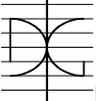


SUPERFICIES DE HORMIGÓN ARQUITECTÓNICO ENCOFRADAS IN SITU

Cariñena Díaz, Jaime

Julio 2014

Autor / Author: Cariñena Díaz, Jaime	Fecha / Date: 03/07/2014
Título / Title Superficies de hormigón arquitectónico encofradas in situ	
Director del trabajo: Julián Alcalá González	Nº páginas / Pages: 170
Departamento / Departament:  INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN Y PROYECTOS DE INGENIERÍA CIVIL	
Universidad / University: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA	
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	
Palabras clave / Keywords: Hormigón arquitectónico, acabado superficial, superficies de hormigón, tratamientos superficiales	



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Superficies de hormigón arquitectónico **encofradas in situ**

1. Síntesis del documento
 - 1.1. Objetivos generales del documento
 - 1.2. Estructura
 - 1.3. Índice



1. Síntesis del documento

1.1. Objetivos generales del documento

Este documento trata sobre el hormigón visto, es decir la parte estética del hormigón arquitectónico. Las cualidades resistentes y de durabilidad del hormigón han sido ampliamente estudiadas, y junto a otras cualidades, han hecho que este material se convierta en indispensable para la construcción actual. Además de estas cualidades el hormigón puede constituir, en si mismo, un material arquitectónico, ofreciendo obras de calidad, sin necesidad de ser recubierto.

Conseguir obras de hormigón con cualidades estéticas no es tarea sencilla. Se deben tener en cuenta muchos factores para conseguir unas superficies de calidad. Comparándolo con otros materiales es difícil de conseguir, y complicado de reparar los defectos. Pero a favor suyo tenemos un material con una durabilidad enorme y con unos costes de mantenimiento extremadamente bajos.

Se distinguen dos tipos de obras de hormigón arquitectónico, las prefabricadas y las realizadas in situ. El presente trabajo se centra en las obras in situ, dejando el prefabricado aparte. Tampoco se tratan las soleras, por considerarse que, aun siendo hormigón visto, requieren un tratamiento diferenciado. En las soleras el aspecto estético debe ser tratado junto a la resistencia a la rodadura, desgaste, reflexión, impacto y otros factores.

Por lo tanto los objetivos generales de este trabajo son:

- Redactar un documento que sea de utilidad a todo aquel proyectista o constructor que opte por el hormigón visto como material para su obra realizada in situ.
- Recopilar información existente sobre los parámetros que afectan al hormigón visto, así como la técnica existente para la realización de estas obras, con sus diversas variantes.
- Hacer un estudio sobre algunas obras, extrayendo de ellas una serie de conclusiones útiles para realizar obras posteriores.
- Servir como punto de partida para comenzar otros estudios sobre temas relacionados con el hormigón arquitectónico.

1.2. Estructura

Este trabajo tiene tres bloques:

- En el primero se hace un estudio del arte. Se trata de una recopilación de información existente, tanto en biografías, artículos de investigación, documentación técnica, etc.
- En el segundo bloque se realiza un análisis de distintas obras ejecutadas. La finalidad es sacar conclusiones que sean útiles para la realización de obras posteriores. No se trata de una búsqueda de defectos, sino en hacer que los aciertos y los errores de obras ya ejecutadas nos sirva para el futuro.
- En el tercer bloque se hace una síntesis de las conclusiones obtenidas. Con el fin de darle utilidad al documento se definen una serie de líneas buscando la claridad, de forma que el lector pueda consultarlas de forma clara. Teniendo siempre el resto del documento para ampliar información. En este apartado



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



también se establecen posibles líneas futuras de investigación y ampliación de este trabajo.

Se hace también una lista ordenada de referencias bibliográficas, para poder conocer el material que ha servido de base para la búsqueda de información.

1.3. Índice

- Bloque I: Estado del Arte
- Bloque II: Estudio de obras ejecutadas
- Bloque III: Conclusiones generales y directrices para estudios de ampliación
- Bloque IV: Bibliografía

BLOQUE I: Estado del arte

Introducción

1. Hormigones ordinarios vistos
2. Hormigón con cemento blanco
3. Hormigón pigmentado
4. Hormigón traslúcido
5. Hormigón con Tratamiento Posterior al Fraguado
 - 5.1. Hormigón Pintado
 - 5.2. Hormigón con tratamientos superficiales y texturas
6. Materiales
 - 6.1. Cementos
 - 6.2. Áridos
 - 6.3. Aditivos
 - 6.4. pigmentos
 - 6.5. Criterios de dosificación
7. Encofrado
 - 7.1. Condicionantes básicos del encofrado
 - 7.2. Materiales
 - 7.3. Juntas de encofrado
 - 7.4. Encofrados con formas especiales
 - 7.5. Encofrados flexibles
8. Puesta en obra y compactación.
9. Desencofrado
10. Curado
11. Defectos superficiales
12. Proyecto y especificaciones de control de calidad
 - 12.1. El control de calidad en el hormigón arquitectónico. Tratamiento en distintos países
 - 12.2. El proyecto de una obra de hormigón arquitectónico
 - 12.3. Control de procesos
13. Superficies de prueba
14. Influencia del punto de vista del observador



Introducción

El hormigón armado es en la actualidad uno de los materiales más comunes en el mundo de la construcción. En estado fresco ofrece una amplia gama de posibilidades de diseño, ya que adopta la forma del molde en que se vierte. Y tras el fraguado y endurecimiento se garantiza la resistencia mecánica y durabilidad solicitadas, que mantendrá durante la vida útil del elemento, si se ha diseñado y elaborado con cuidado y calidad. Es común el empleo del hormigón armado en las estructuras, que quedan revestidas o cubiertas por otros materiales de acabado.

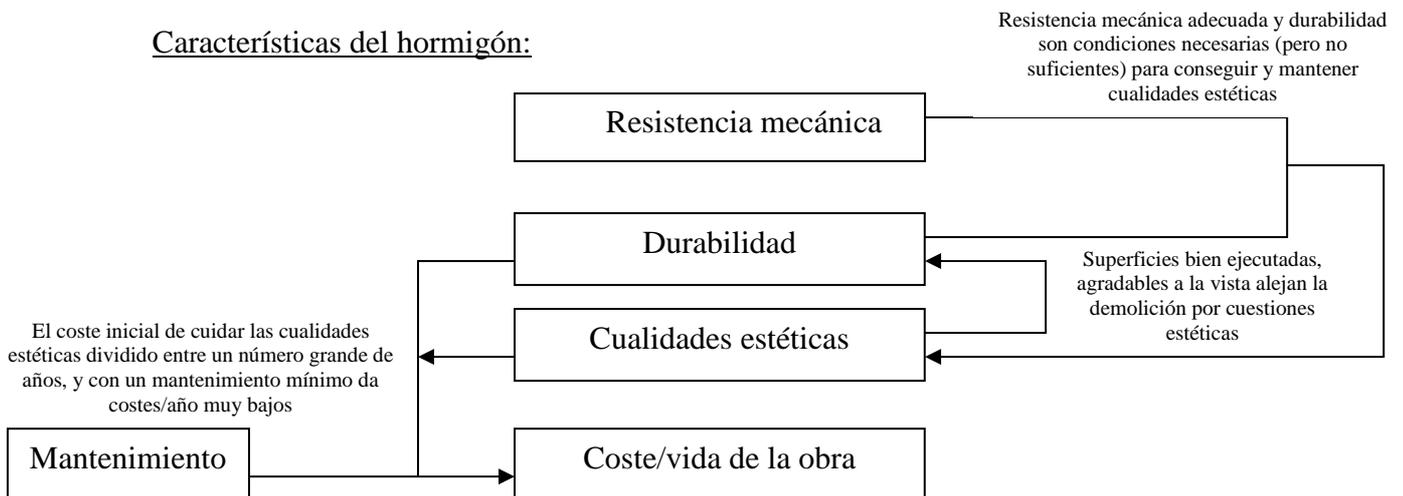
Pero el hormigón también ofrece muchas posibilidades estéticas; se puede proyectar y dejar a la vista ofreciendo un aspecto atractivo. Conseguir una buena calidad visual es resultado de la acción conjunta de unos buenos materiales, proyecto, detalles y ejecución.

Según José María Lana Lana, "Hormigón Visto, proyecto y ejecución"[11] considera suficiente controlar cuatro aspectos cuando las exigencias estéticas no son explícitas:

- ✓ emplear encofrados estancos,
- ✓ impedir la segregación del agua,
- ✓ evitar la formación de coqueas, y
- ✓ romper la monotonía de los grandes paños lisos.

Cuando hablamos de hormigón arquitectónico, han de ser muchos más los factores que se han de controlar. En este documento se intenta desglosar todos los factores que influyen en el hormigón arquitectónico, así como algunas técnicas novedosas.

Características del hormigón:



Ya hace muchos años que somos capaces de crear hormigones con una resistencia mecánica adecuada para nuestras obras. La durabilidad también se ha conseguido, marcando la normativa actual toda una serie de requisitos que la aseguran. Es decir, el hormigón es un material con unas características mecánicas apropiadas y con una durabilidad mucho mayor que otros materiales. Es por esto que el coste/vida de la obra en el caso de hormigón es bajo, dado que esta puede ser muy prolongada.



Si repartimos el incremento de coste que supone cuidar un acabado superficial para conseguir una superficie de calidad, entre toda la vida de la obra, obtenemos un coste realmente bajo. Dado que, si se cumple la normativa actual, la vida de las estructuras de hormigón está asegurada por muchos años.

Por todo ello, y teniendo en cuenta que las obras de hormigón las pueden utilizar a diario, durante un mínimo de tres generaciones, es muy recomendable "cuidar" el acabado. Teniendo en cuenta que una superficie de hormigón de calidad, sin recubrir, apenas tiene mantenimiento en su vida útil, es muy rentable invertir en superficies de hormigón de calidad, puesto que, a la larga, evita costes de mantenimiento. La suma de estos costes en toda la vida de la obra puede ser enorme. Por ejemplo, comparar una fachada de hormigón visto con una de mortero pintado, que debe ser pintada cada cierto número de años.

Más allá de los costes económicos, una superficie de hormigón arquitectónico será apreciada por los usuarios un número enorme de veces. Un buen acabado hará que tengamos ciudades más bellas, y que la obra sea parte del patrimonio arquitectónico de la ciudad. En muchas ocasiones se demuelen obras y se sustituyen por otras simplemente por características estéticas. Por esto una obra cuyo aspecto sea agradable, y tenga una buena imagen, puede aumentar su vida útil.



1. Hormigón ordinario vistos

Para que un hormigón ordinario alcance el calificativo de “visto” o “arquitectónico”, debe considerarse de modo ponderado la uniformidad en el aspecto superficial, contemplando el conjunto de la obra como objeto de observación.

Entendemos por hormigón ordinario visto aquel que no tiene en su composición elementos diferenciadores en cuanto al color (cemento blanco o pigmentos), y que no va a ser tratado superficialmente. Es por tanto un hormigón cuyo aspecto final vendrá dado por su color natural y el acabado producido simplemente por el encofrado. Dada la tonalidad grisácea del cemento común, se remarca la importancia del diseño, jugando con las luces y sombras para obtener contrastes. Al ser el color inherente a su composición se aceptará estéticamente aquellos hormigones cuya apariencia, ausencia de defectos superficiales y uniformidad de color tengan un determinado nivel de calidad.



2. Hormigón con cemento blanco

El empleo de cemento blanco constituye el elemento diferenciador. Tienen un precio más elevado que los cementos comunes, por lo que el empleo de hormigón blanco en las obras estructurales se justifica por motivos estéticos, por la eliminación de revestimientos y acabados, y la posibilidad de obtener colores puros.

Las operaciones de fabricación, puesta en obra y curado no difieren de las habituales en el hormigón convencional, si bien habrá que cuidar la limpieza de todos los elementos que intervienen en la elaboración y colocación. La elección, calidad y limpieza de los áridos también es fundamental.

Según los autores A. Maury y N. D. Belie, en su artículo "State of the art of TiO_2 containing cementitious materials: self-cleaning properties"[1], para conseguir hormigón con buena tonalidad blanca se deben usar dosificaciones ricas en cemento, y relaciones agua/cemento bajas, del orden de 0,4. Es el cemento el que da el color blanco al hormigón, por lo tanto a mayor cantidad mejores tonalidades de blanco se conseguirán. Se ha demostrado a través de los ensayos de laboratorio y los proyectos pilotos que la fotocatalisis del dióxido de titanio ha mejorado la durabilidad de las propiedades estéticas de los materiales a base de cemento; específicamente incrementando el potencial de mantener los colores originales. La degradación fotocatalítica de colorantes orgánicos rojos y amarillos usando TiO_2 , permite pensar que este proceso de limpieza (respetuoso con el medio ambiente), es capaz de degradar los contaminantes orgánicos colorantes que manchan los materiales a base de cemento.

Sin embargo, aún existe un vacío de conocimiento sobre el proceso de fotodegradación de los contaminantes orgánicos en los materiales a base de cemento. Un mejor conocimiento de las variables que controlan la fotocatalisis sobre los materiales a base de cemento podrá permitir hacer más eficiente esta nueva tecnología. Por ejemplo, variables ambientales tales como la temperatura del aire, la humedad relativa, la intensidad de la luz solar y la concentración de los contaminantes orgánicos capaces de manchar los materiales deberían ser estudiados en relación a aspectos tales como el tamaño de las partículas de TiO_2 , el tamaño del cristal de TiO_2 , el tipo de cristal, la distribución de las partículas de TiO_2 en la superficie, y las propiedades de la matriz de cemento (porosidad, humectabilidad, etc..).



3. Hormigón Pigmentado

Añadiendo aditivos colorantes a la masa fresca durante el amasado podemos conseguir mezclas pigmentadas, que tendrán un coloración permanente. Aunque se produzca una fractura, el hormigón continuará teniendo coloración, a diferencia de lo que ocurre con las superficies pintadas.

Para el hormigón visto, con hormigones pigmentados obtendremos soluciones durables, y siempre será una alternativa a los acabados que requieren mantenimiento.

Para conseguir una coloración uniforme se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- ✓ Usar las mismas materias primas, en las mismas proporciones y con los mismos métodos en toda la obra.
- ✓ Se deben controlar, además del tono y la cantidad del aditivo pigmentante, el color de la arena, puesto que influirá en el color final del hormigón.
- ✓ Para obtener colores puros deberemos recurrir al cemento blanco
- ✓ La relación agua/cemento y el curado, al igual que en el resto de hormigones vistos, influirá en los tonos obtenidos. Sobre todo el curado debe ser tenido en cuenta, puesto que se pueden crear diferentes tonalidades en partes de la obra con diferente curado, o con diferentes condiciones climáticas durante su curado.
- ✓ Incluso cuidando todos los factores es muy posible que una superficie de hormigón coloreado presente distintos matices y tonalidades.

En el artículo de la Universidad de Alicante "Cement paste colouring in concrete" [14] se analiza desde un punto de vista químico la interacción entre el colorante y la matriz cementicia. Creando probetas cilíndricas de 15x30, tintadas con diferentes productos, analizan la capacidad de tintado de cada uno de ellos.

4. Hormigón traslúcido

Recientemente han aparecido materiales como el hormigón traslúcido, con una doble vertiente, la estética y un mayor aprovechamiento energético. Se trata de un material novedoso, que permite el paso de la luz a través de los paneles, produciendo un ahorro energético y una apariencia muy diferente a la tradicional. Aunque se aparte un poco del tema de estudio de este trabajo, se incluye por su doble vertiente, tanto estética como ecológica.

En el artículo "Desing and manufacture of translucent architectural precasts panels" [9] de Alejandro Fastag se dan las características y las pautas para la producción de este material:

- ✓ Reduce el consumo de energía eléctrica, por permitir el paso de la luz natural
- ✓ El uso de cilindros acrílicos transparentes alineados en diferentes capas a través de los paneles, consiguiendo una solución estética que permite el paso de la luz natural a través de los paneles
- ✓ El principal reto consiste en decidir el camino para conseguir productos traslúcidos es conseguir un perfecto hormigón arquitectónico blanco en exterior e interior.
- ✓ Estos materiales contienen fibra óptica del espesor de un pelo que transmite la luz de un lado al otro del material.
- ✓ Para asegurar que los extremos de cada fibra hacen contacto con la superficie en ambos lados del material, los bloques son redondos para elementos construidos en capas delgadas de hormigón vertido en un largo y estrecho molde y las capas de fibras ópticas se colocan a lo largo de la longitud del molde, alternando hormigón y fibras.
- ✓ Usando fibras de diferentes diámetros se puede conseguir diferentes efectos de iluminación.
- ✓ La fibra óptica es una fibra de vidrio fina como un cabello humano, diseñada para guiar la luz a través de su longitud transportando luz o información digital a través de largas distancias.
- ✓ Principios de operación
 - La fibra óptica es un cilindro capaz de transmitir luz a través de su interior, por el proceso de reflexión interna.

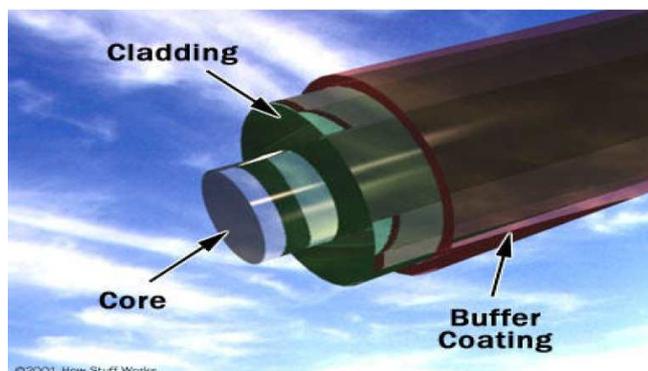


Imagen nº 1 Estructura de la fibra de vidrio

Fuente: [9]

- ✓ Core: El fino centro de vidrio por donde la luz pasa.
- ✓ Cladding: El material óptico que recibe el núcleo y refleja la luz hacia el núcleo. Para continuar la reflexión en el núcleo, el índice de reflectancia es más grande que el del recubrimiento.
- ✓ Coating: recubrimiento exterior de plástico, que protege de los daños y humedad.

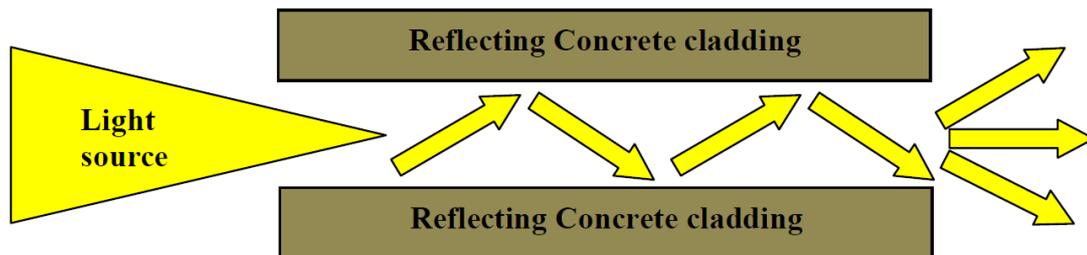


Imagen nº 2 Reflexión de la luz en el panel de hormigón
Fuente: [9]

Método de producción:

El primer paso es dejar una serie de cilindros embebidos en el hormigón, para ello se colocan en el encofrado afianzándolos para que no sean desplazados por el hormigón fresco.



Imagen nº 3 cilindros acrílicos
Fuente: [9]



Imagen nº 4 Cilindros anclados para el hormigonado
Fuente: [9]

Se ha de buscar un camino para asegurar los cilindros dentro de la masa del hormigón permitiendo la dilatación, pero asegurando el ajuste necesario que prevenga el deslizamiento y la caída dentro del molde.

Como paso final se realiza un martelinado con herramienta neumática para conseguir el acabado que se observa en la imagen inferior



Imagen nº 5 acabado superficial
Fuente: [9]



Imagen nº 6 Bloques de Litracon
Fuente: [9]



Imagen nº 7 Panel traslúcido
Fuente: [9]



Imagen nº 8 Panel prefabricado de hormigón traslúcido
Fuente: [9]

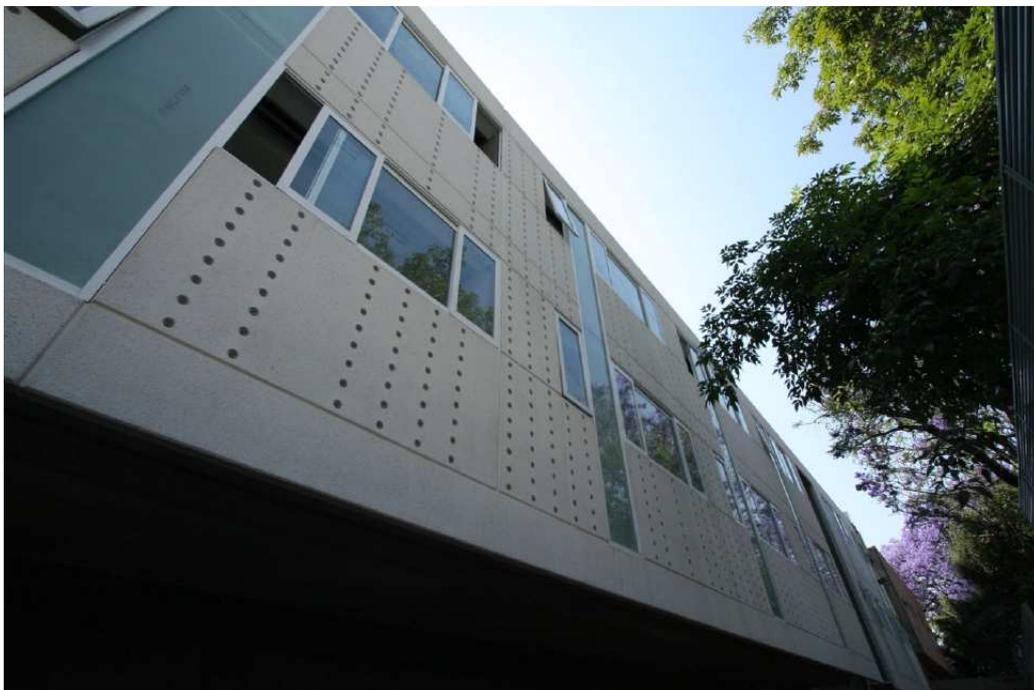


Imagen nº 9 Fachada acabada
Fuente: [9]



Imagen nº 10: Vista interior de un cerramiento de paneles traslúcidos
Fuente: [9]



Imagen nº 11: Paneles traslúcidos
Fuente: [9]

5. Hormigón con Tratamiento Posterior al Fraguado

En la monografía de INTEMAC "Aspectos Visuales del hormigón" [10] de J. Calavera Ruiz, J. Fernández Gómez, G. González-Isabel, P. López Sánchez, J. M. Pérez Luzardo aparece un apartado sobre Tratamientos posteriores al fraguado de la cual se ha obtenido la información que se considera más adecuada al fin de este documento.

Dentro de los tratamientos posteriores al fraguado que se pueden llevar a cabo, se separan en dos apartados, el pintado y los tratamiento superficiales y texturas.

5.1. Hormigón Pintado

5.2. Hormigón con tratamientos superficiales y texturas

5.2.1 Generalidades

5.2.2 Acabado liso o llano

5.2.3 Áridos expuestos a través de retardadores químicos

5.2.4 Forros o recubrimientos

5.2.5 Sopleteado abrasivo o con arena

5.2.6 Grabado ácido

5.2.7 Martelinado

5.2.8 Nervaduras o canales martelinados o fracturados

5.2.9 Empotramiento en arena

5.2.10 Esmerilado o pulido

5.1 Hormigón Pintado

Dos son las ventajas que se obtienen al aplicar una terminación a base de pinturas a una superficie de hormigón visto:

- ✓ Protección eficaz contra la carbonatación y el agua, con lo que se protegerá la corrosión de las armaduras
- ✓ Se consigue un color definido, estable y duradero. Es mucho más sencillo conseguirlo mediante pintado que mediante hormigón pigmentado.

Pero también presenta inconvenientes:

- ✓ El pintado requiere un mantenimiento, a lo largo de la vida de la obra serán necesarias operaciones de pintado y trabajos sobre la pintura.
- ✓ En las partes más húmedas de la estructura, sótanos o partes bajas de muros, la durabilidad de la pintura es mucho menor que en las partes secas. Esto producirá que partes de la estructura tengan un pintura mucho mejor mantenida que otras. Produciendo un efecto diferencial desagradable.
- ✓ Es una unidad de obra adicional, con sus costes y su tiempo.

Por si mismo el pintado no sirve para tapar los defectos de una superficie irregular. Aunque si que permite que reparaciones hechas sobre superficies endurecidas tengan el mismo color que el resto, lo que es muy complicado de conseguir si no es mediante pintado.

El tipo de pintura se elegirá en función de las características del hormigón soporte (alcalinidad, textura superficial, humedad,...) y de las acciones a las que va a estar sometida:

- ✓ Resinas alquídicas
- ✓ Resinas de estiro-butadieno, vinil-tolueno o copoliméricas acrílicas.
- ✓ Resinas epoxídicas de dos componentes
- ✓ Resinas de poliuretano de dos componentes
- ✓ Clorocauchos
- ✓ Resinas vinílicas
- ✓ Resinas acrílicas
- ✓ Silicatos alcalinos cementicios
- ✓ Siliconas

El hormigón debe estar seco, libre de cualquier excrescencia, materias extrañas, polvo, suciedad y eflorescencias, de tal manera que presente un estado superficial favorable para la adherencia de la pintura.

Tipos de Pintura aplicadas a las superficies de hormigón:

- **Velado**

- Se trata de una pintura que no llega a tapar completamente las variaciones de tonalidad del hormigón. Para este fin son adecuadas las resinas acrílicas y vinílicas



Imagen nº 12. Hormigón velado. Látex acrílico rojo sobre imprimación incolora. Auditorio Alfredo Kraus. Gran Canaria
Fuente: [10]

- **Tintado:**

- En este caso la pintura si que cubre las tonalidades del hormigón, oculta las manchas, los cambios de brillo. Pero no es suficiente para ocultar defectos superficiales. Las más adecuadas son las resinas mono o bicomponente



Imagen nº 13. Hormigón tintado.

Fuente: [10]

- **Cubierto**

- Más que un pintado, se cubre la superficie con una capa de varios milímetros de espesor, por lo que debe ser aplicado con llana. Estaría al límite de lo que puede llamarse pintado. Los más adecuados son las resinas con cargas minerales, acrílicos estirenados, acrílicos puros y marmolinas.

5.2 Hormigón con tratamientos superficiales y texturas

5.2.1 Generalidades

Existe una gran variedad de tratamientos para las superficies de hormigón. Las superficies lisas o ligeramente texturizadas se pueden obtener a través de moldes adecuados, como los de yeso, como los de plástico, acero y plywood debidamente tratados.

Las superficie texturizadas se pueden lograr a través de sopleteado abrasivo o con arena, martelinado, grabado ácido, esmerilado, o mediante otro tipo de herramienta, así como con superficies de encofrado texturado, el empleo de forros o la aplicación de retardantes para exponer la superficie de los áridos, en cualquier etapa del proceso constructivo.

Existen una serie de factores sobre el agente desmoldante que se deben controlar independientemente del tipo de acabado:

- ✓ No debe producir manchas, lo que podría provocar una coloración desigual.
- ✓ Debe ser aplicado en capa uniforme.
- ✓ Se debe controlar la compatibilidad entre el agente desmoldante, los materiales del encofrado y el tratamiento posterior que se vaya a realizar

Es en estos hormigones son todavía más imprescindibles las superficies de prueba que en el resto. Sobre ella se podrán probar los materiales y hacer mejoras sobre las superficies obtenidas.



Imagen nº 14. Áridos embebidos. baja densidad de los áridos
Fuente: [10]



Imagen nº 15. Áridos embebidos. Áridos con una cara de fractura
Fuente: [10]

5.2.2 Acabado liso o llano

Es este el tipo de acabado en el que se centra este trabajo, es el más simple, pero también resulta muy difícil obtener un resultado perfecto. Puede resultar más económicos que otros, pero solo hasta cierto punto, puesto que requiere unas condiciones de puesta en obra y materiales muy cuidadosas.

Requiere la máxima calidad y mantenimiento en los encofrados. El mantenimiento del color a lo largo de la superficie resulta complicado, influyendo en el prácticamente todos los factores: tipo de materiales, dosificación, puesta en obra, absorción del encofrado, curado diferencial. Todas las imperfecciones y defectos quedan vistos, puesto que no hay tratamiento posterior. Las reparaciones son complicadas, sobretodo por el color.

El acabado liso o llano requiere de la máxima calidad y mantenimiento tanto de los moldes como del hormigón. Las variaciones de color tienden a ser más pronunciadas cuando la superficie del molde es cristalina e impermeable. Es difícil lograr uniformidad en el color cuando se trata de superficies de hormigón grises, marrones o coloreadas; aunque el empleo de cemento blanco permitirá mayor uniformidad.

Un mínimo de variación en el color o cualquier irregularidad serán considerados como imperfecciones en este tipo de acabados, ya que son más notorias, pero deben considerarse dentro de las limitaciones del mismo. Es por esto que los criterios de aceptación en el acabado liso o llano son más flexibles.

Las superficies lisas están cubiertas por una ligera película de cemento endurecido, por lo tanto, el color del acabado dependerá principalmente del color del cemento. La arena no tendrá un efecto significativo a no ser que presente un alto porcentaje de finos o sea intensamente coloreada.

Del mismo modo, el color del árido no será significativo, a menos que el panel requiera una compactación extremadamente pesada. Bajo esta circunstancia, puede ocurrir una transferencia del árido que restará uniformidad a la superficie. Esta transparencia de árido o “sombreado” ocurre cuando se emplean áridos oscuros o intensamente coloreados que se aprecian a través de una capa superficial de cemento claro; por lo cual, su efecto puede reducirse empleando áridos de tonalidades claras con cemento blanco.

El hormigón liso o llano es más susceptible al agrietamiento cuando se expone a ciclos de mojado y secado. Este es un fenómeno que afecta a la superficie, aunque no de manera estructural, pero que puede acentuarse con la acumulación de suciedad o

contaminación en las grietas. El agrietamiento es más pronunciado en el hormigón blanco que en el gris, así como es mayor en las superficies horizontales que en las verticales. Su efecto puede reducirse con un apropiado diseño de la mezcla, usando un mínimo contenido agua-cemento.

En este tipo de superficies, también se presentan oquedades como resultado de burbujas de aire o agua que quedan atrapadas en la superficie del molde durante el proceso de endurecimiento del hormigón. Este problema es más notorio en superficies verticales o en curvas que en las superficies horizontales. Si estas oquedades son de un tamaño razonable, de 3 a 6 mm, es preferible que se las considere como parte de la textura de la superficie, ya que al rellenarlas pueden presentarse grandes variaciones de color. Es por esto, que es muy importante realizar pruebas de reparación en los paneles de muestra para así determinar grados de aceptación en las variaciones de color y textura de la superficie.

Para una verdadera economía, las superficies llanas o lisas deben emplearse sin ningún tratamiento adicional después del desencofrado, que no sean una posible limpieza o mínima reparación. Del mismo modo, los moldes deben permitir un aprovechamiento máximo, para disminuir el alto costo de su fabricación. Muchas de las limitaciones estéticas de este acabado pueden disimularse con un adecuado manejo de la mezcla, las formas y encofrados, e introduciendo efectos de sombreado y profundidad.

5.2.3 Áridos expuestos a través de retardadores químicos

La exposición de áridos a través de retardantes químicos es un tipo de acabado que permite exponer la belleza natural, color y textura del árido grueso, sin dañar al mismo. Existen diferentes grados de exposición.

a) Exposición Ligera: cuando solo la capa superficial de cemento y arena se retira lo suficiente como para exponer los bordes del árido grueso más cercano.



Imagen nº 16. Retardador y lavado. Exposición ligera.

Fuente: [10]



Imagen nº 17. Retardador y lavado. Exposición ligera
Fuente: [10]

- b) Exposición Media: cuando la remoción de cemento y arena permite que el árido grueso aparezca hasta un área aproximadamente igual a la de la matriz.
- c) Exposición Intensa: cuando se quite la capa de cemento y arena de manera que el árido grueso se convierta en el rasgo más importante de la superficie de hormigón.



Imagen nº 18. Retardador y lavado. Exposición profunda
Fuente: [10]

Mediante la aplicación de retardantes químicos a la superficie del molde se consigue controlar el tiempo de endurecimiento de la capa superficial de cemento, y la profundidad de la misma.

De esta forma, cuando la masa de hormigón está totalmente endurecida, se puede retirar la capa de cemento, bajo la acción del retardante, por cualquier método ya sea este por cepillado, con un chorro de agua a alta presión, o por una combinación de ambos, exponiendo al árido hasta la profundidad deseada. Ya que la acción del retardante solo afecta al mortero de cemento superficial, la apariencia de la superficie acabada estará determinada por la forma y tamaño del árido, su posición después de la consolidación, y el grado de exposición del mismo.

Si se desea resaltar el brillo y colores naturales de los áridos la aplicación del retardante es la mejor técnica. Tanto el diseño de la mezcla, como la gradación y características físicas de los áridos, y la compatibilidad de los colores del árido y la matriz serán puntos importantes.

Para un mejor comportamiento deberán emplearse áridos de forma redondeada, ya que los áridos angulares o astillados pueden desprenderse al aplicar agua a presión.



Es recomendable combinar el color de la matriz con el de los áridos para lograr una apariencia más uniforme y para disimular cualquier irregularidad. Los retardantes no solo se aplican en la superficie en contacto con el molde, también pueden emplearse en la otra cara del elemento. Para esto se emplean retardantes en atomizador, que se rocían durante la fase de consolidación, siguiendo un proceso adecuado. De esta forma se obtienen elementos con exposición en ambas caras.

La aplicación del chorro de agua a alta presión y de cepillado sin la acción de un retardante se desarrolla sobre superficies que no han sido encofradas o, en aquellas que fueron desmoldadas mientras estaban en un estado plástico. Este proceso no es muy común ya que requiere de un personal especializado, debido a la complejidad del proceso.

Para asegurar resultados uniformes la resistencia mínima recomendada para el hormigón antes de la remoción de la superficie retardada es de 7 a 10.5 MPa. Del mismo modo la resistencia mínima para el hormigón sometido a chorro de agua a alta presión es de 10.5 MPa.

Al finalizar el proceso de exposición se recomienda limpiar la superficie con una solución de ácido muriático del 5 al 10%, una o más veces; para retirar cualquier suciedad. Este tipo de acabado se emplea principalmente en exposiciones medias o intensas. Su reparación y mantenimiento es relativamente fácil, tiene como ventaja adicional que la superficie del molde no es un factor importante.

5.2.4 Forros o recubrimientos

Se puede lograr una gran variedad de formas, patrones, texturas y diseños a través de forros ya sean estos de madera, acero, yeso, plástico, elastómero o poliestireno expandido. Estos forros pueden estar incorporados al encofrado o simplemente estar sujetos a él. La calidad del acabado dependerá de la calidad del forro. A través de ellos se puede obtener una apariencia uniforme en acabados lisos, o una gran variedad de diseños en acabados texturados. Su gran ventaja es que se pueden simular otros tipos de acabado, como el martelinado o esmerilado, a un costo menor, permitiendo una mayor uniformidad en el color y, ofreciendo superficies con eficiente resistencia a la intemperización.

Para un resultado aceptable, se debe controlar la correcta aplicación de los forros para lograr una perfecta coordinación en el montaje de los elementos. Al seleccionar el tipo de textura y/o el tipo de forro adecuado deben considerarse las necesidades específicas del proyecto. La selección del material del forro dependerá del número de usos, en especial si el patrón tiene algún tipo de relieve. El costo del forro dependerá relativamente del número de usos y del grado de facilidad de su manejo. Sin importar el tipo de forro que se emplee, deberá considerarse un patrón que evite astilladuras o fracturas en el hormigón durante el proceso de desencofrado, especialmente en las esquinas.

Así como en los diferentes encofrados, la variación en la absorción de humedad del forro producirá variaciones en la coloración de la superficie de hormigón. Por otro lado, debe considerarse el efecto de las variaciones de temperatura en los forros, especialmente si son plásticos. Otra consideración importante es el método de sujeción



del forro al encofrado. Es preferible que estos se adhieran con pegamento o grapas ya que el empleo de clavos o tornillos puede dejar una impresión en la superficie del hormigón. Del mismo modo, se debe considerar el tamaño de los forros disponibles para determinar el diseño de juntas y la combinación de los mismos.

En cuanto a los forros de poliestireno y los elastoméricos su mayor aplicación es ornamental. Los primeros se emplean en moldes que no se repiten para lograr formas muy elaboradas, de patrones abstractos o con grandes relieves. Los segundos se emplean para texturas de grandes detalles o perfiles por su facilidad de desmontaje. Estos forros no requieren agentes desmoldantes pero es indispensable una limpieza adecuada previa a su reutilización.



Imagen nº 19 Fotografía materializada en el hormigón de la fachada
Fuente: Catálogo RECKLI



Imagen nº 20
Fuente: Catálogo RECKLI



Imagen nº 21
Fuente: Catálogo RECKLI



Imagen n° 22
Fuente: Catálogo RECKLI

5.2.5 Sopleteado abrasivo o con arena

El sopleteado abrasivo o con arena se emplea para opacar la superficie encofrada, para dar uniformidad al color o para exponer el árido del hormigón arquitectónico. Los grados de exposición que se obtienen con este tipo de acabado son:

a) Cepillado: Se elimina la matriz de cemento y se expone el árido fino, sin relieve (El relieve se define como un saliente del árido grueso fuera de la matriz después de su exposición).

b) Ligero: suficiente como para exponer el árido fino y, ocasionalmente, el árido grueso, con un relieve máximo de 1.5 mm; además se emplea para dar uniformidad al color.



Imagen n° 23. Chorro de arena. Exposición ligera
Fuente: [10]



Imagen nº 24. Chorro de arena. Exposición ligera. Véase el aspecto de las esquinas
Fuente: [10]

c) Mediano: suficiente como para exponer en forma general el árido grueso con un ligero relieve.



Imagen nº 25. Chorro de arena. Exposición media
Fuente: [10]

d) Intenso: suficiente como para exponer y realzar en forma general el árido grueso hasta una proyección máxima de un tercio de su diámetro; relieve de 6 a 12 mm. La superficie queda rugosa e irregular. La uniformidad en el grado de exposición es indispensable, no solo en el elemento sino en todo el conjunto; y está en función de la experiencia y habilidad del operario. El color variará con el grado de exposición. Mientras más ligera sea la exposición, la habilidad del operario deberá ser mayor, en especial si se trata de unidades muy elaboradas o esculpidas. La técnica del cepillado permite remover y corregir pequeñas imperfecciones o variaciones de la superficie.



Imagen nº 26. Chorro de arena. Exposición profunda
Fuente: [10]



Sin embargo no presenta un acabado uniforme a menos que se observe desde cierta distancia. Generalmente se realiza con más frecuencia la exposición ligera; ya que el costo de operación se incrementa con el grado de exposición. La exposición ligera permite un acabado arenoso muy similar al de la piedra caliza.

Los materiales empleados para el sopleteado con arena son: arena silícica, carburo de aluminio, y partículas de escoria negra. Para obtener un resultado uniforme, aunque a un costo mayor, suele emplearse materiales más suaves, como la corteza de nogal, que solo remueven la superficie de cemento y arena afectando ligeramente al árido grueso. Las exposiciones medianas o pesadas suelen grabar de mayor manera a los áridos gruesos, en especial si son de colores oscuros y tienen una apariencia más brillante. Esto producirá una apariencia mate y, los colores aparecerán más claros. La profundidad del sopleteado deberá ajustarse a la resistencia de los áridos y de los abrasivos.

El tipo y la gradación de los abrasivos determinará la textura de la superficie. Es por esto que el grado de exposición, el tipo y la granulometría del abrasivo deben permanecer iguales durante el proceso constructivo. Ya que el sopleteado cambia el color final del árido, deben realizarse pruebas de este tipo en los paneles de muestra. Aunque el sopleteado abrasivo o con arena es un acabado que se emplea para tratar una superficie, puede permitir el desarrollo de diferentes texturas y diseños ornamentales a través de plantillas especiales. El tiempo adecuado para realzar este tipo de acabado depende del cronograma de trabajo, del factor económico, de la apariencia deseada, y de la resistencia del árido. A medida que el hormigón se endurece y gana resistencia, se dificulta el sopleteado a grados mayores, elevando así el costo de operación. En todo caso, todas las superficies deben exponerse a la misma edad o grado de resistencia para mayor uniformidad.

Generalmente, cuando se desea un relieve más pronunciado, el sopleteado se efectúa durante las primeras 24 – 72 horas de edad y después de que el hormigón haya alcanzado una resistencia mínima de 14 MPa. Para exposiciones medianas o intensas se recomienda la aplicación de un retardante de superficie. De esta manera se reduce el tiempo de sopleteado y la abrasión de los áridos finos. En este caso, los hormigones de cemento blanco requieren abrasivos a prueba de manchas.

La ventaja de este acabado es la facilidad de reparación o corrección de cualquier variación en la exposición, obteniendo así mayor uniformidad. Si se presentan oquedades de tamaño aceptable, de 3 a 6 mm, es recomendable aceptarlas como parte de la superficie, ya que su reparación acentuará las variaciones de color y textura.

Finalmente, los áridos gruesos pueden limpiarse con una solución de 5 a 10 % de ácido clorhídrico, quitando así cualquier residuo. Esta solución se aplica en la superficie, previamente humedecida, durante 1 o 2 semanas, mediante un cepillo o rociador. La superficie se humedece para evitar penetración del ácido; debiendo enjuagarse inmediatamente después de la aplicación del mismo.

5.2.6 Grabado ácido

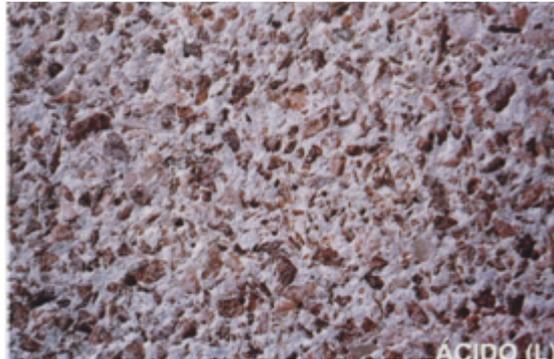


Imagen nº 27. Lavado ácido. Exposición ligera
Fuente: [10]



Imagen nº 28. Lavado ácido. Exposición media
Fuente: [10]



Imagen nº 29. Lavado al ácido. Exposición profunda
Fuente:[10]

El grabado ácido disuelve la pasta superficial de cemento, exponiendo la arena y un mínimo porcentaje del árido grueso. Generalmente se emplea para exposiciones ligeras o medianas, logrando un aspecto arenoso parecido al de la piedra caliza. Se deben emplear áridos gruesos resistentes al ácido, tales como el cuarzo y el granito. Los áridos con alto contenido de calcio, como el mármol, la piedra caliza y las dolomitas, se decoloran o disuelven con este tipo de tratamiento.



La superficie de hormigón debe humedecerse completamente con agua limpia antes de aplicar el ácido para evitar un grabado muy profundo. Además, se debe enjuagar inmediatamente después de la aplicación del ácido. Si no se toman estas precauciones el hormigón puede presentar eflorescencia u otros defectos en la superficie. Del mismo modo, todas las superficies expuestas de metal, en especial si este es galvanizado, deben protegerse con recubrimientos resistentes al ácido tales como los cloruros vinílicos, el caucho clorado, estireno butadieno, pinturas y esmaltes bituminosos y cubiertas de poliéster.

Además, deben aplicarse en dosis adecuadas para una protección total, de otra forma el ácido puede penetrar y atacar a los refuerzos. La compatibilidad entre el color del cemento y los áridos es más significativa si se trata de una exposición ligera. Es por esto que se prefieren colores que permitan mayor uniformidad, tales como el marrón, beige, amarillo o rosado. El color gris no permite una textura uniforme, a menos que se empleen áridos y cementos de ese mismo color. Inicialmente las superficies tratadas con grabado ácido lucen brillantes y limpias, pero a medida que se exponen a la intemperie pierden estas cualidades. Su reparación es más complicada y, no luce tan uniforme como la exposición de áridos por retardantes químicos; aún si presenta un mínimo de oquedades de fácil reparación. Este tratamiento no debe efectuarse hasta que el hormigón alcance una resistencia de 31 MPa, o una edad de 14 días.

5.2.7 Martelinado

Usualmente se denomina “martelinado” a todo trabajo con herramientas sobre la superficie de hormigón. El hormigón puede ser fragmentado o cincelado manual o mecánicamente para producir una exposición de áridos u otra modificación en la superficie. Cada tipo de herramienta produce un acabado específico, quitando la capa superficial de hormigón endurecido y fracturando a los áridos gruesos de la superficie. Estos tratamientos exponen el color del árido, pero no necesariamente su forma.

Las superficies martelinadas se producen mediante herramientas neumáticas o eléctricas equipadas con una martelina, un cincel, un peine o aditamentos de múltiples puntas. El tipo de herramienta se determina de acuerdo con el efecto deseado para la superficie. Para disminuir el costo del martelinado se prefieren herramientas de múltiples cabezas de impacto. Este tipo de acabado afecta la apariencia, color y brillo del árido. El color tiende a ser más claro con las fragmentaciones, en especial en tonos de gris plateado y blanco; mientras que en los materiales oscuros tiende a opacarse.

El acabado puede variar de un ligero escamado a una profunda perforación con cincel. No se puede martelinar con facilidad sobre áridos tan duros como el cuarzo y el granito, por lo que se prefiere trabajar sobre dolomitas, piedras calizas y mármol. Los áridos suaves permiten la aplicación del peine pero no permiten el empleo de herramientas punteadas. La exposición de áridos a través de herramientas requiere operarios de gran habilidad y experiencia, para producir una textura uniforme. La orientación del equipo y la dirección en que se maneja debe ser constante durante todo el proceso constructivo. Puesto que la mayoría de los martelinados retiran aproximadamente 5 mm de material, debe suministrarse recubrimiento adicional al hormigón. Para evitar el desprendimiento de los áridos se requiere una resistencia de 28 MPa a la compresión y una edad mínima de 14 días. Aunque se obtiene mayor uniformidad a los 21 días y si se deja secar la superficie. El martelinado en las esquinas

tiende a causar bordes irregulares. Cuando se desean esquinas agudas, el martelinado se detiene a 25 o 50 mm de distancia de la esquina. Con este tipo de tratamiento se prefieren esquinas achaflanadas.

5.2.8 Nervaduras o canales martelinados o fracturados

Este tipo de acabado se logra moldeando nervaduras en la superficie del panel que luego son martelinadas de manera irregular para exponer los áridos logrando un efecto delineado e intensamente texturado. El tamaño de las nervaduras no debe pasar de 25 m, ya que es difícil fracturar superficies de mayor tamaño. De mismo modo, las nervaduras no deben ser inferiores a 15 mm ya que se facturarían o desprenderían de la superficie totalmente.

El acabado es muy costoso, pero se justifica si las superficies se aprecian a corta distancia, en paneles a nivel de planta baja, o si se emplean en interiores. La orientación y dirección de las nervaduras dependerán del diseño, que puede ser tanto uniforme como irregular. En cualquier caso, debe planearse con cuidado para evitar un sombreado o intemperización desigual.

El efecto de este tipo de acabado, puede simularse a un costo menor mediante el empleo de forros. A través de los mismos se crean las nervaduras que luego son tratadas con retardantes o sopleteado abrasivo para exponer los áridos, logrando así, ese efecto de exposición a la intemperie que caracteriza al acabado.



Imagen nº 30. Superficie estriada por encofrado tratada con martelina
Fuente: [10]

5.2.9 Empotramiento en arena

Quando se desea una apariencia arquitectónica masiva y definida se emplean piedras con un diámetro de 25mm a 20cm expuestas mediante un empotramiento en arena. Todo el árido expuesto debe tener un solo tamaño para lograr una mayor uniformidad. Las piedras se colocan en una “cama” de arena manualmente, o en otro tipo de material que actúe como tal; en la parte inferior del molde a una profundidad que permita su incrustación o empotramiento en un 25 a 35% de la superficie del hormigón del elemento. De esta forma se expone el material con un efecto de juntas de mortero. Se debe tener un cuidado especial para asegurar la obtención de la densidad adecuada en las esquinas y orificios al igual que en las superficies planas. Si se emplean piedras de diferentes colores, deben colocarse con extremo cuidado, para evitar concentraciones de un solo color o la creación inintencionada de patrones.



Cuando se desea que las juntas presenten el efecto de un mortero blanco o coloreado, se debe dosificar: una parte de cemento blanco (con o sin pigmento) más 2 ½ partes de arena blanca o clara bien gradada, con la suficiente agua para crear una mezcla cremosa que se colocará sobre el árido. Si se emplea este mortero superficial, la mezcla posterior deberá cumplir con las condiciones adecuadas para absorber el exceso de humedad de dicho mortero.

El proceso de vibrado debe realizarse con extremo cuidado para evitar una distribución desigual de la arena y, para evitar agitar el árido expuesto. Después del curado del panel se debe desmoldar y colgar la pieza para quitar la arena mediante cepillado, sopleteado de aire, o lavado con chorro de agua. Ya que cierta parte de la arena se adhiere al hormigón, el color de la misma debe armonizar con el color del árido y del mortero expuesto.

5.2.10 Esmerilado o pulido



Imagen nº 31 Tratamiento de pulido
Fuente: [10]

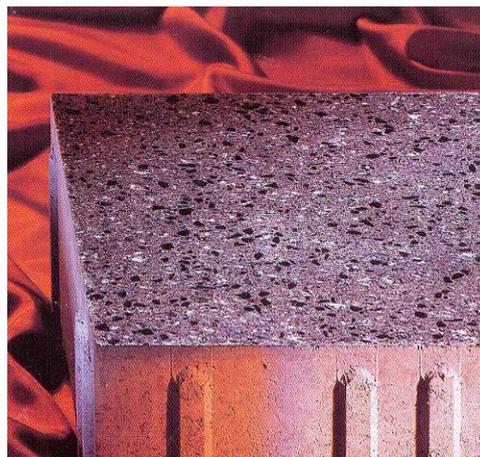


Imagen nº 32 Detalle de pulido
Fuente: [10]

Mediante el proceso de esmerilado o pulido se obtiene una superficie suave y lisa en superficies con exposición de áridos. Este tipo de acabado ofrece excelentes condiciones de resistencia a la intemperización y requiere un mínimo de mantenimiento,



por lo cual es ideal para áreas de gran tráfico o zonas de polución. La resistencia a la compresión del hormigón debe llegar a los 34.5 MPa antes de comenzar cualquier trabajo de esmerilado o pulido. El área de la matriz debe ser mínima, ya que los áridos se pulen de mejor manera. La mezcla debe estar diseñada para permitir la densidad máxima del árido en la superficie.

Al escoger los áridos se debe considerar su dureza y tamaño. En todo caso, áridos suaves como el ónix y el mármol son más fáciles de pulir que el cuarzo y el granito. El equipo puede variar desde una simple pulidora manual hasta una máquina de múltiples cabezas. Esta última permite pulir elementos de mayor tamaño a un costo menor. Este proceso se puede realizar en seco o en húmedo, removiendo aproximadamente 3 mm de la superficie del hormigón. Es preferible esmerilar o pulir en húmedo ya que facilita el proceso. La uniformidad y apariencia final, al igual que en casi todos los acabados, dependerá de la combinación y compatibilidad de los colores de la matriz y los áridos. Los paneles de tonalidades pasteles tienden a verse blancos a cierta distancia, debido a la reflexión de la superficie pulida.

La intensidad del esmerilado o pulido determina el grado de exposición del árido; ya sea esta ligera o intensa, el color del cemento es siempre significativo. Este tipo de acabado puede combinarse con muchos tratamientos, para mejorar la condición de la superficie. Por ejemplo, si se combinan un ligero grabado ácido de la matriz con el esmerilado o pulido de los áridos se puede obtener una textura con alta resistencia a la intemperización.

Desde el punto de vista estético, el hormigón también puede ser tratado superficialmente después del fraguado, eliminando en mayor o menor medida la lechada superficial, y dejando el árido fino o incluso el grueso a la vista. De esta manera el árido adquiere protagonismo estético, disminuyendo la importancia del color del cemento. Estos tratamientos deben planificarse, dotando a la superficie del espesor preciso para que una vez efectuado el tratamiento, el espesor del recubrimiento de las armaduras sea como mínimo el recogido en la normativa vigente (EHE). No deben plantearse como solución a una superficie defectuosa, pues se acentuarían los defectos.

La elección del tratamiento debe considerar el área de la superficie a tratar (la escala y los cambios de planos condicionan el aspecto final), la distancia de los observadores a los tratamientos no se aprecian a grandes distancias), la orientación respecto a la luz solar (los reflejos en los áridos pueden ser muy diferentes), y la naturaleza del árido (color, forma, textura, calidad y homogeneidad).

Tratamientos:

- Inhibidores de fraguado. Chorro de agua
- Chorro de arena
- Lavado al ácido
- Tratamientos mecánicos de acabado, picado, abujardado y pulido
- Áridos embebidos
- Formas en los encofrados
- Disoluciones especiales
- Ataque por llama.



6. Materiales

La elección de los materiales componentes del hormigón visto debe ser más rigurosa que para los hormigones convencionales. En primer lugar por los requisitos de la durabilidad, las superficies del hormigón visto carecen de protección y quedan expuestas a las inclemencias meteorológicas y ambientales. Y en segundo lugar por el aspecto estético, al no llevar otro material de acabado, las superficies deben mostrar mejor homogeneidad y calidad.

- ✓ Un suministro uniforme sin cambios en los materiales será requisito imprescindible.
- ✓ Se deberán extremar las precauciones relativas a la contaminación.

6.1 Cementos

La elección del cemento se efectuará, según el anejo 3 de la EHE, en base al ambiente de exposición, las condiciones de hormigonado y los criterios de utilización. En hormigones vistos son más adecuados los cementos de categorías resistentes más bajas en más alta dosificación, para que los áridos queden bien envueltos en la pasta del cemento, consiguiendo texturas superficiales con mejores acabados. Si las condiciones de hormigonado (ambiente agresivo, o seco y temperaturas altas) desaconsejan el empleo de CEMI o BLI (alta retracción), se pueden emplear cementos con adiciones, cuidando la uniformidad del suministro, ya que partidas recibidas en un plazo diferido de tiempo pueden variar el color. El empleo de cemento blanco queda justificado por motivos estéticos, tanto para hormigones blancos como para los coloreados con pigmentos.

6.2 Áridos

- ✓ La calidad y limpieza de los áridos es fundamental, puesto que los finos adheridos al árido grueso afectan decisivamente en la calidad del hormigón. Sobretodo si son de naturaleza arcillosa.
- ✓ Uniformidad en el suministro
- ✓ Granulometría uniforme, que no afecte a la trabajabilidad, color o textura del hormigón.
- ✓ El árido fino influye sobre el color, siendo la influencia del grueso mucho menor.
- ✓ En general, el aumento de la relación a/c, el incremento en el contenido de finos, que aumenta la superficie específica del árido respecto al cemento o el empleo de árido de machaqueo llevan a tonalidades de hormigón más claras.



Tipo de árido	Color
Mármol	Negro, azul, gris, rojo, blanco
Granito	Negro, azul, pardo
Caliza	Amarillo
Silíceo	Color ceniza, tonos pálidos
Rocas eruptivas	Amplia variedad de colores
Áridos compatibles con hormigones pigmentados	
Fuente [10]	

6.3 Aditivos

Los aditivos se convierten en un aliado indispensable para realizar hormigones con unas prestaciones elevadas. En el caso de los hormigones vistos, además del efecto que produce el aditivo sobre las características reológicas y resistentes del hormigón, se tendrá que estudiar el cambio de tonalidad. En la siguiente tabla se recogen algunos efectos derivados del empleo de aditivos:

Aditivo	Efecto en el hormigón visto
Plastificante	Facilita la dispersión del pigmento. Aumenta la homogeneización
Inclisor de aire	Produce oscurecimiento de la superficie
Hidrofobante	Evita eflorescencias que provoca el arrastre de sales en el agua
Fuente [10]	

6.4 Pigmentos

Los pigmentos se añaden a la masa de hormigón para darle un color determinado, con distintas tonalidades y matices.

Deben reunir las siguientes características:

- ✓ Ser inertes con los demás componentes del hormigón
- ✓ Tener un color homogéneo
- ✓ Resistencia a la luz y a la intemperie
- ✓ Tener un pH estable
- ✓ No contener ni sales ni ácidos
- ✓ Que tengan una fácil dispersión con el cemento y con los finos del hormigón

Los aditivos de color se pulverizan en partículas microscópicas, una décima de un grano de cemento. Los aditivos se dispersan en la pasta de cemento coloreándolo. La mayoría de los aditivos de color se dosifican siempre por debajo del 5% en peso del cemento. De esta manera no influyen en la resistencia final del hormigón.

La intensidad del color obtenido en el hormigón es proporcional a la adición de pigmento hasta llegar a un punto de saturación. Una vez alcanzado todo aporte de pigmento no proporciona variación cromática. Es importante conocer el porcentaje de pigmentación óptimo. Además se recomienda emplear pigmentos de gran poder de



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



coloración, ya que la cantidad de pigmento añadida será menor, mejorando la calidad y resistencia final del hormigón, al no exceder el contenido de finos.

Actualmente los nuevos aditivos de color y las técnicas de manejo del material hacen que sea más fácil y económico lograr el hormigón coloreado.



6.5 Criterios de dosificación

Se trata de realizar un hormigón de calidad, en ese sentido poco difiere de los criterios de dosificación en un hormigón estructural no visto, aunque sí que es conveniente tener en cuenta una serie de consideraciones:

- ✓ Se debe respetar las condiciones de exposición, según la normativa. Se ha de tener en cuenta que en estos hormigones no tendremos ninguna capa exterior que proteja el hormigón. Se ha de cuidar la durabilidad, además de para mantener su resistencia mecánica, porque estéticamente debe mantener sus propiedades iniciales.
- ✓ Se ha de evitar la creación de nidos de grava, por ello se debe respetar de forma más estricta el tamaño máximo del árido, en función de la diferencia entre la armadura y el encofrado. Se puede recomendar una separación mínima menor de 0.8.
- ✓ La tendencia a la pérdida de lechada por las juntas se hace mayor en hormigones muy fluidos. Se evitara esto puesto que en cualquier grieta o defecto del encofrado aparecerá exudación.
- ✓ Se deben tener en cuenta el efecto de los aditivos en la cantidad de agua, puesto que pueden demandar agua, y por lo tanto afectar a la docilidad de la mezcla.
- ✓ Una mayor cantidad de árido fino respecto al árido grueso reducirá la probabilidad de que aparezcan nidos de grava.

El color del hormigón depende, en gran medida, del aportado por el cemento y la arena. El empleo de mezclas ricas en cemento hace más uniforme el color obtenido y disminuye el número de burbujas localizadas en la superficie del hormigón, fenómeno este que se ve igualmente favorecido por la utilización de áridos con mayor absorción superficial.

El uso de hormigones con asiento de cono elevado proporciona mejor uniformidad de color y menor contenido de burbujas superficiales; por el contrario, son más propensos a producir eflorescencias y fisuración superficial.

La comisión de Trabajo W.29 del CIB “Acabados de paramentos de hormigón” establece al respecto las recomendaciones que se recogen en el cuadro siguiente

Tamaño máximo del árido (mm)	Contenido de finos (Cemento+áridos), F (Kg/m ³)	Asiento en cono de Abrams, AC (mm)
35	350≤F≤450	75≤AC≤95
20	400≤F≤500	50≤AC≤65
10	400≤F≤550	25≤AC≤35

Conviene tener en cuenta que en estos hormigones es conveniente colocar en la hormigonera el árido grueso y una parte de la arena y del agua antes de añadir el resto de los materiales. Igualmente, se ha constatado que, en ocasiones, las variaciones del hormigón son debidas a un amasado insuficiente, por lo que resulta recomendable el



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



empleo de hormigoneras energéticas, de eje vertical, y la prolongación del tiempo de amasado.

7. Encofrado



Imagen nº 33 Encofrado con tablero fenólico

El encofrado en que se vierte el hormigón fresco determina, no sólo la forma del elemento sino también la textura y calidad de su superficie. En una obra de hormigón visto, el encofrado determina esencialmente el carácter del edificio, por lo que para lograr las expectativas de calidad y aspecto final, es fundamental la calidad en el diseño y ejecución del encofrado.

Hay que conocer los efectos que producen los diferentes sistemas de encofrado en la superficie del hormigón, para que las expectativas del proyecto sean acordes con la ejecución y los resultados.

En los planos y pliego de condiciones del proyecto debe definirse el encofrado, recogiendo los siguientes aspectos:

- Despiece y definición geométrica de todas las piezas, y tolerancias.
- Tensores y codales, tipo y disposición.
- Tolerancias admisibles en los elementos terminados.
- Situación de juntas de contracción y dilatación, y detalles que definan su ejecución.
- Previsión de juntas de hormigonado, planificación y realización.
- Secuencias de hormigonado; considerar la influencia que la presión del hormigón tiene sobre el color de la superficie.
- Acabados que requieran tratamientos superficiales; indicar el grado de terminación, citar ejemplos de casos reales, o preparar muestras previas.
- Criterios para el desencofrado y descimbrado.
- Acabado de los agujeros de los tensores, perfilar o tapar.
- Grado de calidad de la superficie.

7.1 Condicionantes básicos del encofrado

- **Geometría:** basada en los planos de obra, en los que debe figurar el despiece, dimensiones, tolerancias y detalles.
- **Rigidez:** afecta a todos los componentes del encofrado, desde los tableros hasta los rigidizadores. Se han de evitar asientos, movimientos y deformaciones, limitando la flecha a 1/400 de la luz.



- **Resistencia:** debe cumplirla todo el encofrado. La presión que el hormigón fresco ejerce sobre el encofrado depende de la velocidad de hormigonado, la temperatura, la docilidad, el vibrado, la composición del hormigón, el uso de plastificantes, y/o la dosificación de cemento. No deben emplearse métodos simplificados de cálculo.
- **Estanqueidad:** es fundamental para un acabado con calidad. La falta de estanqueidad del encofrado produce dos defectos superficiales; la formación de aletas y las pérdidas de lechada, con los consecuentes “nidos de grava”.
- **Limpieza:** antes de reutilizar un encofrado debe limpiarse y eliminarse el mortero que haya podido quedar adherido a su superficie.

7.2 Materiales

El material que se escoja para encofrar tiene su importancia de cara a la superficie de hormigón que se pretende conseguir: en función de las características del encofrado, liso o basto, compacto o poroso, ligero o pesado, se obtendrán diferentes aspectos y texturas superficiales. Las propiedades del material a considerar son la dureza, la absorción, la textura superficial y el envejecimiento. Dentro de los materiales utilizables con un coste razonable (materiales como el vidrio o el plomo resultan prohibitivos económicamente) se encuentran:

- Tablas de madera:
 - La madera es una material para encofrados que se puede emplear con mucha facilidad. Puede tener una superficie lisa, puede estar aserrada con acabado rugoso, o sopleteada con arena para transmitir cierta textura a la superficie del hormigón. Las características de desencofrado dependerán de la clase de madera, del tiempo y las condiciones de exposición durante su almacenamiento, así como de otros factores. Los moldes de madera pueden alterar el color de la superficie del hormigón desencofrado a través de variaciones en la absorción de las diferentes partes de la tabla. Las partes más permeables absorberán más agua del hormigón fresco y reducirán la relación agua/cemento produciendo un color más oscuro en la superficie. Las sustancias orgánicas en la madera pueden dar como resultado superficies de hormigón de color más oscuro y, algunas veces, causar empolvamientos. Los agentes desmoldantes no corrigen estos defectos.

Con cada uso del encofrado, el efecto de oscurecimiento de la madera sobre la superficie del hormigón va disminuyendo. Cuando el encofrado se ha utilizado varias veces, puede esperarse una variación considerable en el color de la superficie de hormigón, desde el primer hasta el último uso.

Para lograr un color uniforme en la superficie es aconsejable obtener toda la madera de la misma fuente de aprovisionamiento, y emplear un recubrimiento o sellador de encofrado. Si se desean variaciones de color controladas, se puede utilizar madera de distintas fuentes.

La madera para encofrados se utiliza pocas veces debido a su menor durabilidad, la cual puede duplicarse si se forra interiormente con chapas o láminas de acero. Además tienen el inconveniente de que sus dimensiones no son estables debido a las variaciones volumétricas de la madera o al desajuste de los sistemas de fijación.



- Plywood o madera laminada multicapas

Se puede emplear plywood tratado con resinas fenólicas, el cual proporciona una superficie uniforme y casi impermeable. Cuando se desea transferir la veta de la madera al hormigón debe evitarse el empleo de recubrimientos impermeabilizantes. En caso de que se emplee un sellador o impermeabilizante no se debe mezclar diferentes tipos o marcas comerciales. El sopleteado con arena sobre superficie de plywood proporcionará una textura rugosa al hormigón.

- Acero

Las superficies de acero son impermeables y proporcionan un color uniforme. El revestimiento de acero debe ser lo suficientemente grueso para soportar la carga entre sus elementos de apoyo, con el fin de mantener las deflexiones dentro de límites aceptables. Se recomienda el uso de agentes desmoldantes que contengan algún anticorrosivo, para reducir la posibilidad de que aparezcan manchas de óxido. Para moldear hormigón de cemento Pórtland blanco o de color claro, el revestimiento de acero debe someterse a limpieza con ácido a fin de eliminar las escamas de laminación y, así evitar las manchas en superficies de diferentes características.

El molde de acero galvanizado puede causar la adherencia del hormigón y por lo tanto, su uso debe evitarse. Si se emplean moldes galvanizados se puede disminuir la adherencia usando una solución del 5% de trióxido crómico. Además se recomienda limpiar las soldaduras del molde con añil (del tipo que se usa en lavandería).

- Aluminio y magnesio

Las aleaciones de aluminio y magnesio pueden emplearse con éxito cuando son compatibles con el hormigón. Si bien no existe ningún método estándar para probar dicha compatibilidad, el mejor indicador es la experiencia adquirida con la práctica en el empleo de encofrados, mezclas y técnicas de curado que hayan dado buenos resultados.

- Plástico

Los plásticos desempeñan cada vez un papel más importante en la práctica del moldaje del hormigón arquitectónico gracias a su superficie impermeable y a su capacidad de ser moldeados con cualquier patrón o textura. No causan la decoloración que es tan común con la mayoría de los materiales de encofrado de tipo absorbente. El empleo de materiales lisos para el moldaje puede dar como resultado una variación en el color conocida como transparencia del agregado.

Los moldes plásticos se emplean para obtener superficies brillantes, que deben tratarse con precaución pues, expuestas a las intemperie pierden su brillo, ya sea por la humedad o sequedad del ambiente o por condiciones de congelación o deshielo. Los encofrados plásticos pueden ser tanto reforzados como no reforzados.

- Moldes desechables de Yeso

Para el diseño especial de naturaleza compleja y detallada se puede emplear moldes desechables de yeso. El hormigón se coloca sobre estos moldes, que luego se rompen para desencofrar la pieza.

Ya que los moldes de un solo uso son relativamente costosos deben emplearse sólo para los elementos que no se tengan que repetir, o cuando no es posible encofrar formas complicadas mediante otros métodos más sencillos. Con moldes desechables de yeso debe emplearse un antiadherente efectivo.



- **Encofrados de Hormigón**

Están constituidos por una pieza de hormigón monolítico, confeccionada con una matriz apropiada, que permite una gran precisión y durabilidad. Otra alternativa son las superficies de hormigón utilizadas como molde de fondo con encofrados laterales de madera o acero. Su vida útil puede alcanzar 200 usos o más dependiendo de la calidad de su ejecución y el mantenimiento que reciba.

La superficie no debe tener un mínimo de irregularidades, debe ser lo más lisa posible y suficientemente resistente para evitar la adherencia del hormigón y desprendimiento de la capa superficial. En algunos casos la superficie interior se reviste con resinas epóxicas o poliésteres que mejoran su calidad superficial.

7.3 Juntas de encofrado

La autora Karen Fischer en su artículo "stability of exposed concrete against bleeding and segregation" [25] explica las conclusiones sacadas de los ensayos realizados con diferentes muestras de hormigón. En estos ensayos se pretende analizar la influencia de diferentes factores en el sangrado a través de una grieta que simula una junta o un defecto de encofrado. Analiza también la influencia de la decoloración del hormigón en el área de cercanía al sangrado.

El ensayo intenta relacionar la consistencia del hormigón con la cantidad de agua perdida y la decoloración obtenida. No hay relación entre el área descolorida y la consistencia del hormigón, por lo que este ensayo no parece el más adecuado para la aceptación o rechazo del hormigón. Aun así es una línea de investigación muy interesante: la creación de ensayos que fueren el sangrado para evaluar el comportamiento de distintos hormigones frente a él.



Imagen nº 34 Ensayo de sangrado
Fuente: [25]

La estanqueidad de las juntas entre las piezas de encofrado es fundamental para la calidad del aspecto superficial final. En función de la abertura de la junta y de la plasticidad y consistencia del hormigón, se podrá producir pérdida de mortero o de lechada.

Las rebabas de mortero que fluyan pueden formar aletas y/o estalactitas, que aunque puedan picarse posteriormente, dejan marca.

Para minimizar el efecto antiestético se puede actuar mediante:

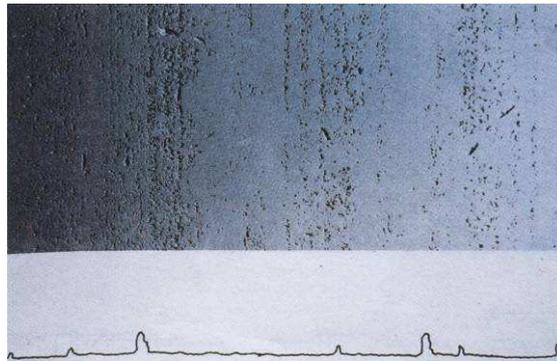
- Emplear piezas de encofrado que requieran pocas uniones: paneles de contrachapado, metálicos, etc.
- En los solapes de paneles de chapa metálica montar la parte inferior sobre la superior: se disimula visualmente la junta y se evitan las rebabas.
- En madera utilizar paneles y tablas bien aserradas y de espesor semejante.
- Mantener regularidad en la alineación de las juntas.

Para conseguir la estanqueidad de las juntas habrá que considerar los siguientes aspectos:

- Humedecer la madera antes del uso, para que expanda. Puede ser un método eficaz con hormigones de consistencia seca.
- Juntas machihembradas entre paneles.
- Utilizar juntas elastoméricas entre paneles
- Impermeabilizar por el exterior las juntas entre paneles, mediante silicona u otros sellantes, dado que así la junta no tiene el ancho suficiente para producir aletas, y si se evita la salida del agua y lechada, no se producirán los nidos de grava.

7.4 Encofrados con formas especiales

Bien sea a base de gomas adheridas al encofrado, o algún otro sistema se pueden conseguir acabados muy distintos al habitual liso de los encofrados.



Fotografía 10.16 Banda para revestir encofrado con simulación de travertino y aspecto real de la superficie (sin color). (Cortesía de CMC- Reckli).

Imagen nº 35 Banda para revestir encofrado con simulación de travertino y aspecto real de la superficie sin color

Fuente: [10]



Imagen N°36: Matriz de goma

Fuente: Catálogo RECKLI



Imagen nº 37 Fabricación de la matriz
Fuente: Catálogo RECKLI



Imagen nº38 aspecto final del paramento vertical
Fuente: Catálogo RECKLI



Imagen nº 39 Fotografía en panel
Fuente: Catálogo RECKLI



Imagen nº 40 aspecto final de fachada con fotografías materializadas en el hormigón
Fuente: Catálogo RECKLI

7.5 Encofrados flexibles

Los encofrados flexibles aparecen como una alternativa, totalmente novedosa, frente al encofrado tradicional. Se trata de un material, generalmente plástico que se deforma por la presión del hormigón fresco. Esto consigue una serie de formas que permiten obtener superficies imposibles de realizar con encofrados tradicionales.



Imagen nº41

- ✓ Es posible lograr figuras que con encofrados rígidos tradicionales resultarían de un alto costo.
- ✓ Es posible obtener una superficie acabada de muy buena calidad en cuanto a textura y a la continuidad de ella, aun en superficie de doble curvatura
- ✓ El empleo de un textil permeable tiende a mejorar la calidad del hormigón, ya que este encofrado deja escurrir el posible exceso de agua de la argamasa, sin arrastrar el cemento
- ✓ En cuanto a una propiedad formal (que se puede calificar de subjetiva, pero aun siendo así no deja de tener cierto valor), los cuerpos formados por planos de doble curvatura se asocian fácilmente a una estructura de orden orgánica, es decir, se vinculan visualmente como partes de un organismo. Este hecho hace que la forma se perciba como menos invasiva, menos agresiva y, por lo tanto, más armónica con los entornos naturales y artificiales de los espacios urbanos.
- ✓ La simplicidad del diseño del encofrado y la posibilidad de emplearlo muchas veces.

En los encofrados flexibles, la argamasa del hormigón es contenida por una combinación de elementos rígidos soportantes y una membrana que solo resiste tracciones. De este modo al recibir la masa del hormigón, la membrana la contienen y

adopta automáticamente una forma gravitacional. Este es un hecho mecánico que, en igualdad de condiciones, genera la misma forma y, por lo tanto, es gobernable. Además permite que la propia pieza de hormigón sirva como encofrado para otra, imagen 47.

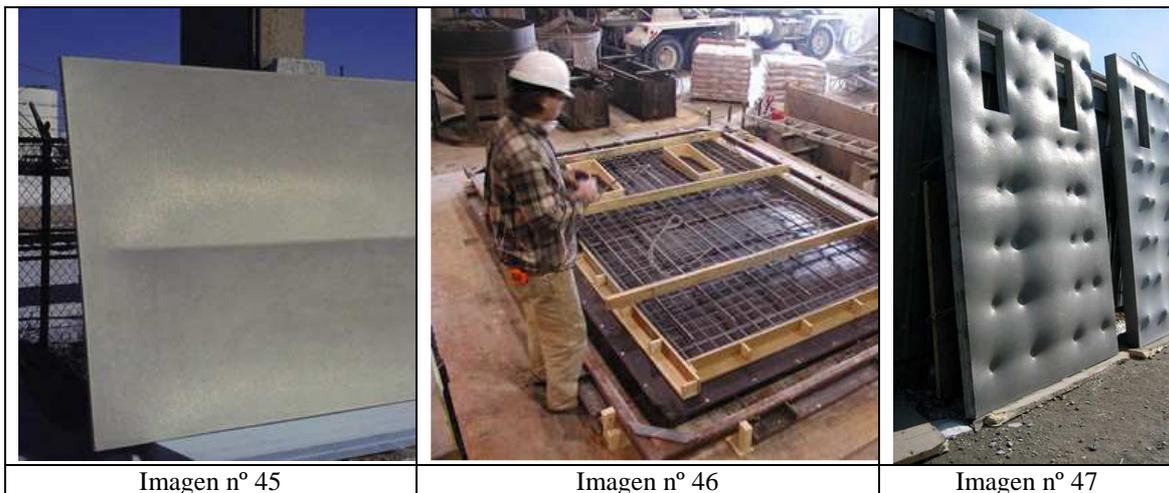
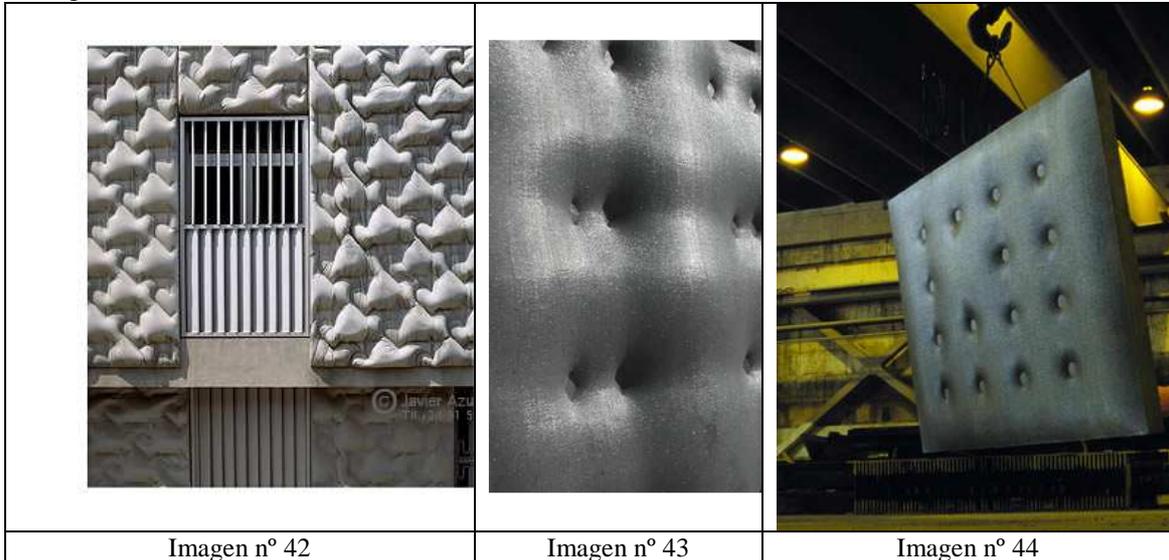




Imagen nº 48



Imagen nº 49



Imagen nº 50



Imagen nº 51



Imagen nº 52



Imagen nº 53



Imagen nº 54



Imagen nº 55



Imagen nº 56



8. Puesta en obra y compactación.

Se deben tener en cuenta los siguientes condicionantes a la hora de poner en obra y compactar el hormigón:

- ✓ Colocar el hormigón en capas uniformes de 300 a 500 mm. Cada capa debería ser vibrada con la anterior (marcar el vibrador)
- ✓ Usar un tamaño adecuado del vibrador

Pared de espesor de hasta 20 cm	Aguja $\varnothing \leq 40$ mm
Pared de espesor de 20 a 40 cm	Aguja $\varnothing 60$ mm
Pared de espesor mayor de 50 cm	Aguja $\varnothing 80$ mm

- ✓ Consistencia blanda, ni demasiado fluida que produciría exudaciones ni demasiado seca, que crearía mucha porosidad y nidos de grava
- ✓ Mediante el hormigón autocompactante se pueden conseguir resultados muy buenos. Además se evita que sea el vibrado, operación de difícil control de calidad, el proceso determinante de la calidad final.
- ✓ Seleccionar un método y velocidad adecuada de llenado.
- ✓ Se exige un especial cuidado en la ejecución de la puesta en obra.
- ✓ Se debe realizar un plan de vertido.
- ✓ Se deben evitar las juntas frías entre dos amasadas. En el caso de que sean inevitables deberán ir previstas en proyecto, intentando que esté en una zona oculta, o bien que esté disimulada con algún otro elemento (berenjeno o similar).
- ✓ Cumplir las especificaciones referentes a la compactación y curado.
- ✓ El hormigón debe llegar a su posición con recorrido fundamentalmente vertical
- ✓ La altura de vertido no superará los tres metros
- ✓ La armadura tendrá en cuenta la acción del vibrador, permitiendo que acceda a todas las zonas.

Vibrado

En obra lo más habitual es realizar el vibrado mediante vibradores de aguja por inmersión en la masa fresca. La acción del vibrador depende, entre otros factores de su frecuencia de vibración, que pueden ser bajas, medias o altas. Las bajas afectan al árido más grueso mientras que las altas a mortero más fino.

La aguja se introduce en el hormigón fresco, sin tocar el fondo del encofrado, y debe retirarse lentamente, para que el hueco se cierre por completo. La altura de las tongadas de hormigonado será inferior a la longitud de la aguja, y cada capa deberá unirse con la anterior. Hay que evitar todo contacto con las armaduras, ya que la vibración puede separarlas de la masa de hormigón. En los planos de armado deben preverse los canales de inmersión para el vibrador. El radio de acción del aparato determinará la separación óptima de los puntos de inmersión. Una distribución al tresbolillo evitará la superposición de radios de acción. Se debe vibrar muchos puntos durante poco tiempo.

9. Desencofrado

El momento para desencofrar (no para desapuntalar) dependerá del tipo de hormigón utilizado, aunque se recomienda cumplir la edad mínima posible, y así comenzar el curado. Se debe esperar a que el hormigón alcance una resistencia de 10 N/mm², evitando desconchones y daños locales. Además se evitarán las fisuraciones superficiales por contracción diferencial.

Es una operación que debe hacerse de forma cuidadosa, con objeto de no producir alteraciones en las acanaladuras, esquinas, etc, que tienen en el caso de hormigones vistos difícil reparación.

Debe prestarse especial cuidado a los agujeros de los tensores, que se deterioran fácilmente. Se puede perfilar el agujero de forma definida, con biselados que mejoren su aspecto, o bien, dejar una embocadura troncocónica, en la cual se pueda colocar un tapón. También es aconsejable perfilar las juntas para disimular su efecto.

- Productos desencofrantes:

La adherencia del hormigón endurecido al encofrado supone el deterioro de la superficie del hormigón cuando no se haya tenido la previsión de emplear productos de desencofrado. Consisten en una delgada película que no endurece, situado entre el hormigón y el encofrado, que impide el contacto directo entre dos cuerpos sólidos. Además permiten la obturación de los poros que pueda poseer el material de encofrado. La elección del producto de desencofrado se realiza en función de las propiedades del material del encofrado (rugosidad, porosidad, dureza...). Dada la trascendencia que presenta este producto en el caso del hormigón visto, deben hacerse pruebas previas antes de su elección.

Básicamente los productos desencofrantes pertenecen a alguno de los siguientes tipos:

- aceites o sustancias grasas, de origen vegetal o mineral
- emulsiones de aceite en agua, en las que la fase exterior o continua es el agua
- emulsiones de agua en aceite, en las que la fase exterior o continua es el aceite.
- Aceites con agentes tensoactivos
- Productos químicos tensoactivos
- Pinturas impregnantes tapaporos.

Los aceites de origen vegetal o mineral y algunas emulsiones, actúan como barrera, y no deben usarse en hormigones vistos, ya que producen manchas por acumulación en las paredes del encofrado. El resto de desencofrantes son químicamente activos y se comportan adecuadamente. Poseen agentes tensoactivos que hacen que los ácidos grasos del desencofrante reaccionen con la cal del hormigón formando una película de jabón entre el hormigón y el encofrado. Producen pocas burbujas y las variaciones de color son muy pequeñas, prácticamente con todo tipo de encofrados.

En el caso de encofrados metálicos algunos de estos productos tienden a producir óxido, por lo cual deben utilizarse desencofrantes especiales para el acero, que suelen llevar inhibidores de la corrosión.

Las pinturas tapaporos, al impermeabilizar, consiguen buena uniformidad de color, aunque aumentan el número de burbujas.

La aplicación debe realizarse atendiendo a las instrucciones del fabricante, y siempre de la forma más uniforme y en la película más delgada posible.



En el caso del empleo de madera, contrachapado u otros encofrados que lo permitan se obtienen buenos resultados sin utilizar desencofrantes y humectando convenientemente los encofrados.

Del artículo " Modificaciones de las propiedades superficiales en el hormigón visto, por la utilización de diferentes tipos de desencofrantes y aditivos plásticos" (A. Beltramone, F.A. García Cruz, A. García Santos) [2] se extraen las siguientes conclusiones:

- El desencofrante parafínico es el que respeta, en mayor grado, las cualidades propias de las piezas fabricadas de hormigón visto, y que le confiere menor número de modificaciones superficiales tanto en color como en textura, por lo que resulta el más recomendable para este uso.
- El desencofrante de aceite mineral presenta una ligera modificación tanto por lo que respecta al color como a la textura superficial de dichas piezas, por lo que puede resultar también como una opción viable.
- El desencofrante de aceite de automóvil es el que modifica, en mayor grado, el acabado superficial de las piezas de hormigón visto, tanto en color como en textura, por lo que se recomienda que no se utilice en estos casos, salvo que se busque obtener un acabado superficial específico, con alguna de las características observadas en el presente estudio.
- El empleo de aditivos plásticos en todos los casos, a mayor o menor grado produce modificaciones superficiales en las piezas fabricadas de hormigón visto, tanto en color, como en textura.
- La modificación del color, que se produce mediante el uso de los diversos aditivos plásticos analizados en el presente estudio es la siguiente. Partiendo del tono más claro que representa el hormigón sin incorporación de aditivos y, a continuación, un incremento hacia tonalidades más oscuras del hormigón, mediante el uso de los diversos aditivos:
 1. Cemento sin aditivos
 2. Éteres policarboxílicos modificados
 3. Éteres policarboxílicos
 4. Derivados policarboxílicos
 5. Melaminas sintéticas modificadas
 6. Melamina
 7. Naftalensulfonado condensado
 8. Polímeros orgánicos modificados

Del estudio del manual de un fabricante de desencofrados (SIKA) se extraen las siguientes características de estos agentes

Composición de los desencofrantes

Los desencofrantes pueden estar constituidos por hasta tres grupos de sustancias:

- Agentes formadores de película
Son sustancias responsables del efecto “desencofrante”, como son los aceites naturales o sintéticos y también las parafinas.
- Aditivos



Proporcionan efectos adicionales o intensificados. Incluyen potenciadores de desencofrado, agentes humectantes, inhibidores de la corrosión, conservantes y emulsionantes. La mayoría de los desencofrantes empleados actualmente contienen también otros aditivos que reaccionen químicamente con el hormigón, causando una interrupción del fraguado intencionada. Es entonces más sencillo desencofrar el hormigón y el resultado es un producto con un uso más general.

- Disolventes

Actúan como reductores de la viscosidad de los agentes formadores de película y aditivos. Su propósito es ajustar la consistencia, el espesor de la capa, tiempo de secado, etc.

Requerimientos de los desencofrantes

Los desencofrantes deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Un desencofrado limpio y fácil del hormigón (sin adherencia del hormigón ni daños en el desencofrado).
- Superficies del hormigón visualmente perfectas (piel de la superficie impermeable, color uniforme, sin burbujas de aire).
- Sin efectos adversos en la calidad de la superficie del hormigón (sin una excesiva interrupción del fraguado, sin problemas para posteriores trabajos de aplicación de pinturas o recubrimientos).
- Protección del encofrado contra la corrosión y el envejecimiento prematuro.
- Fácil aplicación.

Selección del desencofrante

El tipo de encofrado es el principal criterio para la selección del desencofrante más adecuado. En el siguiente gráfico se proporciona una relación de los distintos tipos.

1. Desencofrante para encofrados absorbentes

Los encofrados de madera que no han sido utilizados previamente, tienen una capacidad de absorción muy alta.

Si el encofrado no se prepara correctamente, se produce una pérdida de agua de la superficie del hormigón en contacto con el encofrado.

El resultado será la adherencia del hormigón al encofrado y futura formación de polvo en la superficie del hormigón endurecido debido a una falta de hidratación del cemento.

La capa de hormigón cercana a la superficie también puede verse “afectada” por algunos compuestos del encofrado (por ejemplo azúcares de la madera). Esto provocará formación de polvo, resistencias bajas o decoloración, y ocurre principalmente cuando los encofrados de madera han estado almacenados sin proteger en el exterior y expuestos a la luz directa del sol.

Los efectos descritos pueden ser muy pronunciados cuando el encofrado se usa por primera vez pero decrecen gradualmente con el uso.

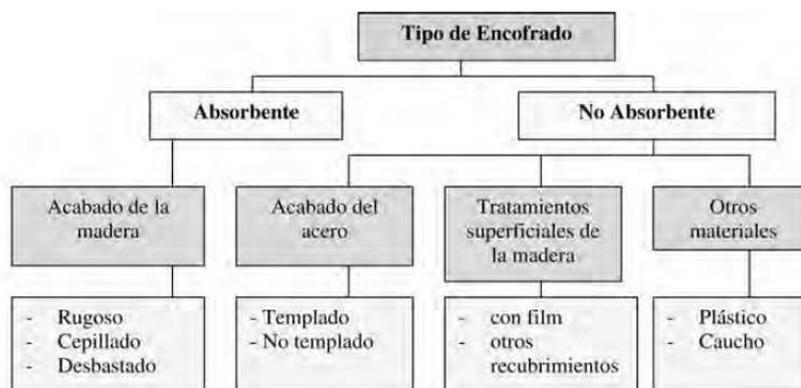
Para minimizar estos problemas con los encofrados de madera nuevos, se ha desarrollado un método sencillo que se ha probado eficazmente en la práctica. Consiste



en tratar el encofrado de madera nuevo, antes de ser utilizado por primera vez, con un desencofrante y recubrirlo más tarde con pasta de cemento o una lechada espesa. Esta pasta de cemento endurecida se retira después con un cepillo.

Tras este envejecimiento artificial, se aplica un desencofrante con propiedades de sellado. Para este fin se utilizan normalmente aceites de desencofrado con bajo contenido de disolventes o sin disolventes y poco activos químicamente.

Cuando el encofrado de madera se ha utilizado varias veces, su capacidad de absorción se reduce gradualmente debido al aumento de sellado de sus superficies ya que los poros se rellenan con los restos de la pasta de cemento y de los desencofrantes. Por lo tanto, los encofrados de madera utilizados muchas veces solo necesitan una capa fina de desencofrante. También pueden utilizarse en estos encofrados desencofrantes que contengan disolventes o emulsionantes.



2. Desencofrado para encofrados no absorbentes.

Los encofrados de resinas sintéticas, plástico o acero, no son absorbentes y por lo tanto no pueden absorber el desencofrante, el agua o la pasta de cemento.

Con todos estos materiales es extremadamente importante aplicar una capa fina, continua y uniforme de desencofrante evitando las acumulaciones de producto. Estas acumulaciones provocan un aumento de la formación de burbujas y también pueden causar decoloración y formación de polvo en la superficie del hormigón.

Para obtener una capa más fina y lisa de desencofrante en las superficies del encofrado, se utilizan normalmente aceites de baja viscosidad con aditivos, o con disolventes en el caso del hormigón visto. Estos aditivos proporcionan un mejor desencofrante (por ejemplo con ácidos grasos o agentes humectantes) y una mayor adherencia de la capa de desencofrante a las superficies lisas y verticales del encofrado.

Esto es particularmente importante cuando se trata de:

- Encofrados con paredes muy altas
- En el vertido del hormigón desde alturas considerables que causen abrasión mecánica en las superficies del encofrado, o
- En los efectos de la intemperie en tiempos de espera largos entre la aplicación del desencofrante y la colocación del hormigón

Los encofrados de acero sometidos a tratamientos térmicos suponen una aplicación especial. La capa de desencofrante aplicada sobre el encofrado no debe evaporarse debido al calor, y el desencofrante debe formularse de tal forma que no puede producirse una reacción química fuerte (saponificación) entre el hormigón y los compuestos del desencofrante durante el tratamiento de calor.



Los encofrados de gomas especiales o siliconas no siempre requieren la aplicación de desencofrante, al menos cuando son nuevos, ya que el hormigón no se adhiere a las superficies lisas e hidrofóbicas del encofrado. Si fuera necesaria la aplicación de desencofrante debido a la textura o envejecimiento del encofrado, deberán utilizarse productos que contengan disolventes o emulsiones especiales dependiendo de la textura. Se recomienda la aplicación de una capa fina para prevenir la acumulación de desencofrante en las partes inferiores del encofrado, y llevar a cabo un ensayo de idoneidad para asegurar que los desencofrantes utilizados no provoquen la degradación del encofrado.

La regla más importante, en cuanto a la aplicación, es utilizar la cantidad mínima necesaria y de la forma más uniforme posible.



10. Curado

El curado es esencial para asegurar una correcta coloración del hormigón. Debe llegar a toda la superficie de cada elemento. Si el tiempo de encofrado se prolonga, se aconseja aflojar éste para permitir la hidratación de todas las caras.

El hormigón fresco se ve adversamente afectado por los efectos de las altas temperaturas, baja humedad y el viento. Para prevenir las distintas tonalidades producidas al variar la velocidad de secado, más claras cuanto más lenta, y reducir la retracción plástica inicial, el curado debe comenzar cuanto antes: incluso antes de finalizar completamente el proceso de extendido y vertido.

Es la norma América ASTM 3030 R04 [57], de las pocas que trata la diferencia de coloración en base a las diferentes condiciones de fraguado. Pese a ser este proceso fundamental en el color del hormigón:

- Para producir un color uniforme, el método y el periodo de curado debe proporcionar una temperatura uniforme al hormigón, independientemente de la temperatura ambiente. Los métodos propuestos deben ser juzgados in situ en la superficie de prueba para determinar los posibles efectos adversos. El curado estándar se describe en los procedimientos de ASTM 3081.1

Todos los encofrados verticales deberán ser retirados en un intervalo de tiempo o cuando el hormigón ha alcanzado unos 6.9 Mpa, resistencia a compresión, y realizando a continuación un curado externo. Para prevenir las manchas causadas por el tipo de material, la estructura debe ser cubierta con un revestimiento que impida la salida del vapor de agua, siguiendo las instrucciones del fabricante.

El curado aumenta las posibilidades de variaciones de color. Si estos son por la absorción de agua por la forma, las tonalidad de la madera nueva en comparación con las antiguos encofrados, forma de fugas o variaciones de temperatura. Se debe abordar el problema de las variaciones de color localizadas. Estas son debido al rápido secado superficial y los cambios térmicos extremos se debe reducir al mínimo, siguiendo las recomendaciones de ACI 305 R y 306R en las secciones 4.8 4.10.2.

- En el curado se debe tener sumo cuidado para asegurarse de que el material utilizado para cubrir la superficie del hormigón no causa textura o variaciones de color. Curado por aportación de agua solo debe usarse cuando el hormigón tiene un w/c por debajo de 0.4. **Cuando se utiliza, la temperatura del agua no debe variar la temperatura de la superficie del hormigón más de 11 °C.** El Plástico sheetsmay puede ser útil para cubrir las formas complejas, pero pueden aparecer diferencias de color y textura producidas por el contacto de la lámina de plástico con el hormigón.
- Membrana líquida de curado. El curado de membrana compuesto debe ser aplicado a una superficie húmeda. De lo contrario, puede causar decoloración o manchas y evitar el pegado de las reparaciones realizadas, recubrimientos arquitectónicos, y selladores. Se consultará al fabricante sobre las características



de sus productos y las garantías. Tanto el material como el procedimiento debe ser cuidadosamente evaluado en la superficie de prueba

- En climas muy calientes, con hormigón arquitectónico recién vertido, el curado debe comenzar lo antes posible. Pues puede verse afectado adversamente por altas temperaturas, bajas humedades y vientos fuertes. Para evitar variaciones de color debido a secado no uniforme y retracción plástica, que produzca agrietamiento. Incluso en determinadas condiciones, vientos desérticos, entornos especiales, el curado deberá comenzar incluso antes de terminar la colocación total de este.

M. Adam [18] trata el problema de la variación del color, según la velocidad de desecación de la superficie:

"El curado tiene una importancia capital sobre el aspecto final más o menos claro del hormigón, ya que viene influido por la formación de carbonato cálcico en la superficie. Siempre se necesita para la puesta en obra ($a/c=0.4$ a 0.7) más agua de la estrictamente necesaria para la hidratación del cemento (0.26 a 0.3) y el agua sobrante, cargada de cal, al evaporarse deja formarse carbonato de color muy claro. Según que la zona de evaporación se encuentre en el interior del hormigón o en la superficie, el aspecto resultante será oscuro o claro. Por esta razón es muy necesario el tratar de que las condiciones de evaporación del agua sean las mismas en todas las partes vistas del hormigón."

11. Defectos superficiales

[5]Se entiende por defecto superficial el no cumplimiento de unas especificaciones o características requeridas. Los defectos superficiales que pueden presentar las superficies de hormigón visto son variados, los principales son:

A. Defectos relacionados con la calidad del hormigón y puesta en obra

- **Burbujas**: Poros creados a partir de la acumulación de burbujas de aire y agua entre el encofrado y el hormigón.
- **Coqueras**: pequeñas cavidades creadas a partir de la acumulación de burbujas de aire y agua entre el encofrado y el hormigón.
- **Fisuras**: Grietas superficiales originadas por diversas razones. Se considera defecto cuando está localizado o presenta un patrón repetitivo.
- **Nidos de grava**: exposición de árido grueso cuando la pasta no cubre toda la superficie.
- **Cambios de color**: vetas de color presentes en la superficie del hormigón, bien sea por mal diseño del hormigón, juntas entre tongadas, humedad, eflorescencias,...
- **Zonas sin hormigonar**: vacíos en el entorno de inclusiones que no se han rellenado adecuadamente.
- **Descantillado**: eliminación de parte del hormigón provocada por adherencia del hormigón con el encofrado, desencofrado prematuro, impacto accidental,... Si bien puede producirse por golpes accidentales o un desencofrado demasiado temprano, si puede estar asociado al tipo de hormigón.
- **Raíces de segregación (acumulación de finos)**: Veteado de la superficie quedando expuesto el árido fino, debido a la exudación y pérdida de lechada por el encofrado. Es función del tipo de hormigón y de la estanqueidad de los encofrados.

B. Defectos relacionados con la calidad del encofrado

- **Molde sucio**: Manchas superficiales de restos adheridos al encofrado
- **Junta de unión entre paneles**: proyección lineal que se presenta en los encuentros de paneles de encofrado.



Imagen nº 57 Superficie de hormigón visto en una cocina



12. Proyecto y especificaciones de control de calidad

12.1 El control de calidad en el hormigón arquitectónico. Tratamiento en distintos países

Mientras para todo lo referente a uso estructural los países tienen desarrollada una normativa muy extensa, en el control de los acabados la normativa es escasa. Incluso en algunos países inexistentes. Se hace necesaria la existencia de una normativa que sirva tanto como guía en el proyecto y fabricación de los elementos vistos, como para dirimir discusiones ante la aceptación o rechazo de un elemento determinado. Es decir que quede definido cuantitativamente y no solamente cualitativamente, la calidad del acabado desde todos los puntos de vista.

Del artículo "International Requirements for High Quality Exposed Concrete" [6] se extrae toda una recopilación de normas de los distintos países, observándose como España se encuentra en una posición bastante mala en lo que a desarrollo de normativa sobre hormigones vistos, se refiere.

Es muy interesante, aunque también antigua, la clasificación que realiza el CIB W-29, se expone a continuación:

Tolerancias de los efectos de la superficie del hormigón, según CIB W-29 [10]

1. Defectos de forma

1.1. Planeidad

1.1.1. De conjunto (referido a la mayor dimensión del elemento o de la superficie que se considere, si se trata de hormigón vertical in situ).

Para cualquier posición de la regla cubriendo la zona considerada

1.1.2. Local referido a una regla de 20 cm. (sólo para superficies planas)

Para cualquier posición de la regla de 20 cm. sobre la superficie considerada

1.1.3. Desigualdades: los valores indicados se refieren a variaciones alrededor de un valor convencional d (es cero cuando se trata de una superficie plana)

1.2. Juntas entre paneles: el menor de los dos valores (l =anchura de la junta)

1.3. Distancia entre dibujos, respecto a la separación teórica D_1

$$R = D_{\text{real}}/D$$

Pueden prescribirse tolerancias especiales, si estos valores no son convenientes, respecto a las variaciones de separación entre dibujos alejados.

2. Manchas superficiales y defectos locales de la superficie

2.1. Superficie máxima de los defectos en cm., en función de la distancia L en metros a la que se observa el hormigón.

2.2. Los defectos regularmente separados pueden considerarse algunas veces como dibujos, según el punto 1.3, considerando la distancia teórica como la separación media entre defectos.

3. HUECOS (burbujas....)

3.1. Agrupación de huecos: se consideran como defectos locales, ver punto 2

3.2. Huecos repartidos: diferencias máximas toleradas aplicando la escala definida en las fotos que se adjuntan, entre las partes más dispares

Tolerancias del CIB

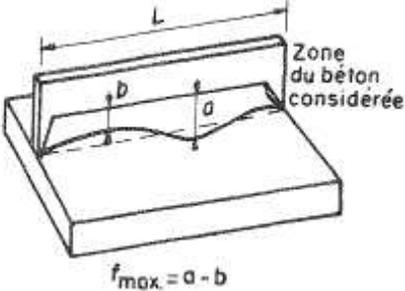
El cuadro de tolerancias divide las superficies en cuatro clases de paramentos

- Una clase de paramento **BASTO** para cuando no se exige ninguna especificación
- Una clase de paramento **NORMAL** que interesa cuando las superficies de hormigón son visibles, pero no justifican meterse en gastos importantes para su realización
- Una clase de paramentos **CUIDADOS** que corresponden a especificaciones notables en cuanto a aspecto
- Una clase de paramentos **ESPECIALES** que, en razón de sus costos muy elevados, no se justifican más que en obras o partes de obra, en donde ese aspecto revista una importancia inusual.



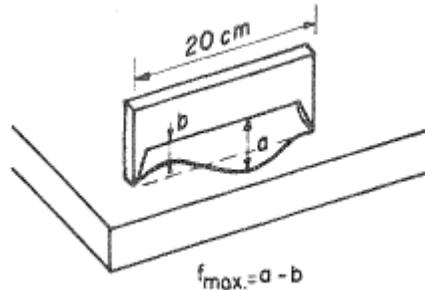
Conviene considerar los valores indicados, como todas las demás características del hormigón, sobre una base estadística. Es en efecto vano querer satisfacer a toda costa el 100%, así como está previsto en la relación propuesta con un cierto margen. Se pueden tener en cuenta los valores siguientes:

- Clase especial: 95%
- Clase cuidada: 80%
- Clase normal: 70%

<u>Objetos considerados</u>	Paramentos					
	Especiales		Cuidados		Ordinarios	
	De cerca	De lejos	De cerca	De lejos	De cerca	De lejos
1. Defectos de forma						
1.1 Planeidad						
1.1.1. De conjunto (referida a la mayor dimensión del elemento de la superficie considerada, si se trata de hormigón "in situ")  Para cualquier posición de la regla que atraviese la zona considerada	0.4%		0.6%		1%	



1.1.2 Local: referida a una regleta de 20 cm (solamente en el caso de superficies planas)



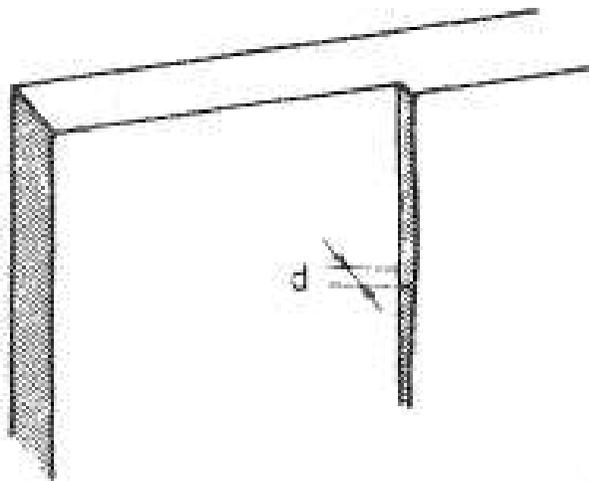
Para cualquier posición de la regleta de 20 cm sobre la superficie considerada

3mm

6mm

8mm

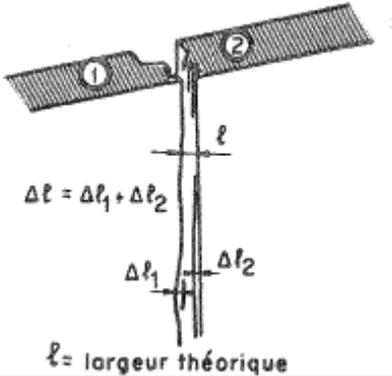
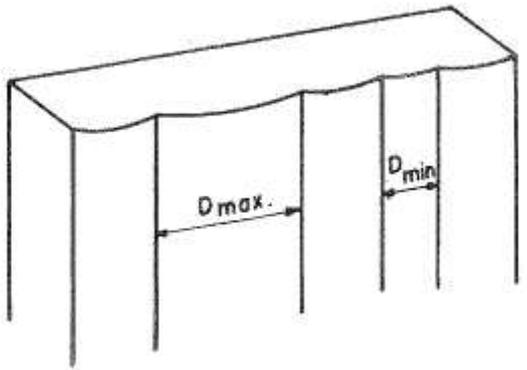
1.1.3 Cejas: los valores indicados se refieren a las variaciones en torno a un valor convencional “d” (el valor convencional “d” es de cero en el caso de una superficie plana).

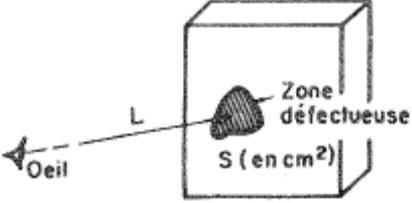


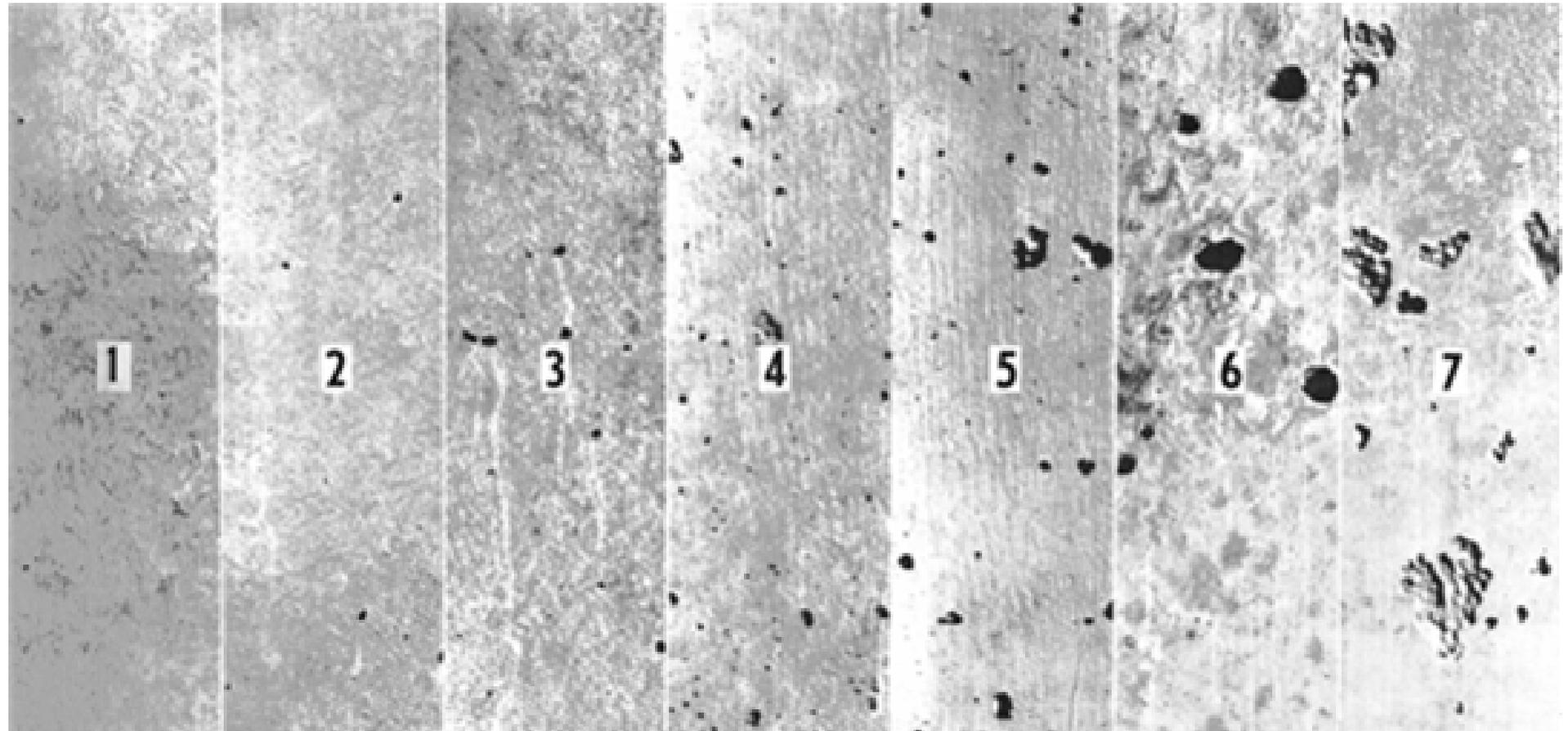
3mm

6mm

10mm

<p>1.2 Juntas entre paneles: el más pequeño de los dos valores (l=anchura de la junta)</p>			
	$\pm 8\text{mm}$ 0.31	$\pm 10\text{mm}$ 0.51	$\pm 15\text{mm}$ -0.71 +1
<p>1.3 Distancia real entre motivos referida a la distancia teórica D (1).</p>			
$R = \frac{D_{REAL}}{D}$			
<p>Se puede prescribir tolerancias especiales, referidas a las variaciones de distancias entre motivos alejados, si los valores aquí indicados no convienen</p>			
	$1.1 > R > 0.9$	$1.3 > R > 0.7$	$1.5 > R > 0.5$

2. MANCHAS Y DEFECTOS LOCALES DE SUPERFICIE	3L 43 L		4L 4L		5L 5L							
							2.1 Superficie máxima de los defectos en cm ² , en función de la distancia L. expresada en metros desde la cual es visto el hormigón	2.2 Defectos regularmente espaciados pueden ser considerados eventualmente como motivos según el punto 1.3, considerándose la distancia teórica como si fuere la distancia media entre defectos	2	4	4	6
3. COQUERAS (burbujas...)							2	2	2	3	3	4
3.1 Coqueras agrupadas: los grupo de coqueras se consideraran como defectos locales	2	4	4	6	6							
3.2. Coqueras repartidas: diferencias máximas toleradas aplicándose la escala definida en las fotos anexas entre las partes más diferentes	2	2	2	3	3	4						
4. VARIACIONES DE TONALIDADES	2	2	2	3	3	4						
Diferencia máxima tolerada basándose en la escala adjunta (de empleo cuando el hormigón está seco y a la sombra, colocándose al menos a 3 metros del elemento, estando la escala sobrepuesta sobre el elemento)	2	2	2	3	3	4						



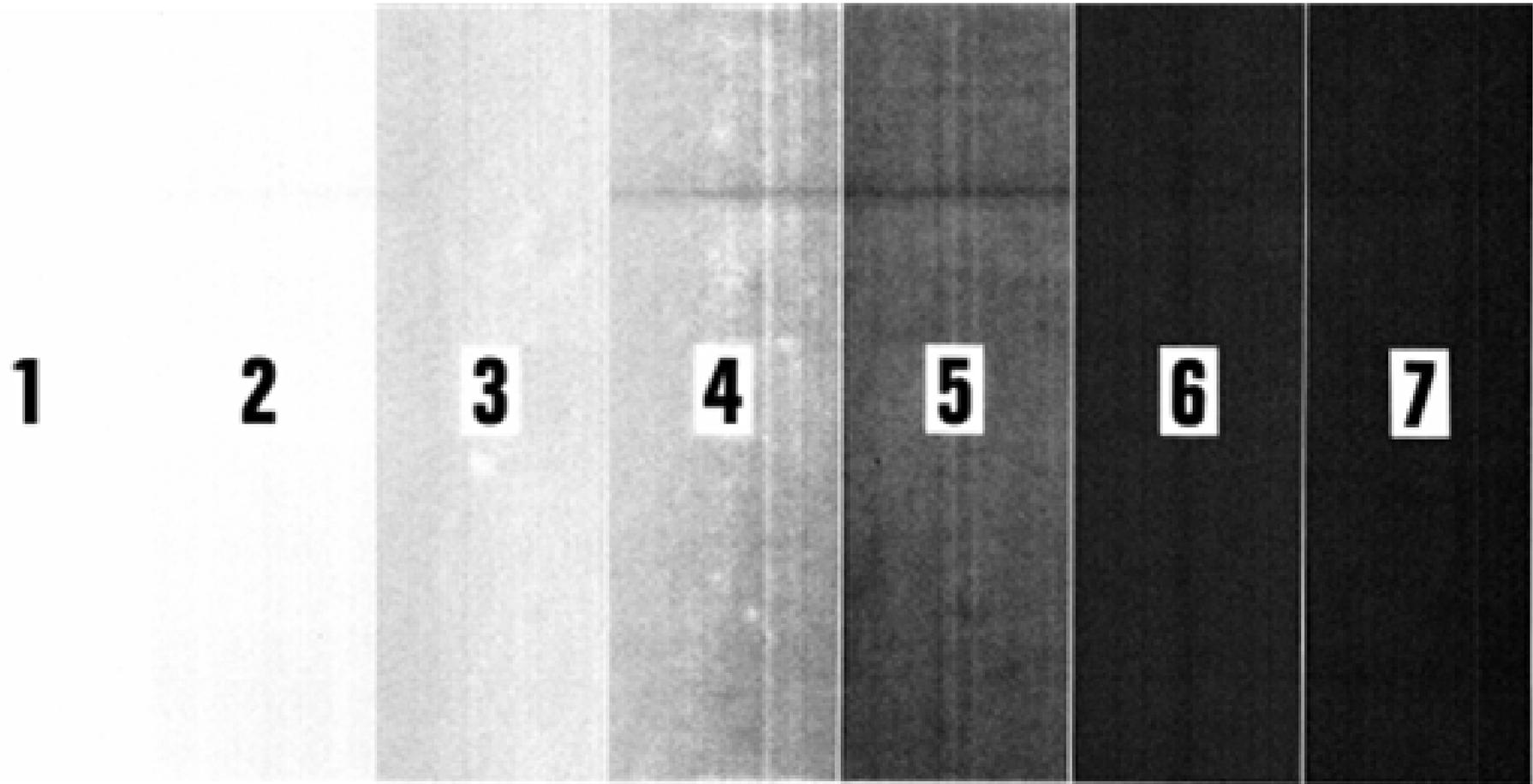


Imagen N°: Escala de grises que sirve para controlar la regularidad de color de los hormigones
Fuente: [10]

Clasificación superficial del hormigón visto. Gestión del diseño, construcción y recepción. A. Pacios Álvarez [60]

Revisión de sistemas de clasificación de superficies de hormigón visto

Sistema	
CIB W49 (1979)	Variaciones de forma Manchas y defectos superficiales Burbujas Variaciones de color
Nueva Zelanda (2004)	Planeidad Color Irregularidades físicas Acabados
Alamana (2004)	Textura Porosidad Uniformidad del color Planeidad Juntas de encofrado Tipos de encofrado Prototipo
Austriaca (2009)	Planificación y oferta Superficies de hormigón Ejecución de la construcción Encofrado y desencofrante
Australia (2010)	Porosidad Deformación Cejas Ondulaciones Planeidad Alineación



Normas alemanas [38]

Información en el criterio de calidad porosidad

Clase según la porosidad	P1	P2	P3	P4
Compartir poro máximo en mm^2 ⁽¹⁾	3000	2250	1500	750 ⁽²⁾
Porcentaje máximo de poro basado en una superficie de ensayo	1.2%	0.90%	0.60%	0.30%

⁽¹⁾ diámetro de poro

⁽²⁾ 750 mm^2 emparejar 0.30% la superficie de ensayo (500*500mm)

Clase de hormigón, requerimiento, ejemplos de realizaciones

Clase de hormigón	Requisitos	Ejemplos
SB1	Bajos requisitos	Paredes de sótano
SB2	Requisitos normales	Huecos de escaleras, muros de contención
SB3	Requisitos creativos	Construcción de muros vistos
SB4	Requisitos muy creativos	Construcción de elementos representativos

Parámetros de clasificación de superficies

- Abreviatura
- Denominación
- Ejemplos de superficies de utilización
- Características
- Superficie de prueba
- Variación de color, por comparación con patrones
- Juntas entre paneles
- Porcentaje de superficie afectada por poros e imperfecciones
- Tamaño máximo del poro
- Planeidad del conjunto
- Distancia entre motivos
- Variación de parámetros respecto a la superficie de prueba.
- Parámetros libres de aspecto a incluir previamente a la realización de la obra.



Comparativa entre normativas respecto a la porosidad

En esta comparativa se aprecia la gran diferencia de tratamiento en los distintos países, en lo relativo a la porosidad

Normas alemanas

	P1	P2	P3	P4
Poros máximo en mm ²	3000	2250	1500	750
% máximo de poros	1.2%	0.90%	0.60%	0.30%

CIB

	Especiales	Cuidados	Ordinarios	Toscas
Superficie máxima	3L	4L	5L	Sin especificar

En función de la longitud de observación

Normas francesas

Porosidad aislada

	E(0)	E(1)	E(2)	E(4)	E(5)
Superficie máxima por poro (cm ²)	No considerado	3	1.5	0.3	A determinar
Profundidad (mm)		5	3	2	
Superficie %		10	3	2	

Porosidad concentrada

	E(0)	E(1)	E(2)	E(4)	E(5)
Concentración %	No considerado	25	10	5	A determinar

De todas estas normativas, se observa que no hay unanimidad en la porosidad. Las normas francesas permiten un poro mucho menor que las alemanas, pero en una concentración mucho mayor. En Alemania se castiga más la concentración de poros mientras que en Francia se castiga más el tamaño. De tal manera que en este último podrá haber superficies de hormigón con texturas más cercanas al aspecto que ofrece un revestimiento de mortero monocapa, con muchos poros, pero muy pequeños.

12.2. El proyecto de una obra de hormigón arquitectónico

Una obra proyectada con hormigón visto requiere un planteamiento exhaustivo, tanto de la forma y aspecto general exigible al conjunto, como de todos los detalles, uniones, taladros y alojamiento de conductos e instalaciones. Es necesario especificar el hormigón preciso para la obra concretada, considerando además de la resistencia, derivada de los criterios de cálculo, la durabilidad y los aspectos estéticos. Todo esto conlleva un proyecto mucho más detallado y minucioso, en el que deben puntualizarse, como mínimo, los siguientes aspectos:

- Hormigón: especificación correcta y diferenciada.
- Componentes: cemento, áridos y aditivos.
- Encofrado: descripción, clase concreta y despiece.
- Criterios de acabado: color texturas, terminaciones.
- Muestras de ejecución: Incorporada a la memoria como parte del contrato.
- Recubrimientos mínimos exigibles.
- Separadores, clase, tipo y dimensiones.
- Planificación del hormigonado.
- Compactación: tipo y duración.
- Desencofrante a emplear.
- Tratamientos posteriores al desencofrado
- Plazos para desencofrado.
- Protección de las superficies determinadas hasta la recepción
- Es recomendable exigir a la empresa constructora ciertos requisitos; medios materiales, una mínima experiencia, etc.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



12.3. Control de procesos

En el Plan de Aseguramiento de la Calidad de una obra deben estar incluidos también los procesos. Y dentro de éstos los procesos encaminados a conseguir un buen acabado superficial. Esto se realiza mediante Documentos de Programas de Puntos de Inspección. A continuación incluyo unos protocolos de control de calidad que recoge la tesis doctoral de Rodolfo Eduardo Knaack Puentes [59].



12.4.1 Ferralla

		REGISTRO CONTROL DE CALIDAD				
		PROTOCOLO	ENFIERRADURAS		REVISION Nº: FECHA/HORA: PAGINA: PLANO DE REFERENCIA: REVISOR: OBSERVACIONES:	
PROYECTO:						
MANDANTE:						
CONSTRUYE:						
UBICACIÓN:						
RECEPCION	ACTIVIDAD	ESPECIFICACIONES	CUMPLIMIENTO			REVISION
			SI	NO	N/A	
	VERIFICAR PLANOS	CON ULTIMAS REVICIONES				VISUAL
	VERIFICAR FIERRO	CANTIDAD Y TIPO DE FIERRO LLEGADO A LA OBRA				VISUAL
	VERIFICAR FIERRO	CORRECTA MARCACION				VISUAL
	ACOPIO Y ALMACENAMIENTO	PROTEGIDO DEL MEDIO AMBIENTE				VISUAL
	ALAMBRE	VERIFICAR CALIBRE Y CANTIDAD				VISUAL
	LIMPIEZA FIERRO	VERIFICAR FIERRO ESTE LIBRE DE OXIDO ACEITE Y GRASAS				VISUAL
	SUPERFICIE	EMPLANTILLADO EN CONDICIONES ADECUADAS				VISUAL
	PLATAFORMA DE TRABAJO	BARANDAS, TABLONES, CARRERAS Y ESTRUCTURACION ANDAMIOS				VISUAL
	EQUIPOS	ILUMINACION EXTENSIONES ESMERIL GUILLOTINA				VISUAL
	MATERIALES	FIERRO ALAMBRE SEPARADORES				VISUAL
	TRAZADOS	EJES SEGÚN PLANOS				VISUAL
SEGURIDAD	USO DE ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL				VISUAL	
EJECUCION	LARGOS	SEGÚN PLANOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS				VISUAL
	DIAMETRO	SEGÚN PLANOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS				VISUAL
	FORMA	SEGÚN PLANOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS				VISUAL
	SEPARACIÓN	ENTRE ARMADURAS				HUINCHA
	EMPALME / TRASLAPO	SEGÚN PLANOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS				VISUAL
	AMARRES	VERIFICACION VISUAL (ALAMBRE NEGRO CALIBRE ESPECIFICADO)				VISUAL
	TRABAS / HORQUILLAS	SEGÚN PLANOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS				VISUAL
	SEPARADORES	4 A 6 POR M2				VISUAL
	ESTRIBOS	SEGÚN PLANOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS				VISUAL
	PASADAS (INTALACIONES ELECTRICAS, ETC.)	SEGÚN PLANOS INTALACIONES Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS				VISUAL
ENTREGA	PLOMOS Y VERTICALIDAD	SEGÚN PLANOS Y RECUBRIMIENTO, NIVLES Y ALINEAMIENTO				PLOMO
	ARRIOSTRAMIENTOS	SEGÚN ELEMENTOS				
	LIMPIEZA	ENFIERRADURA EXENTA DE HORMIGÓN BARRO, GRASA ACEITE OTROS				
	RECUBRIMIENTO	SEGÚN ESPECIFICACIONES				
CONSTRUCTOR		INSPECCION TECNICA	JEFE OBRA		CONTRATISTA	



12.4.2 Encofrados

REGISTRO CONTROL DE CALIDAD						
PROYECTO		MOLDAJES		REVISION N°		
MANDANTE				FECHA/HORA		
CONSTRUYE				PAGINA		
UBICACION				PLANO DE REFERENCIA		
				REVISOR		
				OBSERVACIONES		
RECEPCION	ACTIVIDAD	ESPECIFICACIONES	CUMPLIMIENTO			REVISION
	VERIFICAR PLANOS	CON ULTIMAS CORRECCIONES	SI	NO	N/A	VISUAL
	PLATAFORMA DE TRABAJO	ANDAMIOS, BARANDAS A DOBLE ALTURA, DIAGONALES AMARRAS.				VISUAL
	SELLO FUNDACION	VERIFICAR LIMPIEZA				VISUAL
	ENFIERRADURA	EMPALMES, AMARRAS, TRABAS, PLOMOS Y CALUGAS				VISUAL
	INSTALACIONES	TUBERIAS, CAJAS AFIANZADAS Y REFORZADAS				VISUAL
	INSERTOS	SEGÚN ESP. TEC. PROYECTO				VISUAL
	PASADAS	SEGÚN ESP. TEC. PROYECTO				VISUAL
	TRAZADO Y NIVELES	EJES AUXILIARES				VISUAL
	GUIAS Y PLOMOS	CORRECTA UBICACIÓN				PLOMO
	MATERIALES Y HERRAMIENTAS	DISPONIBILIDAD EN EL FRENTE DE TRABAJO				VISUAL
	MOLDAJES	EN BUEN ESTADO, CANTIDAD NECESARIA, VERIFICAR LIMPIEZA PANELES				VISUAL
	LIMPIEZA	SECTOR DE TRABAJO LIMPIO Y ORDENADO				VISUAL
ACCESORIOS DE MOLDAJES	EN BUEN ESTADO, CANTIDAD NECESARIA Y VARIEDAD NECESARIA				VISUAL	
SEGURIDAD	USO DE ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL				VISUAL	
EJECUCION	ESPECIFICACION TIPO MOLDAJE:	DIMENSION PLACA:	ESPESOR:		USO N°:	
	PREPARACION MOLDAJE	VERIFICAR CANTERIAS SEGÚN DISEÑO Y PLANOS			VISUAL	
	DESMOLDANTE	CORRECTA COLOCACIÓN DESMOLDANTE EN MOLDAJE SEGÚN ESPECIFICACIONES			VISUAL	
	COLOCACIÓN MOLDAJE	CORRECTA COLOCACIÓN PANELES SEGÚN EJES Y MEDIDAS SOLICITADAS POR PLANOS Y ESPECIFICACIONES			VISUAL	
	INSERTOS Y PASADAS	VERIFICACION CORRECTA UBICACIÓN			VISUAL	
	SEPARADORES	RECTIFICACION SEPARADORES CENTRADOS A MOLDAJES			VISUAL	
	PUNTA DE PLOME Y ALZAPRIMA	APOYAR Y AFIANZAR MOLDAJE			VISUAL	
	CERROJO ALINEADOR	CERROJO REGULABLE PARA UNIÓN DE TABLEROS HERMETICOS Y RESISTENTES			VISUAL	
	ANCLAJES	COLOCACIÓN DE TUERCAS ARTICULADAS QUE TOMEN AMBOS BASTIDORES			VISUAL	
	ESQUINA INTERNA	CORRECTA COLOCACIÓN QUE CUENTE CON PASADOR QUE FORMA ÁNGULO 90°			VISUAL	
	UNIONES	UNIÓN DE PANELES INSITU MEDIANTE PERNO			VISUAL	
	FIJACIONES	COLOCACIÓN TUERCA EN BARRAS DE ANCLAJE			VISUAL	
AFIANZAMIENTO	VERIFICAR AFIANZAMIENTO DE LA ESTRUCTURA PARA HERMETICIDAD Y ESTANQUEIDAD			VISUAL		
ENTREGA	DIMENSIONES	SEGÚN PROYECTO			VISUAL	
	LIMPIEZA	SECTOR LIMPIO Y ORDENADO			VISUAL	
	VERTICALIDAD Y ALIMEAMIENTO	MOLDE APLOMADO			PLOMO	
	NIVEL LLENADO	COTA NIVEL DE LLENADO			HUINCHA	
SUPERFICIE DE TRABAJO	ENTREGAR SUPERFICIE APTA PARA HORMIGONADO			VISUAL		
CONSTRUCTOR		INSPECCION TECNICA	JEFE OBRA	CONTRATISTA		



12.4.3Hormigón

REGISTRO CONTROL DE CALIDAD						
PROTOCOLO		HORMIGÓN		REVISION Nº:		
PROYECTO:				FECHA/HORA:		
MANDANTE:				PAGINA:		
CONSTRUYE:				PLANO DE REFERENCIA:		
UBICACIÓN:				REVISOR:		
				OBSERVACIONES:		
RECEPCION	ACTIVIDAD	ESPECIFICACIONES	CUMPLIMIENTO			REVISION
			SI	NO	N/A	
	SUP. DE TRABAJO	BARANDAS, DIAGONALES, TABLONES, AMARRAS, FIRMEZA ANDAMIOS, PASA MANOS				VISUAL
	PROTECCION CLIMATICA	VIENTO, LLUVIA, TEMPERATURA				VISUAL
	SELLO FUNDACION	COMPACTACIÓN, LIMPIEZA				VISUAL
	TRAZADO	SEGÚN PLANOS				VISUAL
	MOLDAJES	ESTANQUEIDAD, AFIANZAMIENTO DE PLOMOS, DESMOLDANTES Y LIMPIEZA				PLOMO
	INSERTOS, PASADAS	TUBERIAS, CONDUCTOS ELECTRICOS, CAJAS				VISUAL
	ENFIERRADURAS	VERIFICAR ESTADO CALUGAS				VISUAL
	LIMPIEZA	ASEO, SOLPLADO, LAVADO				VISUAL
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	VIBRADORES, ILUMINACION, EXTENCIONES, CAPACHOS, HIDROLAVADORA				VISUAL	
NIVEL LLENADO	COTA DE LLENADO				HUINCHA	
SEGURIDAD	USO DE ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL				VISUAL	
EJECUCION	HORMIGÓN	PRUEBAS - ENSAYO	MÉTODO			
	TIPO HORMIGÓN:	COMPRESION:	MANUAL CARRETILLA			
	M3 HORMIGÓN:	FLEXOTRACCION:	BOMBA ESTACIONARIA			
	AIRE REQUERIDO:	OTRO:	CAMIÓN BOMBA			
	TAM. MAX. ARIDO:	ASENTAMIENTO CONO:	CAPACHO			
	ADITIVO INCORPORADO:	CONO PERMITIDO:	CANOA			
	HORA INICIO HORMIGONADO:		CAMIÓN MIXER			
	HORA TERMINO HORMIGONADO:					
	RECEPCION GUIA DESPACHO Nº:					
	CAMIÓN Nº:					
PROVEEDOR:						
VACIADO HORMIGÓN	POR CAPAS UNIFORMES				VISUAL	
VIBRADO	INTRODUCCION VERTICAL, EXTRACCION LENTA, VIBRADO UNIFORME				VISUAL	
NIVEL HORMIGONADO	COTA LLENADO				HUINCHA	
ENTREGA	PLOMOS	VERIFICAR PLOMOS				PLOMO
	LIMPIEZA	LIMPIAR MOLDAJE Y SECTOR , HERRAMIENTAS				VISUAL
	DECIMBRE	FECHA DECIMBRE:				
	CURADO	FECHA INICIO: FECHA TERMINO:				
	TRATAMIENTO DE JUNTAS	PICADO, ASEO CON HIDROLAVADORA				VISUAL
CONSTRUCTOR	INSPECCION TECNICA	JEFE OBRA	CONTRATISTA			



13. Superficies de prueba



Imagen nº 58 Mock-up test wall in Gifhorn, Germany
Fuente: [6]



Imagen nº 59 Construcción de prueba para Getty Villas, Malibú, California
Fuente: [57]



Imagen nº 60 Superficie de Prueba a escala real para el Centro de Arte Contemporáneo de Cincinnati, Ohio

Fuente: [57]

Ampliamente tratado este tema en normativas internacionales, sobretudo en la ASTM americana y en las guías alemanas. Donde incluso se determinan unas superficies mínimas. No se ha encontrado nada en normativa española. La realización de superficie de prueba con un fin estético debe ser un procedimiento muy escasamente utilizado en el ámbito de la ingeniería civil en nuestro país. Sin duda, la superficie de prueba es una pieza clave en los diferentes momentos de la obra, dándonos una información muy valiosa:

- ✓ En fase de oferta, la obligatoriedad de realizar una superficie de prueba obliga a las constructoras a establecer un mínimo de calidad ofertada, y por tanto les obliga a mantenerla durante la obra.
- ✓ En fase de construcción puede servir tanto como referencia de la calidad esperada, como de superficie de prueba para la evaluación de productos y procedimientos. Por ejemplo, tipos de curado, vibrado, porosidad admisible, forma de tratar los orificios de las espadas, etc.

14. Influencia del punto de vista del observador

El punto, y la distancia, desde la que va a ser observada la superficie es un parámetro fundamental. Entendiendo que la superficie va a ser observada a simple vista y no con la ayuda de prismáticos u otro elemento. Normas de clasificación de defectos conforme a sus defectos, como la del CIB, tienen en cuenta este efecto. De tal manera que el tamaño máximo del poro admisible depende de la distancia de observación. Otros autores [61] hacen estudios más concretos para tener en cuenta el punto de observación.

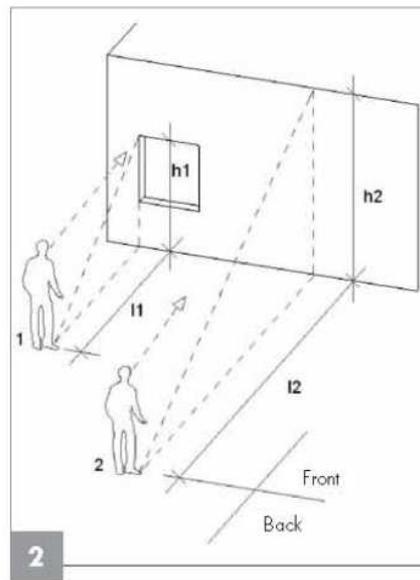


Imagen nº 61
Fuente: [61]

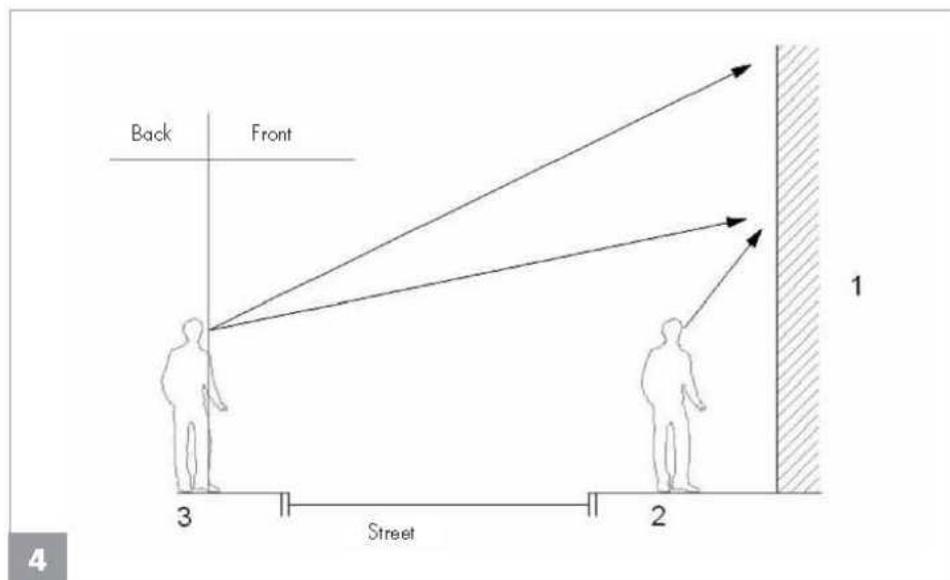


Imagen nº 62
Fuente: [61]



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



No se trata únicamente de la distancia, sino también del ángulo, que condiciona la apreciación que el observador tiene sobre la superficie. Se tendrá en cuenta que parámetros como la porosidad superficial serán muy notables en las partes bajas de un edificio, e inapreciables a partir de una determinada altura. Todo ello nos puede llevar a exigencias diferentes según la distancia de observación, e incluso llegar a forzar una distancia mínima de observación, para conseguir efectos determinados.

Además del punto del observador también influye enormemente el ángulo de incidencia de la luz. De tal manera que al amanecer o atardecer, con rayos que inciden sobre la superficie casi paralelos, se acentúen las irregularidades. Este efecto de sombras también puede ser tenido en cuenta y aprovechado para conseguir efectos estéticos muy bonitos.

BLOQUE II: ESTUDIO DE OBRAS EJECUTADAS

1. Obras singulares
2. Armadura
 - 2.1. Armadura con insuficiente recubrimiento, o con armadura a la vista
 - 2.2. Reproducción de la armadura en la superficie
3. Encofrado por paneles
 - 3.1. Juntas entre paneles de encofrado
 - 3.2. Irregularidades del encofrado
4. Defectos de alineación en la panelación
5. Orificios pasantes, pasadores
6. Cejas y resaltos
7. Esquinas
 - 7.1. Exteriores
 - 7.2. Interiores
8. Detalles singulares
9. Color
 - 9.1. Diferenciad de color por absorción diferencial del encofrado
 - 9.2. Diferencia de color por singularidades
 - 9.3. Diferencias de color por curado con diferentes condiciones climáticas
 - 9.4. Diferencia de color por utilización de diferentes tipos de hormigón
 - 9.5. Evolución del color a lo argo del tiempo
10. Pintado
11. Suciedad
 - 11.1. Procedente de elementos contiguos
 - 11.2. Por la circulación de agua de lluvia
 - 11.3. Por óxido del encofrado
12. Comportamiento frente a grafitis y pintadas



13. Restos embebidos en hormigón
14. Fisuras
15. Desperfectos posteriores al endurecimiento del hormigón
16. Descantillados por golpes producidos con el hormigón endurecido
17. Fondos de encofrado
18. Separadores de armadura
19. Juntas
 - 19.1. Juntas de construcción
 - 19.2. Juntas de dilatación
20. Lixiviado y eflorescencias
21. Perdidas de lechada
22. Porosidad superficial
 - 22.1. Porosidad y tipos
 - 22.2. Medida de porosidad superficial
 - 22.3. Defectos de vibrado
23. Superficies curvas
 - 23.1. Tablillas
 - 23.2. Encofrado circular
 - 23.3. Encofrado plano para superficie curva
24. Reparaciones
25. Textura superficial
26. Superficies con tratamiento posterior al fraguado
 - 26.1. Fresado

1. Obras singulares



Imagen 1.a

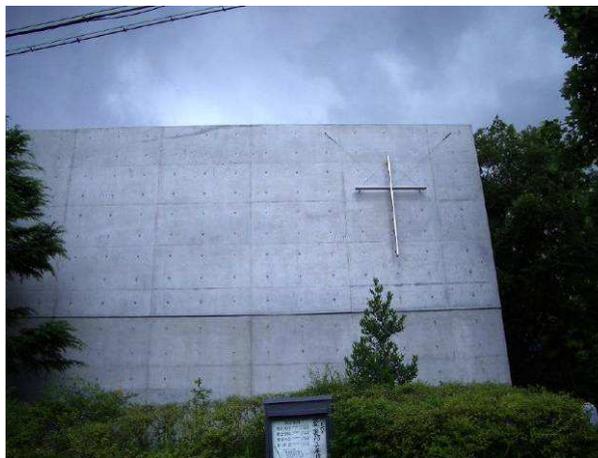


Imagen 1.b (www.andotadao.org)



Imagen 1.c

En este apartado se hace referencia a dos obras que utilizan el hormigón como elemento estético. El hormigón se convierte en el valor a resaltar dentro de la obra, y hace que tenga una entidad propia, más allá de su función estructural. Quiero destacar la obra de Tadao Ando, el cual en vez de intentar ocultar las marcas de la panelación del encofrado y de los orificios, lo que hace es integrarlos dentro de la obra, consiguiendo un aspecto realmente muy llamativo. Normalmente es cuando incide la luz con un ángulo muy pequeño sobre las superficies cuando se aprecian las sombras que hacen visibles los defectos. En el caso de Ando es, gracias a la luz, y al juego de las sombra cuando su obra nos ofrece toda su belleza.

La obra de la imagen 1.b es el muro del Conservatorio situado en la calle Padre Tomas de Montañana de Valencia. En él aparece materializado un pentagrama combinando el efecto de unos cilindros colocados dentro del encofrado y el fresado, a dos profundidades. Obviamente se pueden encontrar defectos en la obra, pero el aspecto general es muy bueno, y la idea me parece magnífica. Integrando una obra de hormigón perfectamente dentro de todo el conjunto del edificio.

En la tercera imagen aparece la entrada del Louvre de Paris, debajo de las pirámides de cristal. Se trata de un hormigón blanco con el mejor acabado encontrado en un hormigón visto. Los pequeños detalles, el color, la textura y las juntas están realizados realmente bien. Incluso



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



se ha cuidado la continuidad del color con el resto de paramentos recubiertos. El hall tiene también paramentos verticales recubiertos con mármol, aunque se puede distinguir lo que es mármol y lo que es hormigón, la integración de las dos superficies, y la continuidad del color, está realmente bien resuelta. Se coloca esta obra dentro del apartado de obras singulares, ya que se trata de toda una referencia en calida de los acabados y sobre todo en la uniformidad del color.

2. Armadura

2.1. Armadura con insuficiente recubrimiento, o con armadura a la vista



Imagen 2.1 a



Imagen 2.1 b



Imagen 2.1 c

En muy pocas ocasiones aparece armadura por fuera del hormigón. Sin duda es un error de los que habría que catalogar como muy graves. Es inadmisibles. Desde el punto de vista estético afea mucho la superficie, además que el óxido que desprende produce manchas rojizas. Desde el punto de vista estructural se trata de una armadura sin la protección alcalina del hormigón, que se oxidará rápidamente en contacto con el aire. La desventaja, en estos casos, es que al tratarse de hormigón visto, no existe ninguna otra capa que colabore con la protección de la armadura. Lo positivo es que, una armadura que se corroa y empiece a ensuciar la superficie será fácilmente detectable. Por lo que delatará su estado antes, y se podrá proceder a su reparación, que, desde el punto de vista estético tendrá un difícil arreglo.

2.2. Reproducción de la armadura en la superficie



Imagen 2.2 a

Tanto en la bibliografía, como en los artículos sobre hormigón visto, siempre se hace referencia a este tema. En el ámbito de actuación de este trabajo, en el que se no se estudian las soleras. No se ha observado este fenómeno. En superficies horizontales, cuando el hormigón es de baja calidad, el curado es insuficiente y la armadura muy superficial puede darse una pérdida de volumen durante las primeras horas de fraguado, que haga que se dibuje la armadura en superficie. Pero en superficies verticales este fenómeno no se ha observado. En la imagen 2.2 a se aprecia este efecto, pero no es un hormigón visto, sino en una zapata que posteriormente sería recubierta con otro material. Se trata de los primeros bataches del paso inferior de la Ronda Sur de Valencia (bajo rotonda de los anzuelos), del año 2000. En su momento se achacó el problema a un insuficiente curado en una época muy calurosa. La baja homogeneidad el hormigón también influyó en agravarlo, se trataba de un hormigón de muy mala calidad, sin continuidad den la granulometría.



3. Encofrado por paneles



Imagen 3.a



Imagen 3.b



Imagen 3.c



Imagen 3.d



Imagen 3.e

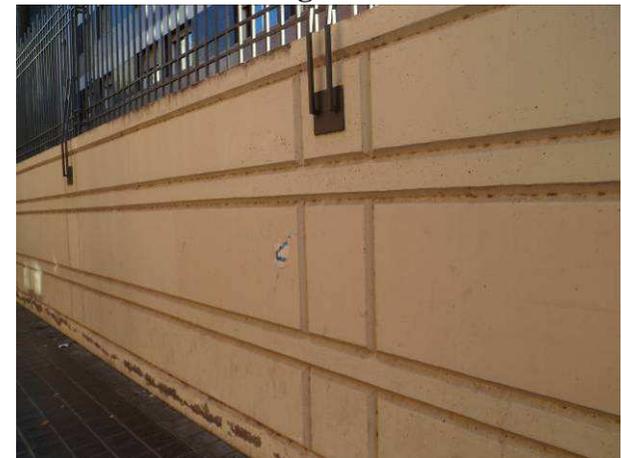


Imagen 3.f



Imagen 3.g

Debido al peso del hormigón, a la acción fluidificadora del vibrador, y a algunos condicionantes externos, el encofrado está sometido a tensiones muy importantes. Es por ello que ha de tener una resistencia mecánica alta. Con lo que la forma más habitual es realizarlo mediante unos marcos metálicos (a veces de aluminio) recubierto por una cara con una tablero que puede ser metálico, madera, o maderas prefabricadas con acabado sintético. El tamaño del panel, por los condicionantes anteriores, raras veces puede cubrir toda la superficie, por lo que se hace necesario usar más de uno, atestando uno contra otro, intentando que la unión entre ellos quede integrada dentro del conjunto.

Es un error importante pensar que esa unión entre paneles no se va a apreciar. Es imposible conseguir que quede igual de lisa la unión entre paneles que la superficie que ha quedado en medio de un panel. O bien se intenta minimizar, pero sabiendo que se verá. O bien se coloca un berenjeno dándole entidad a la panelación del encofrado. Se escoja una u otra, la distribución, y el tamaño de los paneles debe ser tenido en cuenta desde el proyecto. En la imagen 3.a, edificio docente del Campus de Tarongers de Valencia, se observa una panelación ejecutada mediante la colocación de berenjenos en las uniones de paneles de encofrado. A la hora de decidir la panelación se ha tenido en cuenta: distancias horizontales totales, distancias verticales entre forjado, espesor de los forjados, y por supuesto las dimensiones de las ventanas. Se consigue una imagen general del edificio muy buena. Siempre teniendo en cuenta que para apreciar estos efectos se ha de observar desde una cierta distancia.



La imagen 3c y 3d corresponden a una escalera de emergencia realizada en una ampliación de un instituto de secundaria ya existente. La primera es la vista exterior y la segunda es un detalle del interior. Se observa una panelación incorrecta, no prevista en proyecto, o que no se tuvieron en cuenta las prescripciones de éste. La panelación obedece a la disponibilidad de encofrado sin tener en cuenta su aspecto final. Sin duda su aspecto exterior deja mucho que desear.

En las imágenes 3.e y 3.f se observa como se ha usado el berenjeno, tanto para ocultar la junta entre paneles, como para romper la monotonía lisa en el muro.

La imagen 3.h corresponde al Paso inferior del tramo 13 de la Ronda Sur de Valencia (debajo de rotonda de los anzuelos), donde se aprecia una panelación correcta, y bien ejecutada en el muro. En el caso de la baranda superior la calidad es mejorable en prácticamente todos los aspectos.

Teniendo en cuenta que el coste de hacer una panelación correcta no tiene porqué ser grande. Simplemente se debe panificar, y tener disponibles paneles de encofrado acordes a esa planificación. Y teniendo en cuenta que las estructuras de hormigón, por naturaleza, han de ser durables durante muchos años. Es una relación "coste inicial/año de vida de la obra" realmente baja, que hace imperdonable en una obra realizar una panelación realmente tan mal ejecutada como en el caso de la escalera de emergencia.

3.1. Juntas entre paneles de encofrado



Imagen 3.1a



Imagen 3.1b



Imagen 3.1c



Imagen 3.1d



Imagen 3.1e



Imagen 3.1f



Como se vio en el punto anterior, es inevitable, a excepción de contadas ocasiones, realizar la superficie sin juntas entre paneles de encofrado. A la hora de tratar estas juntas existen dos posibilidades, o bien intentar que se parezcan lo máximo posible a la superficie contigua o bien resaltarla con un berenjeno. Esta segunda opción también nos permite forzar, que sea por ahí, por donde aparezcan las posibles fisuras. De esta manera las fisuras quedan casi imperceptible, como se observar, desde corta distancia en la figura 3.1.f.

No resulta sencillo disimular la junta, siendo necesario colocar cintas a lo largo de la unión. El problema es que esta cinta tiene unas características de absorción y de textura muy diferentes al panel contiguo. Esta diferencia de absorción puede llevar asociada una diferencia de color final del hormigón. En si mismo puede convertirse en una irregularidad, aunque siempre será menor que si se produjera una pérdida de lechada por no ponerla.

3.2. Irregularidades del encofrado



Imagen 3.2a



Imagen 3.2b



Imagen 3.2c

Todos los desperfectos, marcas, textura superficial del encofrado son reproducidos por el hormigón. Esto hace que la calidad de la superficie del encofrado influya decisivamente en la calidad final de la superficie del hormigón, tanto en la textura de todo el conjunto como en los defectos puntuales.

Los desperfectos en el encofrado pueden venir por dos motivos: porque no sea su primera puesta, o por desperfectos producidos en la obra. Estos desperfectos se pueden producir bien durante el transporte, colocación o trabajos posteriores. Sea de la manera que fuere, estas marcas terminan reproducidas en la superficie del hormigón, constituyendo defectos puntuales de muy difícil reparación.

Si tenemos en cuenta que uno de los materiales más utilizados es el tablero con resinas fenólicas, es fundamental el cuidado que se le da al encofrado hasta su colocación, ya que fácilmente pueden ser dañados.

4. Defectos de alineación en la panelación



Imagen 4.a



Imagen 4.b



Imagen 4.c



Imagen 4.d

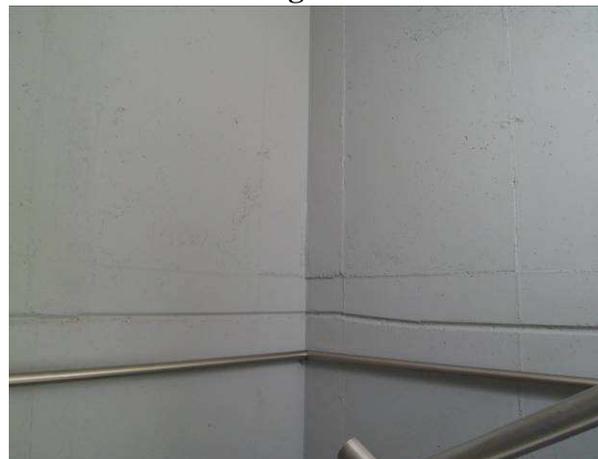


Imagen 4.e

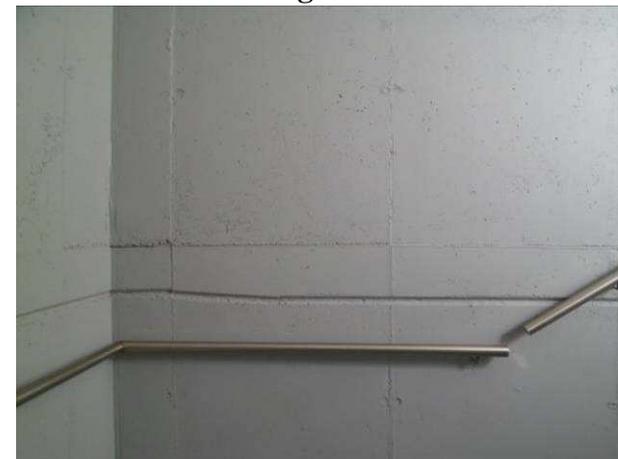


Imagen 4.f



Imagen 4.g



Imagen 4.h



Imagen 4.i

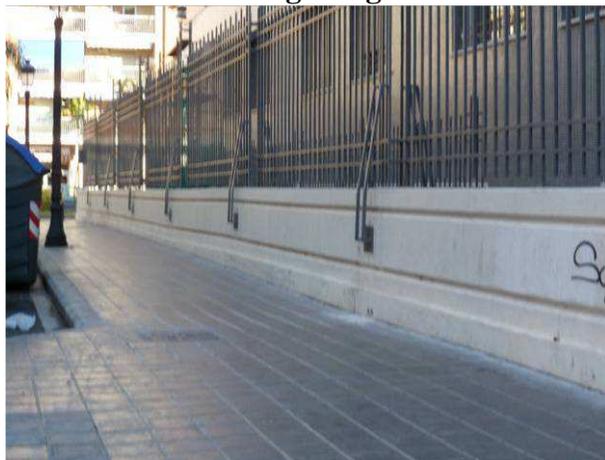


Imagen 4.j



Imagen 4.k



Los defectos de alineación son tenidos en cuenta en todas las clasificaciones de calidad superficial estudiadas, sin excepción. Se trata de una característica fácilmente medible, y que, sin duda, se nota desde corta y larga distancia.

Tras estudiar algunas obras, se distinguen claramente dos tipos. En las que el resto de características superficiales están cuidadas, este suele estar bastante conseguido. Tras haber realizado mediciones in situ, los defectos de alineación aparecen en obras del primer tipo. En las que se ha cuidado el resto de factores, la alineación no suele ser un problema

Aparecen defectos realmente groseros, como en la imagen 4.k. En la que, en dos fases de hormigonado, no se ha conseguido en absoluto seguir la alineación. En casos como este deberían plantearse seriamente la demolición, aunque sea por cuestiones estéticas y no de resistencia. Aparece también una disyuntiva, cuando la inclinación del suelo es pequeña, como en la imagen 4j. Que los motivos sean horizontales, o que sigan la inclinación de la calle. En esa obra se ha optado por la segunda opción.



5. Orificios pasantes, pasadores

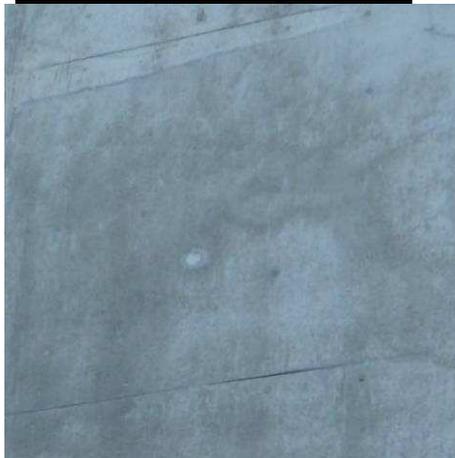


Imagen 5.a



Imagen 5.b



Imagen 5.c



Imagen 5.d



Imagen 5.e



Imagen 5.f



Imagen 5.g



Imagen 5.h



Imagen 5.i



Imagen 5.j



Imagen 5.k



Imagen 5.l



Imagen 5.m



Imagen 5.n



Imagen 5.ñ



Imagen 5.o (www.andotadao.org)



Imagen 5.p (www.andotadao.org)



Imagen 5.q



Uno de las primeras cosas que debe tener claro el proyectista, y posteriormente el contratista, ha de ser como se va a solucionar el problema de los orificios pasantes, donde han estado alojadas las espadas.

Existen distintas opciones:

- Opción A: orificios vistos. El orificio forma parte de la superficie, y por lo tanto se ha de cuidar perfectamente su colocación y sobre todo su encuentro con ella. Mientras que para la mayoría de autores este es un problema de difícil solución, para Tadao Ando se ha convertido en su característica propia. Haciendo que los orificios formen parte de la obra y dentro de ella tengan una entidad propia. Siempre es inadmisibles dejar la junta troncocónica de plástico, como en la imagen 5.i e imagen 5ñ.
- Opción B: orificios tapados. Se opta por tapar el orificio, posteriormente al desencofrado. Se realiza con un mortero, pero aparecen tres problemas: el color, la retracción del mortero y el acabado superficial de la reparación. Conseguir el mismo color es un problema importante, que en muchas ocasiones no se consigue: imagen 5.q e imagen 5.a. Además siempre puede ocurrir que el color de la reparación no evolucione con el tiempo igual que el del resto de la superficie. Para evitar el problema de la retracción del mortero se utilizan morteros aditivados, que no presenten retracción. Esto hace que todavía sea más difícil conseguir el color. Pero se hace inevitable que el mortero sea sin retracción, ya que una pérdida de volumen en la reparación podría provocar un aspecto de muy mala calidad. En la imagen 5.g se aprecia el efecto de la retracción en la reparación. El acabado superficial tampoco es sencillo. En ocasiones se producen superficies excesivamente pulidas, en relación con el resto de la superficie, como en la imagen 5.n. En otras obras, imagen 5.q se observan como ni el color ni el acabado se ha conseguido. Convirtiendo este punto en una imperfección de un aspecto muy malo
- Opción C: realizar la obra sin espadas. Esta opción viene condicionada por el tamaño de la superficie y por los medios disponibles. Y siempre requiere un estudio detallado, puesto que las presiones del hormigón son muy importantes. Estas presiones, que en el caso de muro, empujan el encofrado hacia el exterior son fácilmente soportadas al entrar en tracción pura las barras DIWIDAG. En caso de usar escuadras exteriores, u otro sistema se han de valorar correctamente las tensiones del hormigón sobre estas y los esfuerzos horizontales que se producirán. Un ejemplo de obra ejecutada sin orificios ha sido la que se representa en la imagen 5.h

Cuando se colocan las espadas muy cerca del borde de la pieza pueden ocurrir roturas, como en la obra de la imagen 5.k. Aunque en la columna de la figura 5.j también se han colocado muy cerca de borde, pero no se ha producido la rotura.



6. Cejas y resaltos



Imagen 6.a



Imagen 6.b



Imagen 6.c



Imagen 6.d



Imagen 6.e



Se producen cejas y resaltos en las uniones entre planchas de encofrado. Son debidas a pérdida de lechada, y si la pérdida es importante va acompañadas de nidos de grava. Se debería evitar mejorando la unión entre los paneles. Estéticamente tiene una importancia notable. En la figura 6.a,b se observa como el resalto, en vez de ser disimulado, ha sido resaltado pintando con dos tonos de grises diferentes. Puede ser una solución para un problema que es evitable con una puesta en obra más cuidada. En la figura 6.d, entre otros defectos, a lo largo de prácticamente todas las uniones entre paneles, aparecen cejas. Se trata de la parte interior del muro de una escalera, que muestra unas cualidades estéticas muy deplorables.



7. Esquinas

7.1. Exteriores



Imagen 7.1.a



Imagen 7.1.b



Imagen 7.1.c



Imagen 7.1.d



Imagen 7.1.e



Imagen 7.1.f



A la hora de realizar ángulos rectos en las piezas de hormigón existen dos opciones, usadas las dos ampliamente. Podemos dejar el ángulo tal cual, o bien podemos achaflanarlo, para que no aparezca un ángulo de noventa grados, mediante la utilización de un berenjeno. Si tenemos en cuenta la posibilidad de que sufra un golpe a lo largo de su vida, sin duda la opción de achaflanarlo es más segura. En el ángulo marcado conforme nos acercamos a la arista la cantidad de hormigón que debe resistir el impacto es menor. Por lo que es muy posible que termine desportillado. Siendo esta posibilidad mucho menor en el ángulo achaflanado, puesto que siempre dispondremos de mayor cantidad de hormigón para resistir un más que posible impacto.

Si tenemos en cuenta que, cuando pensamos en superficies de hormigón lo hemos de hacer siempre teniendo en cuenta una vida útil larga, o muy larga. La opción de achaflanar la unión, mediante un berenjeno, es mucho más recomendable. Además no constituye un elemento estético discordante, se haya utilizado berenjenos en el reto de las superficies o no.



7.2. Interiores



Imagen 7.2.a



Imagen 7.2.b



Imagen 7.2.c



Imagen 7.2.d



En la imagen 7.2.a la panelación ha sido incorrecta, con lo que aparece una esquina con un aspecto muy malo. Es preferible partir de la esquina con chapa entera y no realizarla como una entidad aparte. Sino integrada dentro del muro.

Las imágenes 7.2b y 7.2c, dan muestra de una esquina perfectamente ejecutada. Se realizó con un encofrado metálico. En estos casos de encofrados semiprefabricados, nunca se debe colocar la unión entre marcos de encofrado en la esquina interior, porque aumenta las posibilidades de pérdida de lechada.

La imagen 7.2.d corresponde a la entrada del Louvre de Paris. La unión entre paramentos verticales, al igual que el resto de factores se realizó muy correctamente.



8. Detalles singulares



Imagen 8.a



Imagen 8.b



Imagen 8.c



Imagen 8.d



Imagen 8.e



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Los detalles singulares deben tener un tratamiento especial. Se ha de tener en cuenta a la hora de armarlo, encofrarlo y hormigonarlo. Se puede optar por la tabla o por el encofrado metálico para realizar estos elementos. Se trata de que la superficie de hormigón se adapte a las instalaciones y necesidades de la obra, que sea parte de la solución desde su concepción. Por ejemplo, que sea parte de la luminaria que después albergue, o que materialice la salida de pluviales.

Estos detalles, cuando están bien ejecutados, aportan cualidades estéticas a la estructura. Constituyen una integración de la estructura del hormigón en el conjunto total de la obra. Aunque mal ejecutados pueden ser un punto discordante dentro de la estructura.



9. Color

9.1. Diferencia de color por absorción diferencial del encofrado



Imagen 9.1.a



Imagen 9.1.b



Imagen 9.1.c



Imagen 9.1.d



Imagen 9.1.e

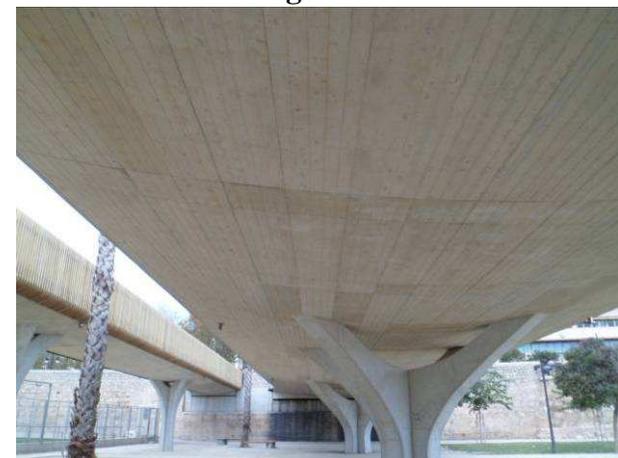


Imagen 9.1.f



La importancia de la absorción del agua del hormigón por parte del encofrado es fundamental en el color que se obtendrá. Esto es muy notable cuando se utilizan dos tipos de encofrado. Bien sean dos tipos de maderas, la unión entre paneles de un material con una absorción muy diferente, o simplemente se utilicen dos tipos de encofrados totalmente diferentes. En las imágenes 9.1c 9.1e. se aprecia como se repite la utilización de tablas distintas, observándose patrones en la superficie del hormigón.

Absorciones mayores dan lugar a colores más claros, por quedarse el hormigón superficial con menor humedad, y dar lugar a un mayor transporte desde el interior del material durante el fraguado.

9.2. Diferencia de color por singularidades



Imagen 9.2a



Imagen 9.2.b

Estas diferencias vienen dadas por la diferente absorción, y por lo tanto diferentes condiciones de curado. Puede darse en las proximidades de un orificio, o bien en la junta entre paneles.

9.3. Diferencias de color por curado con diferentes condiciones climáticas



Imagen 9.3.a

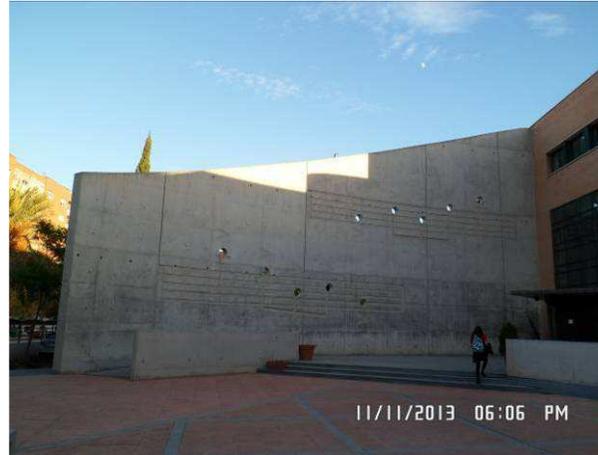


Imagen 9.3.b



Imagen 9.3.c

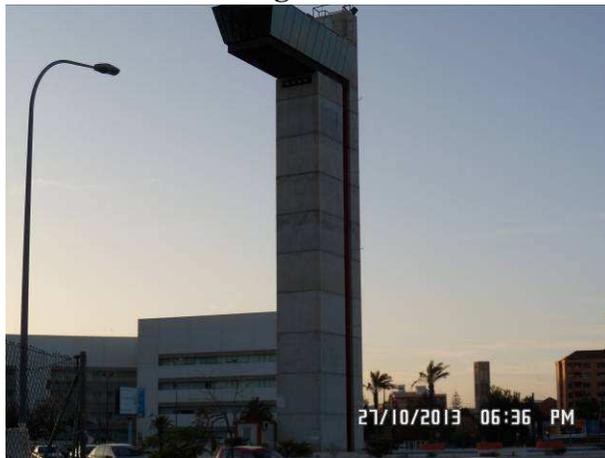


Imagen 9.3.d

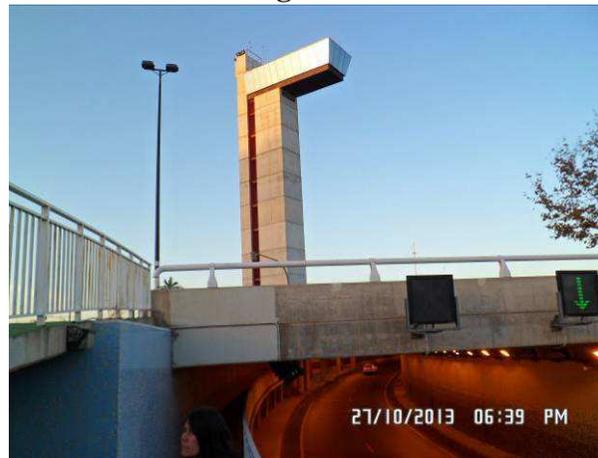


Imagen 9.3.e



Imagen 9.3.f



El curado influye enormemente en el color final del hormigón. Son un conjunto de factores los que afectan al curado: temperatura, viento, relación a/c del hormigón, aportación de agua durante el fraguado o bien procedimiento para que no pierda el agua de amasado. Todos estos factores condicionan el color, siendo un factor muy difícil de controlar. De tal manera que si dos fases de la obra se hormigonan con gran diferencia de clima, por ejemplo verano la primera y otoño la segunda, es muy complicado conseguir que el tono del hormigón sea el mismo. Incluso en obras muy bien ejecutadas, y en las que se han cuidado todos los aspectos estéticos, como en el Pont de Fusta de Valencia, aparecen diferencias de tono entre dos fases de hormigonado, imagen 9.3.f. Además, la junta de construcción todavía acentúa más esto.

M. Adam [18] trata el problema del color:

"El curado tiene una importancia capital sobre el aspecto final más o menos claro del hormigón, ya que viene influido por la formación de carbonato cálcico en la superficie. Siempre se necesita para la puesta en obra ($a/c=0.4$ a 0.7) más agua de la estrictamente necesaria para la hidratación del cemento (0.26 a 0.3) y el agua sobrante, cargada de cal, al evaporarse deja formarse carbonato de color muy claro. Según que la zona de evaporación se encuentre en el interior del hormigón o en la superficie, el aspecto resultante será oscuro o claro. Por esta razón es muy necesario el tratar de que las condiciones de evaporación del agua sean las mismas en todas las partes vistas del hormigón."

9.4. Diferencias de color por utilizaci3n de diferentes tipos de hormig3n



Imagen 9.4.a



Imagen 9.4.b



Imagen 9.4.c



Imagen 9.4.d



Imagen 9.4.e

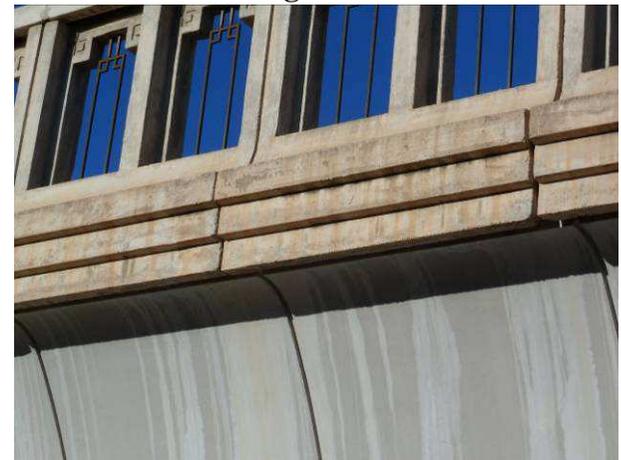


Imagen 9.4.f



Son muchos los factores que influyen en el color, y entre ellos el tipo de hormigón. Si en dos elementos de la obra cercanos, la categoría resistente es diferente, el color es muy probable que también lo sea. Mayores cantidades de cemento producen colores más oscuros, aunque también se vea influido este color por el procedimiento del curado. Es decir aunque categorías resistentes más altas, con mayores cantidades de cemento tienen colores más oscuros, también requieren curados más cuidados. Y si este curado no se realiza correctamente puede ser que, aun con mayor cantidad de cemento se obtengan hormigones de colores más claros.

En el Puente Nueve de octubre de Valencia, figura 9.4.a se observa la marcada diferencia de color entre los pilares y el tablero. En el Paso inferior del tramo 13 de la Ronda Sur de Valencia, figuras 9.4 b,c,d. existe una diferencia manifiesta entre el color, y el resto de propiedades entre el muro y la baranda superior. Se observa un muro donde se ha cuidado mucho más todos los factores, que en una barandilla realmente mal ejecutada en muchísimos sentidos. En el puente comúnmente conocido como "el de las gárgolas" sobre el antiguo cauce del río de Valencia, imagen 9.4.e se observa una diferencia de calidad entre las vigas, prefabricadas y el estribo, realizado in situ. Así como entre estas y las piezas que constituyen la barandilla.

En obras ya ejecutadas no es sencillo saber si la diferencia de color se produce por ser el hormigón de diferente tipo o por otros condicionantes.

9.5. Evolución del color a lo largo del tiempo



Imagen 9.5.a



Imagen 9.5.b



Imagen 9.5.c



Imagen 9.5.d



Imagen 9.5.e



Imagen 9.5.f



Imagen 9.5.g



Imagen 9.5.h



Imagen 9.5.i

En general el hormigón con la edad adopta un color más oscuro. Este efecto se ve agravado por la suciedad ambiental y el humo. En hormigón gris, lo vuelve más oscuro. En el caso del hormigón blanco adquiere un color amarillento, como se observa en las imágenes 9.5.e,i. En la imagen 9.5.h (paso superior de Giorgeta, Valencia) se observa el oscurecimiento en una obra antigua. Cuando es uniforme, un envejecimiento de la estructura, aunque si que produce un oscurecimiento, no tiene porqué perjudicar las cualidades estéticas. Aunque si va unido a manchas por circulación localizada del agua si que puede afean el aspecto de la estructura. En el caso del hormigón blanco el efecto es más pronunciado que en el gris, produciendo grandes diferencias de color entre las distintas partes de la estructura.



10. Pintado



Imagen 10.a



Imagen 10.b



Imagen 10.c



Imagen 10.d



Imagen 10.e



Imagen 10.f



Imagen 10.g

Al igual que otros muchos materiales, el hormigón admite el pintado para mejorar su aspecto externo. No es mayoritario su uso, pero si que, en ocasiones se hace. En si mismo el pintado es otra unidad de obra, con su coste, y en el que habrá que preverse un mantenimiento. El coste de este puede ser importante si tenemos en cuenta que el hormigón, por naturaleza, cuando está bien ejecutado tiene que tener una vida muy larga.

Si lo que se intenta en este trabajo es realzar las propiedades estéticas del hormigón, no es la mejor forma de hacerlo recubrirlo con una capa de pintura. Es decir, siempre es una salida, y a veces la única digna. Pero sería más interesante conseguir un hormigón con un color tal que no requiera pintado. De tal manera que no se deje en manos de una capa de pintura las características estéticas de nuestra obra, sabiendo que la pintura tiene una vida notablemente menor que la del resto de la obra. A veces el pintado se hace inevitable, para tapar pintadas, como ocurre en la imagen 10.f.. La imagen 10.a corresponde al interior del Museo Príncipe Felipe de la Ciudad de las Artes de Valencia. Muestra como incluso en interiores, y en obras donde se cuida el aspecto estético, la pintura obliga a un mantenimiento muy cuidado, que no siempre se lleva a cabo. En la imagen 10.c g también se ha pintado la parte inferior de la obra, no pudiendo determinar la razón por la que se hizo. El pintado parcial de una superficie de hormigón por si misma es suficiente para tirar por tierra todos los esfuerzos realizados para conseguir un aspecto cuidado.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



En resumen, sería más conveniente estética y económicamente limitar el pintado de las superficies de hormigón. Lo ideal sería invertir esos recursos en conseguir un hormigón con calidades estéticas y con color propio de una calidad suficiente que no requiera pintado. Si se tiene en cuenta toda la vida de la obra, sin duda es más barata la opción de un hormigón de calidad que no requiera pintado.



11. Suciedad

11.1. Procedente de elementos contiguos



Imagen 11.1.a



Imagen 11.1.b



Imagen 11.1.c



Imagen 11.1.d

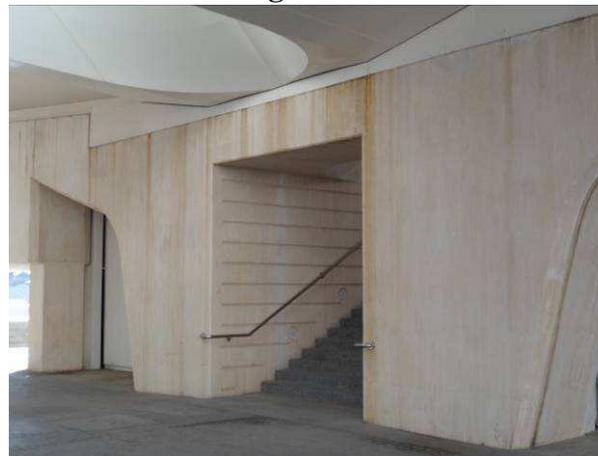


Imagen 11.1.e



La superficie de hormigón, como elemento que ha de tener una vida larga, estando expuesta a la intemperie, debe mantener sus propiedades. En ocasiones elementos contiguos producen manchas en él. Es muy común que estas manchas se produzcan por el óxido de pilares, o barandillas metálicas con una parte embebida en el hormigón. Como ocurre en el elemento de las imágenes 11.1.a y 11.1.d. El hormigón ofrece una protección alcalina, pero solo en las partes que quedan dentro de él, y con un recubrimiento adecuado. Para el resto de la pieza metálica se suele recurrir al pintado. Pero en la unión, en ocasiones se produce un punto de discontinuidad de la protección, que acelera el efecto de oxidación sobre el metal.

En otros casos, como en la imagen 11.1.b, no se trata de una discontinuidad en el recubrimiento de una pieza metálica embebida, sino de toda la pieza en si. El efecto que se produce es realmente malo. Esto debería ser previsto en proyecto, y sin duda es un error importante.

En estructura vista de hormigón, sin acera, directamente a partir de la tierra es inevitable que la parte baja se contamine y tenga el color del suelo que le rodea. Para evitar este efecto sería beneficiosa la colocación de una solera alrededor. Desde el punto de vista estructural también produciría un efecto positivo alejando el agua de lluvia de los cimientos de la estructura.

11.2. Por la circulación de agua de lluvia



Imagen 11.2.a



Imagen 11.2.b



Imagen 11.2.c



Imagen 11.2.d



Imagen 11.2.e



Imagen 11.2.f



Imagen 11.2.g



Imagen 11.2.h



Imagen 11.2.i

El agua de lluvia, al circular sobre la superficie del hormigón va dejando las sustancias que lleva disueltas, con el paso del tiempo esto se convierte en manchas. Cuando el agua circula de forma uniforme por toda la superficie produce un oscurecimiento. Pero cuando se produce de forma concentrada el efecto es una zona oscurecida que afea la superficie. Cuando este agua procede de una calzada, como en las imágenes 11.2.e,f,g,i. la suciedad que arrastra el agua es considerable y las manchas aparecen en un corto periodo de tiempo. Este efecto se debe prever, evitando que circule el agua de forma localizada. Por ejemplo en la imagen 11.2.d el agua circula por la superficie vertical a partir de la cubierta. Se podría haber evitado realizando una canalización más correcta en el borde de la cubierta. Más aun si tenemos en cuenta que la obra esta realizada en hormigón blanco, con lo que se acentúa más la diferencia de color.

Existen estudios que hablan sobre las propiedades fotocatalíticas del hormigón que contiene óxido de titanio, "hormigones autolimpiables", pero los resultados todavía no son lo suficientemente buenos. Aun teniendo el óxido de titanio propiedades bactericidas y alguicidas, todavía no hay estudios suficientes sobre este tema. Si que se observa en obras realizadas con este material unas buenas propiedades de durabilidad del color original del hormigón [1]



Otros autores [18] también han estudiado las aportaciones del óxido de titanio sobre el hormigón, que, aun dejando constancia de sus buenas posibilidades, no llegan a obtener resultados concluyentes, sino que se deja una puerta abierta a futuras investigaciones.

Adam [28], expone en su artículo una serie de recomendaciones para limitar las suciedades.

- Toda superficie orientada hacia el cielo y expuesta a la lluvia permanece limpia (teniendo en cuenta los vientos dominantes)
- Por el contrario, toda superficie dirigida hacia el suelo, se pondrá cada día más oscura; pero si el agua puede caminar libremente por esta superficie, por falta de goterón seguirá los caminos más fáciles que se marcarán progresivamente y darán un aspecto desastroso.
- Así cada vez que tenemos paramentos con dominante horizontal hay que guiar el agua , de aquí el desarrollo de los ranurados verticales.

11.3. Por óxido del encofrado



Imagen 11.3.a



Imagen 11.3.b

Las manchas por óxido del encofrado son muy difíciles de eliminar. Dan un color amarillento al hormigón muy indeseable. Existen productos desencofrantes inhibidores del fraguado (ver manual de SIKKA, u otros fabricantes de productos químicos), por lo que es inaceptable. Como ejemplo, el hormigón prefabricado, donde los encofrados metálicos son mayoritariamente utilizados, pero en sus hormigones no aparecen manchas de óxido.

12. Comportamiento frente a grafitis, pintadas y carteles



Imagen 12.a



Imagen 12.b



Imagen 12.c



Imagen 12.d



Imagen 12.e



Imagen 12.f



Imagen 12.g

El grafiti y las pintadas son un problema de difícil solución en cualquier superficie. En el hormigón visto, por ser una superficie sin pintar, si recurrimos a pintar la zona afectada, siempre tendremos una discontinuidad estética importante.

Más allá de los productos disolventes que pueda crear la industria química, desde el punto de vista del hormigón sería muy interesante tratar este tema ampliamente. Estudiar la adherencia de la pintura en diferentes superficies, la influencia del pulido, o de la textura en general. Y la influencia de determinados productos químicos en la masa fresca que colaboren para la eliminación de las pintadas. Son muchas las estructuras estéticamente muy bien ejecutadas que son estropeadas por este problema. En determinadas estructuras se ha conseguido evitar este problema haciendo que la superficie sea inaccesible, colocación de setos, estanques, o algún otro obstáculo que impida que se realicen las pintadas.



13. Restos embebidos en hormigón



Imagen 13.a



Imagen 13.b

Suelen darse en fondos de encofrado, y deben considerarse como inaceptables. Su aspecto es malísimo, dando sensación de obra poco cuidada. En los fondos de encofrado se debe dejar, o un lateral abierto, o una ventana, para, mediante una sopladora, limpiar la superficie antes del hormigonado. El efecto es todavía peor cuando lo que queda en el fondo son los restos de ferrallado, que adopta el color del óxido.



14. Fisuras



Imagen 14.a



Imagen 14.b



Imagen 14.c

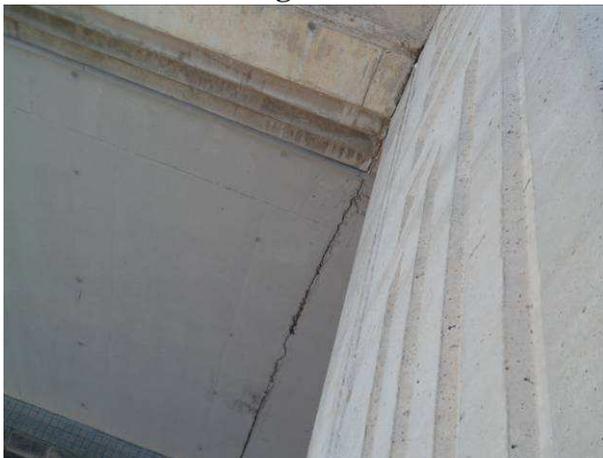


Imagen 14.d



Imagen 14.e



Imagen 14.f



Imagen 14.e



Imagen 14.g



Imagen 14.h



Imagen 14.i



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



De carácter estructural, o no, las fisuras sobre las superficies de hormigón constituyen una discontinuidad estética importante. La opción de la superficie panelada con berenjenos fuerza a que la fisura se produzca en esa zona, y por lo tanto quede oculta. En superficies muy lisas es común que se produzca un mapeado de la superficie. Se puede evitar con una mezcla homogénea y un curado correcto. En superficies donde queda claro que se ha cuidado el acabado no suelen aparecer fisuras, aunque si que son muy comunes en las superficies en las que no se ha cuidado en absoluto el resto de factores.

15. Desperfectos posteriores al endurecimiento del hormigón



Imagen 15.a



Imagen 15.b



Imagen 15.c

En algunas ocasiones una vez fraguado el hormigón se pueden producir desperfectos. Normalmente suelen ser descantillados por golpes (se verá en el apartado siguiente). Pero en ocasiones se trata de vertidos de hormigón que inciden sobre la superficie ya endurecida. En la imagen 15.c se observa los roces producidos por carros y vehículos de limpieza. Una forma de evitarlo sería colocar algún elemento alrededor de la parte baja del pilar que impidiera aproximarse a él.

16. Descantillados por golpes producidos con el hormigón endurecido



Imagen 16.a



Imagen 16.b



Imagen 16.c

En las imágenes se observan tres superficies que han sufrido un golpe, una vez endurecido el hormigón. En la 16.c se ha producido el golpe en la esquina. Obviamente esto es imprevisible, pero produce una discontinuidad estética, aun cuando no afecte estructuralmente. El problema es la dificultad de reparar, sobretodo a nivel de color. En los pilares circulares existe un encofrado de un solo uso que se deja hasta finalizar la obra para protegerlo. Al menos durante la fase de construcción se debería prever procedimientos para evitar los impactos sobre las superficies de hormigón.

17. Fondos de encofrado

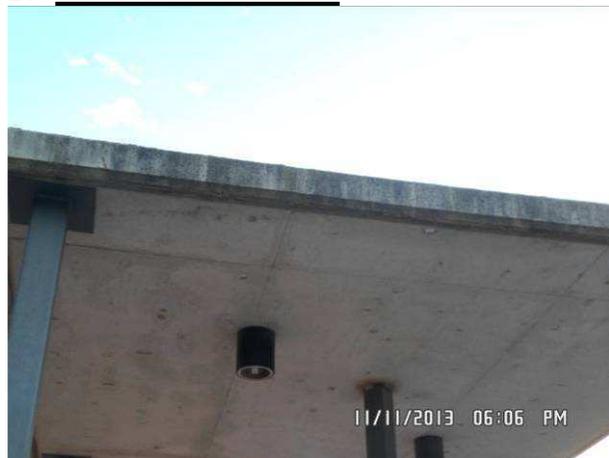


Imagen 17.a



Imagen 17.b



Imagen 17.c



Imagen 17.d

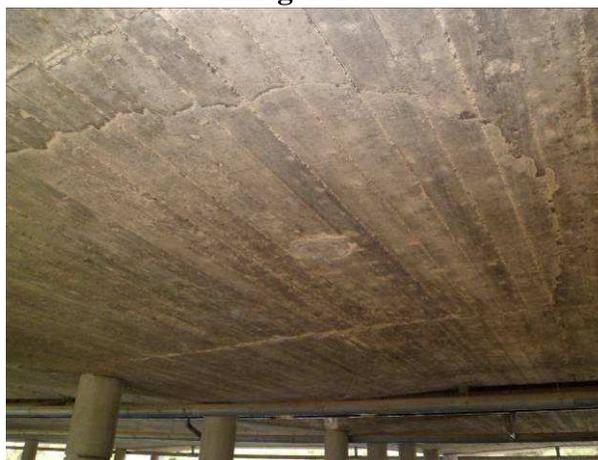


Imagen 17.e

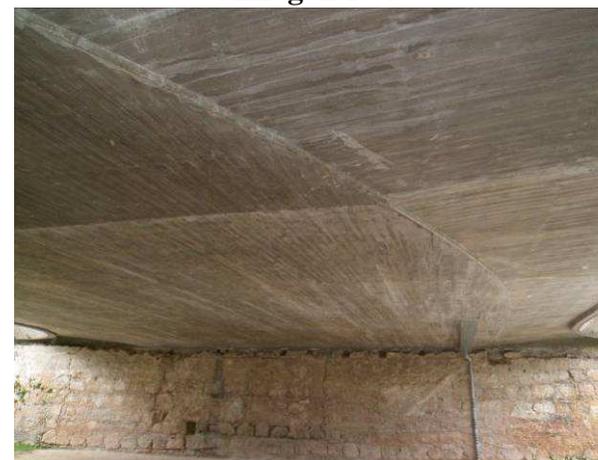


Imagen 17.f



Imagen 17.g



Imagen 17.h



Imagen 17.i

En un fondo de encofrado es sencillo conseguir una compacidad muy alta. Esto es debido a que el peso del hormigón juega a nuestro favor. Al fluidificarlo, con el vibrado, conseguimos que todo el peso del hormigón actúe sobre si mismo. Es más fácil que se produzcan defectos de vibrado en una superficie vertical que en una horizontal. Aunque también es cierto que una pérdida de lechada en un fondo de encofrado causaría efectos más destacados que en una superficie vertical.

Cabe destacar como, debido a esta alta compacidad se pueden conseguir tableros de puente con un muy buen acabado. Como ocurre en el Puente del nueve de Octubre de Valencia, figuras 17g,h,i. He querido colocar dos imágenes 17c,d de losas prefabricadas de hormigón realizadas mediante extrusión. Se suelen fabricar sobre una plancha de acero en instalaciones de prefabricados. Sirve para ilustrar el tipo de superficie que se puede conseguir mediante encofrado metálico en un fondo. En la figura 17.a se observa como los defectos de las planchas de encofrado han quedado totalmente reproducidos en el hormigón, ocasionando un acabado mejorable. La imagen 17.e corresponde a un puente sobre el antiguo cauce del río Turia en Valencia. Está realizado con tablas y con un hormigón muy oscuro, posiblemente oscurecido por el tiempo. El acabado es malo, observándose juntas y una impresión general muy mejorable. En la figura 17.f, otro puente cercano al anterior, se ha colocado una pequeña



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



diferencia de altura en el fondo de encofrado. Configurada de forma curva rompe la monotonía lisa y ayuda a mejorar es aspecto de ese encofrado.

Sin duda como fondo de encofrado, tanto por calidad de ejecución, como por diseño, el del Puente del nueve de octubre es destacable, respecto a los otros.



18. Separadores de armadura



Imagen 18.a



Imagen 18.b



Imagen 18.c



Imagen 18.d



Los separadores de armadura han de quedar ocultos o totalmente disimulados en la superficie. En el caso de los fondos de encofrado se suelen usar separadores de mortero, ya que han de soportar todo el peso de la ferralla, y con los de plástico sería imposible. En el caso del encofrado vertical es suficiente con separadores de plástico tipo roseta, o similar. En las imágenes 18.a,b se aprecia en el fondo de encofrado los separadores de la armadura. En la imagen 18.c no se aprecia ninguna marca de separadores, sea cual fuere el sistema que han utilizado han conseguido que quede totalmente oculto.

En la 18.a, el color de los separadores es mucho más claro que el hormigón circundante. Realmente en una estructura, como esta, que está muy bien ejecutada y con un buen aspecto, este no sería un error grave. En el caso de la pérgola de la imagen 18.b los separadores se unen a otros defectos superficiales

19. Juntas

19.1. Juntas de construcción



Imagen 19.1a



Imagen 19.1.b

La junta de construcción aparece cuando se unen dos hormigones de distinta edad. Es decir, que la segunda fase se ha hormigonado cuando la primera ya había endurecido. Desde el punto de vista estético se deben evitar, o hacer que estén colocadas en puntos poco visibles. Aunque en ocasiones resulta imposible, como en el tablero de las imágenes superiores. Siempre son un problema, sobretodo si se hormigonan con mucha diferencia de tiempo. Puesto que el color es muy susceptible de cambiar por las condiciones climáticas que condicionan el fraguado.

19.2. Juntas de dilatación



Imagen 19.2.a



Imagen 19.2.b



Imagen 19.2.c



Imagen 19.2.d



Imagen 19.2.e



Las juntas de dilatación constituyen una discontinuidad en si mismas. En las obras estudiadas, se opta por dos soluciones, o bien colocar poliexpan y un recubrimiento de hormigón, o bien mediante una junta elástica. En el primer caso existe el problema de que el recubrimiento, por su menor resistencia, y al estar parcialmente apoyado en un poliexpan, tenga una vida mucho menor que el resto de la superficie, y agriete o se desconche (imagen 19.2.b). En el caso de la junta elástica, cuando el hormigón contrae, por bajas temperaturas puede ocurrir como en la imagen 19.2.d.



20. Lixiviado y eflorescencias



Imagen 20.a



Imagen 20.b



Imagen 20.c

Se producen unas manchas, normalmente de color blanquecino, por efecto de la cal y de la circulación de las sales del agua a través del hormigón. Se trata de sustancias que han sido lixiviadas del interior de la masa de hormigón endurecido. En el caso de la imagen 20.c es una pérgola sin impermeabilizar por la parte superior, por lo que el agua de lluvia que queda en la parte superior se va filtrando a través del hormigón, hasta conseguir arrastrar sus sales. Se hubiera evitado impermeabilizando la parte superior.

21. Perdidas de lechada



Imagen 21.a



Imagen 21.b



Imagen 21.c



Imagen 21.d



Imagen 21.e



Imagen 21.f



Imagen 21.g

Por la falta de estanqueidad del encofrado se pueden producir pérdidas de lechada. Normalmente producidas en la junta entre dos piezas. Producen dos efectos, por un lado nidos de grava y por otro lechada que endurece sobre la superficie inferior. El aspecto de ambos efectos es muy deplorable. Los nidos de grava constituyen una zona de menor durabilidad, puesto que no protege de la misma manera la armadura. En las imágenes 21.f y g se observan en un grado muy acusado, tanto los nidos de grava, como las chorreras de lechada. En la figura 21.a si que se observa el nido de grava, pero no hay lechada sobre la superficie inferior.

El cuidado de la estanqueidad y un vibrado adecuado, no excesivo, debe evitar las pérdidas de lechada. Se consideran un error grosero.



22. Porosidad superficial

22.1. Porosidad y tipos



Imagen 22.1.a



Imagen 22.1.b



Imagen 22.1.c



Imagen 22.1.d



Imagen 22.1.e



Imagen 22.1.f



Imagen 22.1.h



Imagen 22.1.i

La porosidad superficial es uno de los primeros parámetros de calidad de un hormigón visto. En todas las clasificaciones se tiene en cuenta, aunque con criterios muy diferentes. En clasificaciones de algunos países son muy restrictivas con el tamaño del poro, pero menos el porcentaje de estos, y en otras restringen mucho el porcentaje de superficie ocupada, pero permitiendo poros mucho más grandes.

En general, en obras donde se ha cuidado la ejecución se consiguen superficies con un nivel de porosidad muy bajo. Aunque también se observa que en otras obras, donde el resto de características también falla la porosidad de forma inadmisibile.

En general, se observa que sobre todo las obras más recientes sí que consiguen una porosidad realmente muy pequeña. Dejando al margen un pequeño porcentaje de obras con acabados inadmisibles. Se observa también como algunas obras consiguen un poro muy pequeño, en alto porcentaje. Pero que al ser tan pequeño no afea la superficie, si no que le quita la crudeza de las superficies excesivamente pulidas.

22.2. Medida de porosidad superficial



Imagen 22.2.a



Imagen 22.2.b



Imagen 22.2.c



Imagen 22.2.d



Imagen 22.2.e



En las imágenes de este punto se aprecia un intento de medir la porosidad superficial mediante medios fácilmente reproducibles en la obra: una transparencia cuadrículada y una cámara de fotos. No resulta nada sencillo de realizar la medición por las siguientes razones:

- El tamaño del poro y el de la cuadrícula condicionan los resultados obtenidos. Es decir, debemos saber que tamaño de poro es admisible y cual no, en base a ello realizar la cuadrícula. Pero, aun así, el poro es irregular y no resulta sencillo determinar las celdas que afecta parcialmente. Para usar este método sería necesario establecer un criterio unívoco, que defina la afección de los poros a las celdas, y sobretodo el tamaño de la celda.
- Incluso teniendo claro el punto anterior, se trata de un trabajo que requiere una gran cantidad de tiempo. Todavía mayor si utilizamos un tamaño mayor de muestra.

Para solucionar esto algunos autores [13] han intentado sistematizar esto haciendo uso de la fotogrametría y del análisis informático de las imágenes. Tras un trabajo matemático importante llegan a resultados interesantes. No resulta sencilla la identificación de los poros por parte del programa informático. Es decir todavía está en fase experimental, pero cuando se desarrolle comercialmente, puede ser una herramienta muy útil en la determinación de porosidad superficial. Dado que la determinación del porcentaje de poros por medios manuales se trata de un trabajo realmente duro.

22.3. Defectos de vibrado



Imagen 22.3.a



Imagen 22.3.b



Imagen 22.3.c



Imagen 22.3.d



Imagen 22.3.e



Imagen 22.3.f



Imagen 22.3.g



Imagen 22.3.h



Imagen 22.3.i

Los defectos de vibrado son una causa, cada vez menos común de defectos en las superficies vistas. Se tratan de defectos inadmisibles. En las imágenes superiores se aprecian estos defectos. Aunque, repito, no es lo común. Se observa como suele ser en las partes inferiores de muros, donde más difícil es vibrar y el hormigón tiene más dificultades para llegar, donde aparecen las zonas con defecto de vibrado.



23. Superficies curvas

23.1. Tablillas



Imagen 23.1.a



Imagen 23.1.b



Imagen 23.1.c



Imagen 23.1.d



Imagen 23.1.e



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Mediante tablilla podemos conseguir realizar superficies curvas. Aunque la tabla sea plana, por su pequeña anchura creamos una poligonal, que crea un buen aspecto. La textura que se consigue es la de la tabla, quedando vistas las uniones entre ellas. Pero perfectamente integrada en la estructura.

23.2. Encofrado circular



Imagen 23.2a



Imagen 23.2b

En las imágenes superiores se puede ver unos pilares circulares ejecutados con encofrado circular. Se observa la unión del encofrado, pero mínimamente. Es un ejemplo de pilar circular bien ejecutado, con este sistema. Consiguiendo un acabado muy bueno, aunque se aprecian las uniones, solamente desde una distancia muy pequeña, y sin crear una distorsión en el aspecto de la superficie. La imagen 23.2a corresponde a un pilar visto exterior de un edificio de viviendas en Valencia. La 23.2b es de un pilar del aeropuerto del Prat de Barcelona, colocado en interior

23.3. Encofrado plano para superficie curva



Imagen 23.3.a



Imagen 23.3.b

Una de las alternativas para realizar una superficie curva consiste en utilizar paneles planos, realizando una poligonal. Obviamente nunca se conseguirá una superficie curva realmente, pero si la longitud del panel es pequeña en relación a la longitud de la circunferencia, podemos llegar a buenos resultados. El problema que aparece es la unión entre estos paneles, al igual que la distribución de los orificios. En las dos imágenes superiores se observa una obra realizada mediante este sistema. El resultado no es bueno, quedan muy marcadas las juntas entre paneles, y los orificios no están regularmente separados. Se deberían haber cuidado más estos detalles, para conseguir una superficie visa de mejor calidad.



24. Reparaciones



Imagen 24.a



Imagen 24.b



Imagen 24.c

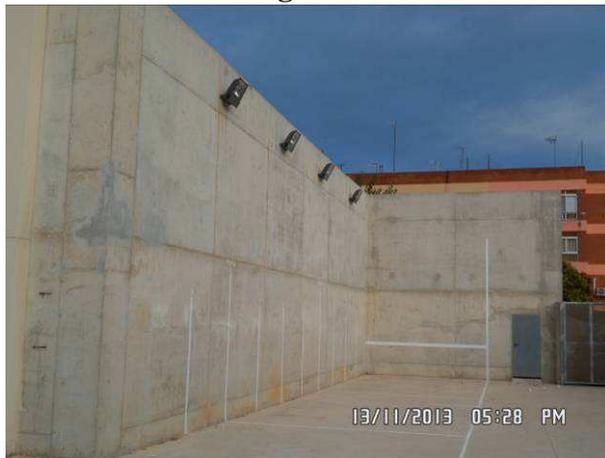


Imagen 24.d



Imagen 24.e



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



En las imágenes superiores se pueden observar algunas reparaciones realizadas sobre hormigones endurecidos. Se trata de un problema muy difícil, siendo muy posible que la reparación sea perfectamente visible y constituya una discontinuidad evidente. Para la reparación se debe usar algún material, generalmente mortero, que no tenga retracción, que se adhiera bien a la estructura y que tenga un color similar al resto. Como se puede observar en muchas obras, el color es muy difícil de conseguir. Cuando se decide tapar los orificios de las espadas, puede constituir también una diferencia de color, como ocurre en la imagen 24.e.



25. Textura superficial



Imagen 25.a



Imagen 25.b



Imagen 25.c



Imagen 25.d



Imagen 25.e



Imagen 25.f



Imagen 25.g



Imagen 25.h



Imagen 25.i



Imagen 25.j

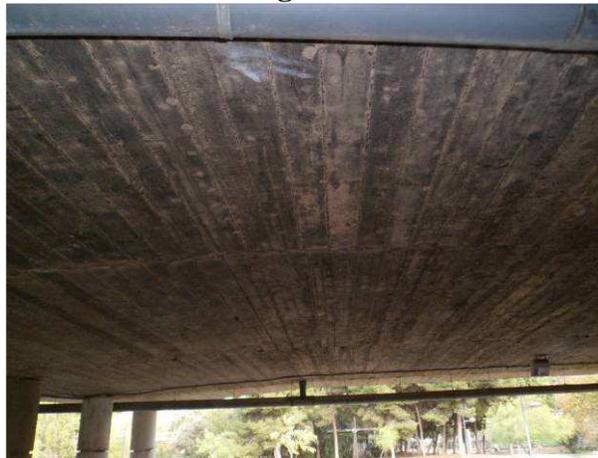


Imagen 25.k



Imagen 25.l



Imagen 25.m

La textura del hormigón vendrá condicionada por la del encofrado, incluso si la puesta en obra no es la correcta añadirá porosidad superficial. El aspecto final del hormigón viene marcado por la unión hormigón fresco/encofrado, de tal manera que un encofrado con una textura de mala calidad nunca conseguirá un hormigón de buena calidad superficial. Aunque por muy buena textura superficial que tenga el encofrado si el hormigón no tiene la homogeneidad suficiente, o el vibrado no es eficaz podemos conseguir acabados muy malos.

26. Superficies con tratamiento posterior al fraguado

26.1. Fresado



Imagen 26.1.a



Imagen 26.1.b



Imagen 26.1.c

En obras in situ, a diferencia de las prefabricadas, no es común encontrar superficies con tratamientos posteriores al fraguado. En las imágenes se observa un fresado, con dos profundidades. Se consigue un buen acabado, materializando un pentagrama con una profundidad mayor, y la clave de sol y otros elementos, con menor profundidad. Se debe tener en cuenta el replanteo exacto realizado, puesto que el orificio de las notas estaba realizado con el encofrado, mientras que el fresado se realiza posteriormente al desencofrado.

Se trata de una obra que utiliza el hormigón para crear arte, de una forma original. Consiguiendo una superficie de gran belleza.

BLOQUE III CONCLUSIONES GENERALES. PROPUESTAS PARA ESTUDIOS DE AMPLIACIÓN

Conclusiones

1. **Mantenimiento:** No resulta, en absoluto, sencillo conseguir unas superficies de hormigón visto con unas buenas propiedades, comparativamente con otros materiales. Aunque si se consiguen unas buenas propiedades, estas se conservarán durante mucho más tiempo que en el resto de materiales habituales, sin necesidad de mantenimiento.
2. **Porosidad:** relacionada principalmente con la homogeneidad del hormigón (composición, presencia de finos y árido fino) y el vibrado. Se observa una evolución a menos conforme se analizan obras más actuales. En obras cuidadas es muy común haber conseguido un nivel de porosidad suficientemente bajo. El hormigón autocompactante, el uso de mejores aditivos fluidificantes y un vibrado más cuidado explican esta disminución de la porosidad.
3. **Color:** Esta es la propiedad más difícil de controlar. El primer factor que afecta al color es el tipo de hormigón utilizado, pero aun utilizando el mismo en toda la obra es el curado el que hará que aparezcan tonos diferentes. Más claros cuanto peor curado y mas oscuros donde la evaporación del agua interior haya sido más lenta, y esta se haya producido dentro de la masa de hormigón. El simple hecho de hormigonar en dos días distintos, con diferentes condiciones climatológicas puede cambiar el color del hormigón.
4. **Textura:** influida principalmente por el encofrado, y la capacidad del hormigón para reproducir la textura del encofrado. Dependiendo de la obra se ha observado texturas muy correctas y otras con aspecto muy malo. Los tres tipos de encofrados más utilizados son el fenólico, tabla y metálico. Todos ellos dejan su textura particular, pudiéndose obtener buenos resultados con cualquiera de ellos. Aunque si no se cuida la ejecución, limpieza del encofrado y algunos factores también se puede llegar a texturas muy irregulares y desagradables a la vista. Afean más los defectos de encofrado, que la naturaleza en si misma de él. La tabla obtiene una veta viva que puede ser de muy buena calidad, pero queda totalmente deslucida si entre las tablas se producen cejas o desniveles.
5. **Juntas:** son otro punto de difícil tratamiento. Es común esconder algunas juntas de construcción con un berenjeno. En juntas de dilatación la necesidad de colocar un material intermedio hace muy difícil que se disimule la junta. Deben ir perfectamente definidas en proyecto, incluso las de construcción. No deben dejarse a criterio del constructor nunca. Cuando no sea posible ocultarla se obtendrán mejores resultados dotándola de una entidad propia, sin disimularla. Bien sea con un berenjeno o con algún otro procedimiento que la resalte.
6. **Panelación y orificios:** El uso de espadas, en la mayor parte de las ocasiones se hace imprescindible, así como las juntas entre tableros. Se debe definir desde proyecto como se quieren tratar los orificios. Si se opta por taparlo, pueden darse



resultados aceptables, pero también pueden convertirse en auténticas catástrofes. Sean estas por diferencia de color, o por diferencia de acabado respecto al resto de superficie. Si se opta por dejar los orificios sin tapar, se les debería de dotar de entidad propia, siempre acorde a la panelación escogida. Es decir se ha de hacer un replanteo desde proyecto de orificios y colocación de juntas entre paneles. Es muy usado, y bien ejecutado da un buen efecto, colocar un berenjeno en todas las juntas entre paneles, dada la dificultad de disimular la junta entre estos totalmente. En cuanto a superficies de hormigón que tienen a los tableros de encofrado y las perforaciones como elemento diferenciador cabe destacar la obra de Tadao Ando.

7. **Encuentro entre superficies:** siempre recomendable colocar un berenjeno achaflanando la esquina. Se le dota de mucha mayor resistencia, tanto en fase de construcción como posteriormente.
8. **Superficies de prueba:** no se ha encontrado nada en España sobre superficies de prueba cuyo fin sea el acabado superficial. Sin duda sería recomendable realizarlas, la ASTM americana y Schibetton de Alemania tratan las superficies de prueba, incluso dando instrucción sobre las medidas mínimas que han de tener. La superficie de prueba, en fase de oferta muestra la calidad que es capaz de conseguir cada licitante. Y en fase de construcción sirve como referencia para el resto de la obra y como superficie para evaluar materiales y procedimientos.
9. **Reparaciones:** mejor no tener que hacerlas. Cuando se realizan resulta imposible enmascararlas, siempre hay diferencias de color, o de textura.
10. **Suciedad:** Se ha de cuidar enormemente que el agua de lluvia, o procedente de tableros, no circule de forma concentrada, pues provocará manchas. En una superficie vertical sería ideal recoger toda el agua que tenga de la cubierta o del elemento superior. Que sea el agua de lluvia que incide directamente sobre ella, de forma uniforme, la que la limpie. O bien que produzca un cambio de color homogéneo en toda la superficie. A menor distancia del suelo el agua que incida sobre la superficie contendrá mayor cantidad de polvo y suciedad. Hay que buscar la forma de proteger la de la superficie, con resaltos, canalones u otro sistema. Todo esto ya se tenía en cuenta en las catedrales, colocando más resaltos cuanto más cerca estaba del suelo, puesto que hay más cantidad de polvo.
11. **Evolución a lo largo del tiempo:** el hormigón tiende a oscurecerse, aunque este efecto es muy diferente en distintas obras. En los hormigones blancos da tonos amarillentos, en los grises los acerca más al negro. Afecta mucho el humo y la contaminación. Si el efecto es homogéneo no es desagradable. Si está agravado por otros factores puede darse de forma diferencial en la superficie y producirá un efecto estético muy negativo.
12. **Grafitis y pintadas:** son un problema de difícil solución, siendo la más usada pintar la zona afectada por el grafiti de un color parecido, que nunca es igual que el resto de la superficie. No es objeto de este trabajo, pero sería muy interesante conocer como responden distintas superficies de hormigón a la limpieza del grafiti, en función de la textura, y como funcionan los productos para disolverlos en esas



superficies. Sin duda es un problema, que en muchas ocasiones tira por tierra todo el trabajo realizado para conseguir un hormigón arquitectónico.

13. **Defectos inadmisibles:** Se observan en algunas obras una serie de defectos que deberían ser objeto de rechazo de la unidad de obra. Estos defectos groseros, por si mismo, producen un efecto negativo en la superficie que deja en segundo plano al resto de la estructura. En general estos defectos aparecen en obras con un cuidado del acabado muy escaso. Son del tipo: restos en el encofrado, que quedan embebidos armadura vista, nidos de grava, etc.
14. **Normativa:** se hace necesaria una normativa española que trate el acabado de las superficies de hormigón y su clasificación.



Posibles líneas de ampliación de este documento:

- El estudio del color, establecer una escala actualizada, tomando como punto de partida la del CIB, para hormigón de diferentes colores. Así como una metodología, bien mediante análisis digital de imágenes, o por comparación con patrones impresos, para clasificar los colores de las superficies. Realizar una clasificación también para hormigones blancos.

- Redacción de un documento base que incluya todos los aspectos de la vertiente arquitectónica del hormigón visto. Que exista en España un documento que esté a la altura de normativas de otros países como Alemania, Estados Unidos, Nueva Zelanda, etc. En este sentido ya hay comisiones trabajando.

- Control de calidad de procesos. Estudiar y redactar un Programa de Puntos de Inspección que, junto al control de calidad de procesos necesario para realizar un hormigón estructural de calidad, tenga en cuenta el aspecto final del hormigón.

- Estudiar el envejecimiento de las superficies de hormigón visto, y como evolucionan sus propiedades con el tiempo y la climatología. Concretando y obteniendo mas resultados sobre las aportaciones del óxido de Titanio, y sus propiedades fotocatalíticas en el hormigón visto.

- El hormigón arquitectónico en la fabricación de elementos prefabricados. Condicionantes propios de los prefabricados. Medios y técnicas propias del hormigón prefabricado que influyen decisivamente en el aspecto final del hormigón, y que no se pueden utilizar en hormigones in situ.

- Estudio de algunos tratamientos posteriores al fraguado que ofrecen muchas posibilidades de mejora de propiedades de las superficies de hormigón. Medios técnicos disponibles para realizar estos tratamientos in situ. Ya que en prefabricado son ampliamente utilizados, pero en obras de hormigón in situ son escasos



BLOQUE IV: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. Maury. N de Belie: “Estado del arte de los materiales a base de cemento que contienen TiO₂: propiedades autolimpiantes”.Materiales de Construcción. Vol.90, 298, 33-50, abril/junio 2010 ISSN: 0465-2746, ISSN: 1988-3226
- [2] A. Beltramore (Universidad Nacional de Rosario, Argentina), F.A. García Cruz (Universidad Autónoma de Baja California, México), A. García Santos (U.P.M.,Madrid): “Modificaciones de las propiedades superficiales en el hormigón visto, por la utilización de diferentes tipos de desencofrantes y aditivos plásticos.”
- [3] A. López (CONICET-GINTEMAC, Faculty of Engineering, UTNFRC, Argentina), J.M. Torbes (Faculty of Engineering, La Plata University, Argentina), G.Giaccio (CIC-LEMIT, Faculty of Engineering, La Plata,Argentina), R. Zerbino (CONICET-LEMIT, Faculty of Engineering, La Plata, Argentina: “Advantages of mortar-based desing for coloured self compacting concrete”
- [4] Antonia Pacios Álvarez (ETSI Industriales UPM): “Especificación, control de calidad y calidad superficial del hormigón visto autocompactante”
- [5] Dr. Roger P. Wset, Trinity Collage Dublín: “Self Compacting Concrete”
- [6] L. Lohaus, M. Werner, T. Gläser: “International Requirements For High Quality Exposede Concrete” FIB Symposium Prague 2011 Concrete Engineering for excellence and efficiency.
- [7] P.J. Schubel y N.A. Warrior (University of Nottingham, school of Mechanial, Materials and Manufacturing Engineering, university Park, Nottingham NG7 2RD, united Kingdom), K.S. Ellio (University of Nottingham, Schooll of civil Engineering, University Park, Nottingham NG7 2RD, United Kingdom):"Evaluation of concrete mixes and mineral additions when used with controlled permeable formwork (CPF)"
- [8] Metin Arslan (Gazi University, Technical Education Faculty, Construction Education Departament, 66500 Ankara, Turkey): "The effects of permeable formwork with sucker line on the physical properties of concrete surfaces"
- [9] Fastag, Alejandro: “Design and Manufacture of Translucent Architectural Precast Panels”
- [10] J. Calavera Ruiz, J. Fernández Gómez, G. González-Isabel, P.López Sánchez, J.M. Pérez Luzardo: "Aspectos Visuales del Hormigón: hormigón visto, hormigón coloreado, hormigón con tratamientos superficiales"
- [11] María Jose Lana Lana: “Hormigón Visto. Proyecto y ejecución”
- [12] P.A.M. Basherr, L. Basherr , D.J. Cleland, A.E. Long (Departmen of Civil Engineering, Queen's University of Belfast, Stranmillis Road): "Surfaces Treatments for concrete: assessment methods and report performance"



- [13] Zhenhua Zhu and Ioannis Brilakis (Department of Civil and Environmental Engineering, University of Michigan, Ann Arbor, MI,USA); Ioannis Brilakis "Detecting Air pockets for architectural concrete quality assessment using visual sensing"
- [14] S. Chinchón, J García, M. López-ayalaya, A. Linares, R. Vera (Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Universidad de Alicante, Campus de San Vicente del Raspeig) "Cement paste colouring in concretes"
- [15] Ronnen levinsosn, Hashem Akbari (Heat Island Group, Environmental Energy Technoogies Division, Lawrende Berkeley Laboratory) "Effect of composition and exposure on the solar reflectance of portland cement concrete"
- [16] Sherwin William Company "Guideline Instructions for concrete Surface Preparation" (Form G-, Revised 01/12)
- [17] "Guide Specification for Architectural Precast Concrete Panels"
- [18] Luigi Cassar, Carine Pepe (CTG-Italcementi Group), Giampietro Tognon, Gian Luca Guerrini, Rossano Amadelli (Departament of Chemistry, unicity of Ferrara, Italy) "White Cement for Architectural Concrete, Possessing Photocatalytic Properties"
- [19] Franco Sandrolini, Elisa Franzoni, Barbara Pigino (Dipartimento di Ingegneria Civile, ambientale e dei Materiali, Facoltà di Ingegneri, univesità di Bologna) "Ethyl silicate for surface treatmen of concrete- Parti I: Pozzolanic effect of ethyl silicate"
- [20] Nitherhouse Concrete Products "Guide Specification for Architectural Precast Concrete"
- [21] Bureau of water and server operations departament of environmental operations, Departament of Environmental operations "Instructions to Architect/Engineer for specifications for Concrete"
- [22] Luc Courar, (Université de liege, Belgium) "Parametric Definition of Sandblasted and polished serfaces concrete"
- [23] Wenzhong Zhu, Peter J.M. Bartos (Department of Civi Engineering, Advanced Concrete and Masnary Centre, University of Paisley,UK) "Permeation properties of self-compacting concrete"
- [24] H. Abdul Razak (Department of Civil Engineering, universitu of Malaya,Kuala Lumpur Malaysia);H. K. Chai; H.S.Wong "Near surfaces characteristics of concrete containing supplementary cementing materials"
- [25] Karen Fischer, Symposium PRAGUE 2011 "Stability of Exposed Concree Agains Bleeding and Segregation"
- [26] Álvaro García Hernández (ETS Ingenieros de Caminos Canales y Puertos, Universidad de Cantabria) "Desarrollo y análisis de pavimentos industriales desde el punto de vista del acabado superficial"



- [27] M.O. Valcuende, C. Parra, J.C. Jarque "Self-consolidating concrete homogeneity"
- [28] Miguel Adam (Union technique Interprofessionnelle des Fédérations nationales du Batimen et des Travaux Publics), "El hormigón material estructural arquitectónico"
- [29] Cuadernos CIB "Producción de hormigón de color uniforme y sin defectos de superficie""Tolerancias sobre los defectos del aspecto del hormigón"
- [30] New Aesthetic And Functional Criteria for Concrete Anti-Noise Screens
"Nuevos criterios estético-funcionales de las pantallas antirruidos construidas de hormigón"
- [31] "Standar Specification for Cast-In-Place Architectural Concrete (ACI 303.1-97)
- [32] CEMEX "Cemento Blanco, el color de la calidad"
- [33] Henry Efrén Fuentes Córdova, Cristian Daniel Udeos Zabala (Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador) "Hormigón Visto en Estructura: Proceso Constructivo y Acabado Final"
- [34] Ruth Elena Ayla Carabajo, Cynthia Vanessa Chimbo Cusme, Diego Yaguana Chamba (Facultad de ingeniería en Ciencias de la Tierra, Escuela Politécnica del Litoral) "Clasificación, utilización e importancia del encofrado como elemento provisional en el área de la Construcción"
- [35] Tom Van Mele, Philippe Block "A Novel Form Finding Method for Fabric Formwork for concrete Shells"
- [36] F.S. Lichtwarck (NOE-Schaltechnik GMBH, Suessen, West Germany "Using elastomeric form liners"
- [37] F.S. Lichtwarck, NOE-Schaltechnik, F Suessen. "Using elastomeric forms liners"
- [38] Planen, Herstellen, Beurteilen, "Sichtbeton" 2. Symposium Baustoffe und Bauwerkserhaltung Universität Karlsruhe, 17. März 2005
- [39] N.R. Greening and Landgren (REsearch and -development Laboratores of the Portland Cement Assocation) "Surface Discoloration of Concrete Flatwork"
- [40] Von Thomas Freimann, Shende-Höver "Betonflächen mit Sichtbetonanforderungen"
- [41] Ludger Lohaus, Michael Werner, Thomas Glaser "International Requirements for high Quality Exposed Concrete"
- [42] Evans J.M., Bogatto M., Eguia S., Baroldi G. (Centro de Investigación Hábitat y energía, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires)"Uso de modelos a escala en cielo artificial. Características de reflexión de los acabados superficiales interiores y exteriores"



- [43] "Architectural Cast-in-place" "What does an architect or engineer need to know about architectural concrete?"
- [44] Fib Symposium 2011 in Prague: "Concrete Engineering for excellence and efficiency"
- [45] Arquitectura La Salle: "Hormigón visto "in situ" para fachadas y cubiertas"
- [46] Catálogo PERI
- [47] Frank Fibre concrete, "Separadores"
- [48] Andrew Kudiess, Ivan Vukceвич, "Flexible Formwork Research"
- [49] David Jolly, Miquel Eyquem, Vitoria Jolly: "Encofrados flexibles, otra forma para el hormigón"
- [50] Mark West: "Branching Structures"
- [51] Mark West, Chris Welbe, Aynssee Hurdal, Jiameng Zeng: "Bulge wall Construction", University of Manitoba, Faculty of Architecture
- [52] N. Cauberg & B.Parmentier, D. Janssen, M.Mollaert: "Fabric formwork for flexible, architectural concrete"
- [53] Mark West, Centre for Architectural Structures and Technology, University of Manitoba: "Fabric-Formed concrete structures"
- [54] Mark West, Centre for Architectural Structures and Technology, University of Manitoba: "Prestressed fabric formworks for precast concrete panels"
- [55] Kenzo Unno, "Fabric-formed walls"
- [56] Mark West, Centre for Architectural Structures and Technology, University of Manitoba: "Thin-Shell Concrete From Fabric Molds"
- [57] ACI Committee 303 Daniel P. Dorfmueller: "Guide to Cast-in-Place Architectural Concrete Practice"
- [58] Precast/Prestressed Concrete Institute: "Manual for QUALITY CONTROL For Plants and Production of ARCHITECTURAL PRECAST CONCRETE PRODUCTS"
- [59] Knaack Puentes, Rodolfo Eduardo, Valdivia Chile, 2005 "Gestión de calidad: Construcción de hormigón a la vista"
- [60] A. Pacios Álvarez, Departamento de Mecánica Estructural y Construcciones Industriales, Universidad Politécnica de Madrid, España: "Clasificación superficial del hormigón visto. Gestión del diseño, construcción y recepción"
- [61] Joachim Schult: "Basic principles of exposed concrete evaluation"



- [62] "Specification for Tolerances for Concrete Construction and Materials (ACI 117-10) and Commentary"
- [63] "Specification and Production of Concrete Surface Finishes". Cement & Concrete Association of New Zealand"