



ASOCIACION
ARGENTINA del
HORMIGON
ELABORADO



2



**HORMIGÓN
ARQUITECTÓNICO**

Criterios Básicos

**Encofrados para un
Proyecto de H°Arq°**



Criterios básicos - Encofrados para un proyecto de Hormigón Arquitectónico (H°Arq°)

1. INTRODUCCIÓN

En todo proyecto con estructura de Hormigón moldeada en el lugar, el encofrado es determinante. Tanto para conformar la geometría de la pieza como para, junto con otros elementos que conforman el sistema de encofrado (puntales, torres, vigas, puentes, etc.), soportar el peso del Hormigón Elaborado (H°E°) en estado fresco y transferirlo a las fundaciones o al suelo hasta que el hormigón vertido adquiera la resistencia suficiente para soportar los esfuerzos calculados para las diferentes etapas constructivas y posteriormente en servicio.

En el caso de aquellas estructuras de hormigón visto o arquitectónico (H°Arq°), es decir que no serán tratadas (revocadas, enduídas, revestidas, etc.), los encofrados adquieren una mayor influencia, fundamentalmente para lograr el acabado superficial deseado y la geometría perfecta de la pieza.

Un Hormigón Elaborado (H°E°) de características adecuadas al proyecto, provisto por un asociado de la AAHE o empresas con certificación ISO 9001-2015, moldeado en un encofrado que NO tenga las características adecuadas al proyecto tiene altas probabilidades de resultar en un Hormigón a la Vista o Arquitectónico que NO alcance las expectativas del proyecto.

Por el impacto en el resultado de un proyecto de H°Arq°, los encofrados requieren un asesoramiento profesional. Esta gestión profesional deberá acompañar todas las etapas del rubro: Selección – Diseño – Montaje – Desmolde, siendo crítica la selección y el diseño del sistema de encofrado y del desencofrante/desmoldante adecuado. Esta intervención profesional además de aumentar la probabilidad de obtener un producto de calidad, seguramente va a maximizar la economía final al

evitar re-trabajos o la aparición de tareas no previstas como maquillados u otros tratamientos superficiales.

Cuando se elige una solución inadecuada y/o el encofrado está mal especificado, diseñado, ejecutado o inclusive desencofrado, aumentan las probabilidades de sufrir grandes frustraciones en cuanto a su aspecto, sobre-costos económicos, problemas técnicos que comprometan la función arquitectónica, su desempeño y la durabilidad durante la vida útil de la construcción. Lo dicho puede llevar a requerir trabajos para mejorar el acabado por gran cantidad de imperfecciones, “nidos de abeja”, geometrías deformadas, fisuraciones, falta de recubrimiento de armaduras, etc.

Por lo expuesto, se recomienda para aumentar la probabilidad de alcanzar **un nivel satisfactorio del proyecto de hormigón arquitectónico**, contar con el asesoramiento de un consultor especialista en el tema y/o la asistencia técnica del proveedor del sistema de encofrado. El mismo debe incluir la selección, diseño, cálculo, evaluación de costo y posterior ejecución, montaje, desmoldado y reutilización, si el proyecto lo requiere. El disponer de soporte técnico, proporcionará no sólo mayores probabilidades de satisfacción con su proyecto, si no también ganancias tanto en productividad (costos) como en racionalización de materiales y recursos tanto al proyectista como al constructor y al propietario.

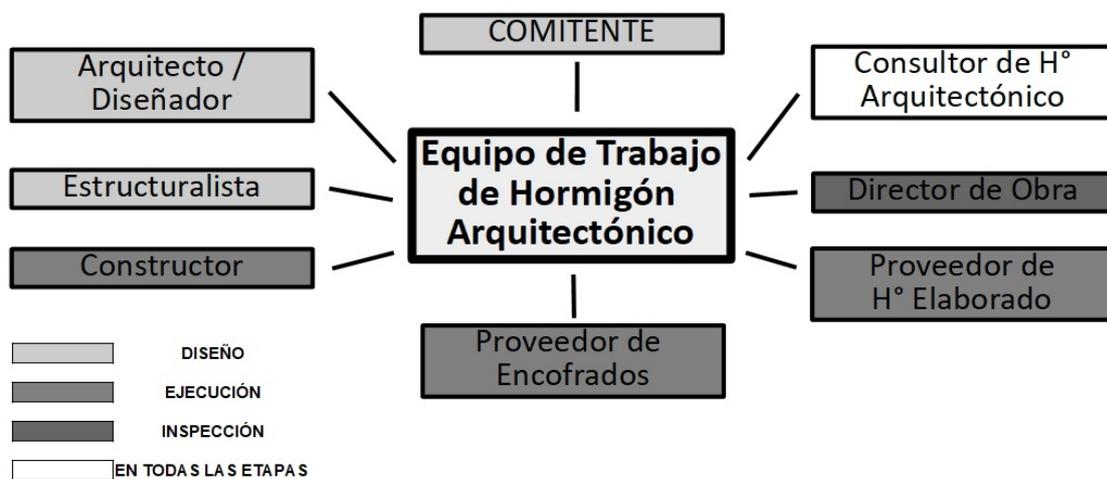
Aconsejamos tener en cuenta que todas las etapas que componen la obra, desde su proyecto hasta el desencofrado pasando por la selección de materiales, sistemas y aditivos, el hormigonado, el vibrado, el curado, etc., son igualmente importantes para la consecución del resultado buscado.

Ya desde la etapa de proyecto, y con el soporte del Consultor de H°Arq° deberán definirse las propiedades de resistencia, forma y acabado que se pretende obtener, el modo de evaluarlas objetivamente en obra, los márgenes de tolerancia que se considerarán y las alternativas de solución ante la aparición de defectos superficiales o de acabado que pudieran ocurrir, ya sea por problemas de ejecución, vibrado,

materiales, etc. (según grado de exposición, distancia de observación o tamaño/porcentaje de tales defectos).

Como parte de una iniciativa de la AAHE que tiene por objetivo principal la difusión y el uso del Hormigón Arquitectónico (H°Arq°), este documento pretende enfatizar la organización y coordinación necesarias para poder obtener los mejores resultados.

Sugerimos el siguiente esquema de equipo de trabajo, intentando describir la coexistencia/interacción de participantes con conocimiento y experiencia sobre las variables más relevantes, que influyen en el resultado final en un proyecto con Hormigón Arquitectónico.



Pudiendo, dentro de este esquema, un mismo profesional o persona cubrir más de uno de los roles de experto en el tema.

Comitente: Dueño o desarrollador del proyecto.

Diseñador: Arquitecto o profesional encargado del diseño.

Estructuralista: Ingeniero calculista o profesional responsable o a cargo del cálculo estructural.

Constructor: Empresa constructora que incluye los roles de Jefe de Obra o Contratista.

Proveedor de Encofrados: Empresa proveedora de sistemas o componentes y sus elementos accesorios, como desencofrantes.

Proveedor de H° Elaborado: Empresa a cargo del suministro del H° E° categoría Arquitectónico, preferentemente miembro de la AAHE.

Director de Obra: Profesional a cargo de la Dirección de Obra o Inspección, rol muchas veces compartido con el de Proyectista.

Consultor de H° Arquitectónico: Profesional especialista para brindar consultoría/asesoramiento técnico en todas las etapas del proyecto. Este rol muchas

veces es cubierto por algún profesional del estudio de arquitectura/proyectista/dirección de obra.

Para reducir la brecha entre lo esperado y lo alcanzado en un proyecto con H°Arq°, compartimos algunas recomendaciones que surgieron como determinantes en las entrevistas hechas a arquitectos, diseñadores, proveedores de sistemas de encofrados, constructores, contratistas y dueños.

2. FUNCIONES DE UN ENCOFRADO EN UN PROYECTO DE HORMIGÓN ARQUITECTÓNICO

En un proyecto de Hormigón Visto o Arquitectónico (H°Arq°), el sistema de encofrado debe asegurar en la etapa del hormigón en estado fresco:

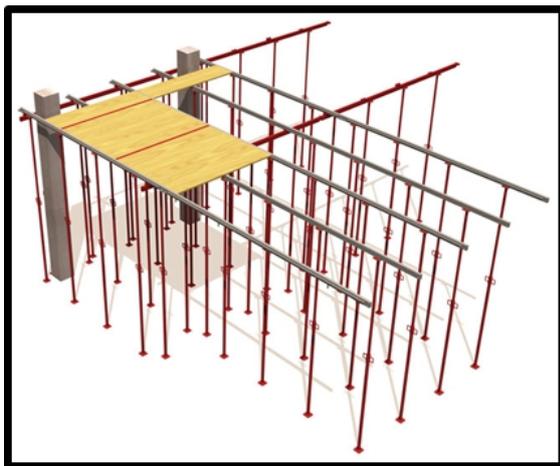
- 1) Poder ser llenado con facilidad con el Hormigón Elaborado, respetando la consistencia (asentamiento) definida en el diseño.
- 2) Soportar las cargas de llenado con Hormigón Elaborado (H°E°), trasladando los esfuerzos hasta nivel del suelo, en forma estable y sin deformaciones superiores a los límites establecidos en su diseño para las diferentes condiciones ambientales (temperatura, viento, nieve, lluvia, etc.).
Para calcular su peso se debe tener en cuenta:
 - a. El peso propio, en Hormigón convencional.
 - b. Peso propio sumado a la carga dinámica, en Hormigones Autocompactantes.
- 3) Nula absorción de agua del H°Arq° en las áreas de contacto de ambos.
- 4) Contener al H°Arq° en forma estanca, sin permitir fugas de lechada o mortero por hendijas o encuentros durante el llenado, vibrado y permanencia hasta alcanzar el estado endurecido.
- 5) Contener y asegurar durante el hormigonado los elementos de instalaciones eléctricas, domóticas, hidráulicas y cualquier otra que deba quedar alojada en las piezas moldeadas con H°Arq°.

Alcanzado el estado de H°Arq° Joven o Endurecido, el encofrado debe asegurar un fácil desencofrado, permitiendo:

- a) La secuencia productiva óptima
- b) Mínimo esfuerzo y vibraciones, de forma tal que se preserven las marcas de ese encofrado y aspecto superficial en todas las piezas moldeadas, según la apariencia superficial buscada por el diseñador y el cliente
- c) Fácil acometida a las cajas de accesos de las instalaciones que fueran alojadas en las piezas de Hormigón Arquitectónico

3. SISTEMAS DE ENCOFRADOS

Los encofrados pueden ser auto soportables o bien pueden requerir puntales, vigas, torres, puntales y soleras para soportar el peso del hormigón en estado fresco y joven, trasladando el mismo hasta el nivel de fundaciones o del suelo, conformando en este segundo caso un sistema de encofrados.



El diseño del encofrado, además de la geometría de la pieza a moldear, también debe contemplar el cálculo de los esfuerzos a los que estarán sometidas las distintas piezas que conforman el sistema de encofrados y fundamentalmente las deformaciones que se generarán con el sistema tanto en la etapa de llenado como en la etapa de H° Fresco o Joven.

Es importante tener en cuenta al momento del llenado los esfuerzos por vibrado en hormigones fluidos, **así como las cargas dinámicas en el caso de llenado con H° Autocompactantes.**

Los sistemas de encofrados, en base a los materiales empleados, podrán ser de:

- Madera
- Metálicos
- Plásticos (reforzados con fibras o sin reforzar)
- Mixtos

ENCOFRADO EN UN PROYECTO DE HORMIGÓN VISTO O ARQUITECTÓNICO

Cubiertas las generalidades en cuanto a sus dimensiones y deformaciones, resulta importante clasificar las alternativas más empleadas actualmente en el mercado, en base a la superficie en contacto con el H°E° a verter.

A. Contacto directo con la superficie del material del encofrado

En esta categoría sub-clasificamos las superficies, de acuerdo al tipo de material.

En este tipo de solución los agentes desmoldantes juegan un importante rol para asegurar la calidad de las superficies, para lo cual es necesario que el consultor especialista en Hormigón Arquitectónico y/o el asesor técnico del proveedor del desencofrante evalúen el tipo de encofrado, la temperatura ambiente al momento del colado, el sistema constructivo, las dimensiones y posiciones de las piezas y algunas de las características del H°E° a colar (consistencia, contenido de aire, tipo de cemento y aditivos).

Madera

Ampliamente utilizada por su versatilidad, bajo peso, en general fácil manejo en obra sin equipos especiales y con una inversión inicial baja, tanto si se emplean tablas individuales o tableros.

Si se toman los cuidados adecuados, se destaca la posibilidad de reutilización de las maderas, abaratando los costos de la obra.

El diseño debe contemplar la disposición de los diferentes componentes del encofrado de acuerdo a las cualidades del proyecto.

La disposición de los encofrados durante la ejecución de los muros o estructuras en H°Arq° deben ser pensadas para conseguir la calidad final requerida, no sólo en lo que se refiere a la calidad técnica, sino también, plástica. En diversas obras es habitual encontrar el encofrado de los laterales de vigas, dispuesto en el sentido horizontal de la madera, pero nada impide que el arquitecto/proyectista determine diferentes patrones. Sin embargo, no debe olvidarse considerar la exposición de las superficies a la intemperie, ya que el agua de lluvia tiende a escurrir por las grietas del diseño de los moldes.

1. Tablas

Las especies más usadas en nuestro mercado son variedades de pino (saligna, elliotis, paraná, etc.).

Pueden ser tablas (cepilladas o no, machimbradas o no).

Una de las ventajas del empleo de madera es aprovechar los nudos de las mismas o bien en caso de preferir un acabado más liso se recomienda cepillar las mismas a una cara, tres o las cuatro caras y de esto dependerán, además de la superficie, las juntas entre tabla y tabla.

El empleo de la madera sea cepillada o no, machimbrada o no, junto a la forma en que se dispone permite que el encofrado integre la expresión del H°Arq° y del proyecto como un todo.

2. Tableros

Presentan una óptima adaptabilidad a las formas en general, permitiendo acabados más uniformes y lisos.

En el mercado argentino se comercializan tableros individuales y enmarcados en bastidores metálicos, conformando los denominados paneles o módulos.

Los mencionados tableros pueden ser de:

- a. Residuos reciclados de madera
- b. Tableros laminados, también llamados fenólicos (conformados por varias láminas de maderas adheridas con una resina fenólica, y prensadas altas temperaturas -200°C-. Las láminas de madera pueden ser de alguna variedad de pino o eucalipto).

- c. Tableros aglomerados (ídem al “b”, solo que en lugar de láminas son partículas de maderas unidas en dos capas delgadas y luego en una gruesa, todas prensadas a altas temperatura)
- d. Tableros de fibra de madera o MDF (ídem al “b”, solo que en lugar de láminas son fibras de madera unidas todas entre si y prensadas a alta presión y temperatura).

Al igual que cualquier encofrado para una estructura de Hormigón convencional, luego de realizar el análisis de las cargas a las que estarán sometidos los tableros se definirán los espesores, de forma tal que soporten los esfuerzos además de acotar sus deformaciones dentro de los límites establecidos.

En el caso particular del empleo de tableros de madera en proyectos de H°Arq°, tiene gran impacto si la cara del tablero en contacto con el Hormigón Elaborado se encuentra:

- a) Sin revestir
- b) Revestida la cara prevista a estar en contacto con el H°E° fresco o ambas caras y sellados los cuatro cantos.
 - a. Revestida con film de plástico
 - b. Revestida con polímero

Normalmente, el estar revestido (y de no estarlo, que sea de primer uso o no), además de influir en la durabilidad de los tableros (según la cantidad de usos) en el caso del Hormigón a la Vista tiene también impacto en el diferente grado de absorción de humedad del encofrado, presentando **la mayor tasa de absorción** si están sin revestir, **mediana absorción** los revestidos con film de plástico, **baja absorción** los revestidos con melamina y **nula** los revestidos con plástico.

Esta condición debe ser evaluada y definirse el tratamiento adecuado a la calidad de acabado superficial antes del llenado del encofrado con el H°E° (preparación previa) y definir el tipo de desencofrante/desmoldante, la cantidad y forma de aplicación o el empleo de film absorbente o lámina.

Metálicos

Presentan óptimos beneficios si se comparan con los de madera, ya que permiten un reaprovechamiento total, una mayor resistencia y una mayor rapidez en el montaje. Proporcionan texturas lisas y se recomiendan para grandes obras permitiendo una mejor productividad en el proceso constructivo.

Los mismos podrán ser de:

1. Acero
2. Aluminio

Plásticos reforzados con fibra de vidrio

Altamente usados tanto en columnas como en losas nervuradas o casetonadas.

Agradecemos los aportes técnicos y comentarios efectuados a estas recomendaciones a las siguientes empresas de encofrados:

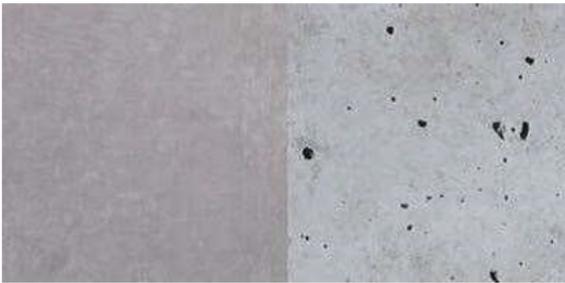
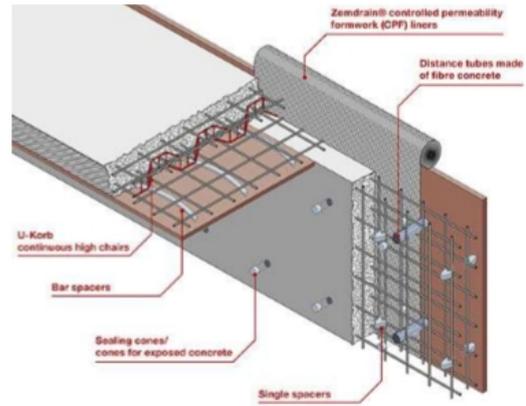
- Peri www.peri.com
- Sinis www.sinis.com.ar

B. Revestidos con lámina entre la superficie del material del encofrado y el H°E°

1. Láminas de permeabilidad controlada (Controlled Permeability Formwork)

Las mismas cuentan con poros de alta calidad para asegurar permeabilidad del agua y del aire, perfectamente distribuidos, con lo cual se asegura.

- a) Baja presencia de burbujas superficiales
- b) Baja relación a/c en el hormigón de recubrimiento, lo cual implica mayor resistencia y durabilidad.



2. Con revestimiento interior de plástico o caucho (Formliners)

Permite texturas mediante la inserción de un negativo. Los desmoldantes en la mayoría de los casos son parte del kit de productos para esta solución.



A continuación, les presentamos algunas páginas de proveedores de láminas y formliners:

- LHV Formliner www.lhvformliner
- FullConcrete www.fullconcrete.com.ar

4. DESMOLDANTES EN UN PROYECTO DE H°ARQ°

En el caso del contacto directo del Hormigón Elaborado con la superficie del encofrado, la selección adecuada del desmoldante o desencofrante es de gran importancia a la hora de asegurar una superficie de calidad.

Para la selección del tipo de desencofrante a emplear deben considerarse por los menos las siguientes variables (listado según grado de impacto de mayor a menor)

- 1) Tipo de superficie del encofrado en contacto con el H°E° (material).
- 2) Aditivos empleados en el H°E°.
- 3) Tipo de geometría de la pieza.
- 4) Temperaturas al momento de colado del H°E°.

En el adjunto de ejecución, tener en cuenta el punto referido a las recomendaciones para las aplicaciones de los desencofrantes/desmoldantes.

A modo de ayuda, siguen las páginas web de las empresas productoras de aditivos para hormigón, asociadas a la AAHE, que en su mayoría comercializan desencofrantes:

- GCP www.gcpat.com
- Legatec www.legatec.com.ar
- Mapei www.mapei.com.ar
- Protex www.protexargentina.com
- Sika www.sika.com.ar