

Problemática del hormigón en elementos prefabricados (*)

Por ANGEL ZARABOZO GALAN

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

El empleo de elementos prefabricados de hormigón es cada vez mayor en obras públicas y edificación. El presente trabajo — que obtuvo el Premio Halesa 1979 para alumnos de Escuelas de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos — resume las principales características de esta técnica constructiva, materiales, fabricación y empleo.

Cada uno de los períodos en que podemos dividir la evolución de la construcción hasta nuestros días ha estado marcado por métodos de trabajo, creación de nuevas técnicas, materiales mejores y sistemas de producción superiores impuestos por las exigencias y necesidades de cada época. Situándonos en la actualidad de esta historia una de las aportaciones más interesantes se centra en la industrialización de la construcción. Como consecuencia de ello surge la prefabricación, al trasladar al taller parte de las operaciones que se hacían en obra, fabricando en él elementos que, colocados y ensamblados después, acaban por formar la estructura.

En su más amplia acepción, se establece en la Ingeniería de los productos derivados del cemento que la prefabricación "es la resultante de la fabricación previa de los elementos o piezas en serie organizada y cíclica, para que con su montaje y ensamblaje en forma ordenada y continua se obtengan unas estructuras completas o unas unidades funcionales o modulares previamente concebidas, satisfaciendo primordialmente una finalidad económica, de trabajo y de rapidez, así como la necesaria calidad y control estricto de la misma, tendiéndose pues con ello, también, en esta rama de la Ingeniería, a la resolución de la ecuación general planteada: calidad necesaria y economía integral".

El campo de aplicación de los elementos prefabricados ha crecido enormemente al racionalizarse los métodos de fabricación, los equipos, la maquinaria, el transporte y la ejecución en obra,

(*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo, que podrán remitirse a la Redacción de esta Revista, hasta el 30 de noviembre de 1981.

permitiendo tanto la obtención de elementos serie de poco peso, como la de grandes piezas para puentes y toda clase de construcciones.

En el aspecto económico la ventaja es inmensa, puesto que se economiza encofrado, mano de obra y materiales.

1. EL HORMIGON Y LOS ELEMENTOS PREFABRICADOS

La industria de los prefabricados de hormigón tiene su origen en las ideas y realizaciones del jardinero francés Monier que en 1849 conjuntó el hierro con el hormigón dando lugar al nacimiento de un nuevo material, denominado hormigón armado. Pronto se observó que algunos de los elementos integrantes de las construcciones tales como bloques y viguetas podían obtenerse en taller con notables economías.

Se puede establecer una somera clasificación atendiendo al tipo de hormigón utilizado, al método de prefabricación y al destino del prefabricado, y así se podrá utilizar hormigón pesado (obras hidráulicas, contrapesos...), normal (elementos resistentes, piezas mixtas...) u hormigón ligero (piezas aislantes y piezas resistentes). Con relación al tipo de armadura los prefabricados se clasifican en: sin armadura, con armadura, con armadura pretensada y con armadura postensada.

Si consideramos el trabajo o cometido a que están destinados, podemos hacer dos grandes grupos: las piezas resistentes, integrantes de la estructura total o parcial, y otro que engloba las piezas secundarias, necesarias como elementos de limitación de espacio, aunque en algunos casos

deban estar sometidas también a esfuerzos de flexión, fracción o compresión. Existe además un tercer grupo formado por piezas de características mixtas, tales como vigasplacas huecas que son a la vez elementos resistentes y de limitación de espacio.

Los elementos prefabricados presentan una serie de ventajas respecto a los sistemas tradicionales, que pueden sintetizarse en:

1.ª) Facilitan la labor del proyecto, en especial en la resolución de detalles.

2.ª) Mejora de la calidad de los trabajos efectuados mecánicamente en comparación con los manuales.

3.ª) Mejor aprovechamiento de las secciones resistentes: Partiendo de que el hormigón obtenido en fábrica es superior en calidad y de características más homogéneas que el producido *in situ*, los coeficientes de minoración de las resistencias suelen ser menores para éste que para el realizado sin apenas vigilancia ni medios. Por otra parte el hecho de emplear moldes metálicos o de plástico reforzado, de fácil y cómodo manejo permite adoptar las secciones más adecuadas para la forma en que van a trabajar los elementos. De aquí la clara tendencia en prefabricación a las secciones en T, I, U, ó Π , en contraposición en la sección rectangular, tan empleada en la obra tradicional.

4.ª) Facilidad para realizar el control de calidad.

5.ª) Construcción prácticamente independiente y sin problema alguno en la puesta en obra del hormigón, ya que la pieza o edificación se realiza exenta de peligro de cambio repentino y brusco de temperatura, de las heladas, acción solar, etc.

6.ª) Ahorro aproximado de un 20 % en la mano de obra, lo que representa un 10 % en la actualidad del coste total de la obra.

7.ª) Planificación de los trabajos en serie, puesto que su estudio permite una fabricación previa y continua de los elementos y montaje posterior sin solución de continuidad.

8.ª) Aumento general de rendimiento, al no tener que esperar al fraguado de las fases anteriores

9.ª) Movimiento mínimo de materiales y transportes, ya que se realiza estrictamente el de los elementos o piezas que constituyen la obra.

10.ª) Reducción de los fenómenos de retracción y temperatura por la cuidada fabricación de las piezas en factoría, que además tienen lugar antes de la puesta en obra de la pieza.

11.ª) Favorable repercusión en la economía.

12.ª) Se necesitan menos juntas de dilatación que en la construcción tradicional.

13.ª) Se evitan las interrupciones de hormigonado.

14.ª) Posibilita la recuperación de piezas o partes de construcción en ciertos desmontajes.

15.ª) Desaparecen casi totalmente los andamios y encofrados.

En cuanto a los supuestos inconvenientes de este sistema se puede citar:

1.ª) Falta de monolitismo en la construcción, especialmente en zonas sísmicas.

2.ª) Problema en la resolución de las juntas.

3.ª) Hay que sobredimensionar ciertos elementos pensando en posibles posiciones o acciones desfavorables durante el transporte y montaje.

4.ª) El hormigón no es un material idóneo para la prefabricación si se considera el aspecto dimensional, no sólo debido a la retracción y la fluencia, que alteran las dimensiones iniciales de las piezas (aunque en los elementos prefabricados sean menores, y además se consiga que la mayor parte de estas deformaciones se produzcan durante el período de almacenaje), sino también a la dificultad de obtener aristas vivas.

Elementos prefabricados de hormigón. Características y desarrollo

Una de las principales cualidades del hormigón fresco es su carencia de forma, lo cual nos permite moldearlo con las más diferentes morfologías y aspectos; esta conformación del hormigón puede hacerse en los casos más corrientes sin necesidad de medios técnicos extraordinarios, por lo que, a diferencia de lo que ocurre con otros materiales, puede realizarse un moldeo "*in situ*", muchas veces en condiciones técnicas y económicas muy ventajosas.

Por otra parte, la propiedad del hormigón de conservar su forma una vez endurecido, permite el moldeo de las piezas fuera del lugar donde van a ser colocadas.

Esta opción técnica que presenta el hormigón (con sus ventajas e inconvenientes) entre el moldeo previo y el moldeo *in situ*, es esencial desde el punto de vista de la prefabricación.

La prefabricación ha dado lugar, por lo tanto, a dos procesos generales de acción convergente, caracterizado uno porque la fabricación de los elementos se realiza en taller o factoría, y el otro, en la misma obra. El primer método se ha visto favorecido en su desarrollo por la aparición de las técnicas de hormigón ligero y pretensado, que permiten obtener elementos con reducido peso y por lo tanto fácilmente transportables, mientras que el segundo sistema se basa en la reducción de los costes que

PROBLEMATICA DEL HORMIGON EN ELEMENTOS PREFABRICADOS

supone la ejecución de elementos de grandes dimensiones, posibilitada principalmente por la ausencia de transportes.

Cada uno de los referidos métodos es aplicable dentro de un cierto campo bien determinado, resultando la elección tanto de consideraciones de orden técnico o constructivo, como económico.

La factoría o taller constituye una organización compleja, cuyo proyecto exige un meticuloso estudio que comprende desde la preparación de la materia prima, hasta el manejo y carga de los elementos para su transporte a la obra. La obtención de elementos de hormigón de la calidad prevista se consigue en el taller gracias a la organización y métodos de elaboración industrial que pueden aplicarse.

Las ventajas, tanto técnicas como económicas, son muy importantes. Mediante el empleo de áridos perfectamente uniformes y controlables, y la posibilidad de utilizar áridos diferentes en la superficie para mejorar su aspecto, se consiguen importantes ventajas estéticas. La utilización del vibrado, el empleo de la técnica del vacío en combinación con moldes porosos, la fabricación a cubierto y en naves que pueden acondicionarse térmica e higroscópicamente, y la posibilidad de emplear económicamente el curado al vapor, e incluso en autoclave, asegura la mejor calidad resistente, absorbiendo la retracción antes del empleo de las piezas.

Los encofrados, corrientemente metálicos o de hormigón pulido, aseguran una precisión en las dimensiones que no puede alcanzarse en obra, y que incluso puede afinarse aún más, mediante el empleo de pulidoras especiales para rectificar las superficies. Las piezas pueden hacerse con espesores muy reducidos, imposibles de ejecutar en obra, y mediante el moldeo se consigue obtener orificios como los que se requieren para el peso de las armaduras de postesado, sin que haya necesidad de dejar entubación perdida; de igual forma, se pueden dejar anclajes u otros elementos embebidos en la masa. Por otra parte, las restricciones que se pueden imponer a las formas de los encofrados por motivos económicos desaparecen siempre que una prolongada reutilización del molde permita su amortización.

Se había pensado durante mucho tiempo que la prefabricación implicaría grandes economías de construcción, y ello fue el motor de numerosas iniciativas pero se ha tenido que reconocer que exige grandes inversiones (en instalación, mecanización, herramental de taller), cuya amortización obliga a un gran volumen de fabricación y sobre

todo a una repetición del mismo tipo, forma y dimensiones del elemento.

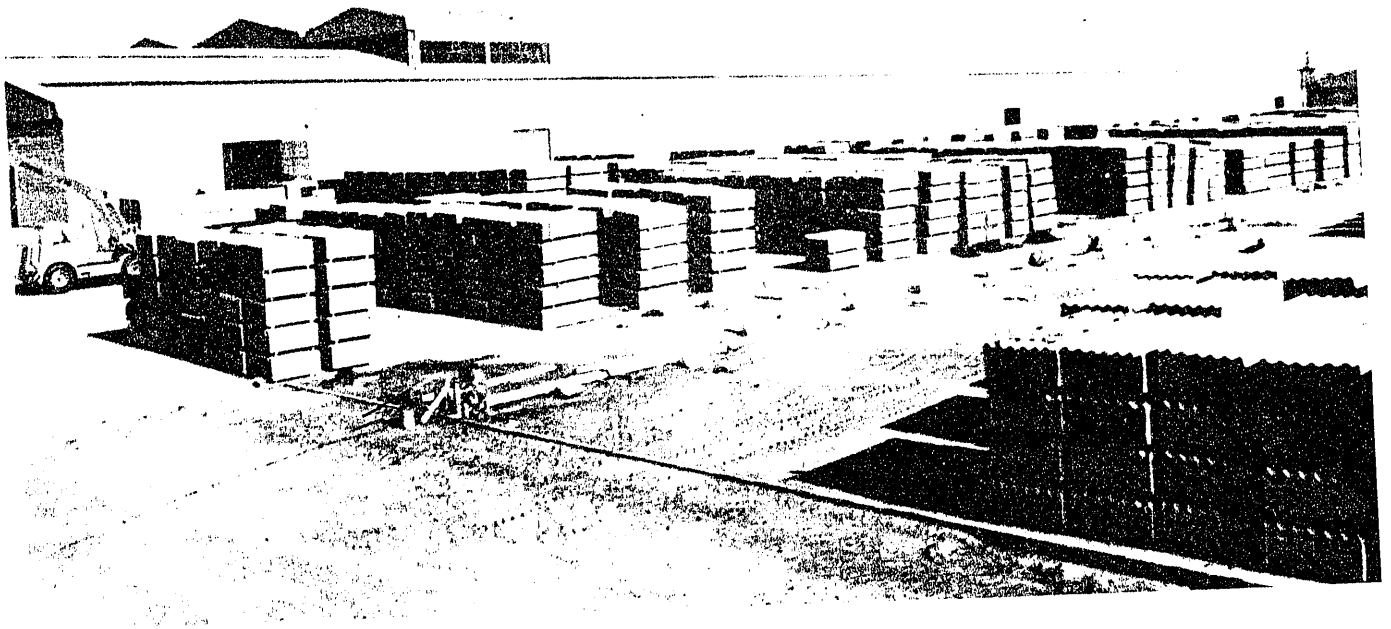
Sin embargo, las ventajas técnicas y económicas que ofrece el trabajo en taller y el ahorro de encofrados, cimbras y andamios que produce en la obra, hacen que se vaya desarrollando cada día más el empleo de grandes elementos fabricados en taller, para trasladarlos después, montarlos y ensamblarlos en obra, análogamente a la que se ha venido haciendo con estructuras de madera o hierro. Las dimensiones de estos elementos solo vienen limitadas por los medios mecánicos de transporte, elevación y puesta en obra de que se disponga.

Como consecuencia de todos estos factores y de la rapidez que puede alcanzarse en la construcción, gracias a la posibilidad de dividir y simultanear las operaciones de fabricación con las de montaje, esta técnica encuentra su principal aplicación en zonas de fuerte desarrollo industrial y técnico, con grandes volúmenes de construcción y con personal facultativo y obrero bien capacitado.

Fácilmente se comprende que la prefabricación no se trata simplemente de un proceso de construcción diferente, sino que toda la estructura ha de ser proyectada y calculada especialmente para esta construcción por elementos prefabricados y posteriormente enlazados entre sí, puesto que su ensamble va a ser causa de una serie de problemas que no existían en las construcciones monolíticas de hormigón armado y pretensado, (asegurar la correspondencia y frontalidad de las entubaciones para el paso de las armaduras, evitar la entrada de mortero en ellas causando su obturación prematura, establecer los alvéolos para los anclajes, la colocación de los gatos para el postesado, etc.) que imponen métodos y formas de montaje que van a influir desde el principio en el diseño del conjunto de la estructura.

Es desde el punto de vista económico, en donde la prefabricación de elementos de hormigón parece la solución más adecuada. Las dimensiones más económicas de las piezas prefabricadas dependen tanto de la facilidad de obtención como de la comodidad de puesta en obra y de las modalidades del transporte, determinadas por la característica de la comarca y del número o serie de piezas.

La prefabricación en taller ofrece muchas ventajas, tanto técnicas como económicas, y permite ejercer un control riguroso y específico, no solo sobre las materias primas sino también durante las diversas fases del proceso de fabricación (dosificación de áridos y cemento, compactación y curado),



aspecto de gran interés cuando se trata de obtener series más o menos extensas de piezas iguales, lo que se logra con reducidas tolerancias en el dimensionado, es decir, con la verdadera precisión de los métodos industriales modernamente establecidos.

Por otra parte la calidad específica del cemento Portland permite obtener elevados coeficientes de resistencia, lo que conjuntamente con la mayor resistencia a la fatiga de los aceros, facilita la fabricación de elementos más ligeros y por lo tanto de mayor manejabilidad y más fácil colocación. El criterio que se sigue es utilizar hormigón de alta calidad y por tanto de elevado coeficiente de trabajo en las piezas resistentes y hormigón ligero de gran resistencia térmica en las piezas de relleno y limitación de espacios.

La prefabricación en obra se ha extendido también, permitiendo un sinfín de aplicaciones desde la fabricación de cubiertas, pisos y elementos estructurales hasta la construcción de puentes y otro tipo de obras públicas.

Contribuye a estos avances la utilización de medios mecánicos para la colocación en obra de las piezas prefabricadas, resultando así que el peso y las dimensiones de las mismas, no están afectados por la limitación que establecían antaño los medios de elevación y transporte de que se disponía.

2. LOS ELEMENTOS DE HORMIGON Y LA PREFABRICACION EN FACTORIA

Sin lugar a dudas el aspecto más característico de la técnica de prefabricación de elementos de hormigón, es el proceso que se desarrolla en una factoría, combinando el cuidado control y ejecución de la pieza con las ventajas de la industrialización y de la automatización.

Presentando unas características definidas y una problemática propia, vamos a exponer a continuación las ideas generales en las que se basa la prefabricación de piezas en taller, con objeto de obtener, a través de su génesis formativa, un conocimiento más completo del producto prefabricado final.

2.1. Ubicación de la factoría.

La ubicación de las fábricas fijas debe determinarse teniendo en cuenta los factores influyentes en la prefabricación, como son principalmente: suministro de cemento, obtención de áridos, distancia a los centros de consumo, etc..., cuyo estudio permite fijar las bases teórico-económicas que determinarán el adecuado y óptimo emplazamiento de la factoría.

La superficie de terreno necesaria para establecer la factoría debe ser suficientemente amplia para

poder instalar las siguientes dependencias:

- Almacén de materias primas.
- Naves de fabricación.
- Almacén de piezas prefabricadas.
- Instalaciones auxiliares.
- Oficinas.

Es condición técnica indispensable que las materias primas deben entrar por un extremo determinado y sin retroceso, interferencias o cruces, seguir todas las fases parciales de fabricación, en forma continua e ininterrumpida, hasta alcanzar en último término, el almacén de salida.

Los almacenes deben ser suficientemente amplios para contener la gran cantidad de piezas prefabricadas, cubriendo así, sin entorpecer la continuidad en la fabricación, el compás de espera necesario para obtener el endurecimiento de las mismas, y al mismo tiempo para poder ejercer el necesario papel de volante de regulación entre la producción y la demanda.

En lo que hace referencia al tipo de hormigón, es necesario, en cada caso, adaptarse a las condiciones locales para la elección de las materias primas destinadas a la confección de los hormigones. Conviene por tanto considerar en primer lugar el aspecto económico, determinado por la distancia a que se encuentren los yacimientos de áridos, antes de determinar características del hormigón que se va a fabricar.

2.2. Granulometría

Excepto algunas fábricas muy especializadas que trabajan con un tipo único de hormigón, lo normal es que se utilicen distintos tipos, lo que dificulta la producción ya que ésta suele hacerse con una única mezcladora, y además se acentúa el problema de almacenamiento de las materias primas. El problema de optimizar la solución, es más de índole financiera que técnica, consistiendo en muchos casos en utilizar varias plantas de mezclado.

No todos los hormigones son apropiados para ser utilizados en fábricas de elementos de hormigón. En primer lugar deben ser hormigones susceptibles de ser puestos en obra y compactados con los medios disponibles para tal fin; además deben alcanzar rápidamente grandes resistencias. En función del producto a realizar y del medio de compactación, hay que elegir adecuadamente el cemento y los áridos.

Las facilidades de control y de producción de mezclas de gran uniformidad y calidad, unidas a una realización del trabajo en condiciones más

favorables, permiten aprovechar las ventajas que ofrece la utilización de hormigones de altas resistencias; con ello es posible realizar elementos de menor peso, lo que supone, por una parte un aligeramiento de la estructura y por otra menores costes de transporte y montaje, además de repercutir favorablemente en la aceleración del curado. Por lo general se trabaja con hormigones de alto contenido de cemento, con objeto de obtener rápidamente resistencias elevadas.

Los hormigones ligeros van imponiéndose a medida que aumenta el nivel tecnológico; a las ventajas derivadas del menor peso hay que añadir las mejores condiciones de aislamiento acústico y térmico, pero sin embargo presentan dificultades como pueden ser un módulo de elasticidad diferente al del hormigón ordinario, dificultades en el curado rápido, susceptibilidad a cambios higroscópicos y coste más elevado, ya que precisan mayor cantidad de cemento y los áridos son más caros.

La dosificación de cemento es elevada, variando entre 300 y 450 Kg/m³, según el tipo de áridos, elemento fabricado y proceso de fabricación. La alimentación suele estar totalmente automatizada y se realiza generalmente por medios neumáticos ó tornillos sin fin.

El número de áridos distintos es superior a tres, generalmente cuatro, aun en el caso de fábricas productoras de una gama única de elementos, siendo el tamaño máximo función de las menores dimensiones de las piezas a fabricar y la forma, la más redondeada posible, con vistas a una mejor impermeabilidad.

Es preciso controlar continuamente la proporción de agua de los áridos para mantener constante la relación agua-cemento, variando la cantidad de agua añadida a la mezcla. La relación agua-cemento suele estar comprendida entre los límites 0,25 y 0,45 ya que por debajo de 0,25 se obtienen mezclas difícilmente trabajables y por encima de 0,45 resultan demasiado fluidas para endurecerlas rápidamente.

La granulometría y dosificado del hormigón dependen en primer lugar de la pieza que se desea construir, influyendo de gran manera la forma geométrica de la pieza y los espacios libres entre armaduras, y entre éstas y la pared de la pieza, factores que determina el tamaño máximo de grano. Para cada tipo de prefabricados, sean resistentes o de relleno y dependiendo del método de compactación y curado utilizado se determina mediante ensayos la composición granulométrica y dosificación óptima en cada caso. La elección de

una granulometría continua o discontinua depende en cierto modo de las características de la pieza y métodos de moldeo y compactación, sin que se puedan dar reglas fijas puesto que debe partirse de una consistencia de hormigón que es distinta para cada pieza y cada sistema de moldeo y compactación, las cuales exigen una manejabilidad de la masa determinada y específica. El tipo de porosidad adoptado en hormigón ligero, depende también de la presencia de armaduras, que deben quedar convenientemente protegidas de la oxidación.

2.3. Los moldes

El molde es un elemento fundamental en los prefabricados de hormigón no sólo por condicionar la forma y alguna de las propiedades de la pieza, sino porque es uno de los principales factores económicos que influyen en el coste de la misma, no debe desenfocarse un elemento hasta que el hormigón sea capaz de resistir, como mínimo su propio peso sin deformarse, y dado que el hormigón adquiere su resistencia muy lentamente, se requerirían varios días de molde y una inmovilización del encofrado).

Originariamente, los encofrados eran de madera, pero paulatinamente, con el aumento del precio de la misma y el de la mano de obra han ido siendo sustituidos por encofrados metálicos, que aunque sean más caros, admiten muchos más usos, y un rápido montaje; solo cuando se han perfeccionado los métodos de compactada que han permitido el moldeo de mezclas más secas, y los de curado acelerado, ha comenzado la verdadera industrialización de los elementos prefabricados, pues el menor tiempo de inmovilización del molde permite ir a moldes más complejos (y más caros), con una mejor amortización unitaria.

Debido al gran desarrollo, variedad y forma de las piezas prefabricadas, así como de sus acabados, las exigencias en los moldes se han incrementado notablemente, de forma que entre los requisitos que deben necesariamente cumplirse, se pueda citar:

- Precisión de forma y dimensiones, y estabilidad de volumen, con el fin de que la pieza moldeada tenga sus medidas dentro de las tolerancias permitidas.
- Facilidad de manejo, y llenado, y que permita una colocación y fijación cómoda de las armaduras e instalaciones, cuando existan.
- Utilización reiterable, sin costes esenciales de mantenimiento.
- Poca adherencia con el hormigón, y fácil limpieza.
- Suficiente resistencia para soportar la presión o

peso del hormigón y los esfuerzos producidos durante la compactación.

— El acortamiento en el hormigón producido por la retracción no debe estar coaccionado y además no deberá dificultar el desmoldeo de la pieza.

— Superficie regular y perfecta, así como suficientemente estancada e impermeable (lo que se facilita reduciendo el número de juntas) para que no pierdan o absorban agua o lechada de cemento, lo cual reduciría el contenido de éste en la masa y las piezas presentarían rebabas.

— Si se trata de elementos postensados, el fondo del molde o encofrado ha de ser lo suficientemente resistente para soportar la carga en sus extremos a que da lugar la contraflecha de la pieza producida por el tensado de los cables.

— Si se trata de elementos pretensados una característica adicional es que al soltar las armaduras, los moldes no sólo no se deterioren sino que permitan los movimientos subsiguientes de las piezas moldeadas.

— Se recomienda un control constante de todos los moldes, especialmente en las piezas intercaladas para la fabricación de oquedades, agujeros, etc. En el aspecto económico debe considerarse que debido a cierres defectuosos o poco prácticos se pierde mucho tiempo en el montaje y desmontaje, especialmente en moldes pequeños lo que incrementa considerablemente el tiempo y ciclo de fabricación.

Como principios generales, el material y la construcción del molde dependen de la calidad de la pieza producida, las dimensiones, forma del molde, el tipo de compactación y curado, el número de veces que va a usarse y el desmoldeo de la pieza.

Los moldes significan, en general, grandes inversiones para las factorías de prefabricados, y por tanto su amortización debe garantizarse con un continuo y prolongado uso. Esto se logra en la práctica mediante un riguroso control, conservación y limpieza de los mismos. Si se provee a los moldes antes de su uso de medios para facilitar el desmoldeo aunque esto signifique una pérdida de tiempo y de productos auxiliares, se ahorran gastos de limpieza y de conservación y los moldes aumentan notablemente su duración.

En la inversión global de la factoría los moldes ocupan una parte importante, y además no se conoce de antemano las características de las piezas que se tendrán que fabricar, por lo que interesan moldes muy versátiles, que permitan fabricar piezas de distintas características geométricas. Alguna de las longitudes es siempre fácilmente variable, como es el caso de las longitudinales mediante topes o separadores, distanciando las

paredes para así aumentar la sección transversal, etc.

Con ayuda de contramoldes (de madera o plástico generalmente), o descomponiendo los moldes en mayor o menor número de piezas, se consigue un mayor campo de variación dimensional; esto no obstante, presenta la desventaja de necesitar más cantidad de mano de obra para el montaje, y presentar mayor número de juntas, lo que puede repercutir desfavorablemente en el aspecto de las piezas.

Para conseguir una mejor utilización de los moldes se emplean a veces aceleradores de fraguado, pero su uso y dosificación debe ser estrechamente vigilada en fábrica, al objeto de determinar su eficacia y su posible influencia en las características del elemento.

2.4. Compactación

El método de compactación más corrientemente utilizado consiste en someter al hormigón dentro del molde a una compresión y vibrado simultáneos, o a una centrifugación.

La vibración permite introducir rápidos impactos u oscilaciones en la masa del hormigón, que de esta forma sufre una compactación, rellenando los huecos y facilitando la extensión de la masa en el molde. Las características (frecuencia y amplitud) de la vibración y la forma en que se transmite a la masa del hormigón dependen de cada elemento en particular. El vibrado en fábricas fijas, permite en general la utilización de una relación agua/cemento óptima.

Al objeto de simplificar y aumentar la duración de los equipos mecánicos, se tiende a utilizar la vibración rotacional, obteniéndose buenos resultados en la mayoría de los casos, puesto que el efecto pared resulta prácticamente amortiguado, y no se produce segregación. También es frecuente la vibración longitudinal.

El procedimiento de compactación utilizado generalmente en la fabricación de elementos huecos es la centrifugación, que consiste en la compresión y compactación del hormigón fresco vertido en el interior de un molde giratorio contra la cara interna del molde, por efecto de la fuerza centrífuga. Por este método se fabrican principalmente tubos, aunque también se emplea para la fabricación de postes, bordillos, losetes, y otro tipo de productos. Se consigue un hormigón denso, resistente al desgaste y a la acción de los agentes exteriores, y por lo general proporciona productos de mayor calidad que los obtenidos por vibrocompresión; sin

embargo no pueden desmoldarse tan rápidamente como los vibrocomprimidos y es una producción más delicada.

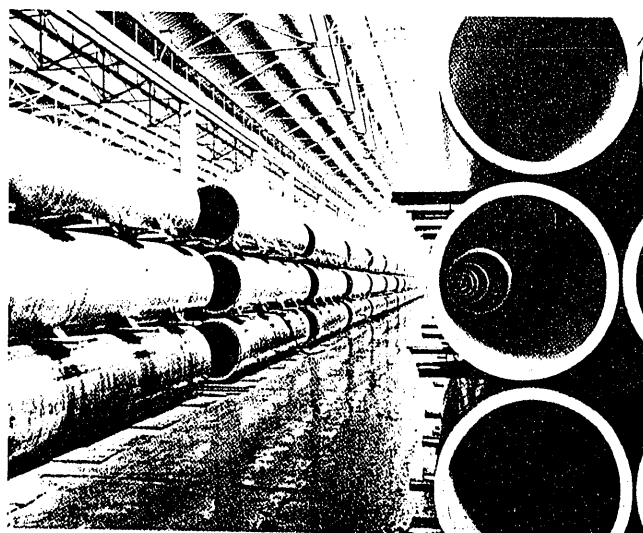
Dado que los moldes son caros y no se puede desmoldar nada más terminar la centrifugación, se suele mantener el material dentro de una funda o contramolde, más barato que el molde, con lo que éste puede reutilizarse inmediatamente.

La centrifugación no permite utilizar la relación agua/cemento mínima u óptima, sino que es preciso añadir una cantidad de agua adicional, con el fin de obtener la ductilidad necesaria para el fin que se persigue.

Se tiende a la utilización de altas velocidades angulares al objeto de lograr una mejor compactación al aumentar la aceleración centrífuga, permitiéndose así mezclas más consistentes, o relaciones agua/cemento bajas.

2.5. Endurecimiento acelerado

En la prefabricación de productos derivados del cemento que se realiza en factorías y también en la que, en bastantes casos, se realiza a pie de obra, es de interés acelerar el proceso de fraguado y endurecimiento del hormigón, si se consideran una serie de factores técnicos y económicos: la necesidad de utilizar nuevamente moldes, bandejas, etc. tan pronto como sea posible, o la reducción de los necesarios para una producción determinada; no depender de las condiciones climáticas desfavorables; el poder entregar rápidamente al mercado los productos terminados; control de fabricación más estricto en orden al fraguado y endurecimiento de las piezas y reducir las grandes superficies o espacios necesarios para el almacenamiento de las piezas, lo cual



permite dedicar una menor inversión de primer establecimiento de la factoría. Aparte existe otro factor netamente económico que es la posibilidad de reducción de los stocks de piezas, con la consiguiente disminución del capital inmovilizado.

En los métodos de fabricación industrializada el procedimiento más adecuado es el tratamiento térmico; lo que se pretende con el tratamiento térmico es una activación de la velocidad de fraguado, y en ningún caso debe tolerarse una evaporación del agua de la pieza, pues puede ser perjudicial para su resistencia.

El tratamiento térmico puede realizarse de varias formas, (vapor atmosférico, vapor húmedo a presión, circulación de agua o aceite en tubos, inmersión en agua o aceites, o por caldeo de los materiales, moldes o factoría). La elección de una u otra es un problema básicamente económico, ya que los resultados finales son prácticamente los mismos en todos ellos. Hay unos costes fijos, como es el coste de la instalación y otros variables, función del número de elementos fabricados, como son el coste de la energía y de la mano de obra, la conservación de la instalación y el desgaste de los moldes por el tratamiento térmico.

El curado puede definirse como el tratamiento a que debe someterse el hormigón fresco para que una vez endurecido, presente cualidades óptimas bajo todos los aspectos, confiriéndole además el suficiente grado de resistencia inicial en breve plazo, que le faculte para la pronta aplicación de las cargas. Mediante el curado se retarda el desarrollo de la retracción hasta que el hormigón presenta resistencia suficiente para soportar las tensiones creadas, que desaparecen merced al proceso de fluencia.

Mediante curado al vapor se obtienen a las 8 horas resistencias alrededor del 80 % de la resistencia a los 28 días; se disminuye así el número de moldes necesarios para la fabricación, al mismo tiempo que se posibilita la pronta entrega de las piezas.

Los diversos sistemas, dependiendo del dimensionado y configuración de las piezas, conducen todos ellos al mismo efecto: acelerar las reacciones que se producen en la pasta de cemento mediante una elevación de la temperatura, producida en ambiente húmedo. (Típicamente 65 a 85° C durante un período de unas 8 horas).

En los casos de curado mediante vapor atmosférico, o por vapor húmedo a presión, que son los más utilizados, caben dos tipos de instalaciones.

a) El tratamiento se realiza en combinación con los moldes sin traslado de los mismos.

b) El tratamiento se realiza en cámaras especiales, cerradas, a donde se llevan los elementos.

La primera solución es la más indicada en el caso de grandes elementos, y la segunda prácticamente solo se usa en el caso de prefabricación en cadena o por laminación continua.

Otro tipo de tratamiento que se está imponiendo rápidamente en el curado del hormigón por calefacción eléctrica, procedimiento de tratamiento térmico, en que en virtud del efecto Joule se produce una aportación de calor en el interior de la masa de hormigón, que se trasmite radialmente desde cada una de las barras de la armadura, que actúan así como electrodos. Este procedimiento presenta una notable eficacia en el curado de elementos de hormigón pretensado puesto que la calefacción interna facilita y acelera la formación de una envoltura del hormigón endurecido alrededor de los hilos de la armadura, lo que permite cortarlas y desmoldear a las 8 ó 10 horas de aplicar la calefacción eléctrica. A su gran facilidad de manejo, limpieza, y reducidos gastos de instalación, une las ventajas de coste de la energía industrial, ya que como el tratamiento se realiza normalmente por la noche, permite utilizar una corriente de menor precio.

Cualquiera que sea la disposición que se adopte de las distintas en uso en la aplicación del vapor al endurecimiento acelerado, es de señalar que no está exenta de incidentes que pueden determinar, en caso de producirse, la destrucción de las piezas.

2.6. Desmoldeo

Por razones económicas interesa desencofrar las piezas lo más rápidamente posible, puesto que así se pueden reutilizar los moldes, y realizar el mismo número de piezas con menor cantidad de ellos, con lo que se disminuye la inversión inicial.

El desencofrado no puede realizarse hasta que la pieza moldeada sea capaz, como mínimo, de conservar una forma por sí misma, y si además hay que trasladarla hasta un lugar de almacenamiento, debe resistir las sollicitaciones que se originan por su propio peso y en el momento del desencofrado sin deformaciones ni sufrir deterioros. De un modo general puede señalarse unos plazos de desencofrado de 2 ó 3 días si no se utiliza acelerante, 1 ó 2 días con acelerante, y unas 16 ó 20 horas si se somete la pieza a tratamiento térmico; como recomendación práctica, en el momento de desmoldear, la pieza debe haber alcanzado al menos una resistencia del 50 % de la resistencia a los 28 días.

La principal fuerza que se opone al desencofrado es la adherencia entre el hormigón y el molde; en esta adherencia, el principal factor que influye es el acabado superficial del molde, y un buen desencofrante puede reducirla apreciablemente, pero nunca anularla. Al estudiar la pieza y el molde hay que tener presente el desencofrado, ya que estos tres factores están profundamente relacionados. Las formas de desencofrado más usuales son:

- Desencofrado por vuelco, que es el método más eficaz; es rápido y facilita el transporte de las piezas, pero no siempre puede realizarse; se suele utilizar en el caso de elementos superficiales fabricados horizontalmente.
- Desmoldeo por abatimiento de los costeros, en caso de grandes elementos.
- Desmoldeo directo, que es el caso en que la forma de la pieza permite extraerla sin necesidad de desmontar el molde, o se usa funda interna o contramolde.

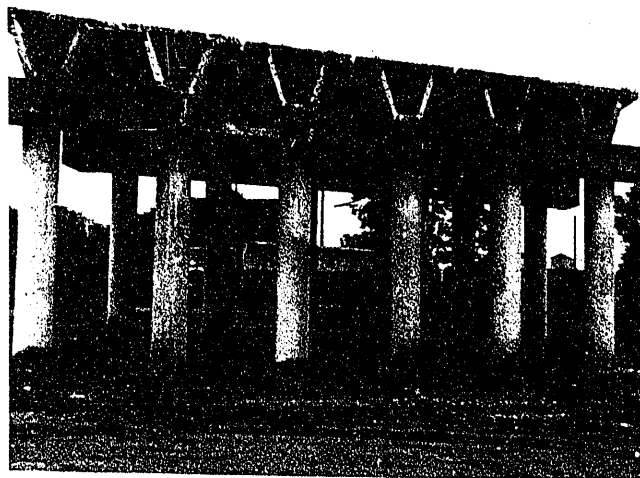
En algunos procesos de producción muy especializados, como las máquinas que moldean por laminación, o cuando se utiliza un molde exterior perdido se elimina el proceso de desencofrado.

Desde el punto de vista de resistencia de la pieza, interesa el mayor tiempo de moldeo posible, ya que un desencofrado rápido produce un hormigón deformable, con una pérdida inicial de resistencia; no obstante, la deformación cede rápidamente, y la pérdida de resistencia se recupera en parte.

2.7. Influencia de la geometría de los elementos en la prefabricación

Dado que la geometría de los elementos tiene gran influencia sobre las condiciones de fabricación, para decidirse por una forma determinada es preciso considerar todos los factores económicos y funcionales que intervienen en los procesos de fabricación, transporte, montaje y servicio. Se pueden citar como normas generales las siguientes:

- Evitar los bordes especiales y ángulos agudos.
- Evitar las aristas vivas por su mayor facilidad de fractura; en todo caso, hay que protegerlas durante el transporte.
- No es recomendable en el caso de vigas la sección rectangular, puesto que con secciones en I, T, V. o U se consigue un mejor aprovechamiento de hormigón y armaduras.
- Cuando el desmoldeo se realiza por vuelco, interesa que el ancho esté proporcionado con el alto ($h \leq 30a$).
- En el caso de nervios, para facilitar el



desencofrado las caras interiores deben tener una pendiente mínima de 1:15.

— Los distintos elementos constitutivos de un conjunto deben ser de peso análogo para aprovechar al máximo los medios de elevación.

— En cuanto a la constitución, es preferible la homogénea por ser la más favorable para la mecanización, aunque las capas múltiples pueden hacerse fácilmente en el caso de moldes horizontales.

Con objeto de reducir peso es muy aconsejable en las piezas preabricadas la realización de huecos interiores. Aunque la resistencia final de los elementos pudiera permitir un espesor de paredes muy pequeño, no hay que olvidar que por razones de aislamiento y protección de armaduras, hay que conservar unos espesores mínimos.

Si los huecos se realizan utilizando encofrados internos, hay que distinguir dos posibilidades; si la pieza es grande, y el hueco es visitable, puede hacerse un hormigonado por fases; sin embargo, en el caso de pequeños huecos puede ser ventajoso un encofrado perdido, que interesa entonces sea lo más barato posible (cartón, madera, etc.). Los encofrados perdidos presentan dos problemas fundamentales: su fijación mediante anclajes para evitar que floten al verter el hormigón, y que deben disponer de unos drenajes que permitan la evacuación del agua durante el curado, ya que en caso contrario aparecerían tensiones internas que pueden fisurar la pieza. Cuando se utiliza encofrado recuperable, el más corriente consiste en tubos de caucho hinchados que se suelen recubrir de papel y engrasar para facilitar su retirada; también son frecuentes los metálicos que se pliegan, o con disposición telescópica.

Si las piezas tienen bordes con algún relieve especial, para facilitar la reutilización de los moldes se suele recurrir a contramoldes, más baratos.

2.8. Tratamiento de superficies

En la mayoría de las ocasiones interesa conseguir unos elementos con una superficie tal que pueden ponerse en obra sin posteriores tratamientos de acabado. En el caso de tabiques y forjados basta con que las caras vistas sean lo suficientemente lisas como para poder pintar o empapelar directamente sobre ellas; sin embargo en los paramentos exteriores de los paneles de paredes de fachada, generalmente se requiere un acabado especial.

Según la forma de ejecución existen varias posibilidades:

— Superficies obtenidas con el molde empleado a modo de troquel, que es la forma más eficaz, pues se simplifica en gran manera la producción. En el caso en que ambas caras sean lisas se va a moldes verticales, y si hay alguna que necesite tratamiento especial, la pieza suele moldearse horizontalmente, con la cara vista en la parte inferior.

— Superficies acabadas mediante tratamiento mecánico, que suele ser un alisado cuando se realiza sobre hormigón húmedo, o un lavado si se trata de hormigón seco.

— Tratamiento químico: de impermeabilización a base de silicónas de endurecimiento de superficies a base de fluoratos, etc.

— Pintado y recubrimiento: son menos frecuentes, y su misión es meramente impermeabilizante o estética.

2.9. Pruebas y ensayos de piezas en factoría.

El control de la producción permite obtener una visión de conjunto de la verdadera situación de los resultados técnicos, así como de los defectos y sus causas. En lo que atañe al alcance del control, no debe limitarse al ensayo de los productos acabados, sino que ha de empezar ya al seleccionar las materias primas, tanto los áridos como los conglomerantes, aceros, aditivos, agua, etc. Deben elegirse muestras señaladas en el estudio estadístico de la producción, si bien conviene a menudo realizar ensayos con aquellas probetas que pudieran estar situadas en el límite inferior de la calidad considerada, con el fin de averiguar el margen de dispersión existente hacia la gama de valores bajos.

Por lo general, los controles que se adoptan en cualquier factoría de prefabricación, por pequeña que sea, son:

— Controles periódicos de recepción de materias primas.

— Controles diarios de productos semielaborados (resistencias y características de los hormigones).

— Controles periódicos de productos acabados

(comprobaciones dimensionales de flechas, acortamientos, coeficientes de seguridad, etc.).

— Control de prototipos en fase de estudio.

En el proceso de hormigonado debe llevarse, como es lógico, un riguroso control de la producción realizando continuamente ensayos de los áridos y comprobando su humedad; también es preciso tomar probetas en el momento de la puesta en obra del hormigón, siendo conveniente compactarlas de igual manera que el elemento en proceso de fabricación. La rotura de las probetas se realiza a distintas edades para comprobar el sucesivo aumento de resistencia, y hay que señalar que aunque el elemento se fabrique y desmoldee en el corto plazo de unas horas, deben romperse probetas a los 8 y 28 días para determinar la resistencia final del hormigón. Todo ello se realiza con vistas a estudiar de forma continuada las mejoras a introducir en la composición granulométrica, dosificación y tratamiento de las piezas.

3. MANIPULACION DE LAS PIEZAS

En fábrica, las piezas experimentan una serie de manipulaciones que corresponden a los procesos de:

— Desmoldeo.

— Transporte a la zona de almacenamiento.

— Apilado.

— Carga en el medio de transporte hasta la obra.

Además en algunas ocasiones aparecen otros tipos, como pueden ser:

— El transporte y depósito de las piezas en la zona de curado.

— El transporte de las piezas hasta una zona de acabado, donde puede tener lugar un repaso de la pieza y/o un acabado superficial.

— La práctica de agrupar productos de tamaño pequeño o medio, antes de su apilado, o mejor, inmediatamente después del desmoldeo, formando unidades de transporte.

Todas estas operaciones encarecen en gran manera el proceso de ejecución de las piezas, de tal forma, que en el caso de pequeños productos, las manipulaciones cuestan más que la fabricación misma, por lo que es conveniente mecanizarlos.

Como reglas generales se podrían dar las siguientes:

— No es conveniente realizar la manipulación de las piezas acabadas con los mismos métodos que el transporte del hormigón fresco.

— Con objeto de reducir inversiones y evitar manipulaciones intermedias es interesante realizar la totalidad de los movimientos de las piezas prefabricadas (desmoldeo, apilado, transporte y carga), con el mismo medio de transporte.

— Cada vez hay mayor tendencia a formar, con diversas piezas, unidades de transporte (ej. jaulas metálicas, contenedores, etc.) con lo cual no sólo se evitan manipulaciones, sino que se reducen los riesgos de rotura.

— Debe evitarse remover y cambiar de sitio las piezas, por lo que es muy interesante llevar un riguroso control del almacén, en el que se hayan previsto de antemano la totalidad de los movimientos de la pieza.

— Suele recomendarse transportar las piezas en la misma posición en que serán usadas, por lo que en el caso de los paneles de pared fabricados en molde horizontal no basculante, al desencofrar, hay que girar la pieza 90 grados.

— En el transporte de las piezas, el gancho de sujeción debe estar en la vertical del centro de gravedad de la pieza, y por encima de él, siendo tanto más estable el conjunto cuanto mayor es la distancia entre ambos.

Otra posibilidad de transporte consiste en el uso de jaulas rígidas en las que se introducen las piezas; pero de esta forma, se dificulta la carga y descarga.

3.1. Almacenado

Una vez desmoldeadas las piezas, es preciso retirarlas de la zona de fabricación y almacenarlas antes de su expedición. Este almacenado es necesario por dos razones fundamentales:

— Por razones de resistencia, ya que las piezas no deben utilizarse hasta que hayan alcanzado, como mínimo, su resistencia nominal (resistencia característica del hormigón a los 28 días), y debido al desmoldeo rápido, las piezas salen del molde con una fracción de su resistencia total que hace preciso un período de estabilización.

— Por razón de tipo organizativo, debido a los distintos ritmos de fabricación, transporte y comercialización de los productos.

La zona destinada a almacenaje debe situarse cerca de la nave de fabricación, y por otra parte ha de estar enlazada con las vías de comunicación por las que se expedirán las piezas. Otro factor decisivo son los medios de transporte desde la nave de fabricación al almacén, ya que si son de tipo rígido (ej. puente grúa), la posición del almacén y sus dimensiones quedan limitadas por el área servida por dichos medios de transporte.

La extensión del almacén debe fijarse atendiendo principalmente a los siguientes factores:

a) La forma comercial de producción de la factoría, y la regularidad de la demanda (es muy distinto si se fabrica para stock, o por encargo).

b) El volumen de producción medio de la fábrica; se suele dimensionar el almacén de forma que tenga capacidad suficiente para dar cabida a las piezas fabricadas durante un cierto número de jornadas.

c) La naturaleza de las piezas fabricadas, pues conviene almacenar juntas las piezas del mismo tipo, algunas, por su forma, no se pueden apilar, y además conviene que queden almacenadas en la misma posición que ocuparán posteriormente.

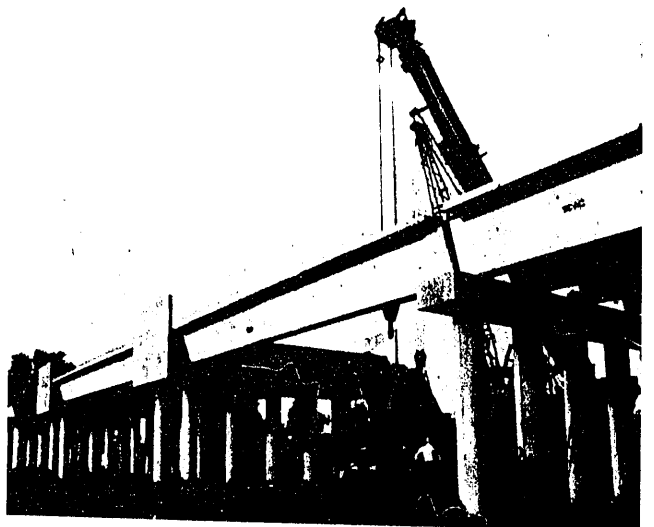
d) La maquinaria de transporte y apilado, pues por ejemplo, cuando apoya en el suelo, necesitará pasillos para su circulación.

Es fundamental llevar un control de las existencias en almacén, señalando la posición que ocupa en él cada partida de piezas y su fecha de fabricación.

3.2. Transporte

Un problema característico de la industria de la prefabricación de elementos de hormigón es el que presenta el transporte y montaje de las piezas, hasta tal punto que se ha dicho que los límites de esta industria no los fija la producción de las piezas, sino su manipulación.

Con objeto de reducir el número de uniones, y el de manipulaciones a realizar con las piezas durante la fabricación, transporte y montaje, se va cada vez a piezas de mayores dimensiones; así por ejemplo,



la prefabricación de elementos para viviendas a base de pilares y vigas ha dado paso a la de paneles, y se perfila como una tendencia cada vez más firme, el empleo de células tridimensionales.

Los principales problemas aparecen durante el transporte de las piezas desde la fábrica a la obra, y estos problemas están originados mucho más por los gálibos tolerados, que por el peso de las piezas. El fabricar los elementos en planta fija tiene pues un tope, que es el que impone las limitaciones de transporte; sin embargo, cuando se moldean las piezas en el suelo, junto a la posición que ocuparán en la obra montada, es el factor peso el que influye en las dimensiones, en función de la maquinaria de elevación disponible.

La transportabilidad de las piezas depende de distintos factores, entre los que podríamos señalar, unos inherentes a la pieza, como son sus dimensiones, forma, peso, y otros consecuencia de las vías de comunicación y los vehículos de transporte.

El proyecto de las piezas fabricadas en factoría debe hacerse teniendo en cuenta los medios de transporte que se usarán, obteniéndose el máximo aprovechamiento cuando el peso de las piezas es un divisor de la carga admisible del vehículo.

Las piezas de tamaño pequeño o medio pueden transportarse con medios convencionales; sin embargo, los elementos de grandes dimensiones, requieren plataformas de transporte especialmente diseñadas. Como regla general, las piezas deben transportarse en la misma posición que posteriormente ocuparán en obra, con lo cual no sólo se facilita la carga y descarga, sino que se hace trabajar a las piezas de la forma más idónea. Sin embargo, limitaciones de gálibo, o para conseguir un buen aprovechamiento de la capacidad del medio de transporte, pueden hacer necesario colocarlas de otro modo.

Es fundamental conseguir un buen asiento de las piezas, evitando que durante el transporte se produzca cualquier movimiento de las mismas, que puede originar roturas. Si las piezas tienen algún tratamiento especial en los bordes, se transportan con elementos de protección, que se retiran durante el montaje. En algún caso conviene rigidizarlas durante el transporte, como ocurre en los pórticos, que generalmente necesitan arriostramientos entre los pies, o en láminas superficiales, que han de rigidizarse transversalmente.

Como consecuencia, una de las hipótesis que debe considerarse para el dimensionamiento es la de transporte y montaje, debiendo realizarse éstos,

de forma que las sollicitaciones en la pieza no sean mayores de las previstas. Durante esta fase pueden aparecer efectos dinámicos, que obligan a utilizar en algún caso, coeficientes de impacto entre 2 y 2,5.

3.3. Montaje de los elementos

Existe una gran variedad de máquinas que pueden realizar la elevación y el montaje de los elementos prefabricados, debiendo llevarse a cabo la elección atendiendo a distintos puntos, entre los que destacan:

- El número de elementos.
- Las características de los elementos (dimensiones, peso, tipo).
- La altura de la obra.
- La disposición en planta.

Un punto importante a considerar es la posibilidad de utilizar en una misma obra varias máquinas de diferentes características, solución que puede ser interesante cuando hay elementos de pesos muy distintos. La maquinaria tipo grúa es la más utilizada, reservándose los pórticos y los mástiles, para grandes cargas y pequeño número de elementos. En el montaje de elementos especiales se han utilizado gatos hidráulicos (grandes cargas, con pequeños recorridos), o gatos mecánicos deslizantes que suben con los bloques.

Para realizar el montaje, en la mayoría de los casos, la maquinaria de elevación debe ayudarse de unos balancines o poleas, cuyas características dependen de las piezas a elevar, y que se interponen entre el gancho de elevación y la pieza. Su misión es convertir la carga puntual que actúa en el gancho en una serie de cargas aplicadas en distintos puntos de la pieza, elegidos de forma que las sollicitaciones que se produzcan sean aceptables, y que esté asegurada la estabilidad durante la elevación. Aún en los casos de piezas muy ligeras, es necesario colocar como mínimo dos cables entre ésta y el gancho, ya que con un sólo cable, no se evita el balanceo.

Las piezas no deben soltarse de la maquinaria de elevación hasta que se haya asegurado su estabilidad, y como normalmente no todas las piezas son autoestables, sino que la estabilidad se consigue unas veces por el apoyo mutuo de las piezas, y otras por el hormigonado o soldadura de las juntas, es necesario un arriostramiento provisional de los elementos para poder liberar la maquinaria de elevación, que se consigue mediante puntales rígidos que trabajan tanto a tracción como a compresión, y en algún caso mediante vientos (cables a tracción).

En el montaje de las piezas hay que conseguir la máxima precisión, no sólo porque una falta de alineación puede ser estéticamente deplorable, sino también porque puede introducir solicitaciones perjudiciales, comprometiendo, incluso, la estabilidad de la estructura; en todo caso, una pieza mal colocada, dificulta, e incluso puede impedir la colocación de las piezas que deban montarse posteriormente.

Sin embargo, por la falta de precisión de la maquinaria, el peso de los elementos a montar, el interés de realizar el montaje lo más rápidamente posible, e incluso, variaciones en las dimensiones de las piezas, nunca será posible conseguir una exactitud extrema en la colocación.

Esta incidencia debe ser tenida en cuenta en el proyecto de los elementos, fijando unas tolerancias de montaje, que serán función normalmente del tipo de pieza, y de la clase de estructura.

4. APLICACIONES DE LOS ELEMENTOS PREFABRICADOS DE HORMIGON

El campo de aplicación de los prefabricados ha crecido enormemente al racionalizarse los métodos de producción, los equipos, la maquinaria, el montaje y la erección en obra, permitiendo tanto la obtención de elementos en serie de poco peso con tolerancias reducidas, como la de grandes piezas para puentes y toda clase de construcciones.

La enumeración de las aplicaciones actuales de los elementos prefabricados de hormigón sería tarea interminable dado el ritmo creciente al que se desarrolla su utilización en muy diferentes áreas, tanto de la Arquitectura, como de la Ingeniería.

El empleo de prefabricados de hormigón ha experimentado un incremento muy elevado en los últimos años tanto en la construcción urbana como en las edificaciones industriales, incremento que se ha visto favorecido por la aparición del pretensado y postensado, que permiten cierta reducción en el peso propio de los grandes elementos resistentes.

En el campo de la edificación pueden utilizarse en gran escala como elementos constructivos, ornamentales, resistentes y auxiliares. Destacan por su volumen de utilización las piezas de forma, elementos de hormigón de dimensiones y tolerancias determinadas, que se obtienen en máquinas moldeadoras; comprende piezas tales como ladrillos huecos o macizos para tabiques, bloques huecos, conductos de humos, dovelas para túneles, bloques curvados para silos y pozos, conductos

para cables subterráneos, cunetas, bordillos, losetas para pavimentos, piezas para la formación de viguetas armadas, y muchas otras.

Los bloques huecos de hormigón, derivados del ladrillo de arcilla cocida, permiten, por su aumento de tamaño respecto a estos últimos, el disponer de espacios huecos que al tiempo que contribuyen a disminuir el peso, mejoran las características aislantes, tanto acústicas como térmicas e higrométricas.

Las viguetas de hormigón armado o pretensado constituyen los más importantes elementos resistentes que integran un piso o forjado, y comportan por lo tanto una responsabilidad mayor que otros tipos de prefabricados, principalmente de hormigón en masa.

Los forjados y placas integradas por piezas prefabricadas de hormigón armado, constituyen elementos constructivos que una vez montados permiten el cierre de un espacio mediante planos horizontales; los paneles son los elementos verticales de limitación de espacio más característicos, y en ellos se observa la tendencia de utilizar también el hormigón ligero por sus propiedades aislantes, principalmente en los muros al exterior, en que ambos paramentos están constituidos por prefabricados de hormigón ligero como encofrado perdido, y el espacio vacío entre paramentos y encofrados está destinado a contener el muro resistente, constituido por hormigón normal o armado.

En la edificación industrial los prefabricados de hormigón avanzan un gran paso, equiparándose a la construcción metálica mediante la materialización en piezas de hormigón armado o pretensado de vigas de alma llena, estructuras reticuladas (cerchas y celosías), vigas en arco, pórticos rígidos y aligerados, y todo tipo de elementos resistentes a la flexión que habían sido hasta entonces característicos de las estructuras metálicas.

Como consecuencia de la aparición de los elementos prefabricados se ha producido un cambio radical en la técnica de la construcción, transformándose los métodos tradicionales en un verdadero trabajo de montaje caracterizado por el acoplamiento de elementos constructivos que llegan a la obra con el dimensionamiento preciso.

En Ingeniería Civil, el dominio por excelencia de los prefabricados lo ocupa el hormigonado de las dovelas de los túneles y de grandes puentes, en cuya fabricación cada dovela suele constituir en la factoría el encofrado de la siguiente con el fin de conseguir un acuerdo lo más perfecto posible entre ellas.

El empleo de tuberías prefabricadas de hormigón se está extendiendo también de forma progresiva, no solamente en la conducción y distribución de aguas potables, alimentación de servicios industriales, riegos, etc., sino a redes de alcantarillado, desagües y vertidos industriales, puesto que el posible peligro que representaría el ataque del hormigón por las aguas residuales, se limita mediante dosificaciones adecuadas o adoptando medidas de protección. En algunos casos de tubos de gran diámetro, han sido construidos a pie de obra.

En obras marítimas como malecones, diques, o rompeolas, se utilizan bloques prefabricados de hasta 400 toneladas de peso (los más característicos con forma de tetrápodos), y múltiples tipos de piezas destinadas a encofrado perdido, cajones flotantes, pilotes, para cuya construcción, cuando van a estar sumergidos, se emplea cemento puzolánico, o de Zumaya.

Existe otra gran cantidad de posibles usos, como por ejemplo pilotes prefabricados de hormigón armado y pretensado para cimentaciones, elementos para canales de riego (cuya fabricación se realiza mediante moldes invertidos, y en donde el hormigón pretensado ha eliminado un inconveniente tan grave como constituía la falta de estanqueidad de las juntas), y un largo etcétera cuya enumeración sería exhaustiva.

El constante progreso de la técnica ha permitido por otra parte que el hormigón haya ido reemplazando a otros materiales en una serie de campos tales como postes, tejas, traviesas, etc. debido a los menores gastos de conservación, renovación y mantenimiento que necesita. Los postes de hormigón armado o pretensado no necesitan prácticamente conservación, por lo que han desplazado

rápidamente al acero en la construcción de torres para grandes líneas de transporte. Puesto que la construcción pretensada presenta un reducido peso, facilita también el transporte por terreno accidentado.

En los ferrocarriles las traviesas de madera han sido sustituidas por traviesas de hormigón, de las que se utilizan varios tipos; la mayoría de ellos se ejecutan con hormigón precomprimido, y algunas, mediante la aplicación de métodos de postensado.

Tanto desde el punto de vista económico como resistente, presentan grandes ventajas las tejas de hormigón prefabricado frente a los elementos cerámicos; su elaboración es más ventajosa al necesitar menos espacio para la fabricación, y eliminar el proceso de cocción, y merced a la elevada compacidad que se consigue con los actuales procedimientos de fabricación; la resistencia mecánica y a la helada de los elementos de hormigón, son también muy superiores.

Otros campos en los que se están imponiendo los prefabricados de hormigón, son como material de pavimentación y revestimiento (mosaicos, terrazos), y en la señalización, protección, pavimentación e iluminación vial.

En general, las posibilidades de los elementos prefabricados de hormigón son muy elevadas, y su campo de aplicación está desarrollándose continuamente. En todo caso, hay que tener siempre presente que para poder obtener la máxima productividad, es esencial que se establezcan para los prefabricados unas normalizaciones, y como consecuencia unas tipificaciones para cada grupo, no sólo para determinar los cuadros de fabricación, sino para que su uso y empleo en la obra específica de que se trate, resulte lo más fácil y económico posible.