

DOCUMENT DE TREBALL

INSTITUT D'ESTUDIS CATALANS

REPORTS DE LA RECERCA A CATALUNYA

2003-2009

Enginyeria civil i de la construcció

Report elaborat per Pere Roca

DOCUMENT DE TREBALL

Si teniu cap comentari, podeu adreçar-vos a or@iec.cat

Barcelona, novembre 2012

Report de la recerca en Enginyeria civil i de la construcció

Sumari

Resum	IV
Abreviacions	VI
Prefaci	XI
1 Introducció	1
1.1 Motivació i objectius	1
1.2 Metodologia de treball	2
1.3 Situació del sector en el període analitzat.....	3
2 Entitats i grups de recerca	6
2.1 Entitats de recerca	7
2.2 Descripció de les subàrees i dels grups de recerca	10
2.2.1 Gestió de l'aigua.....	10
2.2.2 Enginyeria Marítima i Costanera.....	11
2.2.3 Construccions arquitectòniques.....	12
2.2.4 Enginyeria de la Construcció.....	14
2.2.5 Enginyeria del Terreny	15
2.2.6 Medi ambient.....	16
2.2.7 Mètodes computacionals en enginyeria.....	16
2.2.8 Transport i territori	18
3 Recursos humans.....	18
3.1 Personal acadèmic i investigador.....	18
3.2 Personal administratiu i de serveis.....	22
3.3 Beques i ajuts predoctorals per a investigadors en formació.....	22

DOCUMENT DE TREBALL

4	Recursos econòmics	24
4.1	Possibilitats de finançament de l'Estat Espanyol	24
4.2	Possibilitats de finançament d'Europa.....	26
4.3	Possibilitats de finançament de Catalunya.....	27
4.4	Finançament obtingut	29
5	Resultats	30
5.1	Patents.....	30
5.2	Publicacions	31
5.3	Tesis doctorals	32
5.4	Punts de recerca	34
5.5	Nova anàlisi bibliomètrica	35
5.5.1	Selecció de revistes científiques	35
5.5.2	Metodologia.....	36
5.5.3	Resultats i discussió.....	38
5.6	Estudi comparatiu realitzat per la Biblioteca Rector Gabriel Ferraté	40
6	Conclusions	42
6.1	Importància i comportament del sector de la construcció	42
6.2	Recursos humans	43
6.3	Finançament de la R+D	44
6.4	Resultats científics	45
6.5	Consideracions finals	47
	Bibliografia	49
	Llista de taules	51
	Llista de figures	53
	Taules i figures	55

Resum

El present document ofereix una anàlisi de les activitats de recerca científica i de transferència de tecnologia en l'àrea de l'enginyeria civil i l'enginyeria de la Construcció durant el període comprés entre els anys 2003 i 2009. L'anàlisi considera els recursos humans i econòmics dedicats, el suport obtingut de les instàncies catalanes, espanyoles i europees i els resultats de producció científica i de transferència de tecnologia. Els resultats més importants són analitzats a través d'indicadors quantitatius de caire objectiu. Es manté en gran mesura l'estructura i la metodologia desplegada en l'elaboració dels reports dels períodes anteriors per tal de facilitar una comparació i una anàlisi de l'evolució al llarg dels darrers anys.

El període en estudi es va caracteritzar pel manteniment d'una fase d'important d'expansió econòmica. A Catalunya, el sector de la construcció va assolir un gran dimensió, tot contribuint amb un valor mig anual de producció al voltant d'un 9% del PIB i ocupant a més d'un 5% de la població activa. Catalunya, amb gairebé 200.000 treballadors ocupats, ha estat el segon territori europeu amb una major proporció de població activa dedicada al sector de la construcció. A partir de l'any 2008, i amb l'arribada de la crisi financera mundial i la crisi immobiliària de l'Estat Espanyol, l'economia catalana entra en un període recessiu amb una important contracció de la demanda i una creixent destrucció d'ocupació.

Malgrat la importància econòmica del sector de la construcció, pot afirmar-se que la seva inversió en recerca ha estat molt reduïda. A l'Estat Espanyol, la inversió de les empreses relacionades amb la construcció en innovació ha representat solament el 3,2% del total aportat pels sectors econòmics, mentre que la inversió en R+D ha estat solament el 2,4% del total. En comparació amb el sector de la construcció, la indústria inverteix en innovació i R+D 10 vegades més, i els serveis ho fan unes 15 vegades més. A més, aquestes diferències s'han magnificat sensiblement respecte del l'any 2000.

Malgrat la limitada aportació del sector de la construcció a la R+D, la principal font de recursos per a la recerca han estat els contractes i els convenis amb empreses, la contribució dels quals ha superat els fons públics obtinguts a través de convocatòries competitives per al finançament de projectes estatals com europeus. De fet, una dificultat afegida per a la consecució de fons per a la recerca és l'absència de línies prioritàries o específicament relacionades amb la construcció dins dels programes o plans de finançament públic nacionals o internacionals. Habitualment, la recerca en construcció ha hagut de trobar oportunitats en àmbits de caire generalista relacionats amb els materials, la producció industrial o la sostenibilitat. Tanmateix, i com a novetat, durant el període de 2003 a 2009 el Govern Espanyol ha aprovat dos Plans Nacionals d'Investigació Científica, Desenvolupament i Innovació tecnològica (el 5é i el 6é respectivament) amb una programa específic sobre construcció dotat d'un finançament significatiu, del qual Catalunya ha obtingut una quantitat equivalent a un 15% del total.

En aquest context, i malgrat les limitacions esmentades, el col·lectiu d'investigadors de les universitats i dels centres de recerca relacionats amb l'enginyeria civil i l'enginyeria de la construcció s'ha mostrat força actiu i ha donat lloc una producció científica i tècnica ben remarcable tant en quantitat com en qualitat. Durant el període estudiat, l'àrea s'ha caracteritzat per la consolidació i la millora del nivell d'excel·lència científica ja observat en els reports anteriors.

D'acord amb l'estudi realitzat, Barcelona aporta un 19,3‰ de la producció científica en l'àrea i, dins d'Europa, ocupa un tercer lloc després de Delft i Londres. A més, i entre les ciutats europees capdavanteres en producció científica, Barcelona ha estat la que més ha augmentat la seva contribució al coneixement durant el període considerat. D'altra banda, i gràcies l'important progrés experimentat durant els darrers anys, la Universitat Politècnica de Catalunya ha esdevingut, a nivell europeu, un dels principals centres de recerca dins de l'àrea de l'enginyeria civil i de la construcció, fins al punt de consolidar una segona posició, en termes de producció científica de qualitat, entre les universitats tecnològiques del continent.

Abreviacions

- € euro
- AIEM Grup de recerca sobre Arquitectura, Energia i medi Ambient
- AG professor agregat/da
- AGAUR Agència de Gestió d'Ajuts Universitaris i de Recerca
- AMADE centre sobre *Anàlisi i Materials Avançats per al Disseny Estructural*
- ASCAMM Centre Tecnològic Associació Catalana d'Empreses Constructores de Motlles i Matrius
- ASS professor associat/da
- BRGF Biblioteca Rector Gabriel Ferraté
- CA1 Departament de Construccions Arquitectòniques I (UPC)
- CA2 Departament de Construccions Arquitectòniques II (UPC)
- CC Catedràtic contractat
- CEINTEC Centre d'Innovació de Tecnologia d'Estructures i Construcció
- CENAE Clasificación Nacional de Actividades Económicas
- CENIT Centre d'Innovació del Transport
- CETaqua Centre Tecnològic de l'Aigua
- CEU catedràtic/a d'escola universitària
- CER Centre Específic de Recerca
- CERCA Sistema de Centres de Recerca de Catalunya
- CICYT Comissió Interministerial de la Ciència i la Tecnologia
- CIIRC Centre Internacional d'Investigació en Recursos Costaners
- CIMNE Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria
- CIRIT Comissió Interdepartamental de Recerca i Innovació Tecnològica
- CO professor col·laborador
- CPSV Centre de Política del Sòl i Valoracions

DOCUMENT DE TREBALL

- CRAHI Grup de Recerca Aplicada en Hidrometeorologia
- CRNE Centre de Recerca en Nanonenginyeria
- CSIC Consell Superior d'Investigacions Científiques
- CTT Centre de Transferència de Tecnologia
- CU catedràtic/a d'universitat
- Delft Universitat de Tecnologia de Delft
- DITEC grup de recerca sobre Diagnosi i Tècniques d'Intervenció en al Restauració i Rehabilitació d'Edificis
- DGICYT Direcció General d'Investigació de la Ciència i la Tecnologia
- DURSI Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació
- EC departament d'Enginyeria de la Construcció (UPC)
- ECEC enginyeria civil i enginyeria de la construcció
- EDP equivalent a dedicació plena
- EGEO Grup de recerca en Enginyeria Geomàtica
- EHMA departament d'Enginyeria Hidràulica, Marítima i Ambiental (UPC)
- EMCI departament de d'Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial (UdG)
- ENPC Escola Nacional de Ponts i Camins de París
- EPFL Escola Politècnica Federal de Lausanne
- ESI Essential science indicators
- ETCG departament d'Enginyeria del Terreny, Cartogràfica i Geofísica (UPC)
- ETH Institut Federal Suís de Tecnologia
- ETSECCPB Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona
- FCIHS Fundació Centre Internacional d'Hidrologia Subterrània
- FI factor d'impacte
- FI formació d'investigadors
- FPI formació de personal investigador
- FPU formació de personal universitari
- FLUMEN Grup de Recerca en Dinàmica Fluvial i Enginyeria Hidrològica
- GIACA Grup de recerca de l'Àrea de Construccions Arquitectòniques de l'UIC

DOCUMENT DE TREBALL

- GICITED Grup de recerca interdisciplinari sobre Ciència i Tecnologia a l'Edificació
- GIES Grup de recerca en Geofísica i Enginyeria Sísmica
- GITS Grup de recerca sobre Modelització de Conques i Transport de Sediments
- GHS Grup en Hidrologia Subterrània
- GPS Sistema de posicionament global
- GRAHI Grup de Recerca Aplicada en Hidrometeorologia
- GRIC Grup de Recerca i Innovació en Construcció
- GRE grup de recerca emergent
- GRC grup de recerca consolidat
- GRS grup de recerca singular
- IC Imperial College
- ICC Institut Cartogràfic de Catalunya
- ICREA Institució Catalana per a la Recerca i Estudis Avançats
- IEC Institut d'Estudis Catalans
- IG Institut de Geomàtica
- IIC Institut Ildefons Cerdà
- IMAT Centre Tecnològic de la Construcció
- INE Institut Nacional d'Estadística
- IREC Institut de Recerca en Energia de Catalunya
- ISI Institute for Scientific Information
- ITEC Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya
- ITT departament d'Infraestructura del Transport i del Territori (UPC)
- JCR *Journal Citation Report*
- KTH Reial Institut de Tecnologia de Suècia
- LACÀN Centre Específic de Recerca de Mètodes Numèrics en Ciències Aplicades i Enginyeria
- LAMOT Laboratori d'Anàlisi i Modelització del Transport
- LE professor lector
- LGAI Laboratori General d'Assaigs i Investigacions
- LIM Laboratori d'Enginyeria Marítima

DOCUMENT DE TREBALL

- LITA Grup de recerca d'Arquitectura u Tecnologia
- LITEM Laboratori per a la innovació Tecnològica d'Estructures i Materials
- LOE Llei d'Ordenació de l'Edificació
- M€ milió d'euros
- MAIII departament de Matemàtica Aplicada III
- MATCAR Grup de recerca sobre Materials de Construcció i Carreteres
- MCT Ministeri de Ciència i Tecnologia
- MEC Ministeri d'Educació i Ciència
- Milà Universitat Politècnica de Milà
- MSR Grup de Recerca sobre Mecànica de Sòls i de les Roques
- MTA Grup de Recerca sobre Modelització i Tecnologia Ambiental
- PAC personal acadèmic
- PAR punt d'activitat de recerca
- PAS personal administratiu i de serveis
- PATT punt d'activitat de transferència de tecnologia
- PIB producte interior brut
- PIME petita i mitjana empresa
- PM programa marc
- PTEU professor/a titular d'escola universitària
- PTU professor/a titular d'universitat
- R+D recerca i desenvolupament
- R+D+i recerca, desenvolupament i innovació
- REMEE departament de Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria (UPC)
- SCI *Science Citation Index*
- SEOPAN Servei d'Empreses d'Obres Públiques d'Àmbit Nacional
- SIG sistema d'informació geogràfica
- TAMU Texas A&M University
- TC temps complet
- TIC tecnologies de la informació i les comunicacions
- TP temps parcial

DOCUMENT DE TREBALL

- TUB Universitat Tècnica de Berlín
- TUDAR Universitat Politècnica de Darmstadt
- TUDEN Universitat Politècnica de Dinamarca
- UAB Universitat Autònoma de Barcelona
- UB Universitat de Barcelona
- UC Universitat de Califòrnia
- UdG Universitat de Girona
- UdL Universitat de Lleida
- UE Unió Europea
- UFK Universitat de Karlsruhe
- UFRJ Universitat Federal de Rio de Janeiro
- UIC Universitat Internacional de Catalunya
- UIUC Universitat d'Illinois a Urbana-Champaign
- UNAN Universitat Nacional Autònoma de Mèxic
- UPC Universitat Politècnica de Catalunya
- UPF Universitat Pompeu Fabra
- UPM Universitat Politècnica de Madrid
- UPV Universitat Politècnica de València
- URL Universitat Ramon Llull
- URV Universitat Rovira i Virgili
- USP Universitat de Sao Paulo
- UTL Universitat Tècnica de Lisboa
- V professor visitant
- VAB Valor afegit brut

Prefaci

Durant la darrera dècada, el sector de la construcció ha estat un dels sectors amb més pes dins de l'economia dels països europeus i ha influït de forma molt determinant en els cicles de creixement i recessió viscuts durant aquest període a l'Estat Espanyol i a Catalunya. Durant el període de 2003 a 2009, el sector de la construcció va mantenir un valor mig anual de producció d'un 17% sobre el PIB i va ocupar a un 10,4% de la població activa de l'Estat Espanyol. El període en estudi es va caracteritzar, fins a l'any 2007, per una fase d'expansió econòmica sostinguda un amb creixement mig d'un 3,5% anual. A partir de l'any 2008, i amb l'arribada de la crisi financera mundial, s'inicia un període severament recessiu amb una important contracció de la demanda i el consum i una creixent destrucció d'ocupació.

Malgrat la importància econòmica, l'aportació del sector en recerca i innovació tecnològica ha estat tradicionalment molt reduïda per comparació amb altres sectors de l'activitat econòmica. A nivell de l'Estat Espanyol, les empreses relacionades amb la construcció van invertir en innovació, durant el període de 2003 a 2009, solament el 3,2% del total aportat a la innovació per les empreses del conjunt de sectors econòmics. La inversió en R+D va estar encara inferior i va representat solament un 2,4% de la inversió realitzada pel conjunt dels sectors econòmics.

L'escassa inversió en recerca que realitza el sector contrasta amb la vitalitat i l'elevada productivitat dels centres de recerca i de les universitats de Catalunya. La capacitat investigadora d'aquest centres i universitats és palesa tant en l'obtenció dels recursos com en la seva transformació en resultats científics d'alt nivell. Els resultats obtinguts pels investigadors de l'àrea de l'enginyeria civil i d'enginyeria de la construcció posen de manifest l'assoliment d'un elevat nivell d'excel·lència investigadora, la qual es visible, en particular, en el nombre de publicacions en revistes de reconegut prestigi internacional.

DOCUMENT DE TREBALL

El present document desenvolupa aquestes qüestions alhora que dóna continuïtat als dos documents anteriors realitzats per encàrrec de l'Institut d'Estudis Catalans (IEC) sota la coordinació d'Antonio Aguado i de Joan Ramon Cases respectivament. La comparació entre els diversos reports permet observar la variació experimentada per part des principals indicadors relacionats amb l'activitat de recerca des de l'any 1992 (l'inici del període corresponent al primer report) fins a l'any 2009 (darrer any analitzat pel present report).

Per a la realització d'aquest report s'ha comptat amb la col·laboració i l'assessoria de diverses persones, a les quals desitgem expressar el nostre agraïment. Entre elles, Antonio Aguado i Joan Ramon Casas, a qui agraïm l'ajuda i els suggeriments realitzats, i Llorenç Arguimbau, de l'Observatori de la Recerca de l'IEC, que ha col·laborat amb valuosa informació i suport al llarg de tot el procés de redacció. Agraïm també la col·laboració del Gabinet de Planificació, Avaluació i Qualitat de la UPC, que ha facilitat les dades estadístiques relatives a aquesta universitat. Agraïm finalment la informació aportada per Miquel Codina, de la Biblioteca Rector Gabriel Ferraté de la UPC, en relació als estudis comparatius sobre publicació científica realitzats per aquesta entitat.

1 Introducció

1.1 Motivació i objectius

En 1995 el Consell Permanent de l'Institut acordà endegar el projecte d'elaboració d'un estudi sobre l'estat de la recerca a Catalunya en relació a la comunitat científica internacional, el qual havia d'incorporar una sèrie d'informes periòdics sobre les diferents àrees de l'activitat científica. El projecte, denominat *Reports de la Recerca a Catalunya* i iniciat el desembre de 1995, preveu que cada informe proporcioni informació i reflexions sobre els objectius generals de la recerca, l'evolució i les tendències, la situació actual i una anàlisi prospectiva, juntament amb dades globals de finançament i de productivitat del sistema de recerca català.

El projecte inclou, en particular, la realització d'un report específic per a l'àrea de l'enginyeria de civil i l'enginyeria de la construcció, l'objectiu del qual és presentar la situació d'aquests àmbits i les seves característiques tant des del punt de vista científic com des del punt de vista de la transferència de tecnologia al món empresarial. S'incideixen en les persones, els recursos disponibles i els resultats obtinguts en el context d'aquestes activitats.

El primer report de la recerca en l'àrea de l'enginyeria civil i l'enginyeria de la construcció va cobrir el període comprès entre els anys 1992 i 1998 i va ser elaborat per un equip d'experts liderats per professor Antonio Aguado. A principis de l'any 2003, el Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació (DURSI) de la Generalitat de Catalunya va comunicar a l'IEC el seu interès per a la continuació del projecte iniciat l'any 1996. En conseqüència, es va procedir a realitzar una actualització dels reports relatius a les diferents àrees. El segon report sobre l'àrea de l'enginyeria civil i de la construcció va cobrir el període comprès entre els anys 1996 i 2002 i va ser realitzat per Joan Ramon Cases –nomenat director del treball- en col·laboració amb un grup d'experts.

Un cop transcorregut un cert període de temps, l'IEC ha decidit de dur a terme una tercera edició dels reports de recerca incloent de nou, en particular, un *Report de la recerca a Catalunya: Enginyeria civil i de la construcció (2003-2009)*. La realització

d'aquest nou report ha estat encomanada a Pere Roca per invitació del president de la Secció de Ciències i Tecnologia de l'IEC.

L'objecte del document és, doncs, analitzar l'estat actual de les activitats de recerca científica i de transferència de tecnologia en l'àrea de l'enginyeria civil i l'enginyeria de la construcció tot considerant els recursos humans i econòmics dedicats, el suport obtingut de les instàncies catalanes, espanyoles i europees i avaluant els resultats obtinguts en termes de producció científica i de transferència de tecnologia. Els resultats més importants són analitzats a través d'indicadors quantitius de caire objectiu. Es manté en gran mesura l'estructura i la metodologia desplegada en l'elaboració dels reports anteriors per tal de facilitar una comparació i una anàlisi de l'evolució de l'estat de la recerca al llarg dels períodes reportats.

Tot mantenint el criteri dels reports anteriors, el present document s'ha limitat principalment als aspectes relacionats amb la recerca i el desenvolupament (R+D), deixant de banda allò relatiu a la innovació. Tal i com s'esmentava a l'anterior report, la innovació no implica una correspondència directa amb l'R+D, ja que el seu abast és més ampli i els seus objectius són uns altres. En particular, la innovació pot recolzar-se en el sistema de ciència i tecnologia d'un altre país. Tanmateix, el l'apartat 1.3 es realitzaran certes consideracions sobre la importància de la innovació en el sector de la construcció.

1.2 Metodologia de treball

L'estudi es basa en l'anàlisi d'una gamma ampla de dades estadístiques i d'indicadors objectius facilitats per l'Observatori de la Recerca de l'IEC i per altres entitats. Especialment importants, pel seu alt nivell d'elaboració i la seva accessibilitat, han estat les dades estadístiques elaborades i facilitades per la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC). S'han considerat, en particular, els *informes anuals sobre dades estadístiques i de gestió* elaborats pel Gabinet de Planificació, Avaluació i Qualitat de la UPC i els *Informes anuals sobre els indicadors d'activitats de recerca (PAD) i de transferència de resultats de la recerca (PATT)* elaborats a instàncies del vicerectorat de Política Científica d'aquesta universitat. Per a la realització de l'estudi bibliomètric ha estat fonamental l'aportació de l'Observatori de la Recerca. S'ha considerat també un estudi independent realitzat a petició de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyers de

Camins, Canals i Ports de Barcelona (ETSECCPB) per la Biblioteca Rector Gabriel Ferraté (BRGF) de la UPC.

Com ja s'ha esmentat, s'han tingut molt presents el contingut i els criteris emprats en l'elaboració dels reports anteriors, relatius als períodes 1992-1998 i 1996 i 2002, per tal de permetre una comparació i un seguiment de l'evolució experimentada per la recerca a través d'aquests períodes. En particular, l'estudi bibliomètric reproduceix una metodologia aproximativa introduïda en el primer report i continuada en el segon que permet realitzar una estimació quantitativa de l'aportació catalana al coneixement, a nivell internacional, en forma de resultats publicats en revistes de prestigi.

1.3 Situació del sector de la construcció durant el període analitzat

El període en estudi s'ha caracteritzat, fins l'any 2007, pel manteniment d'una fase d'expansió econòmica sostinguda amb creixement mig d'un 3,5% anual des de l'any 1995 (Galindo, 2011). A partir de l'any 2008, i amb l'arribada de la crisi financera mundial i l'esclat de l'anomenada bombolla immobiliària, l'economia catalana entra en un període recessiu amb una important contracció de la demanda i el consum i una creixent destrucció d'ocupació. Durant aquest període, a l'Estat Espanyol, el sector de la construcció ha influït molt fortament en l'evolució de l'economia i ha contribuït mot directament a amplificar les fases expansiva i recessives esmentades. La importància del sector de la construcció durant el període queda palesa a la taula 1 on s'indica l'evolució de diferents paràmetres relacionats amb la construcció entre els anys 2002 i 2010. Durant aquest període, el valor mig anual de la producció del sector de la construcció sobre el PIB espanyol ha estat d'un 17% i la població ocupada pel sector respecte del total de població activa ha estat del 10,4%. La taula permet observar un creixement mantingut de la participació de la construcció en el PIB i de la població ocupada pel sector fins a l'any 2007 i un descens gradual a partir de l'any 2008.

Durant aquest període, i degut al fort pes de les activitats immobiliàries i de la construcció, diversos territoris estatals es van posicionar, a nivell europeu, entre els principals clústers industrials lligada a la construcció. De fet, el clúster català, que aplega una varietat d'indústries relacionades amb la fabricació de materials de

construcció, activitats immobiliàries, projectes de gestió de l'aigua i obres d'edificació i enginyeria civil, va esdevenir un dels més grans a nivell europeu (Galindo 2011).

Catalunya, amb una quarta part del PIB industrial de l'Estat Espanyol (un 26,5%), representa una proporció considerable del teixit productiu estatal, alhora que concentra un 23% de la població ocupada, en dades de l'any 2009. A Catalunya, i durant el període en estudi, el sector de la construcció ha estat el més rellevant pel que fa al nombre d'ocupats, amb un total de més de 192.000 treballadors (dada de l'any 2008), la qual cosa representa un 5,5% de la població ocupada. El segon sector més important en nombre d'ocupats a Catalunya ha estat el de la indústria alimentària, que ha ocupat a unes 96.800 persones (un 2,8% de l'ocupació total). Catalunya ha estat el segon territori europeu amb major proporció de treballadors ocupats en el sector després d'Andalusia (amb 266.500 ocupats).

El pes relatiu del sector a Catalunya és menor que a la resta de l'Estat degut a un nivell major de desenvolupament industrial i de diversificació productiva. De fet, s'observa que el pes relatiu del sector de la construcció en l'economia, durant els darrers anys, ha mantingut una certa relació inversa amb el nivell de desenvolupament i diversificació econòmica dels territoris estatals. Els territoris on la construcció més ha pesat sobre l'economia, en dades de SEOPAN de l'any 2006, han estat Extremadura (amb una relació de producció respecte del PIB, en relació a l'estatal, del 137%), Castilla-La Mancha (124%) i Andalusia (121%). Els territoris amb menor pes relatiu de la construcció han estat el País Basc (83%), Catalunya (85%) i Madrid (90%).

Pot afirmar-se que la inversió del sector de la construcció en recerca i innovació tecnològica ha estat molt limitada en relació a la seva importància econòmica. A nivell estatal, les empreses relacionades amb la construcció (identificades amb els codis CNAE 41,42 i 43 a la Clasificación Nacional de Actividades Económicas (CNAE) han invertit en innovació en mitjana, i durant el període de 2003 a 2009, solament el 3,2% del total aportat a la innovació per les empreses del conjunt de sectors econòmics. Aquest percentatge de participació del sector en la innovació contrasta fortament amb el percentatge de producció sobre el PIB que, com ja s'ha esmentat, ha estat d'un 17%. Com pot observar-se a la taula 2, els fons dedicats a la innovació han variat gradualment en funció de la fase econòmica tot experimentant un cert augment fins a l'any 2008 i

una forta reducció a partir de l'any 2009. La inversió en R+D (taula 3) ha estat encara inferior i ha representat solament un 2,4% de la inversió realitzada pel conjunt dels sectors econòmics.

L'anàlisi de la despeses realitzades en innovació i en R+D en relació a la xifra de negoci és especialment eloqüent. La taula 4 compara aquesta relació per als sectors relatius a la Indústria, els Serveis i la Construcció durant l'any 2000 i l'any 2009. En el sector dels serveis, tant la innovació com la R+D han experimentat augments molt substancials entre aquests dos anys. Per la seva banda, i en relació a la xifra de negocis, la indústria ha reduït moderadament la inversió en innovació, però ha augmentat sensiblement la despesa en R+D. El sector de la construcció ha mantingut les despeses en innovació i en R+D en proporcions molt reduïdes, i molt inferiors als altres dos sectors analitzats. La relació de les despeses totals en innovació i R+D en la indústria respecte a la mateixa quantitat en la construcció és d'aproximadament 10. La mateixa proporció és d'aproximadament 15 en el cas dels serveis. Aquestes diferències s'han magnificat sensiblement respecte del l'any 2000. En el Report del període 1996-2002 es feia esment d'un cert desequilibri en la distribució d'inversió entre innovació i R+D per part del sector de la construcció, doncs l'any 2000 la relació entre ambdues despeses era de 10 mentre que per al sectors de la indústria i dels serveis es trobava en l'entorn de 3. El report del període 1996-2002 atribuïa aquesta diferència al fet que la construcció és un sector on s'aposta força més per la compra de béns i processos que per la recerca i generació de noves tecnologies. A les estadístiques de l'any 2009, aquesta diferència queda molt atenuada, amb una proporció entre despeses d'innovació i de R+D de 2; aquesta variació, però, es deu en gran mesura a una forta reducció de la despesa en innovació.

Segons Maluquer de Motes (2009), la participació catalana a l'R+D de les empreses dins del conjunt de l'Estat ha estat especialment remarcable al sector industrial, en el qual va assolir un 32,8% de participació, així com en els serveis, on el tant per cent de l'R+D catalana sobre l'espanyola va ser del 23,8% (en dades de l'any 2004). La construcció, per contra, únicament va assolir el 10,4% de total de la despesa en R+D del sector a nivell estatal. La despesa empresarial en R+D del mateix any es va orientar en prop d'un

66 % del total a la indústria, una mica més del 33 % als serveis i l'1 % restant distribuït entre el sector agrari i la construcció en fraccions semblants.

Les causes que expliquen el reduït pes relatiu de la innovació i especialment de l'R+D, ja esmentades en els anteriors reports, tenen a veure principalment amb l'estructura empresarial del sector. Entre d'altres, és possible esmentar l'alt grau d'atomització del sector, el qual compren un nombre molt elevat d'empreses, de les quals un elevat percentatge són petites empreses; la forta dependència del sector amb els cicles econòmics i, particularment el fortíssim impacte de la crisi financera a partir de l'any 2008; el fet que molts projectes de l'enginyeria civil són autèntics prototipus, cosa que dificulta o impedeix una producció sistemàtica o seriada; un nivell de formació i qualificació professional del personal d'obra inferior a altres sectors industrials; marges baixos que es compensen amb grans volums de feina; el predomini del preu davant del valor o de la qualitat com a criteri d'adjudicació, especialment per part de l'Administració Pública; el relativament fàcil accés al sector de noves empreses, especialment en l'entorn de l'edificació; i en el cas de l'enginyeria civil, la manca d'un mercat pròpiament dit relatiu a infraestructures civils, doncs el mercat es troba de fet monopolitzat per les administracions, la qual cosa resta incentiu a la competència i la innovació. Aquestes causes s'han mantingut vigents durant el període en estudi i han continuat condicionant l'esforç inversor del sector en innovació i R+D. En particular, la inversió en R+D s'ha desenvolupat principalment a les universitats i centres de recerca i s'ha basat en gran mesura en la capacitat d'aquestes entitats per obtenir fons a través de convocatòries públiques competitives i de contractes amb empreses.

2 Entitats i grups de recerca

L'objectiu d'aquest apartat és oferir una visió panoràmica de les entitats i dels grups de recerca que treballen en l'entorn de l'enginyeria civil i de la construcció a Catalunya. L'apartat 2.1 introdueix les entitats de recerca, mentre que les diferents subàrees identificables dins l'àmbit es descriuen en l'apartat 2.2. En aquest darrer apartat es relacionen els diferents grups de recerca reconeguts per les institucions públiques o pels mateixos centres universitaris tot fent esment dels seus objectius i de l'àmbit de la seva

recerca. De fet, les diferents entitats i subàrees ja han estat detalladament descrites en els anteriors reports, per la qual cosa l'èmfasi s'ha posat principalment en l'actualització de la informació aportada en les anteriors ocasions.

2.1 Entitats de recerca

Participen en la recerca dins l'àmbit de l'enginyeria civil i de la construcció un conjunt nombrós d'entitats entre les quals hi ha diverses universitats amb orientació o contingut tecnològic, centres de recerca de finançament parcialment públic i altres institucions públiques o privades. A través de la seva diferent especialització, aquestes entitats abasten els diferents camps i els diferents nivells propis de l'àmbit, incloent tant la investigació més bàsica com la investigació aplicada, i tant la investigació numèrica com l'experimental.

Entre les universitats públiques catalanes que ofereixen estudis i que disposen de grups de recerca relacionats amb l'àrea hi ha la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), la Universitat de Girona (UdG), la Universitat Pompeu Fabra (UPF), la Universitat Rovira i Virgili (URV) i la Universitat de Lleida (UL). Dues universitats privades, la Universitat Ramon Llull (URL) i la Universitat Internacional de Catalunya (UIC), realitzen també recerca i estudis relacionats amb la construcció. La Universitat Politècnica de Catalunya, que és de fet la gran universitat tecnològica de Catalunya i alhora una de les tres úniques universitats tecnològiques de l'Estat Espanyol, presenta en relació a les altres entitats esmentades un volum força més important tant en termes de recursos humans com en producció científica. Degut a l'important pes relatiu de la UPC, i tot mantenint el mateix criteri que en els anteriors reports, la major part de l'anàlisi realitzada dins d'aquest report s'ha orientat als departaments i centres d'aquesta entitat.

Una certa mesura del volum dels diversos centres universitaris ve donada per la corresponent oferta d'estudis de grau i de places de nou accés (taula 5). En conjunt, aquestes institucions han ofert per al curs 2011-2012 sis estudis de grau diferents relacionats amb l'àmbit i un nombre total de 2530 places de nou accés. D'aquestes places, la UPC en concentra el 75% a través de 6 estudis de grau diferents. La segona institució amb un nombre més gran de places és la Universitat de Girona, amb una

oferta del 8,7% i tres estudis de grau dins l'àrea. Cal notar que el nombre de places s'ha mantingut sensiblement estable al llarg dels darrers anys; respecte del curs 2003-2004 s'ha produït solament un lleu descens d'unes 80 places, el qual representa una reducció del 3,2%. Tanmateix, i a partir dels anys 2008 i 2009, l'arribada de la crisi econòmica ha suposat una certa reducció gradual del nombre de sol·licituds fins al punt de dificultar, en alguns casos, una ocupació plena de l'oferta de places.

S'ha d'assenyalar que no tots els centres que apareixen a la taula 1 desenvolupen la seva activitat enterament en l'àrea de l'enginyeria civil i de la construcció. De fet, pot considerar-se que sols l'Escola Tècnica d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona (ETSECCPB) treballa fonamentalment dins d'aquest àmbit. Dins dels camps de l'arquitectura i de l'enginyeria industrial, i als efectes del present report, s'han considerat com a part de l'àmbit les àrees de Construccions Arquitectòniques i de Construccions Industrials, respectivament, atesa a la seva forta relació amb la tecnologia de la construcció.

Entre les entitats dedicades a la recerca també hi ha les entitats pertanyents al sistema de Centres de Recerca de Catalunya (CERCA). Els centres CERCA estan parcialment finançats per la Direcció General de Recerca (DGR), que destina un programa pressupostari a les seves despeses estructurals. La Institució CERCA, creada al 2010 per donar resposta a un dels compromisos formulats al Pacte Nacional per a la Recerca i la Innovació, és el mitjà propi de la Generalitat de Catalunya per al seguiment, suport i facilitació de l'activitat d'aquest centres de recerca. Entre els centres CERCA relacionats amb l'àrea de de l'enginyeria civil i l'enginyeria de la construcció hi ha el CIMNE, el CIIRC, l'IG i l'IREC, tots ells vinculats a la UPC. El *Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria* (CIMNE) és un centre autònom de recerca altament internacionalitzat dedicat a impulsar els avenços en el desenvolupament i l'aplicació de mètodes numèrics aplicables a enginyeria. El *Centre Internacional d'Investigació dels Recursos Costaners* (CIIRC) és un centre internacional orientat a l'estudi dels conflictes que afecten a les zones costaneres i els seus recursos. L'*Institut de Geomàtica* (IG), de caire multidisciplinari, està dedicat al desenvolupament de la geomàtica i a la innovació tecnològica en els camps de la geodèsia i la topografia. L'*Institut de Recerca en Energia de Catalunya* (IREC) té per objecte la recerca i el

desenvolupament tecnològic en l'àmbit de l'energia amb especial atenció a les tecnologies mediambientalment sostenibles

L'agència ACCIÓ de la Generalitat de Catalunya, constituïda amb la finalitat d'oferir suport a la innovació i a la internacionalització de l'empresa catalana, ha designat amb la marca TECNIO a un grup de centres de recerca considerats experts en la investigació aplicada i en la transferència de tecnologia. Entre els centres TECNIO hi ha centres tecnològics, centres de difusió tecnològica i grups universitaris. Com a centres TECNIO que mantenen certa relació amb l'àmbit és possible esmentar el *Centre de Recerca Aplicada en Hidrometeorologia (CRAHI)*, vinculat a la UPC, el centre sobre *Anàlisi i Materials Avançats per al Disseny Estructural (AMADE)*, vinculat a la Universitat de Girona, i el *Centre Tecnològic de la Construcció (IMAT)*, constituït per una fundació privada sense afany de lucre administrada per un conjunt d'empreses. Pel seu volum i important activitat de recerca és pertinent esmentar el *Centre Tecnològic Associació Catalana d'Empreses Constructores de Motlles i Matrius (ASCAMM)*; cal notar, però, que la major part de l'activitat d'aquest centre s'orienta cap a l'enginyeria industrial.

Cal esmentar també diversos centres reconeguts, consorciats o d'alguna manera vinculats a la UPC, que desenvolupen l'activitat de recerca dins l'àmbit de l'enginyeria civil. El *Centre Tecnològic de l'Aigua (CETaqua)* s'orienta a la gestió i execució de projectes de recerca lligats a la gestió del cicle integral de l'aigua; està participat per la AGBAR, UPC, i el CSIC. El *Centre d'Innovació del Transport (CENIT)* ha estat creat com a consorci entre la Generalitat de Catalunya i la UPC; la seva missió és generar coneixement sobre el transport i transmetre'l a la societat.

Els centres específic de recerca (CER) de la UPC són unitats singulars pertanyents a aquesta institució amb projecció externa pròpia, que tenen com a funció principal l'atenció a la demanda d'entitats públiques o privades externes en uns camps específics de recerca. A banda d'algunes entitats ja esmentades (CIIRC, CRAHI, CIMNE, IMAT, CETaqua, CENIT), entre els CER relacionats amb l'àmbit de l'enginyeria civil i de la construcció hi ha el *Centre Específic de Recerca de Mètodes Numèrics en Ciències Aplicades i Enginyeria (LACÀN)*; el *Laboratori d'Enginyeria Marítima (LIM/UPC)*; el *Laboratori per a la Innovació Tecnològica d'Estructures i Materials (LITEM)*; el

Centre d'Innovació de Tecnologia d'Estructures i Construcció (CEINTEC); el Centre de Recerca en Nanoenginyeria (CRNE); l'Institut en Dinàmica Fluvial i en Enginyeria Hidrològica (FLUMEN) i la Fundació Centre Internacional d'Hidrologia Subterrània (FCIHS).

Part de les dades presentades en aquest informe (com imports de projectes de recerca) han estat directament aportades per aquestes entitats, mentre que d'altres (com els resultats de la recerca) queden incloses en les dades generals dels departaments universitaris amb els que es troben vinculades.

Entre altres institucions públiques o privades no vinculades a les universitats i amb activitats parcialment o totalment relacionades amb l'àmbit és possible esmentar *l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC), l'Institut Cerdà (IC), l'Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya (ITEC), i el Laboratori General d'Assaigs i Investigacions (Applus+LGAI).* Juntament amb aquestes entitats és possible esmentar d'altres que realitzen activitats en camps frontera respecte de l'àmbit en estudi. Entre aquestes hi ha *l'Institut de Ciència de Materials de Barcelona del CSIC, l'Institut d'Estudis Territorials (IET) associat a la UPF, comissions específiques de col·legis professionals i empreses privades.*

2.2 Descripció de les subàrees i dels grups de recerca

2.2.1 Gestió de l'aigua

La gestió de l'aigua, en la seva multiplicitat de vessants, constitueix un dels principals objectes de l'enginyeria civil. Entre els principals reptes plantejats per la gestió de l'aigua s'hi troben l'assegurança d'un subministrament fiable a tothom, la prevenció d'avingudes, i la minimització de l'impacte ambiental provocat pel consum i la utilització de l'aigua. Els principals camps més directament relacionats amb l'enginyeria civil són l'enginyeria hidràulica, la hidrologia, la hidrologia subterrània i l'enginyeria ambiental.

A Catalunya, i dins d'aquesta àrea, hi ha una activitat important distribuïda entre un gran nombre d'entitats. Tanmateix, els grups més directament relacionats en les aplicacions de l'enginyeria civil formen part del Departament d'Enginyeria Hidràulica, Marítima i Ambiental, així com del *Centre Tecnològic de l'Aigua (CETaqua)*. Dins de l'esmentat departament, el grup de recerca en dinàmica fluvial i enginyeria hidrològica

(FLUMEN) és actiu en un conjunt ample de línies de recerca entre les quals hi ha la hidrologia urbana, incloent els grans col·lectors pluvials i les inundacions en el medi urbà; la incidència dels embassaments en el comportament natural dels rius; l'impacte de les infraestructures en les característiques hidrològiques naturals; les riuades i les mesures per disminuir el risc per inundació; la restauració d'espais fluvials; la limnologia física d'embassament i la hidràulica de preses; i el disseny i automatització de canals. El grup sobre modelització de conques i transport de sediments (GITS) estudia l'impacte del transport sòlid en els processos de morfologia i estabilitat de conques a través de models físics i numèrics, així com les metodologies per a la restauració de lleres i riberes. L'activitat del grup inclou la Investigació de processos físics especials com corrents de densitat, fluxos detrítics en alta muntanya, interacció entre flux i vegetació, transport reactiu en rius i fluxos turbulents i resuspensió en embassaments.

El Centre Tecnològic de l'Aigua (CETaqua) realitza la seva recerca en els problemes mediambientals i tecnològics lligats a al gestió del cicle integral de l'aigua. Les seves línies de recerca inclouen l'estudi de recursos hídrics alternatius tals com la reutilització i l'aprofitament d'aigües pluvials i la recàrrega d'aqüífers, l'impacte del canvi global, la gestió eficient de les infraestructures relacionades amb el cicle de l'aigua, el tractament i la monitorització de la qualitat de l'aigua, la millora del consum energètic, la introducció d'energies renovables i la gestió de la demanda de l'aigua.

2.2.2 Enginyeria Marítima i Costanera

La principal recerca en el marc de l'enginyeria marítima i costanera es realitza dins del CIIRC i el LIM, vinculats a la UPC. El grup LIM-CIIRC/UPC (Laboratori d'Enginyeria Marítima - Centre Internacional d'Investigació dels Recursos Costaners de la UPC) és un Centre Específic de Recerca (CER) emmarcat en l'àmbit del Departament d'Enginyeria Hidràulica, Marítima i Ambiental de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins Canals i Ports de Barcelona. El LIM-CIIRC/UPC és per tant un centre de recerca, que té com a únic objectiu generar i transferir coneixement i tecnologia en el camp de l'enginyeria marítima i de les ciències del mar, així com la innovació en aquests àmbits, juntament amb una activa contribució a la formació de professionals i investigadors altament qualificats en aquests camps.

Les principals línies temàtiques de treball són la hidrodinàmica costanera i d'estuari; el clima i la qualitat del medi ambient marí; la física i l'enginyeria oceanogràfica, la morfologia costanera, l'enginyeria portuària i costera i la gestió de la zona costanera i dels seus recursos. El LIM-CIIRC/UPC ha desenvolupat un conjunt molt avançat de models numèrics capaços de simular la dinàmica de l'onatge, corrents, marees i l'evolució costanera i la dispersió de sediments i contaminants. Complementàriament a les línies de treball i a la investigació desenvolupades en el grup, el LIM-CIIRC/UPC acull i gestiona el Canal d'Investigació i Experimentació Marítima (CIEM), que va ser reconegut com a Large Scale Facility per la UE al 1996, i Infraestructura Científica Tècnica Singular (ICTS) al 2006 pel Ministeri de Ciència Espanyol.

2.2.3 Construccions arquitectòniques

L'àrea de construccions arquitectòniques ha estat tradicionalment vinculada a l'àmbit de l'arquitectura. El seu caràcter eminentment tècnic, però, fa aconsellable que les activitats de recerca que s'hi desenvolupen siguin analitzades en el present report.

La recerca en l'àrea de les construccions arquitectòniques manté una relació molt directa amb la qualitat de vida dels ciutadans a través del seu impacte en els diferents elements que conformen els habitatges i els edificis en general, incloent tant els seus elements portants (l'estructura) com els elements protectors (façanes, cobertes, revestiments) i les instal·lacions. Els avenços en aquest cap repercuteixen directament sobre les condicions de seguretat i confort que experimenta la ciutadania com a conseqüència de la utilització del parc edificat i del seu manteniment i millora. Amb la sensibilització cap al respecte pel medi ambient, la indústria de la construcció ha trobat un repte addicional en la selecció de materials i la instauració de procediments constructius satisfactoris del punt de vista de la sostenibilitat. La missió principal d'aquest important camp de recerca resideix en la reducció de la despesa energètica i la quantitat de residus que genera el sector.

A Catalunya, treballen dins d'aquesta subàrea els departaments de Construccions Arquitectòniques I i Construccions Arquitectòniques II de la UPC. Cal fer també esment de l'Institut de Tecnologia de la Construcció a Catalunya (ITEC). Dins de la UPC, el grup de recerca sobre Arquitectura, Energia i Medi Ambient (AIEM) està dedicat a la

recerca sobre el condicionament ambiental a l'arquitectura, la integració de tècniques i sistemes basats en energies renovables i en l'estudi de l'impacte mediambiental de l'arquitectura i l'urbanisme. El Centre de Política de Sòl i Valoracions (CPSV) és actiu en la gestió i administració de l'urbanisme, la valoració urbana, els sistemes d'informació geogràfica, la modelització virtual, el medi ambient i la qualitat de vida urbana sostenible. El grup sobre Diagnosi i Tècniques d'intervenció en la Restauració i Rehabilitació d'Edificis (DITEC) orienta la seva recerca cap a les tècniques i criteris de diagnosi i els sistemes per a la restauració, rehabilitació i manteniment d'edificis. El grup d'Arquitectura i Tecnologia (LITA) treballa al voltant de la relació entre la arquitectura i la tecnologia abastant la construcció arquitectònica, els materials, els elements els sistemes i les tècniques. El Grup Interdisciplinari de Ciència i Tecnologia a l'Edificació (GICITED) realitza la seva recerca en els materials de construcció i en la simulació de processos fisicoquímics a partir de models matemàtics. El grup sobre Edificació i Patrimoni desenvolupa la seva activitat en el patrimoni construït, així com en la modelització, la durabilitat i el manteniment en l'edificació. El grup sobre Materials de Construcció i Carreteres (MATCAR) és actiu en la recerca sobre materials de construcció durables i sostenibles aplicables a la construcció de carreteres, edificacions i estructures civils, i també en la minimització de l'impacte ambiental i la utilització de residus.

L'Institut de Tecnologia de la Construcció a Catalunya (ITEC) treballa en la patologia ala construcció, els estudis de construcció patrimonial, el manteniment d'edificis, el medi ambient i la construcció, la gestió de l'obra i en l'estudi i manteniment de bancs de dades de la construcció.

El grup de recerca de l'Àrea de Construccions Arquitectòniques (GIACA) de l'Escola d'Arquitectura de la Universitat Internacional de Catalunya, creat l'any 2008, s'ha especialitzat i és actualment molt actiu en la investigació de sistemes constructius innovadors basats en els materials ceràmics tant per a elements estructurals (paviments, voltes) com no estructurals (façanes).

2.2.4 Enginyeria de la Construcció

La recerca dins l'àrea de l'enginyeria de la construcció es desenvolupa principalment en l'entorn del departament del mateix nom de la UPC, l'activitat del qual engloba tres grans àrees: la tecnologia d'estructures, els materials de construcció i les construccions industrials. El grup de recerca de Tecnologia d'Estructures (TE) manté una àmplia dedicació en el camp de les d'estructures, els procediments constructius i els materials estructurals. L'objectiu és dissenyar noves aplicacions que permetin avançar en la sostenibilitat, el millor aprofitament energètic i la reducció dels temps i costos del processos constructius. El grup treballa en l'anàlisi d'estructures tant de nova planta com existents. Els estudis combinen diversos enfocaments que comprenen des dels mètodes numèrics fins als assaigs en laboratori. La secció de Materials de Construcció, dins del mateix departament, té una llarga experiència en l'estudi de la utilització de residus i subproductes en la construcció. La seva activitat abasta l'anàlisi del comportament dels materials de construcció, la durabilitat dels materials i del formigó en particular, el reciclatge de residus i l'impacte ambiental dels materials. Una tendència nova en aquest grup es l'obertura cap a la incorporació de la nanotecnologia per a temes específics associats al sector. La secció s'integra parcialment dins del grup de recerca MATCAR ja esmentat. Dins l'àrea construccions industrials, el Grup de Recerca i Innovació de la Construcció (GRIC) realitza investigació sobre processos, formes i solucions constructives que, a través del disseny i de la gestió, resultin satisfactòriament sostenibles i respectuoses amb el medi ambient i alhora competitives. La recerca abasta els diferents vessants del procés constructiu, incloent la gestió d'obres i projectes constructius, la gestió de la informació i el coneixement, la sostenibilitat i el desenvolupament de solucions innovadores en materials, tècniques i sistemes constructius.

El centre AMADE sobre Anàlisi i Materials Avançats per al Disseny Estructural constitueix alhora un grup de recerca i un centre de transferència tecnològica que integra investigadors dels departaments de d'Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial (EMCI) i de Física de la Universitat de Girona. L'AMADE desenvolupa recerques orientades cap al disseny i ús de materials compostos, la simulació numèrica del comportament mecànic estructural i la concepció i disseny de maquinària.

Dins aquest àmbit també es realitzen treballs al Grup R+D del Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics, a l'Institut Ildefons Cerdà, al Laboratori General d'Assaig i Investigacions (LGAIN), tot i que majoritàriament en la vessant de desenvolupament.

2.2.5 Enginyeria del Terreny

El Departament d'Enginyeria del Terreny, Cartogràfica i Geofísica és molt actiu en les àrees d'enginyeria geotècnica, enginyeria sísmica, enginyeria geològica, hidrologia subterrània i comportament mecànic de materials d'enginyeria. El departament dirigeix diversos laboratoris centrats en la mecànica del sòl i de les roques, sòls no saturats, topografia, geologia, hidrogeologia i sismologia. El departament inclou diversos grups de recerca reconeguts al voltant dels temes esmentats. El grup sobre Mecànica de Sòls i de les Roques (MSR) realitza recerca en l'àmbit de la geomecànica en general i abasta un ampli espectre de matèries que inclouen l'estabilitat de talussos, els fonaments, les excavacions i els túnels, l'avaluació dels riscos geològics i l'emmagatzematge de residus. La seva activitat en l'estudi de la mecànica dels sòls no saturats i en l'aplicació de mètodes numèrics avançats és àmpliament reconeguda. El grup en Geofísica i Enginyeria Sísmica (GIES) desenvolupa recerca, formació i transferència de tecnologia en els àmbits de la geofísica i de l'enginyeria sísmica. El grup en Enginyeria Geomàtica (EGEO) desenvolupa investigació bàsica i aplicada en el camp de la geodèsia, la teledetecció, fotogrametria i topografia i en general en tot allò relacionat amb la informació geogràfica i la seva representació cartogràfica, amb especial atenció als nous sensors i tècniques per a la captura, l'emmagatzematge i el tractament de la informació geogràfica, com sistemes GPS, sensors Làser Escàner o captura d'imatges per satèl·lit.

El Centre de Recerca Aplicada en Hidrometeorologia (CRAHI) orienta la seva activitat a la recerca sobre les necessitats de la gestió i la previsió hidrometeorològica i treballa, en particular, en el desenvolupament d'algorismes i models de previsió dels processos que controlen el cicle de l'aigua superficial. El grup en Hidrologia Subterrània (GHS), que manté una estreta relació amb el CRAHI, estudia la caracterització de medis permeables mitjançant dades hidràuliques, hidroquímiques i isotòpiques ambientals amb aplicació dirigida vers els recursos de l'aigua subterrània, la gestió dels aqüífers, l'estudi de les zones humides i pantanoses, la intrusió marina al terreny, l'emmagatzemament subterrani de residus i l'estudi de la zona no saturada. Les

activitats del grup abasten la modelització numèrica i l'adquisició experimental de dades.

2.2.6 Medi ambient

Com ja es va esmentar als reports anteriors, la preocupació pel del medi ambient ha assolit actualment un caire molt transversal i condiona de manera general tot el procés constructiu des de la creació i elaboració dels productes fins a la seva conversió en residus en acabar la seva vida útil. La preocupació per l'impacte ambiental ha d'estar present en la planificació, la gestió, el projecte, l'execució i el seguiment de totes les actuacions de l'enginyeria. Per això, i malgrat que l'àmbit del medi ambient és objecte d'un altre report de recerca, s'han inclòs dins aquest apartat els aspectes que més directament mantenen relació amb l'enginyeria civil i l'enginyeria de la construcció. Això inclou aspectes tals com la depuració i el tractament de les aigües, la gestió de residus, l'anàlisi del cicle de vida de les construccions i la reutilització de residus. A Catalunya es fa recerca en la majoria d'aquests temes. Hi ha diversos grups que treballen en el tractament de residus i en la gestió ambiental, entre els quals es pot esmentar a la UPC el grup MTA sobre Modelització i Tecnologia Ambiental del Departament de Projectes d'Enginyeria. En el marc de l'ETSECCPB, destaca el grup en Enginyeria i Microbiologia Medi Ambiental (GEMA), la recerca del qual abasta una gamma àmplia d'aspectes de l'enginyeria i de processos microbiològics dels sistemes de tractament i de la reutilització d'aigües. També es desenvolupa recerca sobre aspectes sanitaris de la reutilització de les aigües com en particular l'eliminació de microcontaminants i patògens emergents. El grup forma part d'una unitat associada al CSIC.

2.2.7 Mètodes computacionals en enginyeria

L'àmbit dels mètodes computacionals en enginyeria abasta les àrees de coneixement de la mecànica dels medis continus, la teoria d'estructures i la matemàtica aplicada. Dins de la UPC treballen en aquest camp el Departament de Resistència de Materials i el Laboratori de Càlcul Numèric (LACÀN) del Departament de Matemàtica Aplicada III. Cal també fer esment del Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria (CIMNE), situat a l'entorn de l'ETSECCPB i que presenta una gran activitat en aquest àmbit.

L'activitat de recerca del Departament de Matemàtica Aplicada III es força àmplia i està organitzada en diverses línies de recerca, incloent-hi les relatives als mètodes numèrics, models estadístics i altres com teoria del control i les seves aplicacions i simulació discreta de materials. El departament inclou diversos grups de recerca relacionats amb l'enginyeria civil i de la construcció. El grup en Control, Dinàmica i Aplicacions (CODALAB) s'orienta a la recerca teòrica i aplicada sobre la teoria del control dels sistemes dinàmics i les seves aplicacions a l'enginyeria. El grup sobre Riscos Naturals i Geoestadística treballa en el desenvolupament de mètodes estadístics per al tractament de dades amb èmfasi en mètodes per al control de la incertesa estadística. El Centre Específic de Recerca de Mètodes Numèrics en Ciències Aplicades i Enginyeria, al qual es troba vinculat el LACÀN, desenvolupa recerca de forma genèrica sobre modelització matemàtica i numèrica i mecànica computacional. La seva recerca consisteix en el desenvolupament i l'anàlisi d'eines numèriques relacionades amb (1) l'avaluació i el control de qualitat de les solucions numèriques; (2) la millora de l'eficiència dels mètodes numèrics; 3) el desenvolupament de mètodes alternatius per a problemes específics; i (4) el prototipatge virtual i la modelació crítica.

Dins del Departament de Resistència dels Materials i Estructures a l'Enginyeria, el grup (MC)2 sobre Mecànica Computacional en Medis Continus presenta una àrea de recerca àmplia i tant de caire bàsica com aplicada. L'objectiu de la recerca del grup rau en el desenvolupament i l'anàlisi de mètodes numèrics en problemes diversos de l'enginyeria, amb especial èmfasi en els problemes de la mecànica dels medis continus tant de fluids com de sòlids. El grup ha treballat en projectes d'elevat interès industrial i, de fet, alguns dels desenvolupaments del grup han quedat còpsats en codis numèrics d'utilització industrial.

El Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria (CIMNE) constitueix una de les principals organitzacions, a nivell internacional, dedicades al desenvolupament d'aplicacions computacionals aplicables a l'enginyeria civil i a la construcció, entre d'altres camps. El CIMNE disposa de departaments específics sobre Enginyeria Civil i sobre Edificació, Energia i Medi Ambient. La recerca realitzada dins del CIMNE abasta una varietat àmplia de camps, incloent l'anàlisi d'estructures, nous materials per a

l'enginyeria, dinàmica de fluids i l'estudi de la vulnerabilitat de les construccions sota accions accidentals.

2.2.8 Transport i territori

La major part de la recerca en el marc del transport i del territori es desenvolupa dins del Departament d'Infraestructura del Transport i del Territori de la UPC i el Centre d'Innovació del Transport (CENIT), també vinculat a la UP. El Grup de Recerca i Innovació en Transport, Mobilitat i Logística treballa en la generació de coneixement sobre el transport, la mobilitat i la logística a través de la recerca, la innovació i la transferència tecnològica. També dins del mateix departament, el grup de recerca sobre Enginyeria de les Xarxes d'Infraestructures del Territori (EXIT) reuneix les disciplines d'urbanisme i ordenació del territori juntament amb les d'enginyeria de les xarxes i els serveis urbans i d'infraestructures del transport. El grup posa l'èmfasi en el plantejament urbanístic i els seus requeriments infraestructurals i en el paper de les infraestructures de transport com element vertebrador. El departament també col·labora en el grup de recerca sobre Materials de Construcció i Carreteres (MATCAR) ja esmentat. El Centre d'Innovació del Transport (CENIT) desenvolupa recerca en tots els camps del transport, incloent el ferrocarril, el tren d'alta velocitat, el transport aeri i marítim, el transport intermodal, el trànsit i la seguretat viària, els sistemes de transport públic, la logística i els sistemes intel·ligents de transport.

3 Recursos humans

3.1 Personal acadèmic i investigador

L'estudi dels recursos humans s'ha fet considerant el personal acadèmic i investigador que conforma les plantilles dels departaments de la Universitat Politècnica de Catalunya més clarament relacionats amb l'àrea de l'enginyeria civil i de la construcció. Dels 8 departaments considerats, 6 desenvolupen la seva activitat, molt principalment, a l'Escola d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona (ETSECCPB). Aquest és el cas dels departaments d'Enginyeria de la Construcció (EC), d'Enginyeria del Terreny, Cartogràfica i Geofísica (ETCG), d'Enginyeria Hidràulica, Marítima i Ambiental (EHMA) d'Infraestructura del Transport i del Territori (ITT), de Matemàtica

Aplicada III (MAIII) i Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria (RMEE). Alguns d'aquests departaments (com EC, MAIII i RMEE) disposen de seccions o delegacions a les escoles d'Enginyers Industrials de Barcelona o de Terrassa que tanmateix, i degut a la temàtica de les activitats desenvolupades, poden considerar-se parcialment relacionades amb l'àrea. En particular, el departament d'Enginyeria de la Construcció disposa d'una secció de Construccions Industrials a l'entorn de les escoles d'enginyers industrials de Barcelona i de Terrassa que, atesos els objectius de la seva recerca, i com ja s'ha esmentat, pot considerar-se ben encaixada dins de l'àrea de l'enginyeria de la construcció.

El departament de Construccions Arquitectòniques I (CA1) desenvolupa la seva activitat en el camp de la tecnologia de l'arquitectura dins de l'Escola d'Arquitectura de Barcelona i l'Escola d'Arquitectura del Vallès. Al seu torn, el departament de Construccions Arquitectòniques II (CA2) desenvolupa dins l'àmbit de l'Enginyeria de l'Edificació i dins de l'Escola Universitària Politècnica de Barcelona. Atesa la relació directa de l'activitat d'aquests departaments amb el camp de la construcció, i tot mantenint el criteri emprat en els anteriors reports de la recerca, s'ha considerat pertinent incloure aquests departaments dins del present estudi.

La taula 6 presenta una estadística del total de personal acadèmic disponible en el conjunt de departaments durant el curs 2008-2009, així com a l'Escola d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona, i la corresponent variació respecte del curs 2002-2003, és a dir, al llarg del període corresponent al present informe. La taula indica també el percentatge de professors a dedicació completa (TC) respecte del total. Segons s'observa a l'estudi, el conjunt dels departaments seleccionats per al present estudi, amb un total de 436 professors, concentra el 16% del personal acadèmic de la Universitat Politècnica de Catalunya. Durant el període 2003-2009, l'àrea d'enginyeria civil i d'enginyeria de la construcció ha augmentat la seva disponibilitat de professorat en 61 places, la qual cosa representa un creixement del 14%. Dins de l'àrea de l'enginyeria civil i de la construcció s'observa, en termes globals, una proporció de professors a temps complet relativament moderada (58%) en relació amb la UPC (71%). Aquesta proporció no ha variat al llarg del període analitzat. Cal notar que els professors amb una activitat investigadora significativa són normalment els que disposen de dedicació

completa, per la qual cosa el percentatge relativament moderat de professors a dedicació completa dins de l'àrea (per comparació amb els nombres globals de la UPC) es pot considerar com un inconvenient de cara a la intensitat de la producció científica. Cal notar, però, que la ràtio de professors a temps complet presenta una variació molt gran entre departaments. El departament amb un percentatge més elevat de professors a temps complet (un 81%) és el d'Enginyeria del Terreny, Cartogràfica i Geofísica. En el conjunt de l'Escola d'Enginyers de Camins, Canals i Ports el mateix percentatge, durant el curs 2008-2009, és de gaire bé un 70%.

Les taules 7 i 8 presenten una descripció del personal docent i investigador en els departaments esmentats i l'Escola d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona durant el curs 2008-2009. Les taules fan referència al personal funcionari (taula 7) i al personal contractat (taula 8). En el personal funcionari es distingeix entre les categories de catedràtics d'universitat (CU), professors titulars d'universitat (PTU), catedràtics d'escola universitària (CEU) i professors titulars d'escola universitària (PTEU). Entre el grup de professors contractats es distingeix entre professors agregats (AG) catedràtics contractats (CC), professors ajudants (AJ), col·laboradors (CC), professors associats (ASS), professors visitants (V), col·laboradors (CO) i professors lectors (LE). A l'àrea de l'enginyeria civil i de l'enginyeria de la construcció hi ha un 42% de personal funcionari, mentre que a la UPC el mateix percentatge és del 50%. En mitjana, el professorat doctor representa un 32% del total a l'àrea, sensiblement inferior a la mitjana de la UPC (41.6%). Destaca, però, l'elevada categoria que presenta la plantilla de professors d'alguns dels departaments de l'àrea, amb un gran nombre de professors doctors (CU, PTU, CEU, AG, LE) en relació al total. És remarcable una presència important de catedràtics (263) en relació a les seves dimensions totals. L'àrea concentra un 22% dels catedràtics de la UPC, quan el nombre total de professors representa, com s'ha esmentat, un 16%.

Les figures dels professors contractats, en les seves diverses categories (excepte professor associat) eren relativament noves durant el curs 2008-2009, motiu pel qual les corresponents dotacions es mantien encara molt limitades. L'excepció és la figura del professor associat a temps parcial, molt més antiga, i que representa una part molt important del professorat de l'àrea i de la UPC en general. El nombre de professors

associats en l'àrea és pot considerar en general elevat, doncs representa un 38% del total (27% a la UPC).

Els recursos humans disponibles per a la recerca poden ser també analitzats prenent com a referència els grups de recerca finançats per l'AGAUR. La Generalitat de Catalunya, a través de l'AGAUR, dóna suport a grups de recerca de les universitats i centres públics i privats de Catalunya sense finalitat de lucre que tinguin com a activitat principal la recerca i la transferència de coneixement, amb l'objectiu de potenciar-ne el desenvolupament i la consolidació. Les convocatòries tingudes durant el període en estudi s'han produït en els anys 2005 i 2009. Aquestes convocatòries han considerat diverses modalitats, corresponents a Grups de Recerca Emergents (GRE), grups de recerca consolidats (GRC) i, excepcionalment, Grups de Recerca Singulares (GRS), formats per grups que, malgrat no complir els requisits mínims per a grups de recerca consolidats, presenten una trajectòria de treball en equip coherent. Tots els grups de recerca finançats a través d'aquestes convocatòries tenen la consideració de Grups de Recerca de la Generalitat de Catalunya. Les taules 9 i 10 presenten els diferents grups de recerca relacionats amb l'Àrea que han rebut finançament a les convocatòries de l'AGAUR de 2005 i 2009. La convocatòria de 2009 va beneficiar a un nombre més reduït de grups (14 davant de 17 a la convocatòria de 2005). Tanmateix, els grups beneficiats a la convocatòria de 2009 presenten una constitució més robusta en quan a nombre d'investigadors. Tots els grups identificats pertanyen a la UPC o a centres de recerca vinculats a la UPC, amb la única excepció del Grup de Georeferenciació i Calibratge de Sensors d'Observació de la Terra, pertanyent a l'Institut Cartogràfic de Catalunya, finançat l'any 2005, i el Grup d'Anàlisi de Materials Avançats per al Disseny Estructural (AMADE) reconegut l'any 2009. El nombre total d'investigadors doctors i no doctors que formaven part dels grups finançats l'any 2005 era de 222, mentre que a la convocatòria de 2009 va ser de 331. A partir d'aquestes dades és possible estimar que el 70% dels professors de la UPC vinculats a l'àrea d'enginyeria civil i de la construcció pertanyien a algun dels grups de recerca reconeguts i finançats per la Generalitat de Catalunya l'any 2009.

3.2 Personal administratiu i de serveis

Com a part dels recursos humans que col·laboren directament o indirectament a la recerca hi cal comptar el personal d'administració i serveis (PAS) on s'inclouen en particular el personal administratiu i els tècnics de laboratori. La distribució d'aquest tipus de personal en els departaments considerats i la corresponent variació entre els cursos 2002-2003 i 2008-2009 es presenten a la taula 11. Els departaments que conformen l'àrea disposaven durant el curs 2008-2009 d'unes 59 persones que cal considerar en gran mesura dedicades a feines relacionades amb el suport a la recerca (laboratoris i gestió administrativa de projectes) atès que les tasques relacionades amb la gestió de la docència corresponen al PAS dels centres i les relacionades amb la gestió general corresponen als serveis centrals de la UPC. A l'àrea d'enginyeria civil i de la construcció el PAS representava el 12% del total de personal. La mateixa relació, a nivell de UPC i comptant el personal administratiu de centres i de serveis centrals, va ser del 37%.

3.3 Beques i ajuts predoctorals per a investigadors en formació

La capacitat investigadora dels departaments depèn en gran mesura de la disponibilitat d'investigadors i docents en formació i en procés de realització de tesis doctorals. Alhora, la possibilitat de mantenir un nombre d'investigadors en formació depèn directament de la capacitat de finançar els ajuts i les beques necessaris. Per aquesta finalitat hi ha diverses possibilitats. En primer lloc, és possible finançar investigadors en formació a través de beques aconseguides a través de convocatòries públiques de caràcter competitiu. En segon lloc, existeix la possibilitat de contractar investigadors de formació a través de convenis suficientment dotats, amb empreses o entitats privades, o bé a través de projectes europeus, la qual cosa exigeix actualment la realització d'un concurs de mèrits.

Com a tercera possibilitat, l'investigador en formació pot optar (a través d'un concurs) a una posició de professor no doctor amb una càrrega acadèmica adequadament reduïda i compatible amb l'activitat investigadora. El tipus de posició més específicament orientat cap aquesta finalitat és la de professor ajudant ja que es demana específicament que el candidat no sigui doctor en el moment del concurs, alhora que se li exigeix una dedicació docent molt reduïda (unes 3h/setmana) i compatible amb la realització de la

tesi doctoral. Segons s'indica a la taula 8, durant el curs 2008-2009 l'àrea d'enginyeria civil i de la construcció disposava d'uns 21 professors ajudants, els quals representaven aproximadament un 17% del total de la UPC.

Durant el període analitzat, i en relació a la consecució de beques a través de convocatòries competitives, les principals possibilitats han estat les que han ofert la Generalitat de Catalunya a través de l'AGAUR i el Govern espanyol mitjançant el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte i el Ministerio de Ciencia y Tecnología. Alhora, les diferents universitats catalanes i, en particular, la UPC, han ofert un nombre complementari de beques equiparables en quan a dotació econòmica. Aquesta oferta complementària de beques per part de les universitats requereix un esforç econòmic significatiu que cal, tanmateix, considerar ben rentable científicament.

Les taules 12 i 13 presenten respectivament el nombre de beques aconseguides per any i la distribució de beques segons tipus, per als diferents departaments considerats. Durant el període en estudi, els departaments de l'àrea han aconseguit 381 beques predoctorals, la qual cosa representa un 15% de les beques obtingudes a la UPC. El nombre de beques de les que ha disposat l'àrea, en mitjana i per any, ha estat d'unes 54. Cal notar que durant els darrers anys el nombre de beques obtingudes ha experimentat una certa reducció. Així, l'any amb més beques aconseguides és el 2005 (73) mentre que l'any menys reeixit és el 2007 (42). En quant als tipus de beques (vegeu la taula 13 i la figura 1), s'observa que el 43% del total del període 2003-2008 correspon a beques finançades per Govern Espanyol, el 37% són beques de la Generalitat de Catalunya i el restant 20% han estat beques de la UPC.

La relació entre beques aconseguides i professorat doctor, sempre dins l'àrea de l'enginyeria civil i de la construcció i en el període de 7 anys considerat, ha estat de 2.7. La mateixa quantitat per a la UPC ha estat de 2.3.

4 Recursos econòmics

4.1 Possibilitats de finançament de l'Estat Espanyol

Les principals oportunitats per al finançament públic de la recerca, a nivell de l'Estat Espanyol, venen donades pels successius plans nacionals d'investigació científica, desenvolupament i innovació tecnològica finançats per la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT) del Govern Espanyol. Els Plans Nacionals són el principal instrument del govern espanyol per a la gestió de la recerca i és on s'estableixen els objectius i les prioritats de la recerca, el desenvolupament i la innovació. Les prioritats es desenvolupen a través d'un conjunt de programes nacionals de caire temàtic. Els plans nacionals distribueixen el finançament entre diferents Programes Nacionals classificats segons àrees sectorials. Les àrees sectorials es defineixen com a dominis d'actuació prioritària en R+D+i on es considera necessària una focalització de les actuacions intensives en R+D+i per a estimular-ne el desenvolupament futur.

En l'àmbit de l'enginyeria civil i l'enginyeria de la construcció, la possibilitat real d'aconseguir finançament es troba condicionada per les àrees o línies de recerca prioritzades o finançades pels successius plans. Els plans anteriors al període en estudi i particularment el IV Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2000-2003 es van caracteritzar per una atenció molt limitada a la recerca en l'àmbit de l'enginyeria i la construcció. La única àrea sectorial creada pel Pla, directament relacionada amb l'àmbit, va ser la de Construcció Civil i Conservació del Patrimoni Cultural, que tanmateix només va disposar de dotació, i molt limitada, durant l'any 2002. La major part del finançament obtingut dins l'àmbit va arribar a través de projectes sol·licitats dins d'àrees més àmplies i de caire més transversal, entre les quals es poden esmentar l'àrea de Materials, l'àrea d'Energia, l'àrea de Medi Ambient i l'àrea de Transport i Ordenació del Territori dins dels Programes Nacionals finançats durant el període 2000 a 2003.

Durant el període de 2003 a 2009 el Govern Espanyol va aprovar el Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2004-2007 (V Plan Nacional) i el Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008-2011 (VI Plan Nacional). Dins del V Plan Nacional, les prioritats van

quedar definides a través d'unes àrees temàtiques que englobaven un cert nombre de programes nacionals. La principal novetat pel que fa a les oportunitats presentades per aquest plans per a la recerca en el camp de l'enginyeria civil i de la construcció va raure en la creació d'un Programa Nacional de Construcció dins l'àrea anomenada de Transport i Construcció, el qual va gaudir d'un finançament significatiu (vegeu la taula 14). Les prioritats específiques del Programa Nacional de Construcció van ser els materials i els productes per a la construcció, les tecnologies, els sistemes i els processos constructius, els sistemes per a avaluació i gestió en la construcció i el manteniment, l'avaluació i la rehabilitació d'infraestructures i edificacions. A banda d'aquest programa també han estat d'interès per l'àmbit altres programes de caire més general, entre els quals cal esmentar el Programa Nacional de Mitjans de Transport, dins l'àrea temàtica de Transport i Construcció; el Programa Nacional d'Energia, dins l'àrea d'Energia; el Programa Nacional de Ciències i Tecnologies Mediambientals, amb un subprograma sobre Tecnologies per a la gestió sostenible mediambiental, dins l'àrea temàtica de Ciències i Tecnologies Agroalimentàries i Mediambientals; i el Programa Nacional de Materials dins l'àrea de Química, Materials i Disseny i Producció Industrial. En el VI Plan Nacional les prioritats per a la recerca queden definides a través d'unes línies de recerca agrupades segons accions estratègiques. Les accions estratègiques d'interès per l'àrea corresponen, en essència, a les àrees temàtiques del V Plan Nacional i donen lloc al mateix grup de Programes Nacionals. En particular, el VI Pla Nacional també ha mantingut, amb finançament significatiu, un Programa Nacional de Construcció.

Les quantitats subvencionades per als diferents programes nacionals esmentats durant els anys 2004 a 2009 s'indiquen a la taula 15. La quantitat total finançada dins dels programes esmentats, a nivell estatal, ha assolit un total de 839.330.908 €, els quals representen un 23.44 % del total finançant pels V i VI Planes Nacionals. Cal notar que, com s'ha esmentat, aquests programes tenen un caire molt transversal i excedeixen amb escreix l'àmbit de l'enginyeria civil i de la construcció. El programa de construcció ha rebut un finançament comparativament reduït, de 49.950.086 €, el qual solament representa l'1.25% del total i resulta molt inferior a les quantitats dedicades a la major part dels programes, tal i com posa de manifest la taula 15. Catalunya, amb un import total de 142.462.096 €, ha obtingut el 17% dels fons dedicats a programes relacionats

amb l'àrea. Del Programa Nacional de Construcció, Catalunya n'ha rebut 7.343.685 €, quantitat equivalent a un 15% del total. La participació de Catalunya en el programa de Construcció al llarg del període en estudi pot considerar-se modesta en relació amb el seu potencial investigador i amb la importància dels seus centres universitaris i de recerca. Tanmateix, l'evolució de la participació Catalana ha estat força favorable atès que ha passat d'un 15% l'any 2004 a un 21% l'any 2009.

El VI Plan Nacional, iniciat l'any 2008, ha comportat una reducció sensible dels recursos dedicats a la recerca per part del Govern Espanyol. La quantitat mitja per any finançada per al conjunt de programes nacionals relacionats amb l'enginyeria civil i de la construcció ha estat de 45.738.694 € mentre que pel V Plan Nacional la mateixa quantitat va ser de 186.963.380 €. En el programa nacional de Construcció, però, el finançament ha millorat sensiblement; la quantitat subvencionada dins del VI Plan Nacional ha estat de 130.106 € per projecte i any, mentre que durant el V Plan Nacional, la mateixa quantitat havia estat de 69.809 €.

4.2 Possibilitats de finançament d'Europa

El principal instrument de la Unió Europea (UE) per al finançament de la recerca han estat en els successius programes marc d'investigació i desenvolupament tecnològic, l'objectiu dels quals rau en estrènyer les bases científiques i tecnològiques de la indústria europea i encoratjar-ne la competitivitat internacional. Els programes marcs financen projectes proposats per consorcis participats per institucions de recerca o empreses pertanyents a diferents països membres de la UE o països associats. Els 6^é i 7^é Programes Marc han concentrat l'esforç inversos en un nombre limitat de programes corresponents a certes prioritats temàtiques. Es tracta de programes molt amplis i transversals on la recerca dins de l'àrea d'enginyeria civil i de la construcció hi ha pogut trobar cabuda a través d'iniciatives lligades a avenços tecnològics sostenibles relacionats amb els processos productius, amb els materials, l'energia i el transport. Dels programes prioritaris del 6^é Programa Marc (2002-2006) han estat d'interès per l'àmbit d'enginyeria civil i de la construcció el programa relatiu a *nanotecnologies i nanociències, materials multifuncionals basats en el coneixement i nous processos i dispositius de producció* (finançat amb 1.300 milions d'euros) i el programa sobre *desenvolupament sostenible, canvi global i ecosistemes*, amb subprogrames relatius a

sistemes d'energia sostenibles i transport de superfície sostenible (finançat 2.120 milions d'euros). D'entre els programes del 7^é Programa Marc (2007-2013) han mantingut relació amb l'àmbit de l'enginyeria civil i de la construcció els programes prioritaris en *nanociències, nanotecnologies, materials i noves tecnologies de producció* (amb un pressupost de 3.500 milions d'euros), *energia* (2.300 milions d'euros), *medi ambient* (1.800 milions d'euros), amb àrees específiques sobre gestió sostenible dels recursos i tecnologies mediambientals, i el programa de *transport* (4.100 milions d'euros) amb àrees específiques sobre transport de superfície ferroviari i per carretera.

Els recursos que les entitats catalanes han aconseguit del 6^é Programa Marc dins dels subprogrames i àrees d'activitats considerats més propers a l'àrea d'enginyeria civil i de la construcció es relacionen a la taula 16. En l'àrea de les nanotecnologies, materials i producció, la participació catalana va generar 24,6 milions d'euros, quantitat que correspon a l'11,7 % dels fons europeus atribuïbles a Catalunya. En aquesta àrea, a Catalunya va destacar la participació de la UPC i el Centre Tecnològic Associació Catalana d'Empreses Constructores de Motlles i Matrius (ASCAMM), els quals són alhora organismes amb gran participació a nivell estatal. En l'àrea de l'energia sostenible, Catalunya va participar amb 9,1 milions d'euros, els quals suposen el 4.3% de les subvencions atorgades pel 6^é Programa Marc a Catalunya. En l'àrea del transport sostenible per superfície, Catalunya va obtenir una subvenció de 2,5 milions d'euros equivalent al 1,2% del total rebut. En general, Catalunya ha presentat una capacitat de captació de recursos del 6^é Programa Marc un tant modesta en relació al seu potencial investigador, havent-se situat per darrera de les comunitats de Madrid i del País Basc en les tres àrees considerades, i amb percentatges de participació respecte del total aconseguit a nivell espanyol entre el 11,3% (per a l'àrea de transport sostenible) i el 22,1% (per l'àrea de nanotecnologies, materials i producció).

4.3 Possibilitats de finançament de Catalunya

Durant el període analitzat, a Catalunya s'han desenvolupat el III Pla de Recerca 2001-2004 i el IV Pla de Recerca i Innovació 2005-2008. Atesa la decisió de la Comissió Europea de tendir cap a un espai de recerca comú per a tota Europa, els Plans de Recerca de Catalunya han estat dissenyats de manera que mantinguin una estreta interacció i coordinació amb la política científica estatal i europea. Ambdós plans han

tingut característiques molt similars i, abans que finançar directament projectes de recerca, s'han orientat principalment a recolzar els investigadors i els grups de recerca amb la finalitat de potenciar-ne la capacitat investigadora i d'incrementar-ne les possibilitats d'accedir i desenvolupar projectes estatals i europeus.

El III Pla de Recerca va incloure diverses àrees prioritàries (anomenades concertades) d'entre les quals les que van mantenir més relació amb l'àrea d'enginyeria civil i de la construcció van ser les d'Innovació Tecnològica, Medi Ambient i Recursos Naturals, Territori, Ciutat i Mobilitat. Les principals actuacions dels III Pla i IV Pla s'han dut a terme a través del programa de recursos humans i el programa de centres de recerca. Dins del primer, s'ha cercat la incorporació al sistema de recerca d'investigadors joves i d'investigadors formats fóra de Catalunya amb una reputació internacional establerta. Amb aquest objectiu es va crear, en col·laboració amb la Fundació Catalana per a la Recerca, la Institució Catalana per a la Recerca i Estudis Avançats (ICREA), que és l'entitat responsable de la concessió de contractes per investigadors que satisfan els requeriments esmentats. Cal esmentar, però, que durant el període 2003-2009, i dins l'àrea d'enginyeria civil i de la construcció, solament han estat contractats dos investigadors ICREA, respectivament acompanyats a la UPC (al Departament d'Enginyeria del Terreny, Cartogràfica i Geofísica) i al Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria (CIMNE), xifra que representa una part molt reduïda del total d'investigadors ICREA i que és realment molt inferior al potencial investigador de l'àrea. Cal notar que el nombre d'investigadors ICREA contractats entre els anys 2001 i 2011 dins dels àmbits de la Tecnologia i l'Enginyeria i de les Ciències Experimentals i les Matemàtiques ha estat de més de 120.

Un altre aspecte del programa de recursos humans ha estat l'estímul al creixement dels Grups de Recerca Consolidats existents i el suport a la creació de nous grups en àrees emergents. Aquest programa permet la cohesió de grups de qualitat a través del suport als grups consolidats i la potenciació de grups emergents. El finançament, a més d'una aportació basal no finalista, ha inclòs conceptes com la compra d'equipament petit i la contractació de persones de suport a la recerca. L'àrea d'enginyeria civil i de la construcció reuneix un nombre elevat de grups consolidats. El nombre de grups amb

finançament concedit a les convocatòries 2005 i 2009 va ser de 18 i 14 respectivament (vegeu taules 9 i 10).

Un tercer aspecte dels plans de recerca ha estat la creació de Centres de Referència, denominació que s'atorga a aquells centres o agrupacions de centres, departaments i grups d'R+D, que treballen, de forma complementària, en temes estratègics d'interès específic per al desenvolupament de la recerca catalana. Segons ja s'ha esmentat a l'apartat 2.1, hi ha uns 4 centres d'aquest tipus relacionats amb l'àrea.

4.4 Finançament obtingut

El finançament obtingut per a activitats relacionades amb la R+D durant el període 2003-2009 s'indica, per als diferents departaments de l'àrea d'enginyeria civil i d'enginyeria de la construcció, a la taules 17 i 18. Les taules relacionen també el finançament de centres de recerca vinculats a la UPC incloent en particular els centres del sistema CERCA més directament relacionats amb l'àrea. Amb la finalitat de limitar el còmput a activitats de recerca i de transferència del coneixement, el càlcul del finançament no ha tingut en compte l'aportació de serveis d'import reduït o de convenis institucionals. A les taules, el CIIRC i el LIM es detallen conjuntament atès que els dos organismes es gestionen de manera combinada. D'altra banda, i en relació al CENIT, la taula 18 indica solament l'import total degut a que no s'ha disposat d'informació sobre les quantitats relatives als diferents tipus de finançament.

Durant el període en estudi (2003-2008), l'import total dels convenis i projectes de recerca obtingut pels departaments i centres de recerca de l'àrea ha estat de 104.823.900€, la qual cosa representa aproximadament un finançament mig anual de 15.000.000 €. En particular, la quantitat obtinguda pels departaments analitzats representa un 22% del total gestionat per la UPC. El finançament aconseguit mitjançant convenis ha estat majoritari ha representat un 65%, mentre que els projectes nacionals han aportat un 27% i els projectes europeus el 18% restant (figura 2). Durant el període, l'import mig ha estat de 42.000€ per conveni, de 175.000€ per projecte europeu i de 56.000€ per projecte nacional.

L'evolució en el temps de l'import total aconseguit per projectes i convenis mostra un creixement continuat al llarg dels anys 2003 a 2009 amb increments molt important fins

a l'any 2008 i un creixement moderat entre els anys 2008 a 2009. Al llarg del període, i en relació a l'any 2003, l'import disponible ha experimentat un creixement del 150%.

L'any 2009 es manté proper al màxim obtingut malgrat una davallada molt important de l'import dels convenis, el qual recupera valors propers als obtinguts en anys anteriors al 2008. Aquesta davallada es pot entendre com un retorn a la xifra normal de facturació per convenis, però pot també observar-se com un primer indicatiu de l'arribada de la crisi econòmica actual.

5 Resultats

5.1 Patents

Les taules 19 i 20 ofereixen una descripció dels principals resultats de la recerca tot incidint en els resultats obtinguts pels diferents departaments (taula 19) i en l'evolució experimentada al llarg del període analitzat (taula 20). Aquestes taules no incorporen els centres de recerca vinculats a la UPC atès que una gran part dels seus investigadors són també professors d'aquesta universitat i, en conseqüència, gairebé tota la seva producció publicada ja es troba comptabilitzada en els resultats dels departaments.

Malgrat el caire eminentment tecnològic de l'àrea, crida l'atenció el limitat nombre de patents obtingudes pels diferents departaments durant el període en estudi. En efecte, el nombre de patents és molt reduït (solament 20 en 6 anys) i representa solament un 4% del total obtingut a la UPC en el mateix període. Els departaments relacionats amb l'arquitectura i l'enginyeria de l'edificació (CA1 i CA2), amb un total de 12 patents, realitzen la principal aportació. Tal i com ja es va esmentar als reports corresponents als períodes anteriors, l'escàs nombre de patents evidencia una limitada capacitat d'innovació tecnològica per part dels investigadors vinculats a l'àrea. Pot afirmar-se, de fet, que la major part de l'esforç realitzat pels investigadors s'orienta cap a una forma de recerca d'alt nivell científic però insuficientment connectada amb les empreses i amb les necessitats d'innovació tecnològica a la indústria. L'observació de l'evolució del nombre de patents aconseguides durant el període palesa, però, una certa tendència al creixement amb un salt important (de 3 a 7) l'any 2009.

5.2 Publicacions

La producció de publicacions científiques i tècniques es resumeix a les taules 19 i 20 tot distingint entre llibres, capítols de llibres, articles en revistes i treballs presentats a congressos. No s'han computat publicacions de tipus docent o d'altra mena no relacionades estrictament amb la recerca. Entre els articles es distingeix entre articles publicats en revistes indexades en el Journal Citation Report (JCR), articles publicats en revistes no indexades en el JCR però considerades notables per part de la UPC (NOT), i articles publicats en altres revistes no indexades en el JCR i no considerades notables (CTA+DIV). Aquest darrer grup inclou revistes científicotècniques o artístiques no indexades i no considerades notables (CTA) i articles de divulgació (DIV). En relació a congressos, es distingeix entre publicacions en actes de congressos considerats notables per la UPC i altres treballs presentats en congressos.

A diferència del que ha estat esmentat respecte a les patents, l'àrea d'enginyeria civil i de la construcció presenta uns resultats excel·lents quant a publicacions resultants de la recerca. Durant el període en estudi, els departaments de l'àrea (que representen un 16% del personal de la UPC) han produït, dins de la UPC, un 35% dels llibres publicats, un 21% dels capítols de llibre, un 18% dels articles de revistes i un 22% dels treballs presentats a congressos. El nombre d'articles publicats en revistes indexades en el *Journal Citation Report* representa un 17% del total de la UPC. En conjunt, es pot considerar que els resultats, quan a producció científica de qualitat, són positius i posen de manifest l'existència de grups de recerca d'excel·lència amb elevada capacitat de producció. Cal notar, però, que la contribució a la producció científica publicada dels diferents departaments és força desigual. En l'àrea conviuen departaments febles en producció científica amb departaments altament productius. Entre els segons destaquen els departaments vinculats amb l'ETSECCPB, i molt especialment els departaments d'Enginyeria del Terreny, Cartogràfica i Geofísica, d'Enginyeria Hidràulica, Marítima i Ambiental i de Matemàtica Aplicada III.

Tal i com pot observar-se a la taula 13, l'evolució de la producció científica publicada ha estat molt satisfactòria dins del període en estudi. Cal notar que en aquesta taula l'any 2008 acumula 16 mesos degut a que a partir d'aquesta data la UPC comença a realitzar el còmput de la producció científica per anys naturals, mentre que anteriorment

havia estat feta per cursos. En particular, l'augment de la producció publicada de qualitat, dins del període, ha estat realment molt important. En particular, l'any 2009 es van publicar 268 articles en revistes indexades en el JCR, la qual cosa representa el 300% de la quantitat publicada durant el curs 2002-2003. L'augment important i sostingut de la publicació d'articles en revistes és ben visible a la figura 3, on es fa palès que l'augment afecta principalment a les publicacions en revistes indexades en el JCR. En aquesta figura, la producció de l'any 2008 ha estat afectada per un factor d'equivalència per a permetre la comparació amb períodes de 12 mesos. Aquest augment, que palesa una major consciència dels investigadors cap a la necessitat de publicar els resultats de la recerca en revistes de prestigi i d'alt impacte, s'ha vist sens dubte potenciant pel la importància que les publicacions científiques han tingut en les proves d'habilitació i acreditació realitzades durant aquest període per a la incorporació i promoció del professorat.

La Universitat Politècnica de Catalunya ha estat líder en el camp de l'enginyeria civil (entre d'altres camps com l'arquitectura, l'automàtica i la robòtica, o les telecomunicacions) durant el període 2007-2011 en la 3^a edició del *Rànkning I-UGR 2012 de las Universidades Españolas según Campos y Disciplinas Científicas*, el qual abasta institucions públiques i privades i es fonamenta en la recerca que es publica a les revistes internacionals de major impacte i visibilitat. Les bases de dades bibliogràfiques de referència que utilitza el rànkning són les de Thomson Reuters (Web of Science i Journal Citation Reports). La UPC apareix en la primera posició en el camp de les enginyeries durant el període esmentat.

5.3 Tesis doctorals

Tal i com queda consignat a les taules 21 i 22, durant el període de 2003 a 2009 s'ha llegit dins de l'àrea (i dins de la UPC) un total de 289 tesis, la qual cosa representa una mitjana de 8 tesis l'any i un 20% respecte del nombre total de tesis llegides a la UPC. Aquest percentatge s'ha mantingut constant respecte de l'anterior report de la recerca, on la quantitat de tesis llegides se situava en un 19% del total.

La taula indica el nombre de tesis dirigides per professors de la UPC, tant si s'han llegit a la UPC o fóra (és a dir, a altes institucions com a resultat d'algun tipus d'acord o

conveni). Al llarg del període considerat, el nombre de tesis llegides ha augmentat sensiblement, de manera que el total llegit l'any 2009 (58) representa un 175% del nombre llegit durant el curs 2002-2003.

El nombre de beques predoctorals obtingudes també constitueix, d'alguna manera, un resultat de la recerca doncs, com s'ha comentat, el gruix d'aquestes beques s'obté de convocatòries de caire competitiu on a banda dels mèrits del candidat també es considera el currículum investigador del grup que acull la recerca. Des d'aquest punt de vista es pot considerar decebedor el fet que l'àrea d'enginyeria civil i enginyeria de la construcció hagi aconseguit, durant el període 2003 a 2009, solament un 15% del total de beques predoctorals obtingudes a la UPC. Més encara, s'observa que la tendència és en grans trets decreixent, doncs el total de beques al l'àrea representava a l'inici del període un 21%, quantitat que s'ha vist reduïda fins al 13% al 2009. Un dels factors que possiblement dificulta l'obtenció de beques, en relació a altres camps del coneixement, rau possiblement en les qualificacions comparativament més baixes que reben tradicionalment els estudiants de les principals titulacions de l'àrea d'enginyeria civil. Amb unes qualificacions, en mitjana, comparativament més baixes, els candidats de l'àrea es troben en una certa inferioritat de condicions a l'hora de participar en convocatòries de caire competitiu on normalment l'expedient acadèmic esdevé el principal criteri per a la concessió de les beques. Òbviament, aquestes qualificacions més baixes resulten del criteri dels professors de les corresponents escoles i no manté relació amb l'acompliment dels estudiants.

És remarcable el fet que el percentatge de tesis llegides en l'àrea dins la UPC (20%) sigui sensiblement superior al percentatge de beques concedides per any (15%). Això posa de manifest l'alta eficàcia del conjunt del sistema de recerca, el qual permet que pràcticament tots els estudiants amb una beca predoctoral concedida acabin sent doctors i el nombre d'abandonaments sigui molt reduït. Com ja es va comentar en el report relatiu al període anterior, aquest fet està relacionat amb l'alta productivitat científica dels directors de tesi i a la seva elevada dedicació a la supervisió del treball dels doctorands.

5.4 Punts de recerca

La UPC, amb caire pioner a l'Estat, fa anys que ha implantat un sistema d'avaluació de la producció dels seus professors que pondera les diverses contribucions amb uns punts d'activitat de recerca (PAR) i uns punts d'activitat de transferència de tecnologia (PATT) per professor equivalent a dedicació plena (EDP). Els punts anomenats PAR qualifiquen les contribucions científiques (com les comunicacions i ponències en congressos, articles en revistes nacionals, monografies, patents, llibres, etc.) mentre que els punts PATT mesuren la capacitat de captació de fons per a la recerca i la transferència de tecnologia en forma de convenis i projectes. Els punts PAR tipus 1 qualifiquen les activitats de recerca de qualitat contrastada, és a dir, sotmeses a processos de revisió o de validació per experts; s'hi consideren no únicament articles, sinó també comunicacions publicades a actes de congressos valorats com a notables per part de la UPC; es consideren com a notables els congressos molt consolidats i amb un gran prestigi dins del seu camp. Els punts PAR tipus 2 fan referència a la resta d'activitats. Els EDP fan referència tant als professors com a investigadors. Dins el càlcul d'EDP s'inclouen els professors, els investigadors i els becaris graduats a partir del tercer any de beca. A efectes de l'elaboració d'aquesta taula, dins dels departaments de Matemàtica Aplicada III i Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria s'han considerat únicament els grups de recerca vinculats a l'ETSECCPB.

La mesura de la productivitat a través dels punts PAR i PATT posa de manifest el satisfactori nivell que tant en capacitat de captació de recursos com en producció científica presenten la major part dels departaments considerats, així com l'àrea en el seu conjunt. La taula 23 resumeix els punts PAR i PATT obtinguts pels departaments de l'àrea durant l'any 2009 (corresponent al darrer any del període en estudi). Mentre que els EDP's totals de l'àrea representen l'11% del total de la UPC, l'àrea produeix el 15% dels punts PAR, el 14% dels PAR tipus 1 i el 19% dels PATT. L'àrea presenta ràtios per EDP sensiblement superiors a les mitges de la UPC, i en supera la mitjana en un 41% en el cas dels punts PAR, un 34% en el cas dels PAR tipus 1 i un 77% en els punts PATT. La taula 24 estableix una comparació amb els resultats del curs 2001-2002, corresponent al final del període de l'informe anterior. El fet de comparar un curs amb un any es deu al canvi de criteri realitzat a partir de l'any 2008, any a partir del

qual, com s'ha esmentat, la recerca ha estat essent avaluada segons anys naturals. La comparació permet identificar un creixement substancial tant de la capacitat de captació de recursos com de la producció científica. El creixement experimentat no és proporcional, sinó que excedeix sensiblement a l'augment del nombre d'EDP's experimentat per l'àrea. Particularment remarcable ha estat el creixement en punts PAR tipus 1 per EDP (que presenta un augment del 87%) i en punts PATT per EDP (amb un augment del 51%).

5.5 Nova anàlisi bibliomètrica

El nombre d'articles publicats a revistes internacionals de prestigi constitueix un dels indicadors més habitualment emprats per a la mesura de l'excel·lència científica i de la capacitat de generació de coneixement gràcies al seu caràcter objectiu i contrastable. En aquest apartat es presenta un estudi comparatiu realitzat a partir de dades sobre el nombre de publicacions de l'àrea d'enginyeria civil i enginyeria de la construcció a la ciutat de Barcelona i a la UPC en relació amb d'altres ciutats i universitats europees. L'estudi reproduïx una metodologia introduïda en el report del període 1992-1998 i igualment aplicada en el report del període 1996-2002. Aquesta metodologia comptabilitza la contribució al coneixement d'una ciutat o d'una institució com a relació entre el nombre d'articles publicats pels seus investigadors en relació al nombre total d'articles. A més de permetre una certa quantificació de la contribució científica, l'aplicació d'aquesta metodologia en possibilita una anàlisi de l'evolució a través dels esmentats períodes.

5.5.1 Selecció de revistes científiques

L'estudi del nombre de publicacions s'ha realitzat a partir d'un conjunt de 23 revistes representatives de les diferents subàrees de l'enginyeria civil i de la construcció presentades a l'apartat 2.2. Per a la selecció de les revistes, i a banda de garantir la representació de les subàrees, s'han considerat els factors d'impacte (FI) i les preferències per part dels investigadors de l'àrea. En particular, entre les revistes seleccionades hi ha les 15 revistes on més publiquen els professors de la UPC segons un estudi de la Biblioteca Rector Gabriel Ferraté (BRGF, 2009); la mostra també inclou els títols considerats en el report del període 1996-2002. Totes les revistes seleccionades es troben indexades a l'Science Citation Index (SCI). La taula 25 presenta els títols de les

revistes seleccionades amb la indicació de les categories corresponents de l'SCI i els factors d'impacte dels anys 2001 i 2009.

L'Science Citation Index (SCI) proporciona una mesura de la citació de publicacions dins d'una àmplia base de dades de revistes científiques i tècniques. Gràcies a la selecció rigorosa, les revistes incloses a l'SCI poden considerar-se com a publicacions líder en termes de qualitat i prestigi a nivell mundial. L'SCI va ser originalment creat per l'Institute for Scientific Information (ISI), actualment dependent de Thomson Reuters. Un dels indicadors oferts per l'SCI, i convencionalment adoptats per a la mesura de la qualitat de les revistes, és el factor d'impacte d'un cert any (FI). El FI es defineix per a una revista i per a un cert any de càlcul com el nombre mitjà de citacions rebudes en l'any de càlcul pels articles publicat a la revista durant els dos anys anteriors, o equivalentment, el nombre de citacions rebudes per articles publicats en els dos anys anteriors dividit per el nombre d'articles publicats en aquests anys.

Per diversos motius, els FI de les revistes lligades a l'enginyeria i a la construcció són baixos per comparació amb altres àrees del coneixement; el còmput dels FI es veu negativament afectat, en particular, per un ritme de producció i de citació més lent que a d'altres àrees. Per aquest motiu, i tot mantenint el criteri dels reports anteriors, s'ha optat per limitar l'ús del FI a la selecció de les revistes més significatives de cada subàrea. Cal notar, però, que el FI de les revistes seleccionades ha experimentat un important creixement entre els anys 2001 i 2009, havent-se doblat o triplicat en molts casos. Aquest increment pot considerar-se relacionat un augment gradual del nombre d'articles rellevants i d'alt impacte científic o tècnic en el context de l'enginyeria civil de i la construcció.

5.5.2 Metodologia

El mètode aplicat ha consistit en extraure de l'SCI totes els articles publicats originats en les ciutats europees on es troba una àmplia selecció d'escoles d'enginyeria civil i d'arquitectura de més prestigi. S'adopta el concepte de contribució (d'una ciutat o d'un centre a una revista) definit com a relació, expressada per mil, entre el nombre d'articles publicats en aquesta ciutat (o centre) i el total de la revista. Per exemple, una contribució de cinc per part d'una ciutat indica que de cada mil articles publicats a la

revista, cinc provenen d'aquesta ciutat. L'anàlisi s'ha realitzat per a tres grans àmbits (els mateixos àmbits considerats en els reports anteriors) corresponents a l'enginyeria de la construcció i computacional, l'enginyeria hidràulica i geotècnica i l'enginyeria marítima i ambiental. La contribució d'una ciutat a un àmbit s'obté com a mitjana de les contribucions de la ciutat a totes les revistes de l'àmbit. Finalment, la contribució d'una ciutat al coneixement dins l'àrea de d'enginyeria civil i de la construcció s'estima (amb les necessàries reserves) com a mitjana de les contribucions als tres àmbits considerats. Les contribucions han estat calculades per al darrer trienni del període en estudi (2007-2009) i han estat comparades amb les calculades en l'anterior report per al període 2000-2002.

Les contribucions calculades per a les ciutats europees considerades, tant globals com per àmbits, es descriuen a través dels diagrames de la figura 1. Aquests diagrames representen les contribucions (sempre en tant per mil) del trienni 2007-2009 en relació a les del trienni 2000-2002. Aquest tipus de representació permet observar la posició de cada ciutat independentment per a cada trienni, segons l'eix considerat, així com analitzar-ne l'evolució experimentada entre els dos períodes en funció de la posició relativa a la diagonal. Les ciutats considerades són Londres, París, Zuric, Delft, Darmstadt, Milà, Estocolm, Goteborg, Berlín, Karlsruhe, Copenhaguen i Barcelona. La cerca relativa a Copenhaguen també inclou la ciutat de Lyngby, on està situada la Universitat Politècnica de Dinamarca. També a Zuric s'afegeix tota la producció de la Universitat Politècnica, que és federal i té seus importants a altres ciutats.

El mateix mètode i els mateixos criteris han estat aplicats per a un conjunt d'universitats tecnològiques localitzades en aquestes ciutats. Els resultats han estat recollits a la figura 2. La nomenclatura emprada és la següent: IC: Imperial College, Londres; ETH: Institut Federal Suís de Tecnologia, Zurich; UPC: Universitat Politècnica de Catalunya; Milà: Universitat Politècnica de Milà; Delft: Universitat de Tecnologia de Delft; KTH: Reial institut de Tecnologia de Suècia; ENPC: Escola Nacional de Ponts i Camins, París; TUDAR: Universitat Politècnica de Darmstadt; TUB: Universitat Tècnica de Berlín; UFK: Universitat de Karlsruhe; TUDEN: Universitat Politècnica de Dinamarca, Copenhaguen; UPM: Universitat Politècnica de Madrid; UPV: Universitat Politècnica de València; Chalmer: Universitat de Chalmer, Goteborg.

Cal esmentar que les dades presentades poden exhibir algunes imprecisions derivades de certa variabilitat en la designació del nom de les universitats per part dels autors dels articles (per exemple, en algunes ocasions el nom de les universitats es presenta traduït a l'anglès); això pot ocasionar problemes en la cerca i sistematització de la informació, els quals eventualment podrien afectar a la vàlua absoluta dels resultats. D'altra banda, cal també notar que la comparació amb el trienni 2000-2002 no pot realitzar-se de manera molt estricta degut a variacions en la representativitat i en la preferència de les revistes per part dels autors. S'ha intentat contrarestar aquest inconvenient amb la inclusió de nous títols actualment ben significats dins de les diferents subàrees.

5.5.3 Resultats i discussió

Duran el trienni 2003-2009 els investigadors catalans han publicat a la mostra de revistes seleccionades un total de 414 articles, xifra que representa un 1.74% del total a nivell mundial i un 32.62% dels articles publicats a l'Estat Espanyol. Dels articles publicats a Catalunya, un 87,44% ho han estat per part d'entitats situades a Barcelona.

La comparació entre ciutats (figura 4) posa de manifest la consolidació de Delft i Londres com a ciutats capdavanteres en recerca, amb una contribució del 22.5‰ i 20,8‰ respectivament durant el trienni 2007-2009. Barcelona, amb una contribució del 19,3‰, ocupa un tercer lloc molt proper al d'aquestes ciutats i es troba força per damunt de ciutats com París, Madrid o Milà. En relació al trienni 2000-2002, moltes de les ciutats considerades milloren la seva contribució en menor o major mesura; aquesta millora, però, és molt destacada en el cas de Barcelona, que durant el trienni 2000-2002 havia ocupat una quarta posició amb una contribució del 8,1‰. La millora és també sensible en el cas de Delft, que d'aquesta manera consolida el seu lideratge a nivell europeu. En el report anterior es va considerar que per a Barcelona seria difícil augmentar per damunt del 9 ‰ i que, per tant, aquesta contribució il·lustrava una situació aproximadament consolidada en el marc europeu. En contradicció amb aquesta previsió, l'anàlisi del trienni 2007-2009 permet observar, en el cas de Barcelona, una gran capacitat de creixement, essent de fet la ciutat que més ha crescut en producció dins del grup de les ciutats més ben posicionades. Aquest creixement ha estat molt notable en els àmbits de l'Enginyeria Marítima i Ambiental, on la contribució ha assolit un valor de 23,6‰, i de l'Enginyeria Hidràulica i del Terreny, amb una contribució del

23%. La contribució de l'àmbit de l'Enginyeria de la Construcció i Computació, situada en un 11.1%, es manté constant respecte del trienni 2000-2002. En el cas de l'Enginyeria Hidràulica i del Terreny, Barcelona queda situada en segon lloc per sota de Londres i lleugerament per damunt de Delft. En l'àmbit de l'Enginyeria Marítima i Ambiental, Barcelona queda situada també en segona posició després de Delft. Degut a remarcable posició aconseguida en relació a altres ciutats, és possible parlar, en el cas de Barcelona, d'una consolidació de les universitats i dels centres de recerca de la ciutat com a entitats d'excel·lència investigadora. Aquesta consolidació ha comportat, entre altres aspectes, un augment sensible dels recursos per a la recerca obtinguts a través de contractes per empreses i convocatòries públiques competitives tal i com s'ha esmentat a l'apartat 4.3.

L'estudi per centres (figura 5) mostra tendències similars atès que les ciutats triades es corresponen amb les seues geogràfiques de les universitats tecnològiques seleccionades. El centre amb una major producció és la Universitat Tecnològica de Delft, amb una contribució del 16,51 %. La UPC ocupa un destacat segon lloc amb una contribució total del 14,28 % i supera a l'Imperial College de Londres, amb una contribució del 10,63%. Cal notar, d'altra banda, que tant l'Imperial College com la Universitat Tecnològica de Delft presenten un volum, en termes de personal investigador i pressupost per a la recerca, sensiblement superior a la UPC.

La UPC és també la universitat que més creix entre les que presenten una major contribució. Cal notar l'important progrés de la UPC al llarg dels diferents períodes estudiats. La UPC va passar de ser la sisena universitat en el període 1989-1993 a ser la quarta en el període 1994-1998, i la tercera en el període 1999-2002. Durant aquests períodes, la contribució de la UPC s'havia situat al voltant d'un 6%. Finalment, i durant els anys 2007 a 2009, amb una contribució del 14,28 %, la UPC ha assolit una segona posició molt avantatjada i es veu solament superada per la universitat Tecnològica de Delft, que consolida el seu liderat europeu.

A més, la UPC assoleix una primera posició, per damunt de la Universitat Tecnològica de Delft, en l'àmbit de la Construcció i la Computació amb una contribució parcial de 9,92 %. En l'àmbit de l'Enginyeria Marítima i Ambiental, la UPC experimenta un creixement molt substancial i passa de la posició modesta que ocupava durant el trienni

2000-2002 a una segona posició en el trienni 2007-2009, amb una contribució del 15.58‰. En l'àmbit de l'Enginyeria Hidràulica i del Terreny la UPC assoleix també una segona posició, després de l'Imperial College de Londres, amb una contribució del 17.35‰.

La contribució parcial per subàrees, sempre dins del trienni esmentat, ha estat de 26,42‰ per a l'Enginyeria Marítima, 4.75‰ per a l'Enginyeria Ambiental, 18.58‰ per a l'Enginyeria Hidràulica, 16,12‰ per a l'Enginyeria del Terreny, 4.35‰ per a l'Enginyeria de la Construcció i 16.87‰ per a l'Enginyeria Computacional. En l'àrea de l'Enginyeria del Transport, que no havia estat inclosa en els reports anteriors, la contribució obtinguda ha estat de 4.60‰.

En definitiva, és possible afirmar que la UPC manté un alt nivell d'excel·lència en l'àrea de l'enginyeria de la construcció i l'enginyeria civil. Els resultats del trienni 2007-2009 milloren substancialment els nivells obtinguts durant els períodes anteriors i situen a la institució en una situació molt destacada entre les universitats tecnològiques europees més prestigioses. A Europa, la UPC sols és superada en productivitat dins de l'àrea en estudi per la Universitat Tecnològica de Delft. A més, l'anàlisi dels períodes reportats posa de manifest una sensible tendència al creixement continuat de la contribució al coneixement dins l'àrea.

5.6 Estudi comparatiu realitzat per la Biblioteca Rector Gabriel Ferraté

En aquest apartat es dona notícia i es presenten les principals conclusions d'un estudi comparatiu relatiu a la publicació científica de la UPC i de l'Escola de Camins, Canals i Ports de Barcelona (ETSCCPB) realitzat per la Biblioteca Rector Gabriel Ferraté (BRGF) a petició d'aquesta escola i referit al període 1998-2008. L'estudi va tenir com a objectiu l'anàlisi del nombre d'articles publicats a revistes i de les corresponents citacions i es va basar en dades extretes de les bases de dades de Thomson Reuters (Web of Science, WoS; Journal Citation Reports, JCR; i Essential Science Indicators, ESI). L'estudi es va realitzar considerant un conjunt ampli de revistes, 217 en total, pertanyent a sis categories temàtiques definides per JCR dins de les quals publiquen majoritàriament els professors de l'ETSECCPB. La comparació del nombre de publicacions i de les citacions es va estendre a un conjunt de 16 universitats d'entre les

científicament més prestigioses d'arreu del món. La relació de les universitats considerades, amb els seus corresponents acrònims, és la següent: Universitat d'Stanford (Stanford Univ.), Universitat de Califòrnia a Berkeley (UC Berkeley), Institut Federal Suís de Tecnologia, Zurich (ETHZ), Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), Imperial College, Londres (IC), Escola Politècnica Federal de Lausanne (EPFL), Universitat d'Illinois a Urbana-Champaign (UIUC), Universitat de Tecnologia de Delft (Delft), Universitat Tècnica de Lisboa (UTL), Escola Nacional de Ponts i Camins, París i Laboratori Central de Ponts i Camins, París (ENPC/LCPC), Texas A&M University (TAMU), Universitat de Sao Paulo (USP), Universitat Federal de Rio de Janeiro (UFRJ) i Universitat Nacional Autònoma de Mèxic (UNAM). S'inclouen també la Universitat Politècnica de València (UPV) i la Universitat Politècnica de Madrid (UPM) que, juntament amb la UPC, completen el conjunt de les universitats politècniques de l'Estat Espanyol.

El cas de l'ETSECCPB també es considera i es compara amb la resta d'universitats malgrat recollir únicament una part de la UPC. La metodologia emprada i els resultats de l'estudi es troben detalladament descrits al document "Estudi comparatiu de la publicació científica de la UPC i l'Escola de Camins vs. Altes universitats d'àmbit internacional (1998-2008), elaborat per la BRGF. D'acord amb els autors, i malgrat que la metodologia utilitzada impedeix considerar aquest estudi com un informe exhaustiu, l'anàlisi ha permès obtenir dades molt significatives per a situar la posició de la UPC i de l'Escola de Camins quant a la producció científica en comparació amb universitats de referència internacional.

La gràfica de la figura 6 compara el nombre d'articles produït per cadascun dels centres esmentats durant el període al que es refereix l'estudi. El gràfic destaca en color negre la producció de la UPC i, dins de la UPC, en gris fosc, la xifra d'articles que compten amb un o més professors de l'ETSECCPB, independentment de que també hi participin altres professors de la UPC o d'altres entitats. Les universitats amb estudis en enginyeria civil amb una major producció científica en el període i a les categories estudiades són la University of Illinois, amb 1390 documents, Texas A&M, amb 1274 i la University of California Berkeley, amb 1230 documents. La UPC ocupa la posició número 7 en aquest rànquing i l'ETSECCPB ocupa per sí mateixa la posició 8. Del conjunt d'universitats politècniques de l'estat espanyol, la UPC és la que presenta un

major nombre de publicacions en les revistes analitzades. La producció de la UPC és un 49.7% superior a la UPV i un 59.3% superior a la UPM.

El segon gràfic que s'aporta com a part de l'estudi (figura 7) compara la quantitat mitjana de citacions rebudes per article per a cadascuna de les institucions considerades. En aquest cas s'observa que l'ETSECCPB ocupa la segona posició darrera de la Universitat d'Stanford i abans de de la Universitat de Califòrnia a Berkeley. Els articles publicats per l'ETSECCPB reben una mitjana de 9.14 citacions. A més, els professors vinculats a l'ETSECCPB reben el 76,5% del total de les citacions de la UPC durant el període analitzat. La UPC es troba en una cinquena posició entre les 16 entitats considerades. Els resultats confirmen l'alt nivell d'excel·lència investigadora que presenten tant la Universitat Politècnica de Catalunya com, en particular, l'ETSECCPB. Tot considerant el nombre de citacions que en mitjana reben els articles com un indicatiu de qualitat, és clar que l'ETSECCPB presenta uns estàndards comparables amb els de les millors universitats a nivell internacional.

6 Conclusions

De l'anàlisi dels resultats del present report, juntament amb la comparació amb els reports anteriors, és possible extreure les següents conclusions i consideracions.

6.1 Importància i comportament del sector de la construcció

El sector de la construcció va mantenir durant el període analitzat una gran importància a l'Estat Espanyol, tot contribuint amb un valor mig anual de producció d'un 17% sobre el PIB i ocupant a un 10.4% de la població activa. El pes del sector a Catalunya es va mantenir menor en termes relatius, però també força important, tot representant aproximadament un 9.3% del PIB i ocupant un 5,5% de la població activa (d'acord amb dades respectivament dels anys 2006 i 2008).

El període en estudi es va caracteritzar, fins a l'any 2007, pel manteniment d'una fase d'expansió econòmica amb creixement mig d'un 3,5% anual. A partir de l'any 2008, i amb l'arribada de la crisi financera mundial i l'esclat de l'anomenada bombolla

immobiliària, l'economia catalana entra en un període recessiu amb una important contracció de la demanda i el consum i una creixent destrucció d'ocupació.

Malgrat la gran importància econòmica del sector al llarg del període considerat, l'aportació del sector en recerca i innovació tecnològica ha estat molt limitada en relació a altres sectors de l'activitat econòmica. A nivell de l'Estat Espanyol, i durant el període de 2003 a 2009, les empreses relacionades amb la construcció han invertit en innovació solament el 3,2% del total aportat per les empreses del conjunt de sectors econòmics. La inversió en R+D ha estat encara inferior i ha representat solament un 2,4% de la inversió realitzada pel conjunt dels sectors econòmics.

6.2 Recursos humans

El nombre de professors i investigadors vinculats a les universitats i els centres de recerca presenta des de fa anys un creixement molt lent i una tendència a l'estabilització. Aquesta estabilització de les plantilles és en part conseqüència de l'assoliment d'una certa suficiència en relació a la disponibilitat de personal com a resultat d'esforços inversos realitzats durant decennis anteriors. La major part de les possibilitats de creixement experimentades durant els darrers anys han anat lligades a la creació de noves titulacions universitàries (com les titulacions relacionades amb l'enginyeria aeronàutica en el cas de la UPC). Malgrat tot, el nombre de professors de l'àrea d'enginyeria civil i d'enginyeria de la construcció ha crescut en un 14% durant el període analitzat. Cal destacar, d'altra banda, l'elevada categoria que presenta la plantilla de professors d'alguns dels departaments de l'àrea, amb un gran nombre de professors doctors en relació al total. També és remarcable l'elevat nombre de catedràtics (263) en relació a les dimensions totals de l'àrea.

El creixement moderat experimentat pel personal acadèmic, del 14%, no és suficient per a compensar l'increment significatiu de l'edat mitjana de les persones dedicades a la recerca dins l'àrea. Aquest increment de l'edat mitjana ja va ser detectat en el report anterior i, malgrat no haver estat objecte d'un estudi específic en el present report, pot considerar-se agreujat en l'actualitat degut a les escasses possibilitats de creixement i renovació tingudes durant els darrers anys. Per tant, segueix sent necessari un relleu generacional que, de no produir-se, podria a mig termini reduir la disponibilitat de

persones en etapa de plena productivitat i comportar una baixada dels nivells de producció científica actuals.

Uns vint grups de recerca relacionats amb l'àrea tenen la consideració de Grups de Recerca de la Generalitat de Catalunya i han estat finançats per l'AGAUR a les convocatòries de 2005 i/o 2009. En particular, el 70% dels professors de la UPC vinculats a l'àrea pertanyen a algun dels grups de recerca reconeguts i finançats per la Generalitat de Catalunya l'any 2009.

Durant el període analitzat, i en relació a la consecució de beques per a la formació d'investigadors, les principals possibilitats han estat les que han ofert la Generalitat de Catalunya y el Govern Espanyol a través de les seves corresponents convocatòries competitives. Alhora, les universitats –en particular, la UPC- han fet un esforç significatiu per complementar l'oferta de beques. Cal notar que durant els darrers anys el nombre de beques obtingudes ha experimentat una certa reducció. Així, l'any amb més beques aconseguides dins l'àrea és el 2005 mentre que l'any menys reeixit és el 2007. La relació entre beques aconseguides i professorat doctor, sempre dins l'àrea i el període en estudi, ha estat de 2,7. Això, si es considera que la durada de les beques és normalment de 4 anys, implica que, en mitjana, els professors doctors de l'àrea han pogut dirigir un mínim de dos tesis becaades durant el període de 8 anys considerat. O bé, alternativament, que en mitjana els professors doctors han gaudit en tot moment i com a mínim de la col·laboració d'un estudiant de doctorat becat.

6.3 Finançament de la R+D

Malgrat la limitada aportació del sector de la construcció a la R+D, segons s'ha esmentat a l'apartat 6.1, la principal font de recursos per a la recerca dins de l'àrea de l'enginyeria civil i de la construcció han estat els contractes i els convenis amb empreses, els quals han representat el 62% del total dels recursos obtinguts a la UPC. La resta dels recursos ha provingut de convocatòries competitives per al finançament de projectes tant nacionals com europeus. En particular, un 12% del finançament obtingut correspon a projectes finançats pels programes marc de la Unió Europea. La participació en projectes finançats pel Govern Espanyol, que ha aportat un 26% de l'import disponible per a la recerca, s'ha vist potenciada per la creació d'un Programa

Nacional de Construcció dins l'àrea anomenada de Transport i Construcció, el qual ha gaudit d'un finançament significatiu.

Catalunya, amb un import total de 142.462.096 €, ha obtingut el 17% dels fons finançats pel Govern Espanyol dedicats a programes relacionats amb l'àrea de l'enginyeria civil i l'enginyeria de la construcció. L'evolució de la participació Catalana en el Programa Nacional de Construcció ha experimentat un creixement continuat des d'un 15% l'any 2004 fins a un 21% l'any 2009. En relació a la obtenció de recursos del 6^é Programa Marc de la Unió Europea, Catalunya ha presentat una capacitat de captació un tant modesta en relació al seu potencial investigador, havent-se situat per darrera de les comunitats de Madrid i del País Basc.

L'evolució en el temps de l'import total aconseguït de projectes i convenis mostra un creixement continuat al llarg dels anys 2003 a 2008, any en que s'assoleix la xifra màxima de 12,518,896€. L'any 2009 es manté proper al màxim obtingut (11.537,797), malgrat una davallada molt important de l'import de convenis que tal vegada pot ser observat com un primer efecte de la crisi financera actual.

6.4 Resultats científics

Malgrat el seu caire eminentment tecnològic, l'àrea de l'enginyeria civil i de la construcció obté resultats globalment pobres en relació a patents aconseguïdes. El nombre de patents és molt reduït (20 en 6 anys) i representa solament un 4% del total obtingut a la UPC en el mateix període. L'escàs nombre de patents, tal i com ja s'havia esmentat als reports dels períodes anteriors, evidencia una limitada implicació en la innovació tecnològica per part dels investigadors vinculats a l'àrea. De fet, la major part de l'esforç realitzat pels investigadors de l'àrea s'orienta cap a una forma de recerca científicament elevada però insuficientment connectada amb les empreses i amb les necessitats o les oportunitats d'innovació tecnològica. Tanmateix, al llarg del període analitzat s'observa un creixement moderat però sostingut del nombre de patents que caldria continuar i potenciar en el futur.

A diferència del que ha estat esmentat respecte a les patents, l'àrea presenta uns resultats excel·lents en producció científica de qualitat. En conjunt, es pot considerar que els resultats quan a publicacions científiques de qualitat són positius i posen de

manifest l'existència de grups de recerca d'excel·lència amb elevada capacitat de producció. A més, la producció científica publicada pels departaments de l'àrea ha presentant un augment important i continuat al llarg del període estudiat.

L'estudi bibliomètric realitzat s'ha basat en una certa estimació de la contribució de diverses ciutats europees i diverses universitats tecnològiques a la producció científica publicada a nivell mundial. Per tal de permetre una comparació directe, aquest estudi ha explotat la metodologia ja formulada i emprada en els reports anteriors. En l'àrea de l'enginyeria civil i de la construcció, Barcelona, amb una contribució estimada a la producció científica publicada del 19.26%, ocupa un tercer lloc entre les ciutats europees i es troba per damunt de ciutats com París, Madrid o Milà. L'anàlisi del trienni 2007-2009 ha palesat un creixement important i situa a Barcelona com la ciutat que més ha augmentat la seva contribució entre les ciutats capdavanteres. Aquest resultat posa de manifest una consolidació de les universitats i dels centres de recerca de la ciutat com a entitats d'excel·lència investigadora.

La metodologia aplicada ha permès estimar una contribució per part de la UPC del 14.28 % dels articles publicats a nivell mundial dins de l'àrea. Els resultats del trienni 2007-2009 milloren substancialment els nivells obtinguts durant els períodes anteriors i situen a la institució en una posició molt destacada entre les universitats tecnològiques europees més prestigioses. A més, l'anàlisi dels períodes reportats posa de manifest un augment continuat de l'aportació científica.

L'estudi realitzat per la BRGF, està a un nombre important d'universitats tecnològiques prestigioses d'arreu del món i dut a terme a partir d'una mostra molt àmplia de revistes, proporciona resultats molt similars. La UPC ocupa la posició setena entre les universitats considerades quan al nombre total d'articles publicats. Alhora, l'ETSECCPB, per si mateixa, i comparada amb el mateix conjunt d'universitats, ocupa una octava posició. Quan es compara la mitjana de citacions rebudes per article s'observa que la UPC es troba en una cinquena posició mentre que l'ETSECCPB ocupa la segona posició darrera de la Universitat d'Stanford i abans de la Universitat de Califòrnia a Berkeley. Els resultats confirmen l'alt nivell d'excel·lència investigadora que presenten tant la Universitat Politècnica de Catalunya com, en particular, l'ETSECCPB. Tot considerant el nombre de citacions que en mitjana reben els articles

com un indicatiu de qualitat, pot afirmar-se que l'ETSECCPB presenta uns estàndards de recerca comparables amb els de les millors universitats a nivell internacional.

6.5 Consideracions finals

Durant el període estudiat l'àrea de l'enginyeria civil i l'enginyeria de la construcció s'ha caracteritzat per l'assoliment d'un alt nivell científic i per l'obtenció d'excel·lents resultats en forma d'una producció científica molt remarcable tant en quantitat com en qualitat. A més s'observa un creixement continuat dels principals índexs significatius de la capacitat investigadora. És possible afirmar que l'àrea ha assolit un alt nivell d'excel·lència investigadora i que es troba, al final del període, òptimament posicionada per a consolidar i fins i tot ampliar la seva capacitat per a contribuir al coneixement tècnic i científic. D'aquesta contribució se'n deriva una important aportació potencial al desenvolupament tecnològic del sector de la construcció i, des d'una òptica més general, una possible millora de les condicions de vida dels usuaris dels recursos construïts.

En definitiva, i pels voltants de l'any 2009, podia parlar-se d'una situació satisfactòria en relació a la disponibilitat de recursos i en relació a la capacitat dels investigadors per transformar-los en coneixement científic i tècnic d'alt nivell. Malauradament, l'arribada de la crisi financera de l'any 2008, amb totes les seves conseqüències negatives, està significat un gran repte per al manteniment de la productivitat i del nivell científic assolit. La importància de la recerca i de la innovació tecnològica com a elements necessaris per a la millora de la viabilitat i competitivitat de les activitats econòmiques i de les empreses es reconeguda per totes les instàncies governamentals i en qualsevol cas queda ben demostrada per l'experiència dels països econòmicament capdavaners i menys afectats per la crisi. Malauradament, i degut a l'escassetat dels recursos econòmics que han comportat la crisi i les polítiques de contenció pressupostària, els governs han reduït de manera sensible la seva aportació als diferents programes de recerca i de formació de personal investigador. Les oportunitats de finançament s'han vist també minvades per la reducció de l'aportació de les empreses del sector de la construcció. Finalment, l'elevat deute dels governs i de les mateixes universitats ha limitat de manera important, quan no ha congelat, les possibilitats de creixement, promoció i renovació del personal dels departaments universitaris i dels centres de recerca. En conseqüència, el col·lectiu d'investigadors encara realment un període molt

reptant; malgrat que l'aportació dels investigadors és del tot necessària per a la millora de la competitivitat econòmica i la superació de les dificultats actuals, els recursos disponibles per a la recerca han minvat sensiblement i en general resulten més difícils d'obtenir. Tanmateix, la capacitat demostrada i el caire molt actiu dels investigadors que treballen en l'àrea permeten, amb cert optimisme, preveure una resposta satisfactòria davant d'aquest repte i el manteniment, i fins i tot la millora, dels resultats de la recerca al llarg del període de superació de la crisi.

Un dels aspectes de l'esmentat repte rau en una implicació més gran en la innovació tecnològica per part dels investigadors. Com s'ha esmentat, i malgrat els excel·lents resultats en producció científica, el nombre de patents aconseguides pels investigadors de l'àrea de l'enginyeria civil i l'enginyeria de la construcció és encara molt reduït. Tanmateix, la necessitat de lligar la recuperació econòmica a la modernització tècnica i a la innovació tal vegada constitueixi una important oportunitat tant per a les empreses com per les entitats de recerca. Tanmateix, per convertir aquest repte en una oportunitat cal potenciar la relació entre les empreses i les entitats de recerca, i cal, en particular, que les entitats de recerca intensifiquin la seva contribució al desenvolupament tecnològic i a la innovació.

Algunes de les recomanacions realitzades en els reports anteriors mantenen una entera vigència i mereixen ser esmentades de nou. En aquest sentit, i malgrat les dificultats esmentades, es considera important impulsar polítiques de personal que permetin satisfer el necessari relleu generacional dels investigadors de l'àmbit, l'edat mitjana dels quals no ha deixat d'augmentar durant els darrers anys. Aquest relleu, realitzat de manera gradual, es considera necessari per a mantenir i potenciar el nivell d'excel·lència investigadora assolit.

D'altra banda, es considera convenient crear un centre de referència o centre tecnològic que aglutini les aportacions dels diferents grups de recerca. De fet, l'àrea es caracteritza per l'existència d'un nombre elevat de grups de recerca que treballen de manera no coordinada i sense plantejaments comuns. Es considera que aquesta dispersió repercuteix negativament sobre la capacitat de servei a la societat, i que és desitjable que existeixi a Catalunya un centre de referència que coordini les activitats de recerca i desenvolupament dins del sector.

Bibliografia

Biblioteca Rector Gabriel Ferraté. Estudi comparatiu de la publicació científica de la UPC i l'Escola de Camins vs. altres universitats d'àmbit internacional (1998-2008). Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, 2010.

Biblioteca Rector Gabriel Ferraté . Estudi comparatiu de la publicació científica de la UPC i l'Escola de Camins vs. altres universitats d'àmbit internacional (1998-2008). Resum Executiu. Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, 2009.

COTEC. Gestión económica de la I+D empresarial y de la innovación, Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica, Madrid, 2011

COTEC. Tecnología e Innovación en España. Informe COTEC, Madrid. Edicions dels anys 2007 a 2011.

SEOPAN. Informe Anual de la Construcción, Madrid, 2004

SEOPAN. Informe Anual de la Construcción, Madrid, 2005

SEOPAN. Construcción. Informe Regional 2006, Madrid, 2006

SEOPAN. Informe económico 2010, Madrid

Direcció General de Recerca. CERCA - Centres de Recerca de Catalunya. Generalitat de Catalunya, Barcelona, 2010

CIRIT. III Pla de Recerca de Catalunya 2001-2004, Generalitat de Catalunya, Barcelona, 2001

CIRIT. Pla de Recerca i Innovació de Catalunya 2005-08, Generalitat de Catalunya, Barcelona, 2005

De los Llanos, M., Sánchez, C. La Construcción en España. Boletín Económico 61, Banco de España, Marzo 2006

DOCUMENT DE TREBALL

Presidencia del Gobierno. Oficina de Ciencia y Tecnología. Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica (2000-2003), Ministerio de la Presidencia, Madrid, 1999

Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología. Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica (2004-2007), Ministerio de Ciencia y Tecnología, Madrid, 2003

Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología. Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica (2008-2011), Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT), Madrid, 2007

Galindo, M. Informe anual de l'R+D i la innovació a Catalunya. Publicacions ACCIÓ, Generalitat de Catalunya, Barcelona, 2011

Observatori de Prospectiva Industrial. Informe anual sobre la indústria a Catalunya 2008., Generalitat de Catalunya, Barcelona 2009.

Observatori de Prospectiva Industrial. Informe anual sobre la indústria a Catalunya 2009., Generalitat de Catalunya, Barcelona 2010.

Amat, O., Obis, T., Genescà, E. informe anual de l'empresa catalana 2007. Departament d'Economia u Finances, Generalitat de Catalunya, 2008

Maluquer de Motes, J. La recerca i la innovació a Catalunya l'any 2004. CIRIT, Generalitat de Catalunya, Bcelona 2009.

Preinscripció Universitaria. Llista de Centres d'Estudi. Convocatòria Juny 2011. Generalitat de Catalunya, Barcelona, 2011.

Garrido, A., Poveda, C. (i altres col·laboradors) Memòria econòmica de Catalunya: any 2010. Cambra Oficial de Comerç, Indústria i Navegació de Barcelona. Barcelona, 2011

Busom, I. (coordinadora) La situació de la innovació a Catalunya. Centre d'Innovació i Desenvolupament Empresarial (CIDEM), Generalitat de Catalunya, Barcelona, 2006.

Instituto Nacional de Estadística (INE) www.ine.es, Juny de 2012

Centre d'Estudis i Assessorament Metal·lúrgic (CEAM). Participació catalana a l'R+D europea. ACCIÓ, CIDEM I COPCA, Barcelona, 2008.

Suriñach, J., López-Tamayo, J., Vayá, E. Participació de Catalunya en convocatòries del 7é Programa Marc d'R+D de la UE. Període 2007-2009. Fundació Institució Catalana de Suport a la Recerca.

European Construction Industry Federation (FIEC). Construction Activity in Europe, Brussel·les, 2010.

Llista de taules

Taula 1 – Variació de dades relatives a producció i població ocupada en el sector de la construcció durant el període 2002 a 2010

Taula 2 – Despeses en innovació tecnològica per part d'empreses relacionades amb la construcció (codis CNAE 41,42 i 43) duran el període 2003 a 2010

Taula 3 – Despeses en R+D per part d'empreses relacionades amb la construcció (codis CNAE 41,42 i 43) duran el període 2003 a 2009

Taula 4 – Comparació de despeses en recerca, desenvolupament i innovació en diferents sectors productius

Taula 5 – Universitats i centres docents on s'imparteixen titulacions de l'àmbit. Llista d'estudis de grau, convocatòria 2011

Taula 6 – Recursos humans de professors a la UPC en l'àrea d'enginyeria civil i de la construcció. Variació entre els cursos 2002-2003 i 2008-2009. Ràtios de professors a temps complet

Taula 7– Recursos humans de professors a la UPC en l'àrea d'enginyeria civil i de la construcció. Professorat funcionari (curs 2008-2009).

Taula 8 – Recursos humans de professors a la UPC en l'àrea d'enginyeria civil i de la construcció. Professorat contractat (curs 2008-2009)

DOCUMENT DE TREBALL

Taula 9 - Grups finançats per l'Agència de la Gestió d'Ajuts Universitaris i de Recerca (AGAUR) a la convocatòria de 2005 amb indicació dels recursos humans disponibles en el moment del finançament.

Taula 10 - Grups finançats per l'Agència de la Gestió d'Ajuts Universitaris i de Recerca (AGAUR) a la convocatòria de 2009 amb indicació dels recursos humans disponibles en el moment del finançament.

Taula 11 – Personal d'Administració i Serveis a la UPC en l'àrea d'enginyeria civil i enginyeria de la construcció (curs 2008-2009)

Taula 12 – Beques de doctorat concedides per any

Taula 13– Distribució de beques de doctorat concedides segons institució finançadora durant el període 2003-2009

Taula 14– Subvenció total rebuda per programes relacionats amb l'àrea d'enginyeria civil i d'enginyeria de la construcció dins dels Plans Nacionals de I+D+i de 2004-2007 i 2008-2011 (fins 2009) i participació respecte del pressupost total.

Taula 15– Subvenció rebuda per programes relacionats amb l'àrea d'enginyeria civil i d'enginyeria de la construcció dins dels Plans Nacionals de I+D+i de 2004-2007 i 2008-2011 (fins 2009).

Taula 16 - Participació de Catalunya en programes del 6^é Programa Marc relacionats amb l'àrea d'enginyeria civil i d'enginyeria de la construcció.

Taula 17 – Evolució del nombre de projectes i dels ingressos per tipus de projecte en l'àrea de l'enginyeria civil i d'enginyeria de la Construcció durant el període 2003 a 2009. Departaments universitaris i centres de recerca vinculats a la UPC.

Taula 18 – Nombre de projectes i ingressos (en milers d'euros) per tipus de projecte en l'àrea d'enginyeria civil i de la construcció durant el període 2003-2009. Departaments universitaris i centres de recerca vinculats a la UPC.

Taula 19 - Resultats de la recerca de l'àrea d'enginyeria civil i enginyeria de la construcció

DOCUMENT DE TREBALL

Taula 20- Evolució dels resultats de la recerca de l'àrea d'enginyeria civil i enginyeria de la construcció durant el període 2003-2009

Taula 21 - Tesis dirigides dins l'àrea d'enginyeria civil i enginyeria de la construcció durant el període 2003-2009

Taula 22 - Evolució del nombre de tesis dirigides dins de l'àrea d'enginyeria civil i enginyeria de la construcció durant el període 2003-2009

Taula 23 – Distribució dels punts PAR i PATT i de professors EDP a l'àrea d'enginyeria civil i de la construcció l'any 2009.

Taula 24 - Comparació de punts PAR i PATT entre l'any 2009 i el curs 2001-2002.

Taula 25 – Relació de revistes seleccionades per a l'anàlisi bibliomètrica

Llista de figures

Figura 1 – Distribució de beques de doctorat concedides segons institució finançadora durant el període 2003-2009

Figura 2 – Distribució del l'import de projectes de recerca segons tipus de finançament durant el període 2003-2009

Figura 3 – Evolució del nombre d'articles publicats en revistes dins de l'àrea d'enginyeria civil i de la construcció durant el període 2002 a 2009. El resultat de l'any 2008 ha estat afectat per un factor d'equivalència per a tenir en compte que comptabilitza un total de 16 mesos.

Figura 4 - Contribucions de les ciutats europees amb universitats politècniques de reconegut prestigi a la publicació en el conjunt de revistes de l'àrea d'enginyeria civil i de la construcció seleccionades

Figura 5 - Contribució de les universitats politècniques europees més prestigioses a les revistes de l'àrea d'enginyeria civil i de la construcció seleccionades. IC: Imperial College, Londres; ETH: Institut Federal Suís de Tecnologia, Zuric; UPC: Universitat

Politécnica de Catalunya; Milà: Universitat Politècnica de Milà; Delft: Universitat de Tecnologia de Delft; KTH: Reial Institut de Tecnologia de Suècia; ENPC: Escola Nacional de Ponts i Camins, París; TUDAR: Universitat Politècnica de Darmstadt; TUB: Universitat Tècnica de Berlín; UFK: Universitat de Karlsruhe; TUDEN: Universitat Politècnica de Dinamarca, Copenhaguen; UPM: Universitat Politècnica de Madrid; UPV: Universitat Politècnica de València; Chalmer: Universitat de Chalmer, Goteborg.

Figura 6 – Comparació de quantitat de publicacions científiques de diferents universitats durant el període 1998-2008 (BRGF, 2009)

Figura 7 – Comparació de la mitjana de citacions rebudes per articles publicats per diferents universitats durant el període 1998-2008 (BRGF, 2009)

Taula 1. Variació de dades relatives a producció i població ocupada en el sector de la construcció durant el període 2002 a 2010

Any	Producció interior (M€)			Percentatge producció sobre PIB	Valor afegit brut (VAB) sobre el PIB	Treballadors ocupats (milers)	Població ocupada sobre el total
	Edificació	Obra Civil	Total				
2002	89,190	28,272	117,462	16.1%	5.77%	1980	10.5%
2003	97,972	31,948	129,920	16.6%	6.02%	2101	10.7%
2004	109,717	34,948	144,665	17.2%	6.33%	2253	11.2%
2005	124,774	40,384	165,158	18.2%	6.66%	2357	11.3%
2006	140,819	46,061	186,880	19.0%	6.97%	2542	11.8%
2007	150,211	50,246	200,457	19.0%	7.15%	2697	12.2%
2008	138,647	54,246	192,893	17.7%	7.03%	2404	10.5%
2009	109,281	55,064	164,345	15.6%	6.60%	1888	8.2%
2010	98,652	49,488	148,140	13.9%	6.18%	1650	7.1%

Font: Elaborat a partir de dades de SEOPAN (2010) i INE

Taula 2. Despeses en innovació tecnològica per part d'empreses relacionades amb la construcció (codis CNAE 41,42 i 43) durant el període 2003 a 2010

Any	Despeses en innovació tecnològica (M€)		
	Construcció	Total	Relació
2003	237	11199	2%
2004	715	12491	6%
2005	396	13636	3%
2006	422	16533	3%
2007	593	18095	3%
2008	867	19919	4%
2009	403	17637	2%
2010	371	16171	2%

Font: INE

Dades Catalunya

Informe regional 2005 SEOPAN

Taula 3. Despeses en R+D per part d'empreses relacionades amb la construcció (codis CNAE 41,42 i 43) durant el període 2003 a 2009

Any	Despeses en R+D (M€)		
	Construcció	Total	Relació
2003	70	4434	2%
2004	70	4865	1%
2005	115	5485	2%
2006	161	6558	2%
2007	49	1421	3%
2008	242	8074	3%
2009	190	7568	3%
2010	58	1569	4%

Font: INE

Taula 4. Comparació de despeses en recerca, desenvolupament i innovació en diferents sectors productius

	Despesa en innovació respecte la xifra de negocis (%)		Despesa en R+D respecte la xifra de negocis (%)	
Sector	2000	2009	2000	2009
Indústria	1,78	1,53	0,5	0,71
Serveis	0,48	2,37	0,18	0,95
Construcció	0,3	0,14	0,03	0,07

Font: Elaborat a partir de dades de l'INE

Taula 5. Universitats i centres docents on s'imparteixen titulacions de l'àmbit. Llista d'estudis de grau, convocatòria 2011

Universitat	Centre	Estudis (graus)	Places
Universitat Politècnica de Catalunya	Escola Tècnica d'Arquitectura de Barcelona	Arquitectura	380
	Escola Tècnica Superior d'Arquitectura del Vallès	Arquitectura	120
	Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona	Enginyeria Civil Enginyeria de la Construcció Enginyeria Geològica	140 190 50
	Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials de Barcelona	Enginyeria en Tecnologies Industrials	450
	Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials de Terrassa	Enginyeria en Tecnologies Industrials	180
	Escola Universitària Politècnica de Barcelona	Enginyeria d'Edificació	400
Universitat Pompeu Fabra	Escola de Disseny Elisava	Enginyeria d'Edificació	60
Universitat de Girona	Escola Politècnica Superior	Arquitectura	40
		Enginyeria d'Edificació	90
		Enginyeria en Tecnologies Industrials	80
Universitat Rovira Virgili		Arquitectura	60
Universitat de Lleida		Enginyeria d'Edificació	60
Universitat Ramon Llull	Escola Tècnica Superior d'Arquitectura La Salle (seus de Barcelona i Tarragona)	Arquitectura	170
		Enginyeria d'Edificació	170
Universitat Internacional de Catalunya	Campus Iradier de la UIC	Arquitectura	60

Font: Preinscripció Universitària. Llista de Centres d'Estudi. Convocatòria Juny 2011. Generalitat de Catalunya, Barcelona, 2011. Les dades referents a la Universitat Ramon Llull (URL) i la Universitat Internacional de Catalunya (UIC) han estat facilitades telefònicament.

Taula 6. Recursos humans de professors a la UPC en l'àrea d'enginyeria civil i de la construcció. Variació entre els cursos 2002-2003 i 2008-2009. Ràtios de professors a temps complet.

Departament	Total personal acadèmic curs 2008-2009	Variació respecte del curs 2002-2003	Ràtio TC/total 2008-2009	Ràtio TC/total 2002-2003
Construccions Arquitectòniques I	71	10	45%	44%
Construccions Arquitectòniques II	51	3	51%	63%
Enginyeria de la Construcció	45	10	56%	60%
Enginyeria del Terreny, Cartogràfica i Geofísica	48	8	81%	85%
Enginyeria Hidràulica, Marítima i Ambiental	28	-2	32%	57%
Infraestructura del Transport i del Territori	43	3	47%	35%
Matemàtica Aplicada III	87	17	75%	63%
Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria	63	12	59%	61%
Àrea de l'enginyeria civil i de la construcció	436	61	58%	58%
ETS d'Enginyers de Camins, C. i P. de Barcelona	189	13	69%	64%
Universitat Politècnica de Catalunya	2713	213	71%	68%
Àrea de l'enginyeria civil i de la construcció / UPC	16%	-	-	-

Taula 7. Recursos humans de professors a la UPC en l'àrea d'enginyeria civil i de la construcció. Professorat funcionari (curs 2008-2009).

Departament	CU	PTU+CEU	PTEU	total professorat funcionari
Construccions Arquitectòniques I	12	11	5	28
Construccions Arquitectòniques II	-	2	16	18
Enginyeria de la Construcció	9	6	1	16
Enginyeria del Terreny, Cartogràfica i Geofísica	10	11	8	29
Enginyeria Hidràulica, Marítima i Ambiental	6	5	1	12
Infraestructura del Transport i del Territori	5	5	3	13
Matemàtica Aplicada III	4	27	12	43
Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria	11	8	4	23
Àrea de l'Enginyeria Civil i de la Construcció	57	75	50	182
ETS d'Enginyers de Camins, C. i P. de Barcelona				93
Universitat Politècnica de Catalunya	263	779	308	1.350
Àrea de l'Enginyeria Civil i de la Construcció / UPC	22%	10%	16%	13%

Taula 8. Recursos humans de professors a la UPC en l'àrea d'enginyeria civil i de la construcció. Professorat contractat (curs 2008-2009).

Departament	AG	AJ	CC	ASS	V	CO	LE	total professorat contractat
Construccions Arquitectòniques I	-	2	-	36	-	3	2	43
Construccions Arquitectòniques II	-	3	-	24	-	5	1	33
Enginyeria de la Construcció	-	2	-	22	-	4	1	29
Enginyeria del Terreny, Cartogràfica i Geofísica	2	-	-	9	-	5	3	19
Enginyeria Hidràulica, Marítima i Ambiental	2	-	2	8	-	4	-	16
Infraestructura del Transport i del Territori	-	6	-	20	-	4	-	30
Matemàtica Aplicada III	4	2	2	22	1	11	2	44
Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria	1	6	-	24	-	8	1	40
Àrea de l'Enginyeria Civil i de la Construcció	9	21	4	165	1	44	10	254
ETS d'Enginyers de Camins, C. i P. de Barcelona								96
Universitat Politècnica de Catalunya	87	122	10	740	15	308	81	1.363
Àrea de l'Enginyeria Civil i de la Construcció / UPC	10%	17%	40%	22%	7%	14%	12%	19%

Taula 9. Grups finançats per l'Agència de la Gestió d'Ajuts Universitaris i de Recerca (AGAUR) a la convocatòria de 2005 amb indicació dels recursos humans disponibles en el moment del finançament.

GRUP	ENTITAT	MODALITAT	Membres total	Doctors	No doctors	Becaris	Post-docs
QUALITAT DE VIDA URBANA I SOSTENIBILITAT	UPC	GRC	17	9	8	4	-
GAIA	IG	GRE	7	2	5	-	-
Georeferenciació i calibre de sensors d'observació de la terra.	ICC	GRE	9	5	4	1	1
MATERIALS DE CONSTRUCCIÓ I CARRETERES (MATCAR)	UPC	GRC	14	10	4	1	-
Laboratori per a la innovació tecnològica d'estructures i materials (LITEM).	UPC	GRE	10	4	6	-	6
TECNOLOGIA D'ESTRUCTURES	UPC	GRC	20	19	1	-	3
Geofísica i Enginyeria Sísmica	UPC	GRC	18	3	15	-	4
Innovació i millora dels processos productius i de la gestió del coneixement al sector (GRIC)	UPC	GRE	13	7	6	-	-
Hidrologia Subterrània	UPC	GRC	6	5	1	-	3
Geotècnia i Mecànica de Materials	UPC	GRC	15	7	8	-	-
Dinàmica Fluvial i Enginyeria Hidrològica (FLUMEN)	UPC	GRC	12	10	2	4	2
RECERCA APLICADA EN HIDROMETEOROLOGIA (GRAHI-UPC)	UPC	GRC	8	5	3	-	1
Modelització Integral de Conques i Transports de Sediments (GITS)	UPC	GRE	16	7	9	3	-
Laboratori d'Enginyeria Marítima (LIM/UPC)	UPC	GRC	-	-	-	-	1

DOCUMENT DE TREBALL

Centre d'Innovació del Transport (CENIT)	CENIT	GS	12	9	3	-	-
Mètodes Numèrics en Enginyeria	CIMNE	GRC	15	8	7	-	1
Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria, Secció Camins	UPC	GRC	18	8	10	4	-
Enginyeria i Microbiologia Medi Ambiental (GEMMA)	UPC	GRE	12	6	6	-	1

GRC = Grup recerca consolidat. GRE Grup recerca emergent. GS = Grup singular

Taula 10. Grups finançats per l'Agència de la Gestió d'Ajuts Universitaris i de Recerca (AGAUR) a la convocatòria de 2009 amb indicació dels recursos humans disponibles en el moment del finançament.

GRUP	ENTITAT	MODALITAT	Membres total	Doctors	No doctors	Becaris	Post-docs
QUALITAT DE VIDA URBANA I SOSTENIBILITAT	UPC	GRC	36	10	26	19	-
MATERIALS DE CONSTRUCCIÓ I CARRETERES (MATCAR)	UPC	GRC	7	7	-	-	-
GEOFÍSICA I ENGINYERIA SÍSMICA	UPC	GRC	12	9	3	6	-
RECERCA I INNOVACIÓ DE LA CONSTRUCCIÓ (GRIC)	UPC	GRC	6	3	3	2	-
TECNOLOGIA D'ESTRUCTURES	UPC	GRC	26	14	12	67	20
HIDROLOGIA SUBTERRANIA	UPC	GRC	38	15	23	48	5
GEOTÈCNIA I MECÀNICA DE MATERIALS	UPC	GRC	12	12	-	33	1
DINÀMICA FLUVIAL I ENGINYERIA HIDROLÒGICA (FLUMEN)	UPC	GRC	24	11	13	7	1
LABORATORI D'ENGINYERIA MARÍTIMA (LIM/UPC)	UPC	GRC	30	16	14	8	7
CENTRE DE RECERCA APLICADA EN HIDROMETEOROLOGIA (CRAHI)	UPC	GRC	11	5	6	6	4
MÈTODES NUMÈRICS EN ENGINYERIA	CIMNE	GRC	47	20	27	24	7
RESISTENCIA DE MATERIALS I ESTRUCTURES A L'ENGINYERÍA (GRMEI)	UPC	GRC	37	13	24	161	2
ANÀLISI I MATERIALS AVANÇATS PER AL DISSENY ESTRUCTURAL (AMADE)	UdG	GRC	33	12	21	41	1
NANOENGINYERIA DE MATERIALS NANOESTRUCTURATS AMB APLICACIONS ENERGÈTIQUES I MEDIAMBIENTALS (N-ENG)	UPC	GRE	12	5	7	8	1

GRC = Grup recerca consolidat. GRE Grup recerca emergent

Taula 11. Personal d'Administració i Serveis a la UPC en l'àrea d'enginyeria civil i enginyeria de la construcció (curs 2008-2009)

Departament o centre	PAS funcionari	PAS laboral	total PAS 2008-2009	Variació respecte curs 2002-2003
Construccions Arquitectòniques I	2	1	3	-2
Construccions Arquitectòniques II	4		4	0
Enginyeria de la Construcció	4	11	15	3
Enginyeria del Terreny, Cartogràfica i Geofísica	5	8	13	3
Enginyeria Hidràulica, Marítima i Ambiental	2	6	8	1
Infraestructura del Transport i del Territori	2	2	4	1
Matemàtica Aplicada III	4	1	5	0
Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria	4	3	7	5
Àrea de l'Enginyeria Civil i de la Construcció	27	32	59	11
ETS d'Enginyers de Camins, C. i P. de Barcelona	24	19	43	9
Universitat Politècnica de Catalunya	783	801	1584	355
Àrea de l'Enginyeria Civil i de la Construcció / UPC	3,45%	4,00%	3,72%	-

Taula 12. Beques de doctorat concedides per any

Departament o centre	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Total
CA I	4	10	11	6	6	10	12	57
CA 2	-	-	-	-	-	-	-	-
EC	14	13	10	5	5	6	9	58
ETCG	14	15	24	16	17	19	15	106
EHMA	13	14	11	6	2	5	5	53
ITT	3	3	-	1	-	1	1	9
MA III	3	3	4	4	3	2	4	18
RMEE	3	7	13	6	9	6	3	38
ETSECCPB	1	1	-	-	-	-	3	5
Àrea ECEC	55	66	73	44	42	49	52	381
Total UPC	257	348	408	404	411	373	399	2,600
Ràtio	21%	19%	18%	11%	10%	13%	13%	15%

Taula 13. Distribució de beques de doctorat concedides segons institució finançadora durant el període 2003-2009

Departament o centre	Generalitat	MECD i MCYT	UPC	Total
CA I	24	13	22	59
CA 2	0	0	0	0
EC	16	27	19	62
ETCG	50	57	13	120
EHMA	11	33	12	56
ITT	2	5	2	9
MA III	15	7	1	23
RMEE	24	23	0	47
ETSECCPB	0	0	5	5
Àrea ECEC	142	165	74	381
ràtio respecte total	37%	43%	20%	

Taula 14. Subvenció total rebuda per programes relacionats amb l'àrea d'enginyeria civil i enginyeria de la construcció dins dels Plans Nacionals de I+D+i de 2004-2007 i 2008-2011 (fins 2009) i participació respecte del pressupost total.

Programa nacional	Subvenció total (€) % respecte total 2004-2009	
Ciències i tecnologies mediambientals	245.045.716	6,14%
Construcció	49.950.086	1,25%
Energia	143.165.115	3,59%
Mitjans de Transport	248.564.405	6,23%
Materials	248.564.405	6,23%
Total Programes Nacionals 2004-2007 i 2008-20011 (fins 2009)	3.989.356.962	

Taula 15. Subvenció rebuda per programes relacionats amb l'àrea d'enginyeria civil i enginyeria de la construcció dins dels Plans Nacionals de I+D+i de 2004-2007 i 2008-2011 (fins 2009).

Programa nacional		Plan Nacional de I+D+i (2004-2007)				Plan Nacional de I+D+i (2008-2011)		Total 2004-2009	% Cat.
		2004	2005	2006	2007	2008	2009		
Ciències i tecnologies medi-ambientals	Cat.	4.857.500	4.835.200	4.937.700	34.486.400	3.846.590	4.670.088	57.633.478	24%
	Total	18.297.200	23.913.500	38.130.500	138.989.980	12.654.964	13.059.572	245.045.716	
Construcció	Cat.	423.000	1.855.000	1.851.200	966.910	1.383.393	864.182	7.343.685	15%
	Total	6.351.500	7.841.600	16.039.300	11.390.870	3.901.824	4.424.992	49.950.086	
Energia	Cat.	1.563.000	1.761.400	1.356.600	3.602.170	1.004.058	1.385.450	10.672.678	7%
	Total	11.514.300	21.170.400	64.350.800	29.068.450	6.828.625	10.232.540	143.165.115	
Mitjans de Transport	Cat.	2.156.000	1.556.800	1.991.400	18.570.250	362.367	330.088	24.966.905	16%
	Total	22.037.400	13.287.800	39.527.700	74.020.320	1.405.294	2.327.072	152.605.586	
Materials	Cat.	4.017.600	4.185.500	17.093.500	9.899.090	2.878.590	3.771.070	41.845.350	17%
	Total	30.762.700	22.993.100	59.189.500	98.976.600	14.566.690	22.075.815	248.564.405	
Total	Cat.	13.017.100	14.193.900	27.230.400	6.524.820	9.474.998	11.020.878	142.462.096	17%
	Total	88.963.100	89.206.400	217.237.800	352.446.220	39.357.397	52.119.991	839.330.908	
	% Cat.	15%	16%	13%	19%	24%	21%	17%	

Taula 16. Participació de Catalunya en programes del 6^é Programa Marc relacionats amb l'àrea d'enginyeria civil i enginyeria de la construcció.

Àrea d'activitats	Subvenció Catalunya (milions d'euros)	Pes de la subvenció Catalunya (en %)	Subvenció Catalunya sobre subvenció Espanya (en %)	Posició de Catalunya entre les CCAA de l'Estat Espanyol
Nanotecnologies, materials i producció	24,6	11,7	22,1	3
Energia sostenible	9,1	4,3	15,5	3
Transport de superfície sostenible	2,5	1,2	11,3	3

Font: Participació Catalana a l'R+D europea. Centre d'Estudis i Desenvolupament Empresarial (CIDEM), 2008.

Taula 17. Ingressos per activitats de R+D en l'àrea d'Enginyeria Civil i de la Construcció durant el període 2003-2009 (en milers de euros). Departaments universitaris i centres de recerca.

Departament / centre de recerca	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Import total
CA I	394	273	589	699	526	655	539	3.675
CA II	139	-	157	53	335	356	110	1.149
EC	739	1.735	1.159	1.936	1.022	2.076	1.222	9.890
ETCG	1.772	959	1.998	895	1.139	2.036	1.933	10.732
EHMA	617	337	897	294	729	1.464	1.568	5.906
ITT	632	397	798	708	455	689	1.392	5.070
MA III	194	477	244	427	701	906	1.928	4.876
RMEE	94	133	271	185	198	503	308	1.693
CPSV	559	491	397	257	435	1.084	981	4.204
CRAHI	32	102	301	1.095	352	2.007	1.012	4.901
CIMNE	2.795	3.808	4.009	7.252	6.420	6.154	8.928	39.366
CIIRC - LIM	654	829	1.427	828	614	1.226	670	6.247
CENIT	497	306	770	964	1.508	1.379	1.690	7.114
Import total	9.117	9.848	13.016	15.591	14.435	20.534	22.282	104.824

Font: Dades estadístiques UPC i informació facilitada per CIMNE, CIIRC i CENIT

Taula 18. Nombre de projectes i ingressos (en milers de euros) per tipus de projecte en l'àrea de l'enginyeria civil i de la construcció durant el període 2003 a 2009. Departaments universitaris i centres de recerca vinculats a la UPC.

Departament o centre de recerca	Convenis		Projectes Europeus		Projectes Nacionals		Import total
	Nre.	Import	Nre.	Import	Nre.	Import	
CA I	138	3.199	2	158	11	317	3.675
CA II	60	1.144	-	-	1	5	1.149
EC	146	7.339	6	437	24	2.114	9.890
ETCG	91	5.508	11	1.546	39	3.678	10.732
EHMA	106	3.993	3	462	23	1.451	5.906
ITT	86	4.562	0	0	5	509	5.070
MA III	14	483	8	2.003	37	2.391	4.876
RMEE	27	948	1	15	21	730	1.693
CPSV	91	2.174	4	300	18	1.730	4.204
CRAHI	20	3.559	3.5	1.030	10	312	4.902
CIMNE	423	18.000	53	10.184	254	11.182	39.366
CIIRC-LIM	81	3.243	8.5	1.242	26	1.762	6,247
CENIT	99	-	19	-	80	-	7.114

Font: Dades estadístiques UPC i informació facilitada per CIMNE, CIIRC i CENIT

Taula 19. Resultats de la recerca de l'àrea d'enginyeria civil i enginyeria de la construcció.

Departament	Patents	Llibres	Capítols	Articles en revistes ¹			Actes en congressos notables UPC	Treballs presentats a congressos ²
				CTA+DIV	JCR	NO T		
CA1	4	91	56	173	26	21	32	314
CA2	8	29	3	27	16	5	0	68
EC	2	39	49	63	129	38	8	494
ETCG	2	12	88	143	263	25	68	638
EHMA	1	8	59	46	202	8	36	254
ITT	1	32	66	66	36	15	0	284
MA3	1	17	69	527	410	8	64	653
RMEE	1	29	19	37	147	25	21	504
Àrea ECEC	20	257	409	1.082	1.229	145	229	3.209
total UPC	456	735	1.917	5.479	7.360	677	2.655	14.284
Ràtio ECEC/UPC	4%	35%	21%	20%	17%	21%	9%	22%

Font: Dades estadístiques UPC

¹La classificació de les revistes en CTA o DIV s'ha realitzat segons siguin revistes científicotècniques o artístiques (CTA) o revistes de divulgació (DIV). Les revistes JCR són les que apareixen al JCR de l'any corresponent i les NOT són les considerades com a notables a la UPC.

² Excepte actes en congressos considerats notables per UPC

Taula 20. Evolució dels resultats de la recerca de l'àrea d'Enginyeria Civil i Enginyeria de la Construcció durant el període 2003-2009

Curs o any	Patents	Llibres	Capítols de llibre	Articles en revistes ¹			Actes en congressos notables	Treballs presentats a congressos ²
				CTA+DIV	JCR	NOT		
2002-2003	2	35	22	141	88	15	13	384
2003-2004	2	23	52	161	102	28	24	379
2004-2005	0	29	63	138	113	16	25	454
2005-2006	3	34	42	156	134	14	73	393
2006-2007	3	38	36	154	209	11	38	329
2008 ¹	3	49	87	209	315	39	56	558
2009	7	49	107	123	268	22	*	712
Àrea ECEC	20	257	409	1.082	1.229	145	229	3.209
Total UPC	456	735	1917	5.479	7.360	677	2.655	14.284
Ràtio ECEC/UPC	4%	35%	21%	20%	17%	21%	9%	22%

Font: Dades estadístiques UPC

* No disponible

¹ Excepte actes en congressos considerats notables per UPC² La classificació de les revistes en CTA o DIV s'ha realitzat segons siguin revistes científicotècniques o artístiques (CTA) o revistes de divulgació (DIV). Les revistes JCR són les que apareixen al JCR de l'any corresponent i les NOT són les considerades com a notables a la UPC.³ A partir de 2008 la producció científica es comptabilitza segons anys naturals. A l'any 2008 li ha estat assignat el període comprés entre 1 de setembre de 2007 a 31 de desembre de 2008.

Taula 21. Tesis dirigides dins l'àrea d'Enginyeria Civil i Enginyeria de la Construcció durant el període 2003-2009

Departament	Tesis dirigides ¹	Premis extraordinaris doctorat (direcció)
CA1	58	1
CA2	-	-
EC	57	4
ETCG	45	-
EHMA	35	1
ITT	29	-
MA3	28	1
RMEE	37	1
Àrea ECEC	289	8
total UPC	1.477	51
Ràtio ECEC/UPC	20%	16%

¹Tesis dirigides a la UPC, tant si s'ha llegit a la UPC com fóra

Taula 22. Evolució del nombre de tesis dirigides dins de l'àrea d'Enginyeria Civil i Enginyeria de la Construcció durant el període 2003-2009

Curs o any	Tesis dirigides ¹	Premis extraordinaris doctorat (direcció)
2002-2003	33	-
2003-2004	32	2
2004-2005	43	1
2005-2006	41	1
2006-2007	41	3
2008 ²	41	1
2009	58	*
Àrea ECEC	289	8
Total UPC	1.477	51
Ràtio ECEC/UPC	20%	16%

¹Tesis dirigides a la UPC, tant si s'ha llegit a la UPC com fôra

²A partir de 2008 la producció científica es comptabilitza segons anys naturals. A l'any 2008 li ha estat assignat el període comprés entre 1 de setembre de 2007 a 31 de desembre de 2008.

Taula 23. Distribució dels punts PAR i PATT i de professors EDP a l'àrea d'enginyeria civil i enginyeria de la construcció l'any 2009.

Departament	PAR	PAR tipus 1	PATT	EDP	PAR /EDP	PAR tipus 1 / EDP	PATT/ EDP
CA1	719	474	2.928.478	33	21,8	14,4	88.742
CA2	576	135	651.013	23	25,1	5,8	28.305
EC	849	609	2.905.218	25	34,0	24,4	116.209
ETCG	1.684	1.265	3.092.137	48	35,1	26,4	64.420
EHMA	1.222	1.011	3.522.529	23	53,1	44,0	153.153
ITT	499	340	2.506.737	18	27,8	18,9	139.263
MA3 (**)	1.532	1.159	1.050.871	28,75	53,3	40,3	36.552
RMEE (**)	1.032	873	56.098	12	86,0	72,7	4.675
Total departaments dins àrea ECEC	8.113	5.865	16.713.081	210,75	38,5	27,8	79.303
total departaments i instituts UPC	54.845	41.472	89.886.988	2007	27,3	20,7	44.787
Relació àrea ECEC /UPC	15%	14%	19%	11%	141%	134%	177%

(*) Dins d'aquests departaments sols es consideren els grups de recerca més directament relacionats amb l'àrea d'Enginyeria Civil i Enginyeria de la Construcció. En el cas de MA3, els grups de recerca considerats son CODALAB, LACÀN I NRG. En el cas de RMEE es considera solament el grup (MC)2.

Taula 24. Comparació de punts PAR i PATT entre l'any 2009 i el curs 2001-2002.

Departament	PAR	PAR tipus 1	PATT	EDP	PAR /EDP	PAR tipus 1 / EDP	PATT/ EDP
Total departaments dins àrea ECEC any 2009	8.113,23	5.865,20	16.713,081	210,75	38,5	27,8	79.303
Total departaments dins àrea ECEC curs 2001-2002	5.957,61	3.030,22	10.710,335	204	29,2	14,9	52.502
Augment	36%	94%	56%	3%	32%	87%	51%

Taula 25. Relació de revistes seleccionades per a l'anàlisi bibliomètrica. Les revistes destacades en negreta són les 15 revistes on més publiquen els professors de la UPC segons l'estudi de BRGF (2009)

Títol de la revista	FI JCR200 1	FI JCR200 9	Categoria
ACI Structural Journal	0,435	0,874	Construction and Building Technology /Civil Engineering
Cement and Concrete Research	0,738	2,376	Construction and Building Technology
Chemosphere	1,181	3,253	Environmental sciences
Coastal Engineering	0,660	2,404	Ocean Engineering
Communications in numerical methods in engineering	0,302	0,595	Engineering, multidisciplinary Mathematics, interdisciplinary applications
Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering	0,913	1,806	Engineering, multidisciplinary
Computers & Structures	0,418	1,440	Civil Engineering
Construction and Building Materials	0,341	1,456	Construction and Building Technology
Engineering Geology	0,281	1,212	Geological engineering Multidisciplinary geosciences
Engineering Structures	0,415	1,256	Civil Engineering
Geotechnique	0,714	1,069	Geological Engineering
IEEE Transactions on vehicular Technology	0,776	1,488	Transportation Science & Technology
International Journal for Numerical Methods in Engineering	1,239	2,025	Mathematics, interdisciplinary applications
International Journal of Numerical and Analytical Methods in Geomechanics	0,459	1,301	Geological Engineering
Journal of Coastal Research	0,624	1,366	Environmental Sciences
Journal of Hazardous Materials	0,497	4,144	Environmental Sciences Environmental Engineering Civil Engineering
Journal of Hydraulic Engineering ASCE	0,69	1,478	Civil Engineering
Journal of Hydraulic research	0,458	0,801	Civil Engineering Water Resources
Journal of Hydrology	1,301	2,433	Water Resources
Journal of Structural Engineering ASCE	0,732	0,928	Construction and Building Technology / Civil Engineering
Transportation research record	0,038	0,298	Civil Engineering Transportation Science & Technology
Water Research	1,376	4,355	Environmental Engineering / Water Resources
Water Resources Research	1,757	2,447	Water Resources

Figura 1. Distribució de beques de doctorat concedides segons institució finançadora durant el període 2003-2009

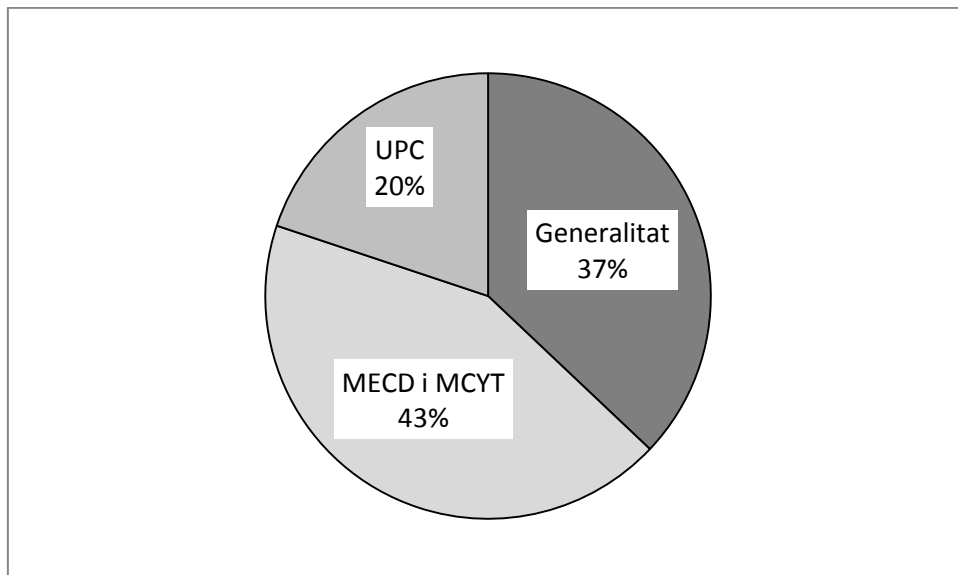


Figura 2. Distribució del l'import de projectes de recerca segons tipus de finançament durant el període 2003-2009

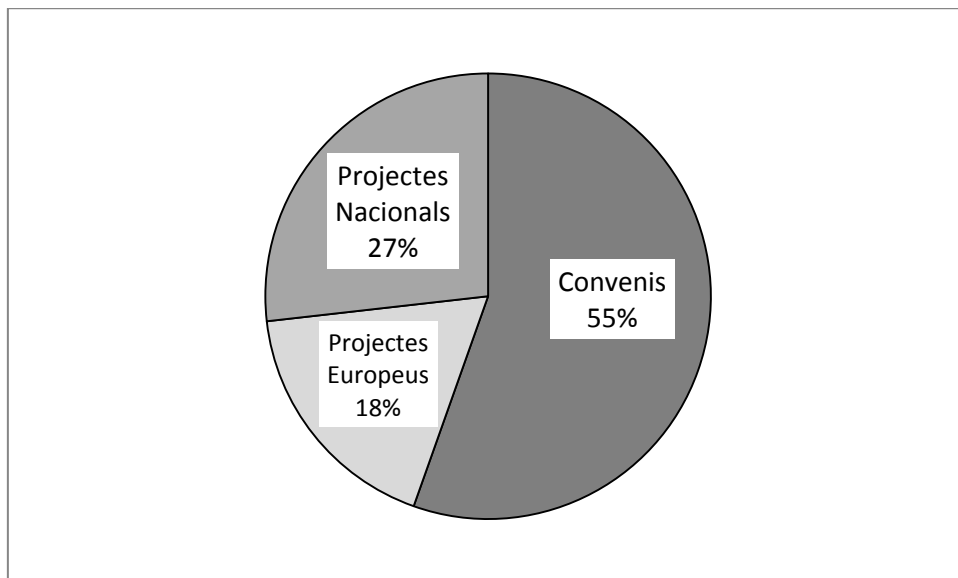


Figura 3. Evolució del nombre d'articles publicats en revistes dins de l'àrea d'enginyeria civil i enginyeria de la construcció durant el període 2002 a 2009. El resultat de l'any 2008 ha estat afectat per un factor d'equivalència per a tenir en compte que comptabilitza un total de 16 mesos.

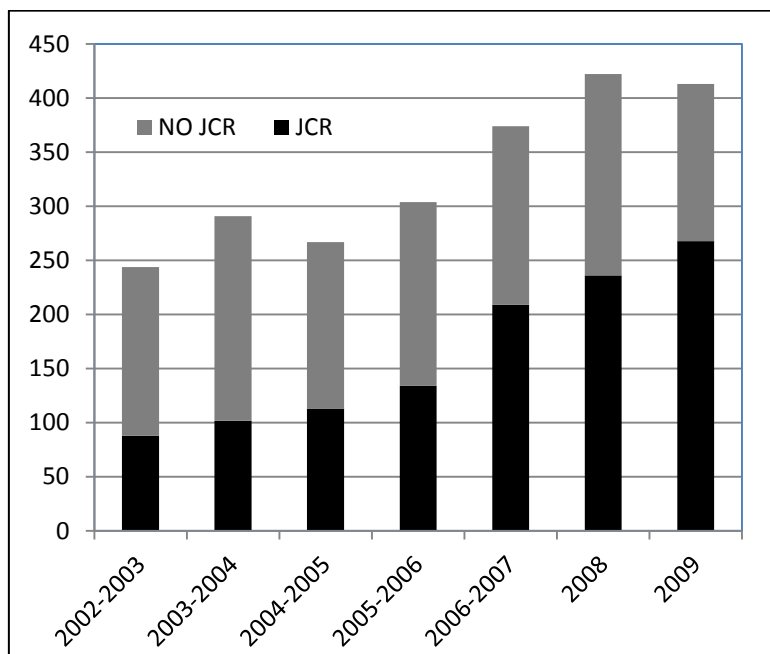
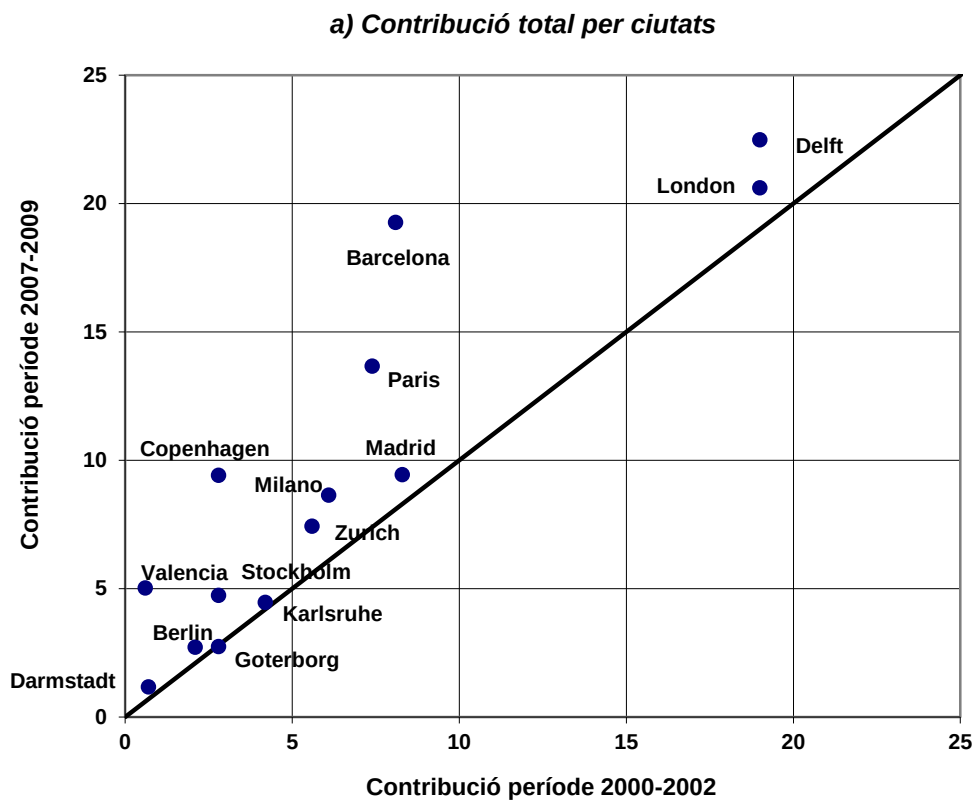
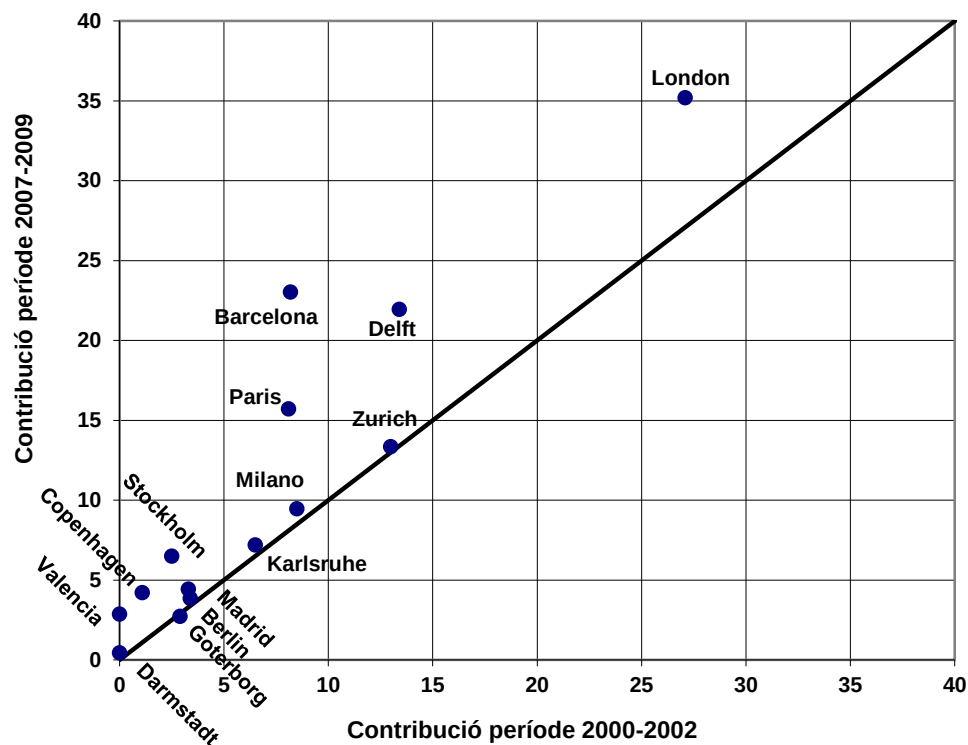
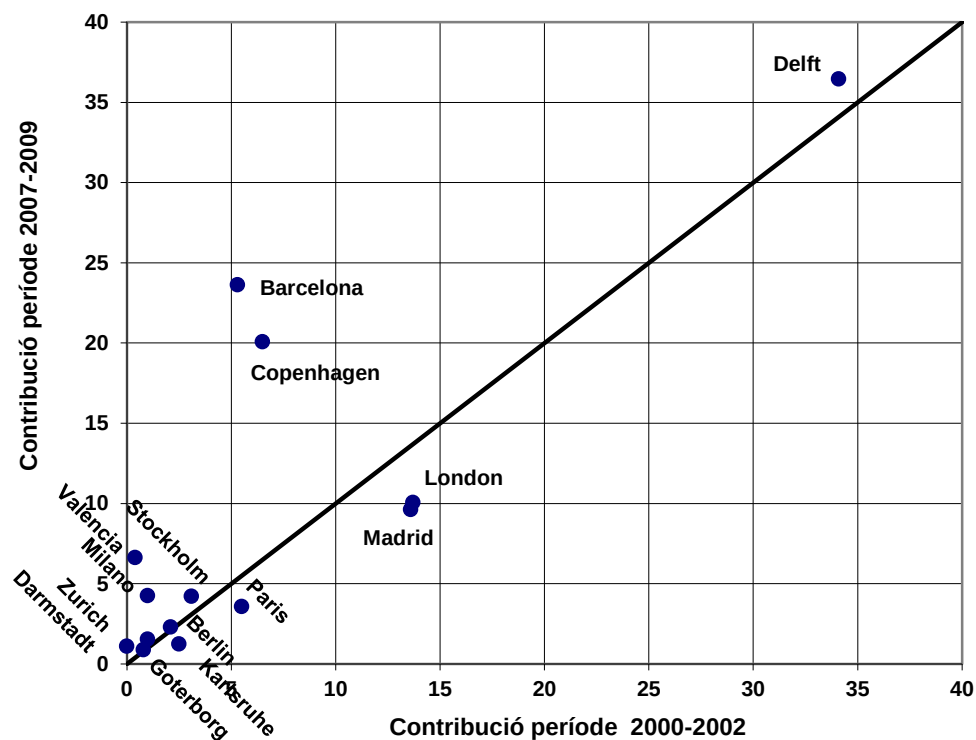


Figura 4. Contribució de les ciutats europees amb universitats politècniques de reconegut prestigi a la publicació en les revistes de l'àrea d'enginyeria civil i de la construcció seleccionades.



b) Contribucions en enginyeria hidràulica i del terreny

(figura 4)

c) Contribucions en enginyeria marítima i ambiental

d) Contribucions en construcció i computació

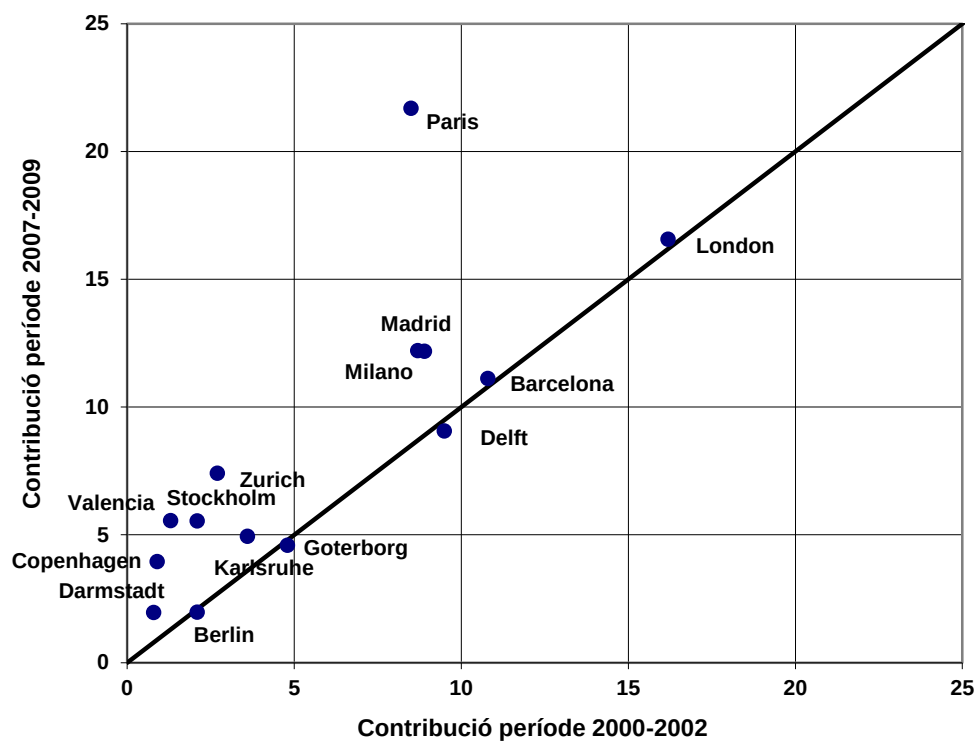
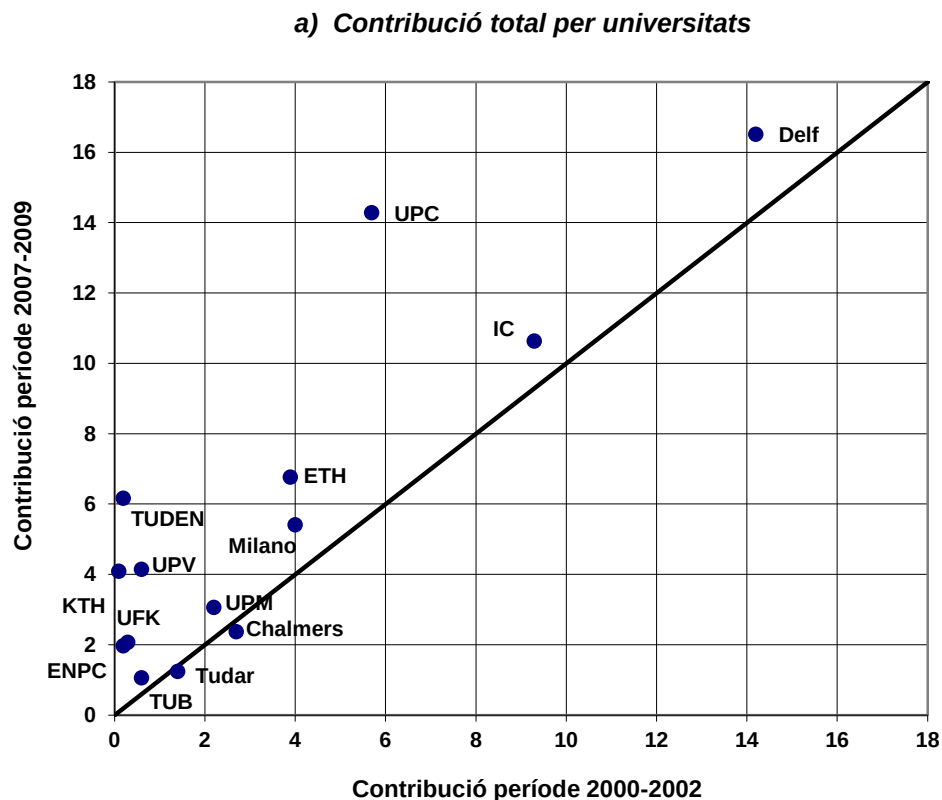
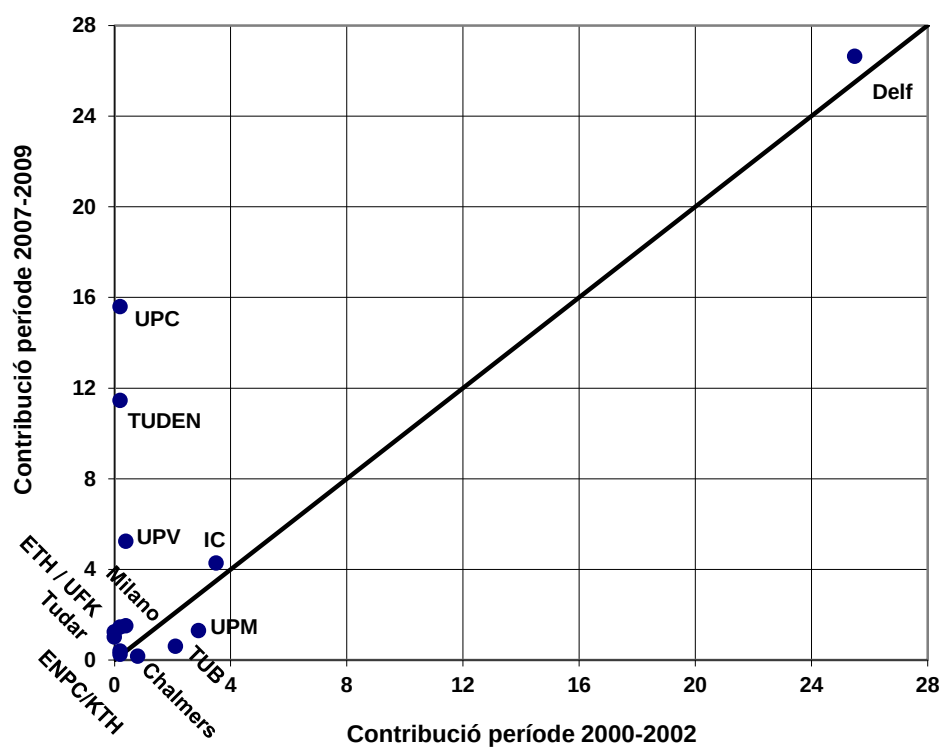
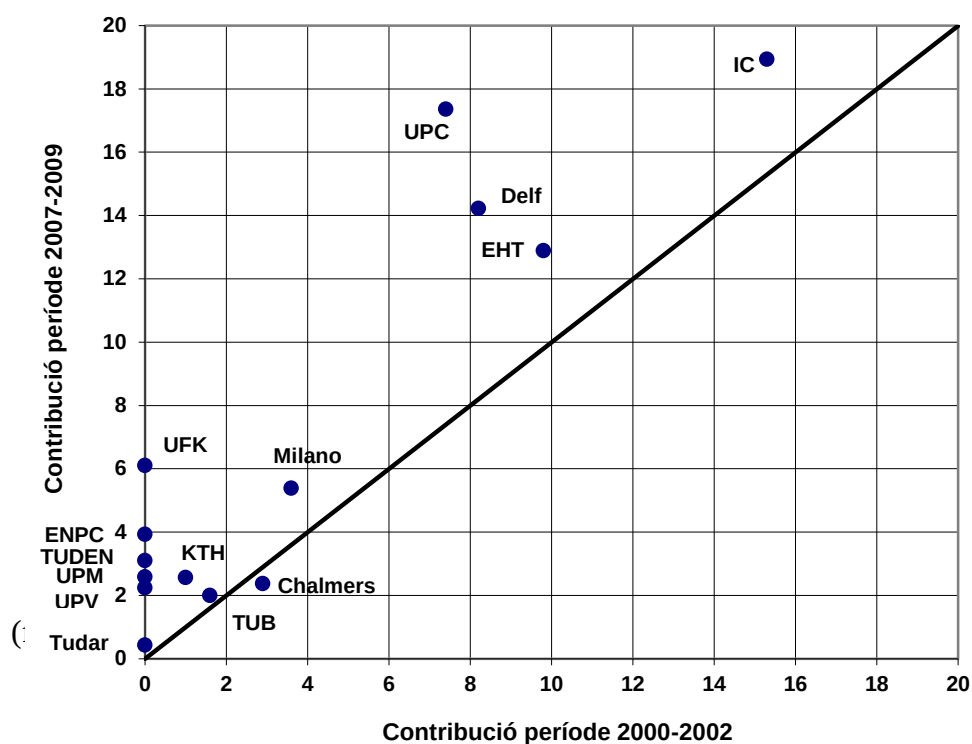


Figura 5. Contribució de les universitats politècniques europees més prestigioses a les revistes seleccionades de l'àrea d'enginyeria civil i de la construcció. IC: Imperial College, Londres; ETH: Institut Federal Suís de Tecnologia, Zuric; UPC: Universitat Politècnica de Catalunya; Milà: Universitat Politècnica de Milà; Delft: Universitat de Tecnologia de Delft; KTH: Reial Institut de Tecnologia de Suècia; ENPC: Escola Nacional de Ponts i Camins, París; TUDAR: Universitat Politècnica de Darmstadt; TUB: Universitat Tècnica de Berlín; UFK: Universitat de Karlsruhe; TUDEN: Universitat Politècnica de Dinamarca, Copenhaguen; UPM: Universitat Politècnica de Madrid; UPV: Universitat Politècnica de València; Chalmer: Universitat de Chalmer, Goteborg.



b) Contribucions en enginyeria hidràulica i del terreny



d) Contribucions en construcció i computació

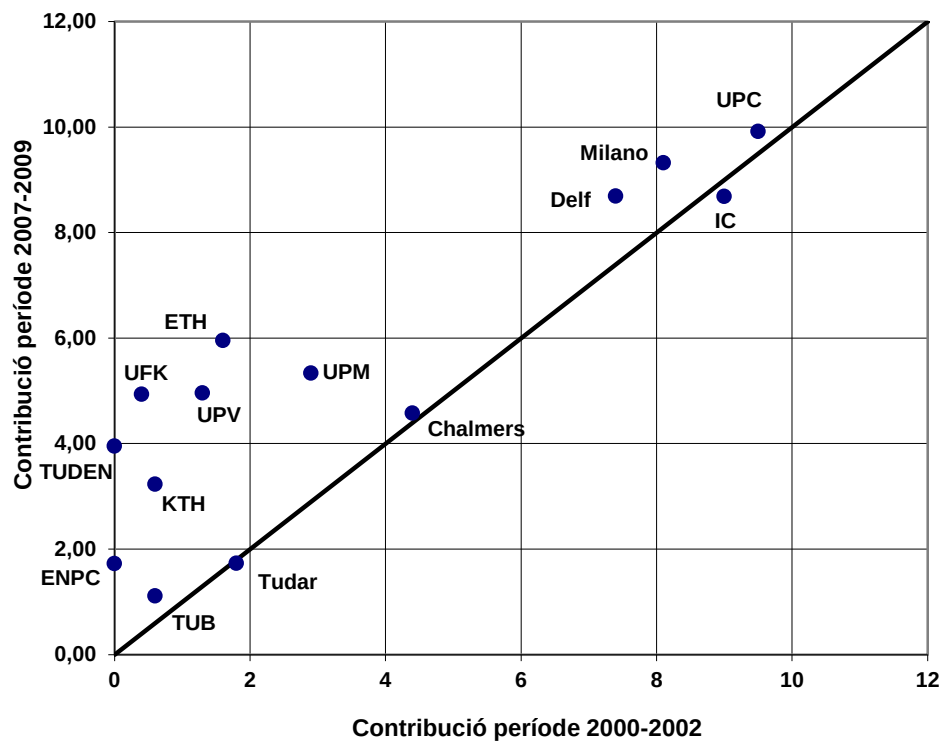


Figura 6. Comparació de quantitat de publicacions científiques de diferents universitats durant el període 1998-2008 (BRGF, 2009)

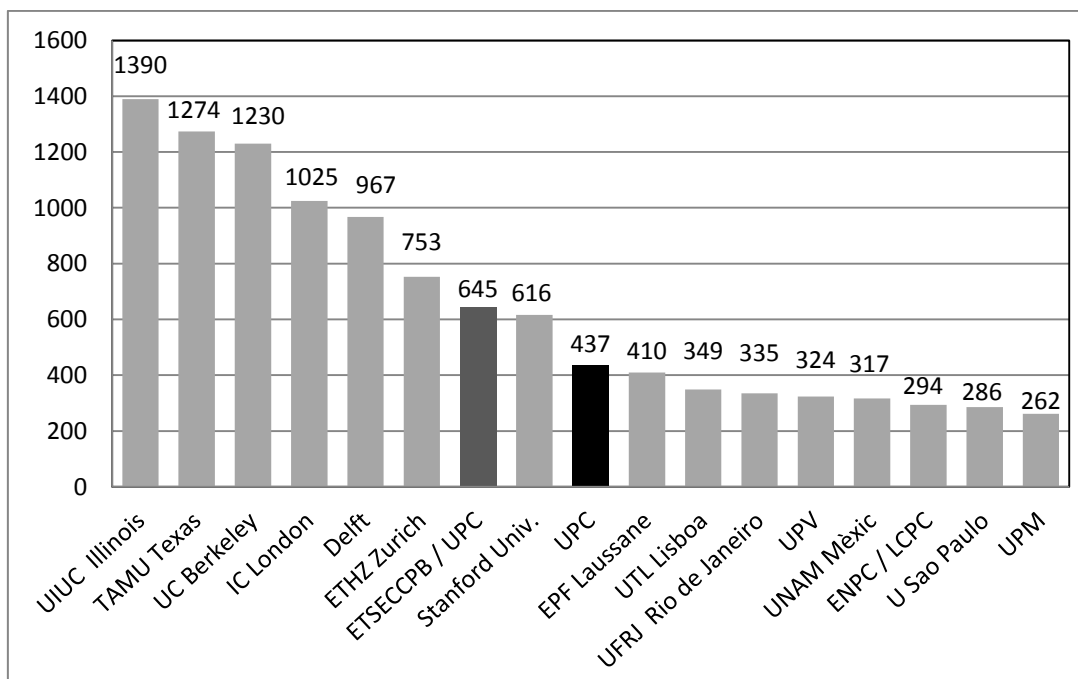


Figura 7. Comparació de la mitjana de citacions rebudes per articles publicats per diferents universitats durant el període 1998-2008 (BRGF, 2009)

