

# Lideratge en el desenvolupament de ecoformigons

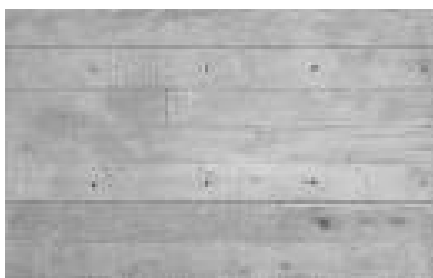
## 1. Resum del projecte

Desde fa anys, es venen desenvolupant múltiples línies d'investigació, iniciatives empresarials, proves de productes, normatives i publicacions científiques, enfocades a millorar les característiques mediambientals del formigó. Son esforços de gran valor d'innovació però generalment inconnexes entre sí.

De cara a canalitzar les energies i crear sinergies entre els diferents focus de desenvolupament, es constata la necessitat d'un ens que les coordini.

El potencial de la Universitat Politècnica de Catalunya i la seva posició en les xarxes d'I+D+i fan que es perfili com una peça clau per fer d'aglomerant de totes aquestes accions en l'àmbit territorial català i espanyol.

En aquest sentit, es proposa el lideratge per part de la UPC en la desenvolupament i la recerca integrada de ecoformigons, entesos com a formigons amb el valor afegit del seu respecte ver el medi ambient i la ecoeficiència en la seva fabricació i gestió.



## 2. Desenvolupament del projecte

El formigó és un complex material compost on coexisteixen productes amorfs, minerals, aigua i molècules orgàniques, a més d'una sèrie de processos industrials, transports, manipulacions i posades a obra.

En aquest marc de múltiples variables de diferent naturalesa, resulta complex afrontar un anàlisi global de millores des del prisma de l'ecologia. Per això es proposa que la UPC actui com a columna vertebral de la xarxa I+D+i, sobre la qual totes les aportacions puguin coordinar-se, debatre's, valorar-se, per tal d'aconseguir millorar l'eficiència i assolir objectius en plaços útils per al mercat.

Per bé que el terme ecoformigó no és totalment nou, a la pràctica industrial son excessivament escasses les experiències reals de la fabricació d'aquest material, limitant-se a la substitució de part dels components del ciment.

Es proposa el desenvolupament de ecoformigons que englobin tots els factors que en possibiliten la optimització mediambiental, entenent que aquest és un objectiu que en definitiva millora la qualitat global del producte.

A partir de la recent entrada en vigor de la nova Instrucció de Hormigón Estructural EHE-08, s'ha encetat un fructífer debat sobre aquest extrem, doncs la norma és pionera en reglar per llei aquests aspectes.

En línies generals, els criteris de valoració de l'impacte mediambiental de les estructures de formigó establertes en aquesta norma son:

- Optimització en el consum de materials
- Extensió de la vida útil de les estructures
- Utilització de ciments amb subproductes industrials
- Utilització de ciments que redueixin les emissions de CO<sub>2</sub> en llur producció
- Utilització d'àrids reciclats
- Utilització d'aigua reciclada
- Utilització d'acers amb garanties de major respecte mediambiental i la seva racionalització
- Implantació de sistemes de certificació mediambiental als processos de fabricació

Des d'aquesta proposta, s'afegeixen a més una sèrie de criteris de valoració:

- Control de l'ús d'energia en els processos
- Lleugeresa
- Durabilitat i impermeabilitat
- Reducció o anulació d'armadures
- Utilització de formigó prefabricat
- Reciclabilitat

En els desenvolupament d'aquests materials, caldrà validar les característiques dels formigons resultants, per tal que, a més dels avantatges mediambientals, es conservin les prestacions mecàniques, constructives, de durabilitat, treballabilitat dels formigons estesos avui dia als mercats.

Un objecte d'aquesta mena de mesures ha de ser incentivar la investigació i assaigos per divulgar i implantar la normalitat dels ecoformigons, amb la suficient seguretat, en la cultura del sector de la construcció, així com en normatives.

## **2.1 Ús de matèries primes de baix impacte ambiental**

Es proposa l'ús de matèries de provinències properes a l'obra on s'han de col·locar, així com la utilització de matèries inerts, és a dir: que no siguin contaminants ni tòxics.

També la racionalització en l'ús de combustibles en l'extracció de les matèries primes.

## **2.2 Ecoeficiència en la producció i composició del ciment**

Actualment, la producció de ciment genera el 70% de la despesa energètica en el total del formigó. Per a produir 1 kg de clínquer es consumeix entre 3,2 i 6 MJ d'energia i s'emeten entre 810 i 890 grams de CO<sub>2</sub>.

L'ús de clínquer a Espanya l'any 2006 va ser de 54.000 milions de tones i de 50.000 l'any 2007.

És clau, doncs, incidir en la producció d'aquest component per optimitzar la ecoeficiència global del formigó. Es proposa millorar els següents aspectes. Generalització de la gestió mediambiental en plantes de producció segons UNE-EN-ISO-14001.

Ús de fonts d'energia alternatives i renovables.



Utilització preferent de via seca en la cocció de calisses i argil·les per la producció de clínquer, el qual suposa una reducció del 50% en el consum d'energia respecte emprar la via humida, així com la preferència dels forns horitzontals rotatoris.

Substitució parcial o total del clínquer per adicions minerals actives com ara cal-putzolana com aglomerant.

Utilització de cendres provinents de la combustió de clofolles d'arròs, de palla de canya o de diferents tipus de biomassa.

### **2.3 Ús d'àrids reciclats**

Els residus de formigó a Espanya en l'any 2006 son de 25,8 milions de tones i de 23,9 milions de tones l'any 2007.

La nova norma EHE-08 regula de manera orientativa la utilització d'àrids reciclats provinents de mòlta de formigó d'enderrocs per aplicacions amb finalitats resistents.

Per bé que la seva dosificació es limita, és provat el seu bon funcionament sense merma de totes les seves propietats. S'afavoreix així tant la reducció d'extraccions d'àrids de cantera, el seu transport i gestió, com el reaprofitament d'una part de residus en enderrocs, allargant el cicle de vida en servei d'aquests materials.

### **2.4 Ús d'aigües reciclades**

Actualment el seu ús ja és habitual tant en la fabricació del formigó com en els sistemes de neteja de camions i centrals.

Convé posar èmfasi en el control dels vertits d'aigües contaminants a les xarxes hídriques.

### **2.5 Lleugeresa**

Els pes del formigó en l'actualitat és de l'ordre del 65% del pes total de materials i sobrecàrregues en edificacions i de l'orde del 80% en el cas d'obra civil.

La reducció de pes dels materials té una incidència directa i proporcional en la millora del seu impacte mediambiental, a banda de la reducció de pes originada en la optimització del disseny dels sistemes estructurals, es proposa reduir el pes específic del formigó amb àrids lleugers, el qual de retruc li confereix un millor comportament com a aïllant tèrmic i acústic.

## **2.6 Impermeables**

La utilització d'additius superplastificants genera formigons de molta compacitat, amb el conseqüent augment de la impermeabilitat, la qual n'augmenta la durabilitat i per tant redueix les necessitats d'actuacions i enderrocs prematurs.

## **2.7 Durables**

L'objectiu ha de ser tendir a augmentar el període de servei sense la necessitat d'actuacions de manteniment, o en tot cas minimitzar-les.

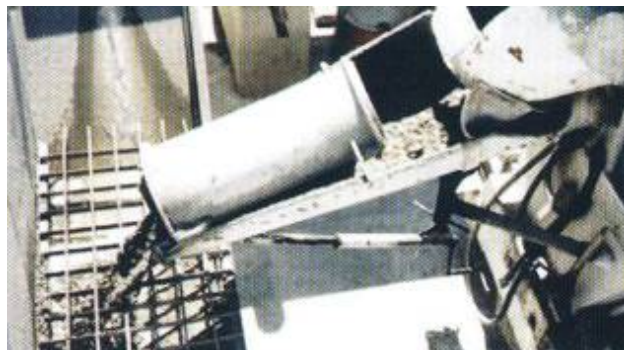
## **2.8 Reducció o anulació d'armadures**

Per bé que en còmput global de l'impacte ambiental ecològic l'acer té una contribució significativament menor que els components petris, al tractar-se d'un recurs limitat i amb un alt grau d'industrialització, és positiu plantejar-ne l'ús moderat.

Es valora també l'ús de fibres com a substitució parcial d'armadures, reduint, a més de l'acer, l'impacte de processos del muntatge a obra.

## **2.9 Utilització de formigó prefabricat**

Pels pròpis sistemes de fabricació més industrialitzats, el formigó prefabricat té un menor impacte ambiental. En aquest sentit, les empreses que el produeixen favoreixen la gestió mediambiental, autoimposant-se sistemes de certificació de la qualitat des d'aquest punt de vista.



## 2.10 Controls industrials de materials

Segons els plantejaments de la nova EHE-08, en comptes de controlar el material recepcionat a l'obra, es potencia implementar sistemes de control de producte (autocontrol, producció certificada, obtenció de documents de certificació de qualitat oficialment reconeguts), eliminant els mètodes de control habituals i les probetes (amb gran incidència contaminant).

Es proposa alhora la substitució en el control a obra que sigui necessari de les probetes cilíndriques per probetes cúbiques, menys contaminants.

## 2.11 Reciclables

Per a la producció d'àrids reciclats, a través de la gestió de residus en enderrocs d'estructures. A més, els formigons de devolució de sobrants a les obres a central, convenientment tractats, poden ser reciclats al reincorporar-se a la massa de nous formigons, evitant alhora l'abocament de residus a xarxes hídriques produïts en la eliminació dels sobrants dels camions retornats a planta.

Finalment, un recurs de reciclatge en cassos de productes de baixa qualitat és la formació de subbases i elements de reomplert sense funció estructural.

## 2.12 Dossificació de referència per metre cúbic

Aigua	170 litres
Sorra	350 kg
Àrid gruixut	200 kg
Àrid fi	400 kg
Argil.la expandida	150 kg
Ciment clínker cal-putzolana	300 kg
Additius minerals	50 kg



### 3. Impacte ambiental

-Reduïció de les emissions de CO<sub>2</sub> en la utilització de formigó en edificació, obra civil i obra auxiliar.

-Reduïció dels residus de construcció.

-Reduïció del consum energètic en la producció del formigó.

-Reduïció de l'ús de recursos naturals no renovables.

-Perfil ecològic comparatiu entre l'impacte ambiental del formigó armat comú i el ecoformigó

Per la producció d'1 kg de formigó		
Recurs	Formigó comú	Bioformigó
Energia fòssil	0,93 MJ	0,14 MJ
Energies renovables	---	0,32 MJ
Electricitat	0,20 MJ	0,20 MJ
Emissions CO <sub>2</sub>	166 gCO <sub>2</sub>	55 gCO <sub>2</sub>
Ús de matèries recursos no renovables	1,10 kg	0,69 kg
Ús de matèries recursos renovables/reciclat	---	0,20 kg
Ús d'aigua	0,08 litres	0,08 litres

Nota: Per a formigó comú s'ha considerat una dosificació habitual en edificació a Catalunya, tipus HA-25-B-20-IIa  
Per a ecoformigó s'ha considerat un material equivalent amb la dosificació orientativa expressada a 2.12

## **4. Beneficis socials**

-Implantació i culturització en l'àmbit universitari i de la construcció de nous materials, sistemes de reciclatge, reutilització, optimització del disseny d'edificis, que posin de relleu la seva contribució a la sostenibilitat.

-Incentivació per al desenvolupament tant en l'àmbit universitari com en d'altres de materials, sistemes i processos de construcció que millorin l'eficiència mediambiental.

-Possibilitat de traslladar experiències i conclusions a d'altres organismes, i de generar informació que serveixi de referència a tercers amb motivacions similars.

-Millora la projecció de la preocupació mediambiental de la UPC.

-Reducció de riscos laborals relacionats amb la producció residus a les obres.



## **5. Estudi econòmic i viabilitat per a l'aplicació del projecte**

Es tracta d'un projecte de coordinació de sinergies d'investigació i posada a la pràctica en diferents àmbits.

Per tant, es considera que per tal de valorar-ne la viabilitat econòmica, cal definir-ne objectius i fases, i per assolir aquest punt, és necessari fer una declaració d'intencions institucional per emmarcar els actors que es consideren en el projecte.



## **6. Referències**

### **6.1 Anàlisi de rendiments de materials de construcció**

- ITEC, bases de dades sobre impacte mediambiental de materials i compostos per a la construcció.
- IECA, estadístiques de producció de ciment a Espanya.
- CEDEX, estadístiques de producció de ciment i formigó a Espanya.
- Universitat Politècnica de Catalunya, avaluació de la capacitat resistent de formigons amb àrids reciclats
- Universidade da Coruña, avaluació de la capacitat resistent de formigons amb àrids reciclats
- Instituto Eduardo Torroja de la Construcción, avaluació de la capacitat resistent de formigons amb àrids reciclats
- SimaPro, software de valoració de rendiments ecològics i de recursos en processos industrials o productius i de serveis.
- MIVES, Modelo Integrado de Valor de Edificios Sostenibles, Comisión Permanente del Hormigón.
- Software d'anàlisi del cicle de vida.
- CSIC, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, anàlisi de plantes cementeres amb utilització de residus com a font d'energia.

### **6.2 Projectes**

- Pasarela Fórum 2004, Barcelona, Enric Vázquez (UPC), estudi i posada en pràctica de la utilització de formigons reciclats resistents.
- EFQM, model europeu de qualitat total, desde 1999.
- Green Building Challenge, fase en vigor desde 2005.

### **6.3 Bibliografia i normes**

- Antoni Blázquez, "Sostenibilitat", curs d'aplicació de la instrucció EHE-08.
- T. Häkkinen, "Proceso de fabricación del hormigón", 1998.
- Patricio Palomar Llovet, "La historia de la industria del cemento", Barcelona, 2003.
- Publicacions comissió ACHE d'àrids reciclats, 2003-2008.
- Diversos números de la revista "Cemento hormigón", IECA.
- EHE-08, Instrucción del hormigón estructural.
- RC-08, Recepción de cementos.