

# ESPECIFICACIÓN, CONTROL DE CALIDAD Y CALIDAD SUPERFICIAL DEL HORMIGÓN VISTO AUTOCOMPACTANTE

**Antonia PACIOS ÁLVAREZ**

Dr Arquitecto

ETSI Industriales UPM

Profesora Titular

antonia.pacios@upm.es

## RESUMEN

Al abordar aspectos de calidad superficial en hormigones vistos nos encontramos con la carencia de clasificación de calidades de superficies que se puedan utilizar como referencia, lo que obliga a establecer patrones propios. Una vez identificados los defectos que van a discriminar entre categorías se plantea el problema de la cuantificación de defectos. Es necesario además establecer si existe relación entre el cumplimiento de las especificaciones de autocompactabilidad y las calidades obtenidas, actividad que se contrastó mediante el control de recepción de hormigón en obra y la tipificación de calidades obtenidas, en una promoción de viviendas. Recientemente la fib (Aesthetics in concrete) y ACHE (hormigón visto) han creado dos grupos de trabajo en esta temática.

**PALABRAS CLAVE:** control recepción, calidad superficial, autocompactabilidad, coeficiente de bloqueo, escurrimiento, defectos superficiales

## 1. Introducción

En el caso del hormigón vibrado, una vez definidas las características del material en estado fresco, la responsabilidad sobre la calidad superficial finalmente conseguida recae fundamentalmente sobre el contratista quien coloca y compacta el hormigón. Sin embargo, en el caso del HAC, la inexistencia de compactación puede hacer que el contratista, aun habiendo controlado la idoneidad de la mezcla respecto a alguna de las medidas de autocompactabilidad, se encuentre en situación de incumplimiento de la calidad superficial requerida. Con el objeto de evitarlo ha sido necesario que la calidad requerida se haya pactado previamente tras la elaboración de elementos de referencia. Esta situación pone de manifiesto la importancia de alcanzar una metodología que, teniendo en cuenta las características de la aplicación, permita definir rangos de aceptabilidad de las calidades superficiales como ya recogen recomendaciones alemanas y austriacas.

## 2. Sistemas de clasificación de superficies

Numerosos autores han estudiado los parámetros que afectan la homogeneidad del color y textura del hormigón arquitectónico y el efecto de los pigmentos sobre la reología del material [1, 2, 3, 4]. Sin embargo, se han encontrado pocos estudios de investigación que presenten una metodología para la cuantificación de defectos de superficies de estructuras hormigonadas in situ [5, 6, 7]. En los últimos años, las asociaciones de fabricantes de hormigón o encofrados han realizado un esfuerzo por documentar y establecer criterios de clasificación de superficies de hormigón, pero todas ellas de aplicación local [8, 9, 10]. En los apartados siguientes se presentarán aquellos sistemas de clasificación más relevantes.

## 2.1. Sistemas de recomendaciones de las asociaciones

El sistema de clasificación presentado por la CIB W49, es una de las primeras clasificaciones utilizadas. Se establecen 4 categorías (especial, cuidada, normal y basta) en función del cumplimiento de 4 grupos de requisitos: variación de forma; manchas y defectos superficiales; burbujas y variación de color [8]. Los niveles de especificación para asignar categorías varían en función de la distancia a la que se visualiza la superficie.

Entre los trabajos más recientes y con un enfoque integral de clasificación y cuantificación de defectos se encuentran la guía titulada “Exposed Concrete”, publicada por la Sociedad Alemana para el Hormigón y Tecnología de la Construcción (DBV) y la Asociación Federal Alemana de la Industria del Cemento (BDZ) [9], y la guía publicada por la Asociación Austríaca para el Hormigón y Tecnología de la Construcción (OVBB) [10].

### 2.1.1. Recomendaciones alemanas

Se establecen 4 categorías de calidad para el hormigón visto (de HV1 a HV4), que pueden alcanzarse teniendo en cuenta 6 clases de requisitos diferentes: textura superficial, porosidad, uniformidad de color, de planeidad, de juntas de encofrado. Adicionalmente podrán considerarse requisitos vinculados con la clase de encofrado tales como juntas de panel, y clases de calidad de los paneles de encofrado. La tabla 3 muestra dicha clasificación para hormigón visto.

Clase de hormigón visto		Requisitos para las zonas de hormigón visto de acuerdo a la clasificación					Otros requisitos		Coste
		Textura	Porosidad	Uniformidad del color	Planeidad	Juntas de encofrado	Zona ensayos de prueba	Clase de encofrado	
Baja	HV1	T1	P1	UC1	PI1	JE1	Opcional	E1	Base
Normal	HV2	T2	P2-P1	UC2	PI1	JE2	Recomendado	E2	Medio
Especial	HV3	T2	P3-P2	UC2	PI2	JE3	Altamente recomendado	E2	Alto
	HV4	T3	P4-P3	UC3-UC2	PI3	JE4	Obligado	E3	Muy alto
<p><i>Ejemplo HV1: Hormigón con bajos requisitos, por ejemplo, muros de sótano y edificios industriales</i>  <i>Ejemplo HV2: Hormigón con requisitos normales, por ejemplo, cajas de escalera y muros portante</i>  <i>Ejemplo HV3: Hormigón con altos requisitos, por ejemplo, fachadas de edificios</i>  <i>Ejemplo HV4: Hormigón con requisitos especiales y carácter representativo, por ejemplo, obras representativas y singulares de arquitectura e ingeniería</i></p>									

**Tabla 1. Sistema de clasificación alemán de calidades de superficie.**

De este sistema de clasificación son las juntas de encofrado el tipo de defecto que ayuda a discriminar entre categorías, ya que los otros defectos admiten solapes. Esto lleva asociado que las distintas categorías de hormigón visto requieran de encofrados correspondientes con los niveles de exigencia. Si bien no aparece como obligatorio, se ha llegado a la conclusión que se necesita de muestras de referencia de contraste.

### 2.1.2. Recomendaciones austriacas

Muy similar a la clasificación alemana, se establecen tres categorías de referencia y una especial, libre. Utiliza cuatro requisitos para la clasificación, aunque éstos a su vez dependan de otros, tal como se muestra en el diagrama de árbol (Figura 1). En esta clasificación se hace notar la

implicación de la planificación y la oferte y de los agentes implicados para poder alcanzar la calidad pactada.

Requerimientos y costes	Requisitos para la clasificación					Superficie de referencia
	Clasificación para hormigón visto	Planificación y oferta	Superficie de hormigón	Ejecución de la construcción	Encofrado y desencofrante	
Bajos	HV1	PO1	SH1	CC1	E1	opcional
Medios	HV2	PO2	SH2	CC2	E2	recomendado
Altos	HV3	PO3	SH3	CC3	E3	
Muy altos	HVE	libre				

*Ejemplo HV1:* Distancia de visualización amplia. Muros y construcciones para viviendas y edificios industriales  
*Ejemplo HV2:* Distancia de visualización normal. Fachadas y construcciones de edificación  
*Ejemplo HV3:* Distancia de visualización cerca. Construcciones de alta calidad o fachadas complejas en edificios singulares.  
*Ejemplo HVS:* Específico para requisitos definidos en proyecto

**Tabla 2. Sistema de clasificación austriaco de calidades de superficies.**

Al igual que las recomendaciones alemanas utilizan superficies de referencia de 50 cm x 50 cm.

<b>Planificación y oferta (3)</b>	Complejidad de la planificación (3)
	Estructura y despiece de la superficie de hormigón (3)
<b>Superficie de hormigón (3)</b>	Porosidad (3)
	Homogeneidad de color (3)
	Tipo de hormigón
<b>Ejecución de la construcción (3)</b>	Planeidad (2)
	Juntas de construcción (2)
	Juntas entre paneles de encofrado (2)
	Juntas de lámina de encofrado (2)
<b>Material de encofrado y desencofrante (3)</b>	Tipo de fijación del encofrado (2)
	Estado del encofrado (3)
	Utilización de desencofrante (2)

**Figura 1. Diagrama de árbol de requisitos básicos para la clasificación de superficies y requisitos relacionados.**

## 2.2. Resultados de trabajos experimentales

En Noruega, en SINTEF, se está desarrollando un trabajo experimental con el objetivo de cuantificar los tamaños de defectos de una manera objetiva. Para ello, se seleccionan áreas de estudio de una superficie de 60 cm x 60 cm y por medio de análisis de imágenes de Matlab se cuantifica el área afectada y el tamaño del defecto. Se han establecido tres categorías para el defecto porosidad y uniformidad de color. Este estudio está en elaboración.

En Colombia se presenta una metodología en la que se evalúa hasta 13 defectos superficiales. En una primera aproximación se indican las tolerancias para la aceptación y en una segunda aproximación se llegan a diferenciar tres categorías de calidad superficial. Al igual que el método anterior utiliza una superficie de referencia de 70 cm x 70 cm.

En España se han realizado estudios de investigación en hormigones coloreados principalmente. No se conocen trabajos anteriores que hayan intentado clasificar las superficies de hormigón arquitectónico en categorías o clases.

El estudio que se presenta a continuación no utiliza superficies de referencia, dado que se trata de evaluar globalmente el aspecto general de apariencia de las superficies de hormigón. Determinada esta calidad por consenso se procederá a identificar y medir los defectos encontrados con el objetivo de identificar el umbral de clase de una manera lo más objetiva posible.

### 3. Programa experimental sobre calidad superficial del hormigón autocompactable

Con el objeto de poder establecer los procedimientos de ensayo para la recepción en obra del HAC y su posible relación con el acabado superficial, se ha evaluado el suministro del HAC/25/12/IIa de fabricación industrial en una promoción de viviendas. El estudio se lleva a cabo en la obra de construcción de 94 viviendas de protección pública, garajes y trasteros promovida por la empresa IMASATEC S.A.

#### 3.1. Caso de estudio

Para la ejecución de cada vivienda se emplean seis camiones de hormigón diarios, lo que hace un total de 48 m<sup>3</sup> de hormigón colocados por bombeo. El hormigonado completo de una vivienda se ha realizado en un tiempo aproximado de 3 horas. Tras diversos estudios para ver el rendimiento en obra se optó por rellenar los encofrados empezando por las paredes exteriores. El recorrido máximo horizontal del hormigón era de unos 15 m por lo que la bomba se mantenía en movimiento para que este recorrido fuera homogéneo. Tras hormigonar el contorno exterior, se procedía a rellenar las paredes interiores finalizando con la losa.

Las Figuras 2 y 3 representan la planta de la vivienda tipo y el aspecto de las superficies hormigonadas. En la vivienda tipo se identifican las superficies que se han utilizado en el estudio.

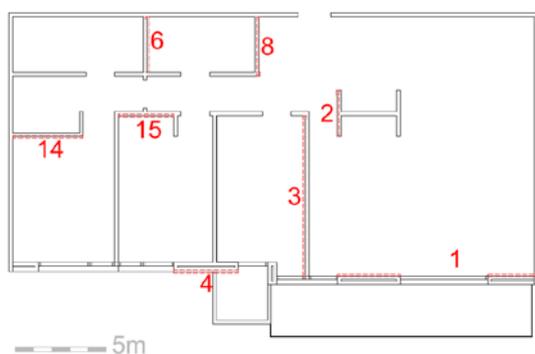


Figura 2: Planta de las viviendas.



Figura 3: Vista de la fachada principal.

El principal control en obra de la calidad del acabado del hormigón autocompactante es el aspecto que presenta una vez endurecido y ya desmoldado, por ello este estudio recoge el análisis cuantitativo y cualitativo de los defectos superficiales de las viviendas seleccionadas. La elección de las viviendas en las que se examinaron los defectos se realizó a partir del análisis de los ensayos de recepción de las propiedades de autocompactabilidad (UNE 83361 y UNE 83362) [6]. El control de recepción se ha completado con la determinación de las propiedades reológicas del hormigón in situ (Figuras 4 y 5).

Se puede observar en la Figura 4 que se colocaron hormigones que no cumplen con la especificación de escurrimiento; muy pocos hormigones cumplen con la especificación de resistencia al bloqueo, si bien ésta no era una especificación del HAC. La Figura 5 muestra la

misma variabilidad de los parámetros reológicos determinados in situ que los determinados en laboratorio, cuando se quiere relacionar con las medidas indirectas de  $T_{50}$  o  $T_{final}$ .

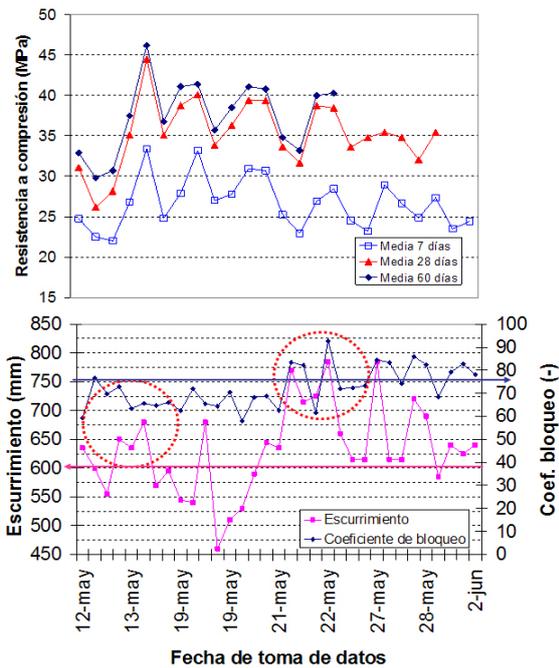


Figura 4. Control de recepción de los HAC.

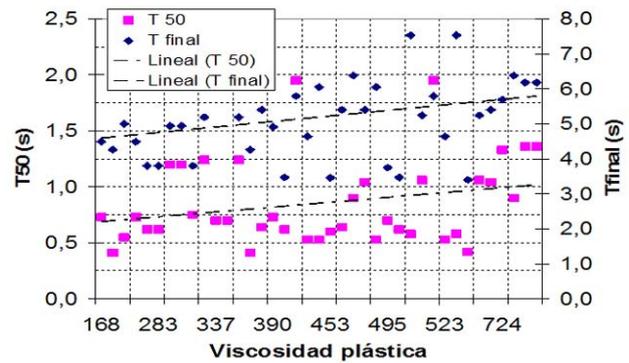


Figura 5. Valores reológicos de los HAC.

Tras el análisis de los ensayos de recepción se seleccionaron dos viviendas:

- a) Vivienda A, presenta buen escurrimiento pero bloqueo ( $D_f$  655 mm;  $C_{BJ}$  0,61). Se eligieron aquellas paredes que contienen la mayor tasa de defectos (%) por pared de toda la vivienda (paredes 1,2,3,4).
- b) Vivienda B, muestran buenas propiedades de autocompactabilidad ( $D_f$  730 mm;  $C_{BJ}$  0,87). Se eligieron aquellas paredes que visualmente presentaban la menor tasa de defectos (%) por pared de toda la vivienda (paredes 6,8,14,15)

La tabla 3 presenta las características de las paredes estudiadas.

	Paredes	Localización	Tamaño	Espesor	Aislante	Instalaciones	Huecos	Hormigonado
		Int / Ext	(m <sup>2</sup> )	(cm)	(cm)	(uds)	(m <sup>2</sup> )	
Referencia mala calidad superficial	1 Dcha	Exterior	4,96	25	5	4	5,85	directo
	1 lzqd	Exterior	3,92	25	5	5		
	2	Interior	3,35	10	---	---	---	directo
	3	Interior	11,88	10	---	5	---	indirecto
Referencia buena calidad superficial	4	Exterior	4,75	25	5	4	---	directo
	6	Interior	4,34	10	---	2	---	indirecto
	8	Interior	4,42	10	---	3	---	indirecto
	14	Interior	5,22	10	---	---	---	indirecto
	15	Interior	4,08	10	---	---	---	directo

Tabla 3. Características de las paredes.

### 3.2. Tipos de defectos evaluados

De todos los defectos estudiados y que a continuación se listan, algunos están relacionados con la calidad del hormigón y puesta en obra y sin embargo otros con la calidad del encofrado. Si bien para el estudio de la calidad de las superficies se deberán considerar todos los defectos, para

evaluar la relación adecuación de la clase de autocompactabilidad y la calidad superficial obtenida se considerará solamente aquellos defectos asociados a la adecuación del hormigón.

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 creados a partir de la acumulación de burbujas de aire y agua entre el encofrado y el hormigón.
- Fisuras. Grietas superficiales originada por diversas razones. Se considera defecto cuando está localizada o presenta un patrón repetido.
- Nidos de grava. Exposición de árido grueso cuando la pasta no cubre toda la superficie. Es función del tipo de hormigón y de la estanquidad de los encofrados.
- 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 demasiado pronto, impacto accidental,.. Si bien puede producirse por golpes accidentales, o un desencofrado demasiado temprano, sí 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 estanquidad 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.

De los defectos del grupo A, pueden tener más incidencia cuando se emplea hormigón autocompactante el descantillado y acumulación de finos. Los defectos del grupo B son función del tipo y estado del encofrado, por lo que si bien se cuantifican en este estudio, no se consideran dependientes del tipo de hormigón.

Se ha procedido primero a cuantificarlos y a continuación a establecer los valores umbral para diferenciar entre calidades de superficies.

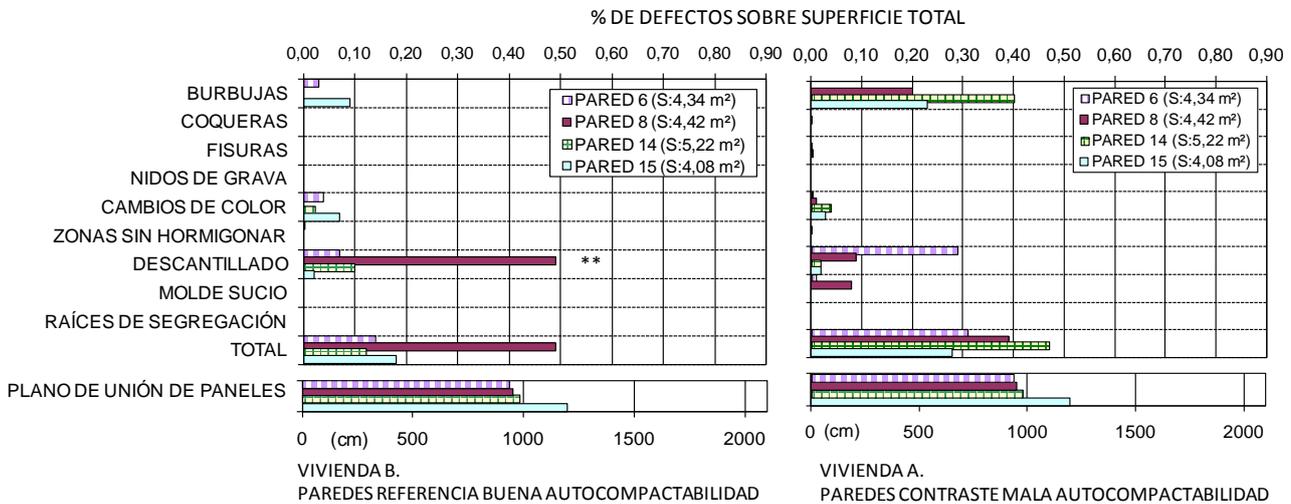
### **3.3. Resultados del mapeado superficial**

#### *3.3.1. Elementos de referencia*

En la Figura 6 se muestra la tasa total (%) por tipo de defecto para las paredes de referencia de buena calidad superficial. Son elementos homogéneos en tamaño, de 10 cm de espesor y con pocas o ninguna instalación embebidas, lo que facilita la puesta en obra.

Las Paredes 6, 8, 14 y 15, de la Vivienda B, se consideran superficies de referencia para buenos acabados. Se observa que de los 10 defectos tipificados, solamente aparecen 4 y en un porcentaje inferior al 0,1%, exceptuando la pared 8, que tiene casi un 0,5% de descantillado superficial. Dado que este defecto se origina por impacto accidental o problemas asociados con el desencofrado se retira esta pared del estudio al no considerarse representativa. Se observa

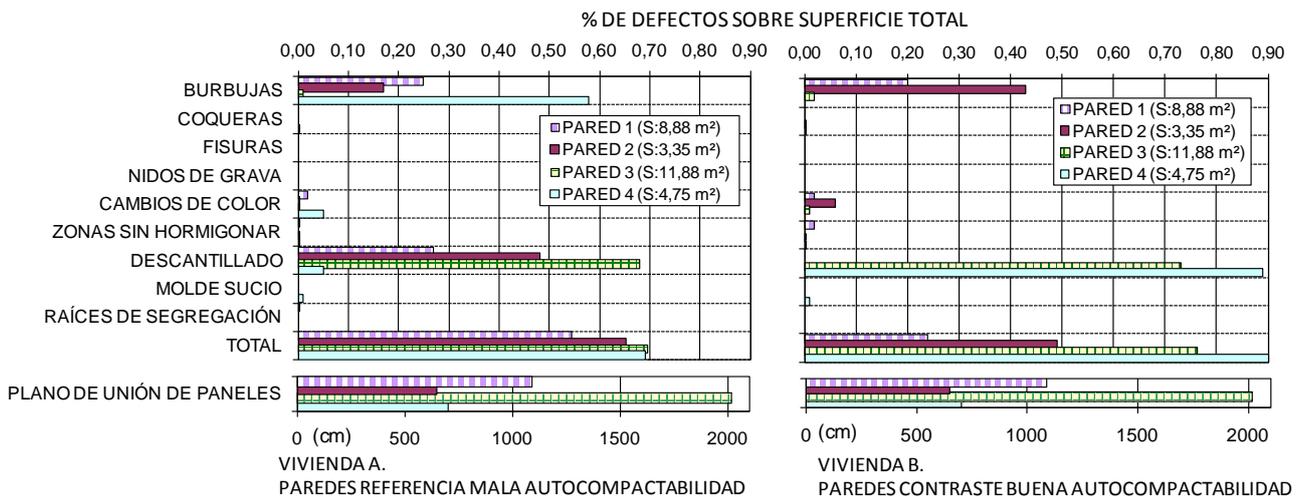
también que el defecto de plano de unión entre paneles de encofrado es prácticamente igual, independientemente del tipo de hormigón y esto es porque está asociado al encofrado y es un defecto del encofrado. La pared 14 de la vivienda B es referencia de la máxima calidad y las paredes 6 y 15 de buena calidad.



**Figura 6. Cuantificación de defectos para las superficies de referencia de buena autocompactabilidad y superficies de contraste.**

Cuando se han ejecutado estas superficies con un hormigón de peor autocompactabilidad aparecen mayor número de defectos (coqueras y fisuras no presentes anteriormente) y aumentan las burbujas considerablemente. Las paredes 6 y 15 de la vivienda A son referencia de buena calidad.

La Figura 7 presenta una comparativa de la tasa total (%) por tipo de defecto para las paredes de referencia de mala calidad superficial. Son elementos con un número importante de instalaciones embebidas y aislante en la sección media.



**Figura 7. Cuantificación de defectos para las superficies de referencia de mala autocompactabilidad y superficies de contraste.**

La vivienda A muestra una superior tasa total de defectos en las paredes de referencia 1 y 2 que las mismas paredes en la vivienda B, mientras que las paredes 3 y 4 de la vivienda B tienen mayores defectos que las mismas paredes de la vivienda A. Debido a que la vivienda A es la referencia para paredes defectuosas con las peores propiedades de autocompactabilidad, los defectos deberían ser superiores en la vivienda A en todos los casos. Esto indica que no

únicamente la calidad del hormigón incide en la calidad de los acabados sino que el proceso de colocación tendrá también incidencia (las paredes 1 y 4 presentan el mayor número de instalaciones embebidas y aislamiento).

Las paredes 1 a 4 de la vivienda A tienen 8 de 10 defectos estudiados y el mayor porcentaje de superficie total defectuosa.

Las Tablas 4 y 5 muestran un resumen de las características observadas.

PARED	TIPO DE PARED	BUENA AUTOCOMPACTABILIDAD (referencia)			MALA AUTOCOMPACTABILIDAD (contraste)		
		Criterios			Criterios		
		% defectos (sobre la superficie del muro)	Nº defectos	% de defecto único	% defectos (sobre la superficie del muro)	Nº defectos	% de defecto único
6	Interior Con instalaciones Pequeño	0,15	3 – 4	0,07	0,32	2 – 3	0,29
8	Interior Con instalaciones Pequeño	0,49	1 – 2	0,49	0,39	4 – 5	0,09
14	Interior Sin instalaciones Pequeño	0,13	2 – 3	0,10	0,47	3 – 4	0,40
15	Interior Sin instalaciones Pequeño	0,18	3 – 4	0,09	0,28	3 – 4	0,23

**Tabla 4. Resumen de defectos para superficies referencia de buena calidad y contraste.**

PARED	TIPO DE PARED	MALA AUTOCOMPACTABILIDAD (referencia)			BUENA AUTOCOMPACTABILIDAD (contraste)		
		Criterios			Criterios		
		% defectos (sobre la superficie del muro)	Nº defectos	% de defecto único	% defectos (sobre la superficie del muro)	Nº defectos	% de defecto único
1	Exterior Con ventanas y aislamiento Grande	0,54	3 – 4	0,27	0,24	3 – 4	0,02
2	Interior Sin instalaciones Pequeño	0,66	3 – 4	0,48	0,49	3 – 4	0,43
3	Interior Sin instalaciones Pequeño	0,69	2 – 3	0,68	0,76	3 – 4	0,73
4	Exterior Con ventanas y aislamiento Pequeño	0,68	3 – 4	0,58	0,89	3 – 4	0,89

**Tabla 5. Resumen de defectos para superficies referencia de mala calidad y contraste.**

### 3.3.2. Especificación de niveles y propuesta de clasificación

A la vista de los defectos identificados se han establecido en primer lugar los criterios para diferenciar las categorías de los defectos. Los estudios se han realizado en viviendas industrializadas en los que la elección del HAC fue seleccionado teniendo en cuenta que no se debería emplear ninguna actividad de reparación antes de aplicar la pintura. Este estudio de calidades no está extendido a todo el campo del hormigón arquitectónico aunque sí se pueden extraer conclusiones generales.

De los 10 defectos detectados algunos se pueden cubrir con una capa básica de pintura puesto que afecta principalmente a la coloración o textura muy superficial. Sin embargo otros como cambio de plano o poros puede requerir una capa de recubrimiento, raspado, lo que implica una unidad de obra y un coste suplementario. Teniendo esto en consideración de deberá indicar los defectos admisibles en las categoría 1 y 2. Se propone la siguiente clasificación:

Dada la dificultad para establecer un valor umbral por tipo de defecto se seguirán los siguientes criterios:

- Nº de defectos. Cuanto mayor sea el número de defectos diferentes más completa tendrá que ser la actuación en la superficie.
- Superficie afectada. Se establece el porcentaje de la superficie máxima afectada de defectos.
- Tamaño de un único defecto. Una vez superado un tamaño mínimo un defecto poco importante por el porcentaje de superficie afectada puede ser importante por la incidencia que tiene en la técnica de reparación y el aspecto.

La tabla 6 muestra la propuesta de clasificación de calidades de superficies.

CLASE DE SUPERFICIE	nº DE DEFECTOS (9-10)	SUPERFICIE DE DEFECTOS (%)	% DE DEFECTO ÚNICO	OBSERVACIONES
C1	<(2-3)	<0,10	<0,10	Se deberán cumplir los tres criterios simultáneamente
C2	<(3-4)	<0,30	<0,30	Se pueden producir solapes
C3	<(3-4)	<0,75	<0,75	
C4	<(4-5)	<0,75	<0,75	Se deberán cumplir los tres criterios simultáneamente

*Calidad 1.* Superficies vistas de cerca con elevadas exigencias estéticas, como para quedar vistas. En esta aplicación esta calidad no será necesario alcanzarla nunca.

*Calidad 2.* Superficies con acabado superficial, que tienen defectos que no necesitan ningún tipo de pintura especial.

*Calidad 3.* Superficies con acabado superficial, que tienen defectos que requieren pintura con cobertura para recubrir los defectos identificados.

*Calidad 4.* Superficies que necesitan un repaso previo al acabado superficial.

**Tabla 6. Criterios para clasificar en función de la aplicación estudiada.**

Siguiendo los criterios presentados en la Tabla 6 se puede observar como las paredes seleccionadas como referencia de mala calidad mejoran, o mantienen la misma clasificación cuando las especificaciones del hormigón son adecuadas al grado de dificultad de hormigonado. Las paredes seleccionadas como referencia de buena calidad (1 o 2) han empeorado o mantienen la misma clasificación cuando se han hormigonado con HAC de autocompactabilidad no adecuada a la dificultad del elemento.

REFERENCIA MALA CALIDAD- CONTRASTE			REFERENCIA BUENA CALIDAD- CONTRASTE		
PARED	Hormigón no adecuado	Hormigón adecuado	PARED	Hormigón adecuado	Hormigón no adecuado
1	C3	C2	6	C2	C2
2	C3	C3	8*	C3	C3
3	C3	C3	14	C1	C3
4	C3	C3	15	C2	C2

\*No se considera para el estudio

**Tabla 7. Relación de la adecuación de la autocompactabilidad con la calidad de los acabados.**

De la tabla 7 se puede resaltar que no es suficiente controlar la calidad del hormigón sino que las condiciones de hormigonado y el tipo de encofrado son muy relevantes en la calidad superficial alcanzada. Las paredes 2 y 14 son muy similares en cuanto al grado de dificultad de hormigonado y condiciones de hormigonado. En ambos casos la clasificación ha mejorado cuando la clase de autocompactabilidad es adecuada.

#### 4. Conclusiones

Se han presentado varias metodologías para clasificar la calidad superficial del hormigón, que recogen esfuerzos individuales de grupos de trabajo en diversos países. Es un tema de gran interés y recientemente la fib y ACHE han creado dos grupos de trabajo en esta temática (Aesthetics in concrete y Hormigón visto). El punto crítico de todas las propuestas es reducir la subjetividad detallando el procedimiento de medida, que solamente se aplicará en caso de desacuerdo entre partes.

En el estudio presentado en esta ponencia, se han establecido criterios de clasificación para determinar categorías de superficies de HAC vinculadas a las necesidades de acabados de una aplicación de edificación residencial industrializada. En las superficies estudiadas las burbujas, descantillado, juntas entre paneles y falta de uniformidad de color son los defectos más relevantes. De los anteriores, el descantillado y juntas de unión entre paneles no deben asociarse a una mala calidad del HAC sino a una construcción poco cuidada y mal tratamiento de juntas.

Se puede resaltar que no es suficiente controlar la calidad del hormigón, tal como muestra la correlación de calidades entre HAC y superficies de acabado, sino que las condiciones de hormigonado y el tipo de encofrado son muy relevantes en la calidad superficial alcanzada. Deberán analizarse con mayor detalle los datos individuales de cada tipo de defecto establecer un umbral por defecto.

#### Referencias

- [1] CARVALHO DE ARRUDA . *Variación del color y textura de hormigones vistos, con adicción de pigmentos inorgánicos, sometidos a distintos estados de exposición ambiental*, Tesis doctoral ETSI de Caminos, UPM, 2000.
- [2] CHINCHON S., GARCIA J., LOPEZ-ATALAYA M., LINARES A., y VERA R., “Cement paste colouring in concretes”, en *Cement and Concrete Research*, 34, 2004, pp. 1987–1991.
- [3] LÓPEZ, A. TOBES, J.M., TORRIJOS, M., BARRAGÁN B., GIACCIO, G. and ZERBINO, R., “Effect of pigments on the rheological properties of mortars for self-compacting concrete”, en *5<sup>th</sup> Int. RILEM Symposium on SCC, Ghent, Belgium, ISBN: 978-2-35158-050-9*, Vol. 1, 2007, pp. 309-314.
- [4] PEREZ J.M., “Estética y propiedades del hormigón de color”, en *Cemento y Hormigón*, 722, 1993 pp. 897.
- [5] LEMAIRE G., ESCADEILLAS G., RINGOT E., “Evaluating concrete surfaces using an image analysis process”, en *Construction and Building Materials*, 19,2005, pp. 604–611.
- [6] PACIOS, A., GONZÁLEZ, D., ESCRIVÁ, J.M., and CLIMENT, V., “Relationship between SCC Specification and Casting Conditions for Architectural SCC and the Effect on Superficial defects”, *The Third North American Conference on the Design and Use of Self-Consolidating Concrete*, November 10-12, Chicago, USA ,2008.
- [7] FIGUEROA, T., PALACIO, R., “Patologías, causas y soluciones del concreto arquitectónico en Medellín”, *Revista EIA*, nº 10, Diciembre 2008, pp. 221-130.
- [8] CIB WORKING COMMISSION W 29. “Tolerances on blemishes of concrete”, *CIB report nº 24, Tolerances on blemishes of concrete*; Report prepared by CIB Working Commission W29 "Concrete Surface Finishings", 1971, Rotterdam 8 p.
- [9] DEUTSCHER BETON – UND BAUTECHNIK – VEREIN E.V. *Sichbeton*, 50 pp, 2008.
- [10] ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON-UND BAUTECHNIK, *Richtlinie. Sichbeton-Geschalte Betonflächen*, November, 2009.