la perforación en sentido ascendente. El escombros cae hasta un tren de carretillas.

#### **d) Relleno y compactación**

El relleno consiste en el aporte de tierras seleccionadas y adecuadas, procedentes de la propia obra o del exterior en cuyo caso se denominan préstamos. La compactación es una operación posterior al relleno consistente en una humectación si fuera necesaria y un apisonado y cuyo objetivo es dotar a las tierras aportadas de un grado de cohesión suficiente para la función que tengan asignada (soporte de viales, cerrado de zanjas, etc.).



Estas operaciones se realizan de forma sucesiva en ciclos de rellenado-compactación en tongadas cuyo espesor es conveniente que no exceda de 20 cm de aporte por ciclo con el fin de obtener una compacidad adecuada evitando la formación de blandones: zonas de tierra insuficientemente compactada (índice Proctor inferior a 90%) que posteriormente puedan dar lugar a hundimientos del terreno.

El efecto de la compactación sobre la tongada se refleja exclusivamente en la disminución de altura, puesto que sus dimensiones horizontales apenas varían. Habida cuenta que el proyecto constructivo fija la altura de tongada en perfil, o sea después de la compactación  $h_C$ , conviene conocer la relación entre  $h_C$  y  $h_L$  para extender las tongadas con el espesor  $h_L$  adecuado.

La disminución de espesor depende del tipo de material, métodos de compactación, etc. Sin embargo, en los materiales granulares (gravas, suelos - cemento, zahorras, etc.) muy frecuentes en la compactación debido a su excelente comportamiento mecánico, su escasa sensibilidad a la humedad, etc., se ha observado que la disminución de espesor es aproximadamente el 20 %.

#### **e) Terraplenado y pedraplenado**

Se entiende por terraplén a la extensión y compactación de tierras procedentes de excavaciones o préstamos, que se realiza normalmente utilizando medios mecánicos. La partida de terraplén puede considerarse independiente de la de excavación y transporte de tierras, o puede considerarse formando un conjunto con ella, lo cual es frecuente en el caso de tierras procedentes de préstamos. Es necesaria la humectación de las diferentes tongadas; un terraplén consolidado contiene aproximadamente  $0,18 \text{ m}^3$  de agua por  $\text{m}^3$  de terraplén.



Los pedraplenes son obras análogas a los terraplenes, ejecutadas con piedra en lugar de tierra, bien sea aquella procedente de machaqueo o de gravera, y que se realizan cuando se duda razonablemente de la adecuada estabilidad y permanencia de un terraplén.



A los pedraplenes les es de aplicación todo lo dicho para los terraplenes en lo referente a las operaciones necesarias para realizarlos y a la medición y abono de la unidad. La compactación se realiza fundamentalmente con apisonadoras estáticas o vibrantes.

### **6.1.2 Excavaciones subterráneas.**

Se entiende por excavación subterránea la extracción de material por debajo de la cota de terreno. Pueden ser en túnel o galerías. Dado que este tipo de obra civil es objeto de un capítulo específico, nos remitimos al mismo para todo su tratamiento.

### **6.1.3 Factores de riesgo**

En general, los factores de riesgo provienen fundamentalmente de las siguientes causas aunque estas se pueden superponer y muchos accidentes provienen de varios factores que se concatenan.

#### **a) La falta de información**

La falta de información engloba tanto aquellos casos en los que se produce de forma previa a la ejecución de la obra por insuficiencia del proyecto o de sus antecedentes como aquellos otros en los que surge un problema imprevisto a pesar de que se hallan realizado todas las acciones y procedimientos necesarios para evitarlo. Estos últimos entran dentro de lo que puede considerarse riesgo normal pero los primeros son los que se deben evitar o ser tenidos en cuenta a la hora de establecer franquicias en las pólizas de seguros.

Toda la información previa debe ser incluida en el proyecto o, cuando menos, debe ser puesta a disposición del contratista. Además se debe intentar que esta información sea lo más actualizada posible.

En aquellos casos en los que el proyecto no ha sido suficientemente documentado podemos encontrar problemas desde tres frentes principales: problemas de subsuelo, daños en canalizaciones de suministro y en edificaciones colindantes.

La falta de amplitud y especificidad del estudio geotécnico trae consigo una apreciación errónea de los medios necesarios para proceder a los trabajos contratados y de los problemas que puedan surgir. Esto afecta a la organización del trabajo, al presupuesto de obra por la necesidad de realizar las obras adicionales necesarias para solventar esos problemas, a la integridad de los elementos que ya se hayan ejecutado así como a la seguridad del personal y la maquinaria.

Cuando no se ha investigado adecuadamente sobre la existencia y situación de las canalizaciones y/o servicios, el contratista debe prever la realización de las calas y calicatas oportunas para suplir la falta de información en esta materia así como ajustar la programación de la obra a esta circunstancia.

Si se dieran ambos sucesos simultáneamente, estudio geotécnico deficiente y desconocimiento de la configuración de los edificios colindantes en general y de sus cimentaciones en particular, pueden producirse daños graves desde un punto de vista estructural. Las causas pueden ser vibraciones debidas a la maquinaria, deslizamientos imprevistos de terrenos que resulten ser poco cohesivos, descalces de cimentaciones por arrastre de materiales finos cuando se alcanza el nivel freático, etc. El resultado va desde la formación de grietas en fachadas hasta su desplome, pasando por la fisuración y deterioro estructural.

**b) El ambiente.**

El ambiente en el que se desarrolla la obra influye desde dos puntos de vista: respecto a la obra y respecto al personal.

Respecto a la obra, hay que tener en cuenta que las condiciones climáticas pueden constituir un elemento perturbador de la buena marcha de las excavaciones y en especial la lluvia y el aire. Mientras que algo de lluvia resulta conveniente puesto que contribuye al asentamiento del polvo del ambiente y disminuye la necesidad de riegos para compactación de firmes y terraplenes, el exceso produce escorrentías que arrastran los materiales y genera acumulaciones de agua en el fondo de las excavaciones en general con la necesidad de proceder al achique de estas aguas para lo cual hay que prever los equipos de bombeo necesarios o en su caso emplazarlos lo que representa un considerable retraso en la ejecución.

Cuando existen construcciones colindantes los arrastres de material pueden descalzar las cimentaciones con los reiterados problemas referentes a deterioro estructural y/o visual.

Por otra parte, el aire excesivo, además de crear un ambiente de trabajo molesto en los tajos, supone un incremento en la evaporación del agua del suelo. Esto tiene como consecuencia la desecación de los terrenos con la correlativa disminución de la capacidad de compactación y la rotura de cohesión. A raíz de esto, los trabajos de ejecución deben acelerarse para evitar desplomes y corrimientos lo que eleva los costes de la obra (horas extraordinarias, más personal, maquinaria adicional, etc).

La programación de los trabajos debe por tanto realizarse de forma que se tengan en cuenta estos aspectos minimizando el impacto negativo de los factores climáticos.

La naturaleza de los suelos puede constituir también un elemento perturbador de los movimientos de tierras. El empleo de maquinaria pesada origina sobre el terreno una compactación inducida por las vibraciones que se generan: en suelos con elevado porcentaje de elementos gruesos e insuficiencia de agua, sea esta natural por evaporación o inducida cuando las obras se realizan con agotamiento, se produce un tamizado del material más fino que tiende a depositarse en las capas inferiores del perfil y un asiento diferencial con los efectos conocidos sobre edificaciones. Además, los elementos gruesos poseen un ángulo de rozamiento interno más reducido que puede conducir al desplome de taludes.

Respecto a la incidencia sobre el personal, hay que decir que este tipo de operaciones generan una elevada concentración de partículas sólidas en el ambiente por lo que debe dotarse a los operarios de los oportunos equipos de protección personal: mascarillas, gafas, ropa de trabajo adecuada. Así mismo, la dirección facultativa debe verificar periódicamente que el personal hace uso de estos equipos comunicando al comité de seguridad y salud la inobservancia de estas disposiciones. A su vez la empresa contratista debe reflejar en sus reglamentaciones de índole interna la tipificación como falta de esos incumplimientos.



Construcción del puente atirantado sobre el río La Plata (Puerto Rico).

### c) La organización de la obra.

La organización adecuada de la obra es un factor esencial en la evitación de daños, especialmente los que involucran al personal y a la maquinaria. Deben separarse y señalizarse adecuadamente los accesos y salidas de vehículos así como las vías de circulación de los mismos dentro de la obra. Por otro lado, los servicios para el personal (aseos, vestuarios, cantina y botiquín) deben estar accesibles y fuera de las vías de circulación de los vehículos.



**Buena organización de la obra.**

- 1.- Aparcamiento
- 2.- Accesos
- 3.- Oficinas y servicios
- 4.- Entrada de maquinaria
- 5.- Entrada de personal
- 6.- Explanada para hormigonado
- 7.- Acopios

Las zonas de descarga y almacenamiento de materiales (acopios) deben estar debidamente separadas de las vías de circulación así como las zonas de aparcamiento de maquinaria en lugares donde su conservación y vigilancia sean lo más sencillo posible al objeto de minimizar los robos y la perpetración de actos vandálicos.

Deben preverse protecciones para el almacenaje de aquellos materiales más susceptibles de deterioro por las condiciones medioambientales y en especial en las obras que se desarrollen lejos de puntos de abastecimiento que obligan a disponer de mayor cantidad de suministros.

En ciertos casos existen elementos ajenos o propios de la obra que pueden interferirse generando accidentes. Los casos más normales son las líneas aéreas de alta y media tensión y las interferencias entre grúas de la misma o de distintas obras. Las líneas de transporte eléctrico pueden originar arcos voltaicos de descarga cuando se les aproxima maquinaria o elementos metálicos así como con el vallado en ambientes húmedos por lo que los movimientos dentro de la obra deben procurar evitar en lo posible el acercamiento a estas conducciones y hay que instalar las oportunas picas de toma de tierra en los cerramientos y en las casetas de obra.

Las grúas, por su parte, deben instalarse de forma que sus zonas de giro no se solapen para evitar choques y atrapamientos de cargas suspendidas.

#### **d) El hombre: maquinistas, conductores y trabajadores.**

El hombre es una fuente permanente de problemas. Las distracciones, el exceso de confianza, el voluntario incumplimiento de las disposiciones de seguridad de la obra, el cansancio, y en ciertas ocasiones la falta de cualificación o experiencia originan accidentes de resultados inciertos en cuanto al carácter de las lesiones personales o de los daños a la obra.

La mayor parte de los siniestros que tienen su causa en el factor humano entran a formar parte de los clasificados como caso fortuito por lo que evitarlos no suele estar en nuestras manos. Aún así, el agente de seguros deberá verificar cuidadosamente el historial de siniestralidad laboral de la empresa contratista aplicando las correcciones oportunas en la cuantía de la póliza o en las franquicias contratadas.

## 6.2 MOVIMIENTOS DE MATERIALES

### GRÚAS

Antes de utilizar una grúa en una obra, la administración debe considerar todos los factores que puedan afectar su uso, tales como:

- peso, tamaño y tipo de carga que deberá izar;
- alcance o radio máximo que se requiere de ella;
- restricciones para el uso, tales como cables aéreos de transmisión eléctrica, condiciones de la obra y tipo de terreno;
- necesidad de operadores y señaleros capacitados.

### Montaje

Tanto el montaje como el desmantelamiento de las grúas deben ser realizados por obreros especializados bajo la dirección inmediata de un supervisor competente y experimentado, que deben seguir estrictamente las indicaciones del fabricante.

### Señales

Los operadores y señaleros de grúas deben ser mayores de 18 años, estar capacitados y tener suficiente experiencia. Cuando el operador de la grúa no puede ver la carga durante todo el izado, siempre tiene que haber un señalero o un sistema de señales, como por ejemplo un teléfono. Las señales de mano deben ser claras y precisas, ajustándose a un sistema o código reconocido.



Las señas con la mano a los operadores de grúas deben ser claras y precisas, ajustándose a un código o sistema reconocido.

### Sobrecarga

La sobrecarga, que ejerce fuerzas sobre partes vitales de la grúa que van más allá de su capacidad calculada, puede producirse cuando ni el operador ni el supervisor saben calcular bien el peso del material que se va a izar; esto sucede, por ejemplo, con los objetos de forma irregular. Si el operador no está correctamente capacitado puede entonces bajar la carga a velocidad excesiva y al aplicar abruptamente los frenos el brazo de la grúa se parte.

Todas las grúas deben tener marcado el peso máximo de trabajo, que no hay que exceder durante su uso. En las grúas con brazo de radio variable, tiene que estar indicada la carga máxima de cada posición de la pluma. Los guinches y poleas deben estar marcados en forma similar.

### Indicadores de carga segura

Todas las grúas de pluma o brazo deben estar equipadas con un indicador automático de carga segura que avisa al operador, generalmente por medio de una luz, poco antes de llegar al máximo admisible, y hace sonar una alarma con campana o bocina para advertirle a él y a quienes estén cerca cuando la carga segura ha sido excedida. Estos indicadores ayudan en la seguridad de las grúas, pero no la garantizan. Por ejemplo, no tienen en cuenta los efectos del viento o del terreno blando. Si se está izando una carga que puede estar cerca del límite, no debe levantarse de una sola vez: se debe subir la carga un poco y comprobar la estabilidad de la grúa antes de continuar la operación. Si se deja que la carga haga movimiento de péndulo o descienda muy rápido, el brazo puede flexionarse aumentando accidentalmente su radio de alcance. Algunos indicadores funcionan también como disyuntores en caso de carga excesiva. Nunca deben ser neutralizados para izar una sobrecarga.

### Inspección y mantenimiento

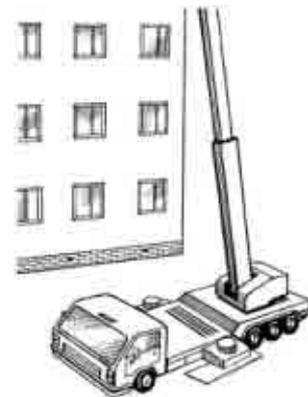
Las grúas sufren efectos del uso y el desgaste que a veces no son fáciles de detectar: por ejemplo los pernos y piezas similares pueden sufrir fatiga metálica. Las grúas deben ser revisadas y probadas por una persona idónea antes de ser usadas en una obra en construcción, y luego sometidas a inspección regular según los requisitos oficiales. También es preciso cumplir con los programas de chequeos y mantenimiento por parte del operador que el fabricante recomienda; deberá informarse al supervisor sobre cualquier daño o desperfecto.

Los cables metálicos, frenos y dispositivos de seguridad son particularmente susceptibles. El contacto constante de los cables metálicos con las roldanas de la pluma acelera su desgaste. Los frenos se usan continuamente y es preciso revisarlos, ajustarlos y renovarlos. Los indicadores de carga máxima y otros dispositivos de seguridad como los disyuntores de sobrecarga a menudo sufren desperfectos debido a las condiciones de la obra, cuando no son desconectados intencionalmente.

## **GRÚAS MÓVILES**

Las grúas móviles son intrínsecamente inestables y pueden volcarse si se las usa en terrenos no apisonados o en pendiente. La lluvia puede ablandar el suelo y los terrenos desniveladas les imponen esfuerzos a las grúas que pueden llevar accidentalmente a la sobrecarga.

Existen ventajas y desventajas de los voladizos o alerones laterales (ver figura anexa), y peligros por no utilizarlos. El izado de cargas en espacios abiertos puede resultar más difícil o arriesgado a causa del viento. Debe existir espacio suficiente entre la pluma y su contrapeso y los vehículos en circulación o las estructuras fijas, tales como edificios, y ninguna parte de la grúa o de la carga deben estar a menos de 4 m de cables aéreos de transmisión eléctrica.



Todas las grúas deben tener gancho de seguridad para impedir que la carga se desprenda accidentalmente si se enreda con algo o se trava en una obstrucción durante el izado.

## **GRÚAS DE TORRE**

Para no volcar, las grúas de torre tienen que estar ancladas al suelo, o tener un lastre adecuado de contrapeso. Si están montadas sobre rieles, los carriles no pueden usarse para anclaje. Dado que el material que sirve de lastre puede moverse, debe colocarse en la grúa un diagrama del lastre o contrapeso, y usarse como guía al armarla, o para hacer correcciones después de mal tiempo.

Los accesorios usados con la grúa, tales como eslingas y cadenas, no deben obstruir las vías de acceso o escaleras y deben estar a buena distancia de cualquier maquinaria en la que puedan enredarse.

Las cargas deben izarse verticalmente, pues cualquier izado no-vertical puede causar el derrumbe de la grúa. Lógicamente, debe evitarse levantar cargas de gran superficie expuesta si soplan vientos.

La grúa debe ubicarse de modo que la pluma pueda girar libremente con el viento 360° en redondo. Los fabricantes especifican las velocidades máximas de viento con que se pueden usar las grúas de torre.

### **GRÚAS UTILIZADAS EN DEMOLICIONES**

Las bolas o pesas de acero fundido colgadas del brazo de una grúa son muy usadas como instrumento de demolición. Las grúas no están construidas ni diseñadas para las cargas extremas y súbitas que genera el uso de las bolas de demolición, de modo que sólo hay que utilizarlas para dejar caer la bola verticalmente en caída libre, en tareas tales como la fragmentación de losas de hormigón. No se debe balancear la bola.

Más apropiadas a ese efecto son las excavadoras convertibles en grúas, que han sido diseñadas para operaciones de empuje y arrastre. Es preciso seguir las recomendaciones del fabricante en lo que se refiere al peso y forma de fijar la bola de demolición. Generalmente su peso no debe exceder el 33 % de la carga máxima de trabajo de la máquina, ni el 10 % de la carga mínima de rotura del cable de izado. Hay que inspeccionar todas las partes dos veces por día y se requiere un alto nivel de mantenimiento. El operador debe estar familiarizado con el trabajo de demolición con bola, y resguardado de los escombros por una estructura protectora de malla metálica.

## **EQUIPOS DE CARGA USADOS COMO GRÚAS**

Las máquinas tales como excavadoras, palas mecánicas y cargadoras son utilizadas como grúas cuando manejan cargas suspendidas con eslingas.

En general, se aplican en este caso las mismas precauciones que con las grúas móviles, aunque no se instalan en estas máquinas indicadores de carga máxima ni de radio de alcance mientras la carga sea inferior a 1 Tm..

### **Eslingas y cuerdas**

Deben utilizarse sólo eslingas y cuerdas que tengan marcada la carga de trabajo. Los cantos y bordes cortantes de la carga deben recubrirse para proteger la eslinga y se debe verificar que los pernos de las argollas están en posición correcta.

### **Montacargas**

El montacargas o plataforma de carga que se utiliza para elevar materiales y equipos verticalmente a sucesivos niveles a medida que avanza la construcción, es posiblemente el elemento de manejo mecánico más comúnmente usado. Consiste en una plataforma movida por un mecanismo con cable o cremallera y piñón, con el motor y la caja de cambios montados en la plataforma. Los principales peligros para los operarios son caídas por el pozo de izado, golpes por la plataforma u otras partes móviles, o ser alcanzados por materiales que caigan por el pozo.

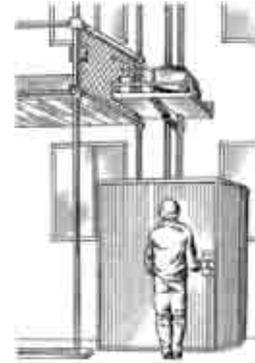
### **Montaje**

El montaje, extensión y desarmado de los montacargas es una tarea especializada que sólo se debe realizar bajo la dirección de un supervisor idóneo. Es preciso sujetar bien la torre o mástil estático del montacargas al edificio o andamio y mantenerla en posición vertical, para que no esté sometida a tensiones que puedan desalinearla e interferir con el funcionamiento de la plataforma elevadora. Los montacargas móviles deben usarse hasta un máximo de 18 m, a menos que el fabricante especifique que se puede superar esa altura.

### Cerramiento

Hay que erigir un cerramiento de construcción sólida alrededor del pozo de izado a nivel del suelo, con una altura de por lo menos 2m. Debe tener puertas adecuadas de acceso a la plataforma (ver imagen anexa).

El resto del pozo de izado debe también tener algún tipo de cerramiento (por ejemplo, de malla de alambre) de resistencia suficiente para impedir que caigan materiales hacia afuera.



Deben instalarse puertas en todos los niveles donde sea necesario acceder a la plataforma; las puertas deben mantenerse cerradas a menos que se esté cargando o descargando a ese nivel.

### Dispositivos de seguridad

Debe instalarse un tope de contacto superior por encima de la posición más alta que se requiera de la plataforma, o cerca del final del mástil. Se necesita asimismo un dispositivo amortiguador al pie del mástil, capaz de sostener a la plataforma con su carga máxima, en caso de que falle la cuerda de izado o el motor. Cuando la plataforma esté en la posición más baja, deberán quedar aún tres vueltas de cuerda alrededor del tambor de la grúa.

### Funcionamiento

Para impedir que el operador -que debe estar debidamente capacitado- ponga en movimiento la plataforma cuando alguien está tratando de cargar o descargar materiales, hay que ubicar los controles de manera que el montacargas sólo pueda ser activado desde determinada posición. Desde esa posición el operador deberá ver claramente todos los niveles de acceso. Si eso no fuera posible, es preciso utilizar un sistema de señales durante la carga y la descarga. Cuando el operador está a nivel del suelo, como ocurre generalmente, debe tener protección desde arriba.

### Cargas

La carga máxima de trabajo estará claramente marcada en la plataforma, y no deberá ser excedida. Las carretillas no deben llenarse demasiado y hay que frenarles las ruedas con tacos o amarrarlas para que no se desplacen en la plataforma cuando esta se mueve. Nunca se deben transportar ladrillos sueltos o materiales similares en una plataforma abierta. Hay que prohibir que las personas suban o bajen en el montacargas, y exhibir un cartel a tal efecto.

### Transporte de personas

Los ascensores para el transporte de personas tienen que estar contruidos e instalados especialmente para tal fin, con características tales como dispositivos de cierre electromecánico en las puertas de la jaula y de los descansos.

### Pruebas e inspección

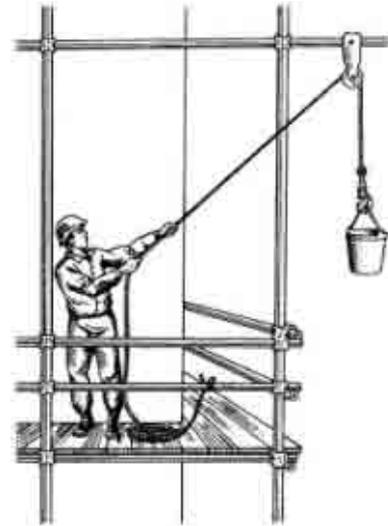
Todos los montacargas deben ser probados y revisados después de su instalación, y el tope superior y el amortiguador de abajo deben ser chequeados. Debe llevarse un registro de controles semanales, a cargo de una persona competente.

### Poleas

#### **Causas de accidentes**

Las poleas son una forma común y económica de izar cargas pequeñas a distancias limitadas. Los accidentes más frecuentes ocurren cuando:

- el palo o travesaño en que está montada la polea tiene un solo soporte: siempre se requieren dos (ver figura anexa)
- la cuerda de izar no tiene un gancho adecuado con traba de seguridad: los ganchos hechos con alambres doblados son muy peligrosos
- la cuerda de izar está gastada
- el balde o carga golpea contra el andamio o edificio y vuelca su contenido
- la carga es demasiado pesada o no está bien sujeta
- el armazón de izado montado en un techo no está bien anclado y vuelca



### **Medidas de seguridad**

Es preciso tomar las siguiente precauciones:

- si se transporta un líquido en un balde, siempre debe tener tapa
- cuando esté izando el balde, siempre debe usarse guantes de protección
- cuando la polea está montada cerca del borde de un techo, se requieren barandas protectoras y guardapiés
- si dos o más personas están realizando la operación, una de ellas debe dar las instrucciones para que puedan funcionar como equipo.

## **6.3 HORMIGONES**

### **6.3.1 Generalidades**

El hormigón se puede definir como una roca artificial formada por la unión irreversible de cemento con áridos de distintos tamaños mediante su amasado con agua. Su elevada resistencia mecánica a la compresión, superior a 200 kilos por centímetro cuadrado, unida a la versatilidad en su conformación lo convierten en el material más utilizado en la construcción en general y en las infraestructuras civiles en particular. El hormigón puede conformarse en la propia obra o emplearse como piezas prefabricadas, normales o pretensadas.

Por contra, presenta particularidades que hacen que en su utilización deban adoptarse grandes precauciones. Una ejecución o colocación defectuosa del hormigón puede producir pérdidas de resistencia o discontinuidades en el material que lo inhabiliten para su función estructural, o una mala presentación cuando se trata de elementos vistos. La consiguiente necesidad de proceder a su sustitución resulta siempre costosa, ya que no solo se pierde el material sino que requiere demolición, retirada de escombros y refacción.

### 6.3.2 Hormigón conformado en obra

La ejecución del hormigón conformado en obra consta de las siguientes fases: encofrado, fabricación y transporte, vertido o proyección (gunitado), fraguado y desencofrado.

Su conformación requiere habitualmente la aplicación de **encofrados**, es decir de



estructuras rígidas que realizan la función de molde, donde se vierte el hormigón en un estado pastoso. La conformación sin encofrar se utiliza en elementos que se encuentran en su totalidad dentro

del terreno, como por ejemplo para las zapatas o los pilotes de cimentación, y en los que aquel actúa como encofrado natural.



Los encofrados pueden ser **fijos** para ser retirados a posteriori y que, cuando es necesario, se apoya en estructuras metálicas provisionales denominadas cimbrado o **deslizantes**, que se emplean en obras donde la estructura de hormigón es de gran longitud (tableros de puentes, chimeneas de gran altura, núcleos de edificios, etc.) y que van desplazándose gradualmente a una velocidad determinada apoyándose en la propia estructura que se va creando mediante el vertido.



Encofrado deslizante para la construcción de las pilas de un puente

Encofrado móvil para construcción de muros



Normalmente, y dados los elevados volúmenes de material que se emplean en este tipo de obra, el hormigón para conformación se suministra ya mezclado de acuerdo con las especificaciones de proyecto, desde plantas especializadas, mediante el transporte en vehículos adecuados.

Cualquiera que sea el **método de transporte**, debe procurarse evitar la vibración excesiva puesto que provoca la segregación de los componentes de la masa. Con transporte a largas distancias, deben emplearse agitadores que eviten la separación. El intervalo de transporte no debería superar una hora en verano y dos en invierno dado que el hormigón puede comenzar a fraguar o perder agua por evaporación con lo que se altera la relación agua/cemento. Si se prevén tiempos mayores, debe fabricarse el hormigón con consistencias más fluidas.

El **vertido** del hormigón en este tipo de obras se realiza mediante bombeo con tornillo sin fin o neumático a presión, en cuyo caso debe preverse el empleo de hormigones más fluidos puesto que el aire tiende a secarlos.



Transporte de hormigón con tornillo ascendente



Transporte de hormigón mediante bombeo neumático



Canaleta para el vertido del hormigón

El vertido debe realizarse por tongadas de espesor variable en función de las condiciones pero que no deben superar en ningún caso los 60 cm de espesor. También en esta fase debe evitarse la segregación de los componentes para lo cual debe realizarse verticalmente evitando en lo posible los desplazamientos horizontales de la masa y el choque directo con encofrados y armaduras. De forma previa, deben regarse los encofrados para que no absorban el agua del hormigón.

Durante el hormigonado de elementos grandes, se producen interrupciones diarias en función de la jornada laboral que crean las denominadas juntas de hormigonado. Deben preverse en las zonas de las piezas que van a ser solicitadas por tensiones menores y hay que asegurar que no interrumpen la continuidad de la estructura. Antes de reanudar el hormigonado se debe limpiar la junta, humedecerla, cubrirla con una capa de mortero y seguir hormigonando.

El endurecimiento, denominado **fraguado**, es gradual. Se considera que el hormigón no alcanza su resistencia característica hasta pasados veintiocho días desde su colocación, aunque ya a las setenta y dos horas presenta una resistencia de al menos el 40% de su valor característico. Cabe la posibilidad de añadir a la mezcla elementos acelerantes o retardantes del fraguado, dependiendo de las condiciones que resulten convenientes.

En esta fase hay que proceder a la consolidación del hormigón con objeto de evitar la aparición de coqueras, espacios vacíos que suponen una discontinuidad de la estructura, para lo que se suele utilizar la técnica del vibrado. Los vibradores son martillos neumáticos que generan una vibración en el hormigón separando el agua y produciendo la consolidación de la masa. Según el tipo de estructura se emplean vibradores internos (pervibradores) en vigas, pilares y muros fuertemente armados, vibradores de superficie, en los que el martillo se fija a una bandeja, para losas y para piezas pequeñas en las que no es posible introducirlos, se emplean sujetos al propio encofrado.

Durante el fraguado se producen dos fenómenos que es necesario controlar cuidadosamente: una compactación denominada **retracción**, con separación de parte del agua de la masa, y una elevación de la temperatura debida a las reacciones químicas que dan lugar a la solidificación.

Con objeto de disminuir la retracción hay que asegurar el mantenimiento de la humedad del hormigón mediante regado, cuidando de no arrastrar la masa, o aplicando productos capaces de retener la humedad. También cabe proteger el hormigón mediante cubiertas adecuadas.



Hormigón protegido con plásticos

El hormigón sufre cuando el hormigonado se realiza a temperaturas excesivamente altas o bajas. Se recomienda no hormigonar cuando la temperatura supera los 40°C si se emplean cementos portland y 25°C con cementos aluminosos salvo que se tomen precauciones especiales: hormigonar de noche, conservación húmeda de la superficie, etc. Con temperaturas bajas, los periodos necesarios para el fraguado y el endurecimiento crecen considerablemente y, además, las resistencias finales alcanzadas son menores. Se recomienda no hormigonar si se esperan temperaturas inferiores a 0°C dentro de las 48 horas siguientes, o adoptar precauciones especiales como amasar con agua caliente o añadir cloruro cálcico en proporción no superior al 2% en peso.

El efecto de las heladas sobre el hormigón también es importante. En los hormigones tiernos se producen grietas como consecuencia del aumento de volumen del agua al congelarse. Si el hormigón ya ha endurecido, el efecto cuña puede hacer incluso que se desprenda parte de la masa. Cuando se ha producido la helada durante el fraguado, las piezas que estuvieran en proceso de consolidación deben ser examinadas cuidadosamente y, si fuera necesario, deberán rehacerse con objeto de no perjudicar la resistencia de la estructura.

Una vez concluido el fraguado y habiendo adquirido el hormigón una resistencia suficiente se procede a la retirada de los moldes. En piezas cimbradas, es norma de buena práctica mantener los moldes ligeramente separados de la estructura al menos veinticuatro horas con objeto de evitar que el derrumbe accidental de la pieza provoque un derrumbe general. También suele ser conveniente medir la flecha producida antes de la retirada total de los cimbrados como índice de si resulta conveniente continuar con la operación.

### 6.3.3 Hormigón prefabricado

Las piezas de hormigón prefabricado se suministran a la obra ya terminadas de forma que solamente es preciso realizar su colocación. Por lo demás, la única particularidad que presentan es que las operaciones de encofrado, colocación de armaduras, vertido, fraguado y desencofrado se realizan en fábricas especializadas, en serie o bajo pedido para obras singulares. En ciertos casos, como en puentes, ciertas piezas pueden prefabricarse en la propia obra para ser colocadas a continuación.

El hormigón prefabricado pretensado se emplea en piezas que van a ser sometidas a elevados esfuerzos de flexión. Las armaduras, que reciben la denominación de activas, están formadas por fajas de tracción de acero de alta calidad. Antes del vertido, esas fajas de tracción son pretensadas mediante prensas hidráulicas de forma tal que, al ser liberadas, originan esfuerzos de compresión dentro del hormigón fraguado generando una deformación convexa. Las tensiones de tracción resultantes de cargas externas, tales como peso propio y circulación, van disminuyendo la deformación de la pieza en su totalidad.

El mejor aprovechamiento de las calidades típicas del material, en el presente caso del hormigón pretensado, permite dimensiones más reducidas de la sección transversal y luces mayores. En total resulta, pues, un modo de construcción más económico y más perfeccionado desde el aspecto arquitectónico, circunstancia ésta que redundará en beneficio, sobre todo, de obras de puentes.

La calidad del material y la de la ejecución al igual que el mantenimiento deberán cumplir, no obstante, con las exigencias más severas.

#### **6.3.4 Aceros**

Los aceros que se utilizan en construcción se presentan bajo tres modalidades: perfiles laminados, barras corrugadas conformadas en caliente y alambres estirados en frío.

Los perfiles laminados se emplean en obra civil principalmente en puentes, para vigas de soporte en celosía y, más raramente, como perfiles de alma llena o aligerados.

Tanto las barras corrugadas como los alambres en forma de malla electrosoldada se emplean como armadura para piezas de hormigón. Cuando las obras son de grandes dimensiones, y las obras civiles se encuentran entre ellas, lo más frecuente es que los armados se suministren preparados para su colocación desde talleres especializados aunque siempre existe una pequeña proporción de estructura en los que la armadura se ejecuta directamente en obra.

Los principales problemas que se pueden presentar con los aceros estructurales considerado como un material más de los que se suministran a la obra son los propios de un producto que debe ser sometido a unos procedimientos de control de calidad en fábrica por lo que la tarea de la dirección facultativa será realizar los controles de aceptación tal como deben figurar en el pliego de prescripciones técnicas.

Los problemas derivados de la puesta en obra se circunscriben a dos: la correcta o incorrecta colocación de las armaduras y la ejecución de las uniones, soldaduras o tornillos, necesarias. La colocación de los elementos debe ser supervisada de forma previa al hormigonado de las piezas por parte de la dirección facultativa y/o por los técnicos independientes de supervisión de obra.

La ejecución de uniones soldadas presenta a su vez dos fuentes de siniestralidad: la ejecución defectuosa, en sentido propio o por insuficiencia de los cordones de soldadura, y el hecho de que se el proceso se emplean materiales combustibles con capacidad de deflagración y se generan chispas. Este último lleva aparejado el riesgo de que se produzcan incendios en materiales combustibles tales como encofrados, materiales bituminosos (alquitranes y asfaltos), etc. pudiéndose llegar a la explosión con daños en personas, maquinaria y edificaciones colindantes.

La ejecución defectuosa conduce a la aparición en los perfiles de grietas, porosidades, inclusiones de escoria, falta de fusión, falta de penetración, mordeduras, exceso de calentamiento y deformaciones que determinan la necesidad de proceder a la demolición y refacción.

Las uniones atornilladas, que se realizan mediante apretado con llaves dinamométricas hasta una presión previamente establecida, requieren un calibrado exhaustivo y registrado de la herramienta puesto que si la presión ejercida es excesiva pueden producirse aplastamientos de los perfiles y si, por el contrario, es insuficiente se generan holguras de montaje.

---

## 7 OBRAS DE URBANIZACION

---

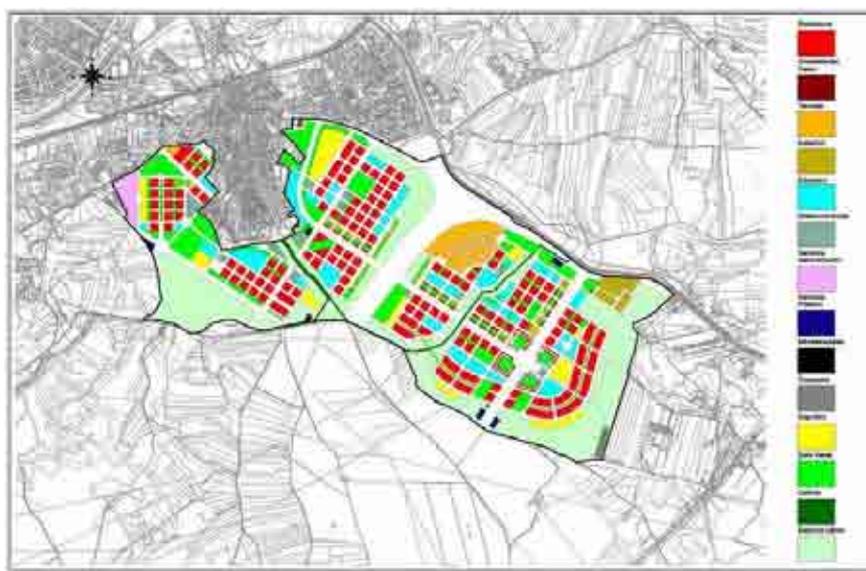
### 7.1 DESCRIPCIÓN

El objetivo de las obras de urbanización es ordenar el suelo dentro de una zona determinada asignando espacios concretos a los usos definidos en el proceso de



ordenación del territorio teniendo en cuenta las diversas necesidades sociales: vivienda, transporte, educación, sanidad, espacios verdes, etc. En resumen, se trata de realizar infraestructuras de tipo secundario para proporcionar servicios de primera necesidad a los habitantes de núcleos poblados: vías

públicas, alumbrado, líneas de suministro de agua, gas, electricidad y telefonía, redes de saneamiento incluyendo líneas de recogida e instalaciones de depuración de aguas, red de transporte subterráneo y superficial, etc.



La ejecución de la obra comprende básicamente la creación de infraestructuras para sistema de transporte incluyendo la señalización horizontal, vertical y de control de tráfico, para los suministros básicos (agua, luz, gas y comunicaciones), y para la retirada de residuos urbanos. La infraestructura de transporte, aparte de servir para este fin, es el elemento delimitador de parcelas.

Las fases de la obra se pueden sintetizar en las siguientes:

- a) Replanteo. Esta operación se realiza de forma posterior a la adjudicación de la obra interviniendo no solo el contratista sino la propiedad y la dirección facultativa. En el caso de proyectos públicos esta fase viene regulada en la Ley de contratos de las Administraciones Públicas. El resultado queda aprobado en el documento denominado “acta de replanteo”, que resulta vinculante para las partes.
- b) Demoliciones. En muchos casos, en la zona que se pretende urbanizar existen edificaciones, normalmente dedicadas a usos agrícolas, o lo que se pretende es transformar una zona industrial en zona urbana. En estos casos es preciso demoler estas edificaciones preexistentes.
- c) Movimiento de tierras. Estos trabajos comienzan con el desbroce y enrasado del terreno hasta cota de proyecto. Si existe fuera necesario, se procedería al desmonte y terraplenado. A continuación se excavan zanjas y pozos para las distintas instalaciones, se colocan las canalizaciones o, en su caso, las estructuras de las galerías de servicios y se cubren. Por fin se ejecutan las cajas para el trazado de los viales. Dentro de este apartado cabe incluir los movimientos relativos a préstamos de tierras destinados a ajardinamientos de espacios verdes y creación de zonas deportivas.

d) Ejecución de viales. Los viales pueden ser rígidos o flexibles en función de la naturaleza del terreno que sostiene al vial y del tipo de vehículos que se espera que lo utilicen. Los viales constan de sub-base, base y capa de rodadura, colocados dentro de las cajas preparadas al efecto. La sub-base solo se coloca en pavimentos de tipo flexible; tiene como función dar estabilidad al vial, aislar el vial del contacto directo con el suelo creando condiciones óptimas de drenaje y ejercer una función elástica y se constituye con materiales granulares gruesos no meteorizables, naturales o artificiales (materiales granulares reciclados, áridos siderúrgicos, subproductos y productos inertes de desecho, siempre que cumplan las prescripciones técnicas exigidas). La base constituye el soporte estructural del conjunto y pueden ser granulares, de grava cemento, asfálticas o de hormigón. La capa de rodadura es la más superficial y debe poseer buenas características de adherencia para el tráfico.

Se une con la base mediante la aplicación de un riego de adherencia de material bituminoso y está constituida por una capa de hormigón vertido, de materiales asfálticos o por piezas prefabricadas de hormigón.



## PAVIMENTO ASFÁLTICO SEGÚN USOS

TIPO	DENOMINACIÓN	USO QUE ADMITE	DESGLOSE DEL PAVIMENTO		DIMENSIONES MINIMAS (cm)	
			ENLOSADO	SOLERA DE ASIENTO	A	B
1	PAVIMENTO ASFALTICO ACABADO EN NEGRO SOBRE SAJE DE HORMIGON HIDRAULICO	COCHES Y CAMIONES	RIEGO DE ADHERENCIA Y AGLOMERADO ASFALTICO	HORMIGON HIDRAULICO DE 100 KG. DE CEMENTO	3	30
2	PAVIMENTO ASFALTICO SOBRE MACADAM RECEBADO O SOLERA DE HORMIGÓN	PEATONES	RIEGO DE IMPRIMACION Y AGLOMERADO CON MATERIAS DE COMPOSICION FERRUGINOSA	MACADAM DE PIEDRA CALIZA, RECEBADO Y COMPACTADO	3	12
3	PAVIMENTO ASFALTICO ACABADO EN NEGRO SOBRE TERRENO COMPACTADO	PEATONES	RIEGO DE IMPRIMACION Y AGLOMERADO ASFALTICO	COMPACTACION DE LA CAJA AL 100 % DE SU DENSIDAD PROCTOR	5	-
4	PAVIMENTO DE MACADAM ASFALTICO	PEATONES	RIEGO ASFALTICO DE 2KG DE BETUN Y 20 LITROS DE GRAVILLA DE 5-10	MACADAM DE PIEDRA CALIZA., RECEBADO Y COMPACTADO	1	10



Los acerados o enlosados se componen de una solera de asiento de hormigón hidráulico o arena de miga compactada, una capa de mortero de agarre y un enlosado. Los espesores y materiales se ajustan al uso admitido. Las características se resumen en la siguiente tabla:

### TIPOS DE ENLOSADOS SEGÚN USOS

TIPO	DENOMINACIÓN	USO QUE ADMITE	DESGLOSE DEL PAVIMENTO		DIMENSIONES MINIMAS (cm)	
			ENLOSADO	SOLERA DE ASIENTO	A	B
1	ENLOSADO DE GRANITO SOBRE SOLERA DE HORMIGÓN	PEATONES COCHES Y CAMIONES	LOSAS DE GRANITO DE UNOS 80x80 cm. ASENTADAS CON MORTERO DE CEMENTO	HORMIGON HIDRAULICO DE 100 Kg DE CEMENTO	12	25
2	ENLOSADO DE TERRAZO PULIMENTADO 'IN SITU', SOBRE SOLERA	PEATONES COCHES Y CAMIONES DE PEQUEÑO TONELAJE	LOSAS DE TERRAZO DE 50x50x4 RECIBIDAS DIRECTAMENTE SOBRE LA SOLERA DE HORMIGON Y PULIMENTADA "IN SITU"	HORMIGON HIDRAULICO DE 200 Kg ARMADO CON MALLAZO	4	25
3	ENLOSADO DE PIÑONCILLO LAVADO SOBRE SOLERA DE HORMIGÓN	PEATONES Y ACCIDENTALMENT E VEHICULOS LIGEROS	LOSA DE PIÑONCILLO LAVADO DE 60x40x4, ASENTADA CON MORTERO Y LECHADA DE CEMENTO	HORMIGON HIDRAULICO DE 250 Kg DE CEMENTO	6	25
4	ENLOSADO DE PIEDRA ARTIFICIAL SOBRE SOLERA DE HORMIGÓN	PEATONES	LOSAS DE PIEDRA ARTIFICIAL DE ACABADO RUGOSO BLANCO DE 80x40x5, ASENTADAS CON MORTERO DE CEMENTO	HORMIGON HIDRAULICO DE 250 Kg DE CEMENTO	7	10
5	SOLADO DE LOSAS DE HORMIGÓN	PEATONES	LOSAS DE HORMIGON ARMADAS CON MALLAZO DE 80x40x5, CON JUNTA DE 1 cm, RECIBIDAS CON MORTERO DE CEMENTO	ARENA DE MIGA COMPACTADA	2	10

e) Acabados. Se incluye en esta fase la colocación de luminarias y mobiliario urbano, el ajardinamiento de zonas verdes y plantación en alcorques, y el vallado y solado de zonas deportivas y recreativas, siempre que estas operaciones se encuentren recogidas en el proyecto.

## 7.2 CARACTERÍSTICAS PARTICULARES Y SITUACIONES DE RIESGO

La característica más sobresaliente de este tipo de obras es la gran superficie que ocupan con circulación de abundante maquinaria pesada y un número elevado de operarios. En estas circunstancias, debe examinarse cuidadosamente que el plan de seguridad y salud laboral elaborado por el contratista prevé específicamente la circulación dentro de la obra, tanto de vehículos como de operarios, mediante vías debidamente señalizadas así como la adecuada ubicación de los servicios e instalaciones de obra de forma que se limiten los desplazamientos del personal.

En lo que se refiere a la realización de demoliciones de edificios existentes dentro del ámbito de actuación, es preciso cerciorarse de que el proyecto de ejecución de la demolición contiene el inventario de edificios, materiales de construcción e instalaciones y que se han tenido en cuenta en el presupuesto aquellas características especiales que determinen la necesidad de proceder con precauciones especiales. A título de ejemplo cabe citar la demolición de edificios entre cuyos materiales se encuentren amianto, empleado antiguamente como aislante, placas de fibrocemento, aceites de transformadores, fibroplásticos, etc. Tales materiales requieren la extracción, manipulación y eliminación por medios especiales, con proyectos específicos y autorización de los departamentos medioambientales competentes. La aparición imprevista de este tipo de edificios produce retrasos en la ejecución con pérdidas económicas derivadas.

La urbanización de terrenos se realiza, habitualmente, en zonas colindantes a núcleos urbanos consolidados. Esta ubicación determina problemas específicos originados por la presencia de líneas de servicios preexistentes. En estas circunstancias es necesario comprobar que el proyecto contiene un estudio previo de la situación actual de la parcela que defina y localice la ubicación de estos servicios basándose en datos aportados por las distintas compañías suministradoras implicadas.

A falta de ello el contratista debe haber solicitado esa información y debe tener previsto la realización de los trabajos necesarios para la localización de las canalizaciones. De todas formas, no se garantiza que esto resulte suficiente por lo que el riesgo de producir daños en instalaciones y servicios ajenos es ciertamente elevada. Las consecuencias son igualmente dañosas en el sentido de que hay interrupciones de suministros que en ciertos casos determinan pérdidas económicas cuantiosas. Cuando hay que asegurar este tipo de obras hay que prever la existencia de franquicias en función del volumen de la obra.

La existencia de líneas aéreas de media y alta tensión es también un elemento de riesgo elevado puesto que el empleo de maquinaria que puede alcanzar mucha altura, tal como las excavadoras, puede determinar la formación de arcos voltaicos entre la línea y la máquina con el consiguiente riesgo para el maquinista y el personal que se encuentre en sus alrededores y el deterioro o inutilización total de la máquina. Resulta preceptivo entonces el empleo de maquinaria que cuente con los sistemas adecuados de aislamiento de la cabina.

Otro problema que nace de la proximidad a zonas ya consolidadas es la intrusión de personas ajenas dentro de la obra. Los motivos pueden sintetizarse en cuatro:

- a) La curiosidad. Esta causa afecta por igual a niños y mayores. Los niños pueden sentirse atraídos por los vehículos y la maquinaria, e introducirse con el ánimo de observarla más de cerca. Los mayores pueden sentir la natural curiosidad de conocer qué es lo que va a edificarse en las proximidades de sus domicilios. Tanto en un caso como en otro, pueden producirse accidentes derivados de caídas en zanjas o pozos y atropellos.
- b) El juego. Principalmente afecta a menores que encuentran en estas zonas lugares óptimos para desarrollar juegos tales como el escondite o tirarse por un terraplén. Los efectos son como en el caso anterior.

- c) El hábito. Si la zona era originariamente una vía de acceso o zona de paso a servicios de transporte público o vías de comunicación la gente tiende a intentar mantener esta costumbre.
- d) El dolo. Se agrupa en esta causa tanto la realización de actos vandálicos como el robo de maquinaria y materiales acopiados.
- e) La distracción. No es infrecuente que una persona que no conozca la zona, viendo una calle aparentemente en condiciones de circular, se introduzca en ella y pueda sufrir un accidente.

Para evitar en lo posible estos hechos, la obra debe estar durante toda la ejecución, adecuadamente vallada y señaliza de acuerdo con la normativa, con inspecciones periódicas para verificar su integridad. También debe disponerse de un servicio de vigilancia adecuado para la extensión superficial y realizado por personal especializado.

---

## 8 CARRETERAS

---

### 8.1 DESCRIPCIÓN

La denominación genérica de carretera engloba cualquier infraestructura viaria de comunicación entre núcleos de población, es decir autopistas, autovías y carreteras propiamente dichas.



Con carácter general, una carretera consta de calzada, arcenes y cunetas y, en el caso de que sea de doble vía, de medianera.

Las operaciones relativas a los movimientos de tierra han sido tratadas en capítulos anteriores, a los que nos remitimos.

Un firme es una estructura constituida por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales y de varios centímetros de espesor, de diferentes materiales, adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan en la explanada obtenida por el movimiento de tierras y han de soportar las cargas de tráfico que se aplican en la superficie transmitiéndolas hasta el terreno en magnitud tal que éste las soporte. Esto han de cumplirlo durante un periodo de varios años sin que los deterioros y deformaciones producidas afecten a la seguridad o a la comodidad de los usuarios ni a la propia integridad del firme.

Por todo ello, las funciones de un firme son básicamente tres:

- a) Dar lugar a una superficie de rodadura segura, confortable y de características fijas bajo las cargas periódicas del tráfico a lo largo de un periodo de tiempo lo suficientemente largo (periodo de proyecto) durante el cual solo sería precisa alguna que otra actuación esporádica de mantenimiento.
- b) Soportar las cargas del tráfico previsto a lo largo del período de proyecto y transmitir las presiones verticales producidas por las citadas cargas, de manera que a la explanada sólo lleguen una pequeña fracción de las mismas, compatible con la capacidad de soporte de dicha explanada. Las deformaciones temporales o permanentes que se produzcan tanto en la explanada como en las diferentes capas del firme deberán ser admisibles, considerando la periodicidad de las cargas así como la resistencia a la fatiga de los materiales que la integran.
- c) Servir de protección a la explanada de las incidencias climatológicas, y más concretamente de las precipitaciones, con los efectos que éstas tienen sobre la resistencia al esfuerzo cortante de los suelos.

Por otro lado los firmes deben poseer unas determinadas características superficiales que afectan fundamentalmente a los usuarios, y unas características estructurales que interesan de forma más específica a los técnicos responsables del mantenimiento de los firmes. Entre las características superficiales destacan:

- La resistencia al deslizamiento obtenida a través de una adecuada textura superficial, y que tiene una gran influencia en la seguridad vial.
- La regularidad superficial del pavimento, tanto transversal como longitudinal que afecta fundamentalmente a la comodidad de los usuarios.
- Las propiedades de reflexión de la luz, vitales para el diseño de las instalaciones luminosas y para la conducción nocturna.

- El desagüe superficial rápido y efectivo que sirve de freno al espesor de la película de agua y a las salpicaduras.
- El ruido de rodadura, tanto en el interior de los vehículos como en el exterior.
- El aspecto estético, que afecta básicamente al usuario y al entorno.

La técnica actual cuenta con una gran variedad de firmes que suelen clasificarse en dos grandes grupos: firmes flexibles y firmes rígidos. Los llamados firmes flexibles formados por una serie de capas constituidas por material granular transmiten al suelo las cargas aplicadas en la superficie a través de las citadas capas. El reparto de tensiones que se consigue, es menor que en el caso de los firmes rígidos, por lo que las deformaciones localizadas tienen una magnitud mayor, si bien se recuperan en su mayor parte al cesar la aplicación de la carga. El aumento de las intensidades y cargas de tráfico llevó a partir de 1960 al uso de los denominados firmes semirrígidos los cuales se consiguen dando rigidez a alguna capa del firme flexible mediante tratamientos tales como las estabilizaciones. Generalmente, suelen ser bases estabilizadas con cemento. Los firmes rígidos tienen un pavimento de hormigón y poseen elementos estructurales de gran rigidez, por lo que distribuyen las cargas verticales sobre un área grande y con presiones muy reducidas.

Los pavimentos de Euroadoquín, por su comportamiento estructural se asemejan a los flexibles. Sin embargo, según la mayor o menor rigidez de las capas inferiores se puede conseguir que el comportamiento global del firme se asemeje más a los firmes rígidos o los flexibles, es decir una base de hormigón magro hará que el pavimento de Euroadoquín se asemeje a un firme rígido, mientras que una base granular hará que éste se asemeje a uno más flexible. Aunque los adoquines son elementos de gran rigidez, el hecho de la ausencia de ligantes entre ellos hace que las cargas aplicadas afecten a un número limitado de piezas, por lo que las deformaciones pueden considerarse localizadas. La transmisión de las cargas verticales entre los bloques se realiza por rozamiento a través de una arena fina situada entre las juntas (arena de sellado). Debido a esto, determinados aspectos constructivos, como la separación entre los adoquines o el grado de colmatación de las juntas, afectarán al comportamiento del pavimento.

La composición y características del paquete de firme se establecen en función del tipo de tráfico que se prevé tal como se muestra en las tablas siguientes.

### FIRMES FLEXIBLES PARA TRÁFICO MEDIO

#### TIPO 1

CAPA DEL FIRME	ESPESOR MINIMO (cm).	TIPO
EXPLANADA MEJORADA	VARIABLE	MATERIAL SELECCIONADO
SUB-BASE	10	GRANULAR
BASE	25	GRANULAR
PAVIMENTO		IMPRIMACION
	5	MEZCLA BITUMINOSA

#### TIPO 2

CAPA DEL FIRME	ESPESOR MINIMO (cm).	TIPO
EXPLANADA MEJORADA	VARIABLE	MATERIAL SELECCIONADO
SUB-BASE	10	GRANULAR
BASE	10	GRANULAR
		IMPRIMACION
	10	BITUMINOSA
PAVIMENTO		ADHERENCIA
	5	MEZCLA BITUMINOSA

## FIRMES FLEXIBLES PARA TRÁFICO PESADO

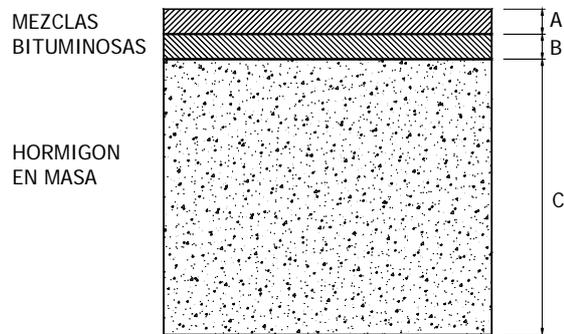
### TIPO 1

<b>CAPA DEL FIRME</b>	<b>ESPESOR MINIMO (cm).</b>	<b>TIPO</b>
EXPLANADA MEJORADA	VARIABLE	MATERIAL SELECCIONADO
SUB-BASE	10	GRANULAR
BASE	15	GRANULAR
PAVIMENTO		IMPRIMACION
	10	MEZCLA BITUMINOSA

### TIPO 2

<b>CAPA DEL FIRME</b>	<b>ESPESOR MINIMO (cm).</b>	<b>TIPO</b>
EXPLANADA MEJORADA	VARIABLE	MATERIAL SELECCIONADO
SUB-BASE	10	GRANULAR
BASE		IMPRIMACION
	10	MEZCLA BITUMINOSA
PAVIMENTO		ADHERENCIA
	10	MEZCLA BITUMINOSA

## FIRMES RÍGIDOS



TRAFICO	DIMENSION MINIMA (cm)		
	A	B	C
LIGERO	3	3	30
MEDIO	3	5	30
PESADO	3	5	40

## 8.2 CARACTERÍSTICAS PARTICULARES Y FACTORES DE RIESGO

Las obras relativas a carreteras pueden agruparse en cuatro categorías, aunque una misma obra, dependiendo de su contenido, puede encuadrarse en más de una de ellas.

### a) Obras de nuevo trazado

Las obras de nuevo trazado son aquellas en las que se genera una nueva vía de circulación por lugares en los que esta no existía. La obra consiste en el trazado del vial, realizando en su caso las explanaciones, desmontes, trincheras y terraplenados o pedraplenados que sean necesarios, zanjeado de conducciones de drenaje, saneamiento y alumbrado, realización del paquete del firme (subbase, base y capa de rodadura), colocación de señalización vertical y horizontal, colocación de báculos y luminarias.



En este tipo de obras adquiere especial relevancia el asunto de las expropiaciones dado que la creación de una nueva vía trae consigo el establecimiento de limitaciones a la propiedad y servidumbres que es necesario incluir en la relación de derechos afectados so pena de que el procedimiento sufra retrasos importantes. En carreteras se establecen las siguientes zonas a contar desde la arista de explanación:

- 1.- una zona de dominio de 8m en autopistas y autovías y de 3m en el resto
- 2.- una zona de servidumbre de 25 m en AP y AV y de 8 m en el resto
- 3.- una zona de afección de 100 m en AP y AV, 50 m en carreteras nacionales y 30 m en el resto

Además, existe una limitación de construcción de 50 m en AP y AV, 25 m en carreteras nacionales y 18 m en el resto a contar desde la arista de calzada.

#### **b) Modificación del trazado existente**

Este tipo de obra es muy similar al anterior con la diferencia de que afecta a secciones de una vía preexistente. Suele consistir en la ampliación de arcenes, cambio en los peraltes, rectificación de curvas aumentando el radio de curvatura y eliminación de cambios de rasante existentes. Pueden incluirse en este apartado la creación de nuevos servicios de saneamiento, drenaje e iluminación.

#### **c) Variantes**

Una variante es un desvío del tráfico de una carretera que discurre a través de un núcleo urbano por una vía que lo circunvala. La ejecución de variantes es asimilable a las obras de nuevo trazado pero con la particularidad de que la proximidad a la zona habitada determina que existan problemas adicionales debidos a la existencia de canalizaciones de servicios y a que las vibraciones producidas por el uso de maquinaria pesada pueden afectar a la integridad de las edificaciones.

#### **d) Mejora de firmes**

La mejora de firmes puede encuadrarse dentro de las tareas de mantenimiento en el sentido de que consiste en la sustitución de un paquete antiguo deteriorado y obsoleto por otro de mayor calidad, todo ello sobre el mismo trazado existente. Cuando dicha mejora afecta a tramos de carretera dentro de un núcleo urbano encontramos los problemas ya comentados respecto al efecto de la vibración sobre las edificaciones.

---

## **9 Puentes y Viaductos**

---

### **9.1 DESCRIPCIÓN**

#### **9.1.1 Problemática general**

El puente ha sido siempre una estructura destinada a salvar obstáculos naturales, como ríos, valles, lagos o brazos de mar, y obstáculos artificiales, como vías férreas o carreteras. De este modo se daba continuidad a un camino y se permitía el tránsito de viajeros y mercancías.

Conceptualmente, un puente es una obra sencilla: una viga sujeta por sus extremos y apoyada o suspendida de una serie de columnas. Desde un punto de vista meramente técnico es probablemente, junto con las presas, la obra más compleja en cuanto a su proyecto y ejecución y la más susceptible de sufrir accidentes durante su construcción. Numerosos factores inciden en este aspecto, la mayoría de los cuales se relacionan con el concepto de “esbeltez” que se define como la relación que existe entre la longitud de una pieza y su espesor. Entre ellos que podemos destacar los siguientes:

- El puente es una obra destinada a sustentar cargas de tipo dinámico. Es por ello que adquieren importancia fenómenos que en otro tipo de estructuras no son tan relevantes, como por ejemplo la resonancia. Las cargas móviles individualmente consideradas provocan en la estructura una vibración; cuando varias cargas móviles actúan simultáneamente, las vibraciones producidas pueden anularse unas a otras o, por el contrario, pueden acompañarse generando una supervibración que colapse la estructura. Este fenómeno era ya conocido en la antigüedad, de modo que el paso de los ejércitos a través de los puentes se hacía rompiendo la formación.

- Cuando la distancia que deben salvar los puentes es grande, el número de pilares debe ser, en principio, elevado. El problema suele ser que los puentes para grandes longitudes tienen como objeto salvar brazos de agua o ríos. Las dificultades inherentes a la ejecución de los apoyos (trabajos sumergidos, ejecución de ataguías para el vaciado del agua, etc.) hacen que su número se limite lo más posible aumentando las luces de los vanos, lo que obliga a emplear soluciones tales como puentes colgantes y atirantados con pilones de gran altura y, por lo tanto, de gran esbeltez con tendencia a vibrar por efecto del viento.
- Las grandes luces hacen que el tablero del puente sufra el “efecto cinta”. Las sobrecargas verticales, particularmente las cargas sísmicas y los ciclos presión-succión del viento generan una vibración que puede colapsar el tablero por lo que requiere su rigidización mediante configuraciones estructurales en cajón que aumenten el canto sin un incremento excesivo del peso.
- En el caso de los viaductos, su objetivo suele ser salvar gargantas de gran profundidad lo que se consigue habitualmente mediante configuraciones en arco cuando la longitud no es excesiva y mediante la técnica del deslizamiento de tramos para longitudes mayores. La construcción de estos puentes requiere la instalación de elementos auxiliares de soporte muy complejos, de gran altura, y en los que se da en toda su extensión el fenómeno del pandeo, pudiendo producirse vuelcos por los elevados momentos que se generan y arruinando la estructura en construcción.

Las obras de puentes pueden clasificarse según diversos criterios. La finalidad prevista y las condiciones locales exigen distintos vanos de unos 20 m hasta 2.000 m, así como pilares entre 2 y 300 m de altura. Además de ello, en la construcción de dichas obras vienen empleándose diferentes materiales o combinaciones de materiales.

## 9.1.2 Clasificación según los materiales empleados

### **Puentes De Mampostería**

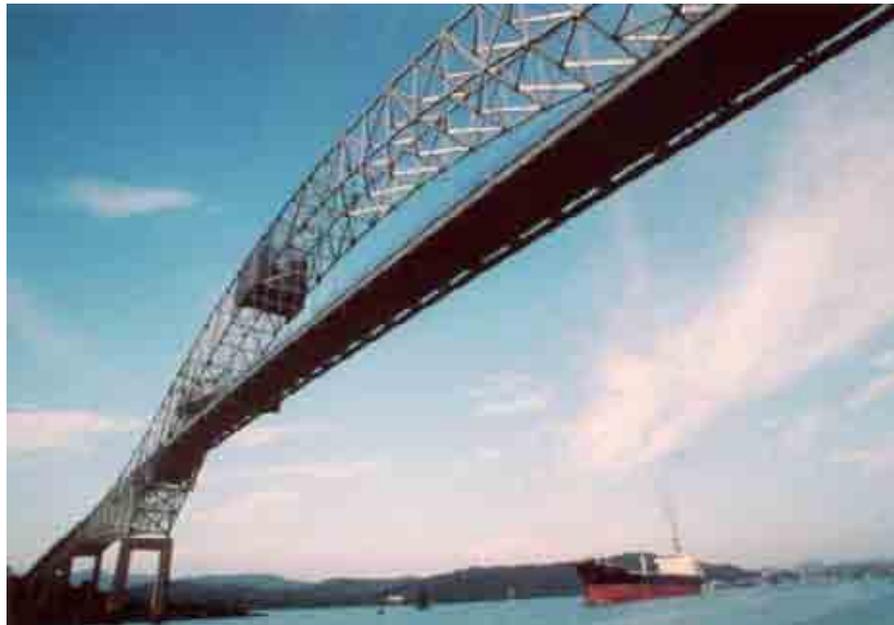
Tienen como estructura fundamental o elemento arquitectónico el arco, apoyado en pilares. Las piezas de que están constituidos estos puentes, denominadas mampuestos, trabajan principalmente a compresión, es decir, las piezas se comprimen unas a otras recíprocamente. Por este motivo, materiales como la piedra, los ladrillos y el hormigón en bloques son los idóneos ya que no soportan esfuerzos de tracción.

Este tipo de puentes tiene una vida útil muy larga: consideremos los numerosos puentes romanos y medievales que han llegado hasta nuestros días. Además precisa de un mantenimiento muy reducido.

### **Puentes Metálicos**

Este tipo de puentes comenzó a desarrollarse a mediados del siglo XIX gracias al desarrollo de la siderurgia. Al principio se utilizó como material de construcción el hierro fundido y el hierro forjado. Ya en el pasado siglo, el acero sustituyó ampliamente al hierro y al hierro fundido utilizados hasta aquel entonces en la construcción de puentes. La ventaja esencial del acero, o sea, su elevada resistencia a la tracción comparada con su peso propio, conllevó un gran cambio redundando en el desarrollo de aceros de alta calidad (p.ej. ST 52 con una resistencia a la tracción de 520 N/mm<sup>2</sup>).

Si el referido material no ostentara una resistencia tan alta a la tracción, sería imposible pensar en la construcción de los modernos puentes de acero, ya se trate de puentes de vigas, de puentes colgantes o de puentes de cables atirantados.



Puente de las Américas. Panamá.

El hecho de que las uniones remachadas fueran sustituidas por otras soldadas constituye otro factor que favorece la evolución de diversas nuevas técnicas de construcción en las obras de puentes de acero, una vez resueltos los problemas planteados durante los trabajos de soldadura, empleándose composiciones de acero más ajustadas a los métodos seguidos.

Al ser el acero un material que soporta muy bien los esfuerzos de flexión, compresión y tracción, los puentes metálicos están constituidos por vigas colocadas en celosía con montantes verticales y cruces de San Andrés.

### **Puentes De Hormigón Armado**

El hormigón armado constituye un material compuesto de hormigón y acero integrado ya sea como acero en redondos o como mallas de acero electrosoldadas.