

Obra Civil

Estudio de Prospectiva
del Sector Obra Civil en
Construcción



Gregorio del Amo, 6
28040 Madrid
Tel: 91 349 56 38/42
Fax: 91 349 56 74
<http://www.opti.org>



El presente Informe de Prospectiva Tecnológica ha sido realizado en el marco del convenio de colaboración conjunta entre la Fundación OPTI y Labein.

Han participado en el presente Informe:

D. José Carlos Peña (Centro Tecnológico Labein)
D. Javier Ignacio Urreta (Centro Tecnológico Labein)
D. José Luis Ramírez (Centro Tecnológico Labein)
Dña. Alma de Pilar Pardo (Centro Tecnológico Labein)
Ana Morato (Fundación Centro Tecnológico OPTI)



Índice

INTRODUCCIÓN	4
PRESENTACIÓN DEL ÁMBITO DEL ESTUDIO	5
METODOLOGÍA	8
RESULTADOS GENERALES	10
Análisis del colectivo encuestado	10
Análisis de resultados por megatendencias	13
Análisis de resultados por tecnologías más relevantes	17

TECNOLOGÍAS MÁS RELEVANTES PARA EL SECTOR	22
Sostenibilidad	22
Seguridad de uso y mantenimiento	28
Recursos Humanos	31
Materiales	35
Mejora de procesos	39
Maquinaria	41
Tecnologías de la Información y las Comunicaciones- TICs	43
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	45
RELACIÓN DE EXPERTOS INTEGRANTES DEL PANEL	50
ANEXO: CUESTIONARIO CON LOS RESULTADOS GLOBALES	51

Introducción



El Estudio de prospectiva tecnológica sobre el “Sector de Obra Civil” se enmarca dentro de los trabajos que la Fundación Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial (OPTI) viene realizando desde 1998. Para su ejecución se ha contado con la participación del Centro Tecnológico LABEIN responsable de dirigir y ejecutar este estudio.

En este informe se han identificado, con la ayuda de un alto número de expertos consultados, las tendencias que marcarán el futuro y una serie de tecnologías consideradas como críticas por la importancia que tendrán en el desarrollo de la obra civil en nuestro país y que deberían ser objeto de actuaciones concretas dentro de las estrategias tecnológicas tanto del sector público como del privado.

Con ello, OPTI cumple uno de sus objetivos fundacionales al proporcionar información de utilidad para que los responsables de la toma de decisiones en la Administración y las empresas puedan elaborar las estrategias de actuación más convenientes para afrontar los retos que se avecinan.



Presentación del ámbito del estudio

El sector de Construcción, al igual que sucede en otros países desarrollados, es uno de los sectores productivos de mayor importancia en España. Esta importancia se justifica no sólo por su impacto en el producto interior bruto del país, sino también en el empleo: cada 60.000 euros invertidos significan la creación de un puesto de trabajo directo y 0,6 indirectos. Asimismo el efecto multiplicador global estimado para el sector en España es de dos (x2), lo que quiere decir que una subida de un punto porcentual en la demanda constructiva se traduce en casi el doble de subida en la producción económica del país. A continuación se pueden ver algunas de las cifras que explican el peso del sector de la construcción en la economía nacional correspondientes al año 200 :

Cifra de Producción total.....95.200 Millones de Euros
Porcentaje de la producción sobre el PIB.....14,62%
Valor Añadido Bruto sobre PIB.....8,3 %
Población laboral ocupada sobre el total11,4%
Número de trabajadores empleados... más de 1 Millón

Dentro del sector de Construcción se pueden distinguir los subsectores siguientes:

- Obra Civil (22% del total)
- Edificación (78% del total)
 - Edificación Residencial (37% del total)
 - Edificación no Residencial (11% del total)
 - Rehabilitación y Mantenimiento de la Edificación (30% del total)

Fuente: "Informe Construcción 2001 de SEOPAN"

Aunque la Obra Civil sólo representa el 22% de la cifra de negocio del sector; su carácter tractor sobre el resto de actividades y su capacidad para incorporar tecnologías avanzadas, han sido determinantes a la hora de seleccionarlo como subsector objeto de este estudio de prospectiva. La alta tasa de crecimiento interanual de la Obra Civil en el año 2001 (10%), frente a cifras menores en el resto del sector; le sitúan también en una posición de relevancia y justifica el interés por la mejora de su competitividad. A continuación se recuerdan algunas peculiaridades que hacen del sector de la construcción un campo de trabajo diferente al de otros sectores industriales:

- Gran variabilidad en la ubicación de los centros de trabajo, así como en los recursos materiales y proveedores de productos y servicios, debiendo ser adaptados a las características de cada obra, o a las condiciones impuestas por los clientes.
- Descentralización de las responsabilidades y centros operativos de decisión, provocado por la propia dispersión de los centros de trabajo.
- Estructura del personal de las empresas con un alto grado de precariedad en la estabilidad del puesto de trabajo y un nivel de formación y cualificación profesional, en el personal de ejecución de obra, inferior a otros sectores industriales.
- Alto grado de subcontratación, motivado por la búsqueda del abaratamiento de los costes y la flexibilidad para las puntas de trabajo, lo que motiva que el sector este constituido fundamentalmente por PYMES (más del 95%) y un número reducido de empresas tractoras.
- Unas condiciones de trabajo especiales, variabilidad del personal y dispersión geográfica, numeroso personal de baja cualificación en la obra, etc., que dificultan la implantación de un sistema de gestión.

- Niveles de riesgo en el puesto de trabajo muy superiores a otros sectores industriales y que se constatan por la alta tasa de siniestralidad, superior en España frente a otros países más avanzados de Europa.

Aunque las principales empresas que trabajan en el sector son de gran tamaño, la mayoría de ellas son pequeñas y suelen participar en las labores de construcción como subcontratistas de las primeras. Así el sector se encuentra muy fragmentado, con una gran mayoría de empresas con pocos empleados, como se puede observar en la tabla siguiente :

Nº Empresas del sector de Construcción en España

Sin asalariados	121.594
De 1 a 19	128.882
De 20 a 99	7.916
De 100 a 499	645
De 500 a más	55
TOTAL EMPRESAS.....	259.092

Fuente: "Informe COTEC 2002 sobre Construcción"

Esto implica, por una parte, la ventaja de una mayor flexibilidad para adaptarse a cargas de trabajo muy variables. Pero por el contrario, presenta también el inconveniente del cambio continuo de los equipos de trabajo, lo que genera ineficacia y dificultad para definir estrategias a largo plazo.

Se puede decir que la Obra Civil, junto con la mayoría del sector de la construcción, presentan también las siguientes deficiencias:

- Márgenes bajos, que se compensan con el gran volumen de trabajo.
- Niveles bajos de I+D, ya que prima el corto plazo sobre el largo.
- Escasa cualificación del personal, sobre todo en la propia labor de ejecución de la obra.
- El precio predomina como criterio de adjudicación, especialmente en la Administración Pública, frente al Valor.
- Las barreras de acceso a nuevos competidores son bajas, aunque mayores en Obra Civil que en Edificación.

Los factores anteriores, característicos del sector de la construcción durante los últimos años, llevan a pensar que existen grandes oportunidades de mejora. No es irreal pensar que la adopción a tiempo de nuevas tecnologías podrá mejorar el proceso y significar, por tanto, un ahorro económico importante, a la vez que dar respuesta a otros retos más generales del sector:

Escenarios supuestos de futuro

Para el desarrollo de este estudio se ha supuesto que las tendencias socioeconómicas que se van a producir en Europa y en España de aquí al año 2015 serán las siguientes:

- En España, y de forma general en toda Europa, se producirá un crecimiento moderado pero sostenido de la economía, que se prolongará hasta el año 2015.
- Se ha tenido en cuenta la retirada de fondos FEDER que se deberá producir en el año 2007, como consecuencia del actual proceso de ampliación de la Unión Europea hacia los países del Este de nuestro continente.
- La propia ampliación de la Unión Europea a los países del Este significará la apertura de unos mercados potenciales para el sector de la construcción, aunque será difícil que las empresas españolas puedan beneficiarse de ello por nuestra lejanía.
- Desde hace varios años se observa un incremento de la exigencia de la sociedad en calidad, medio ambiente, seguridad, etc.
- Globalización e incremento de la movilidad de personas y empresas.
- Aumento de la inmigración y su empleo como mano de obra.
- Impacto del efecto 11 de Septiembre.
- Movimientos de concentración empresarial.
- Nuevos mercados a desarrollar (Norte de África, Latinoamérica,...)

Estas tendencias se cree que afectarán de forma global al desarrollo del sector de la construcción en España y por tanto pueden tener influencia sobre la evolución futura de muchas de las tecnologías que se analizarán en este estudio.



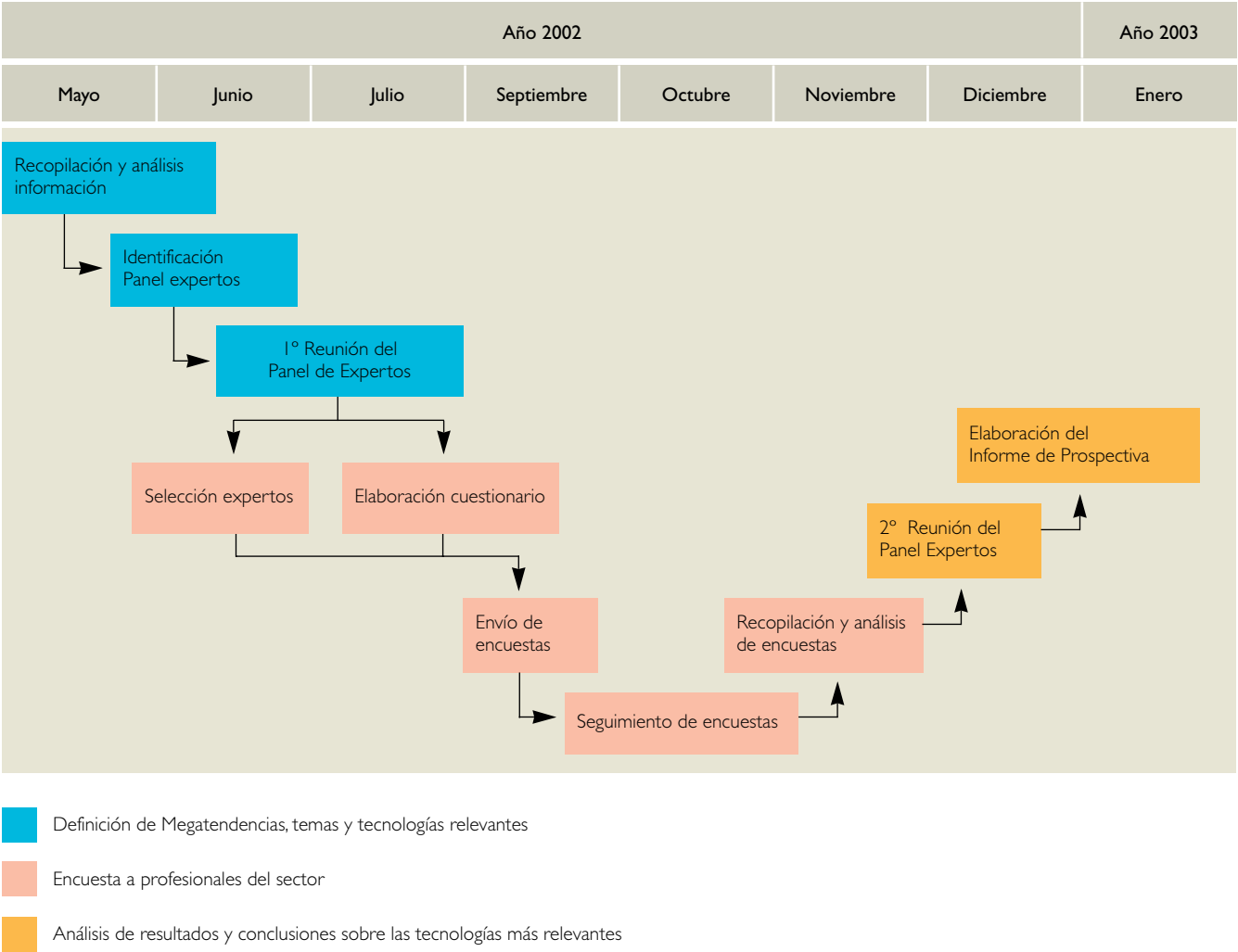
Metodología

Como guía en la realización de este estudio se ha utilizado la técnica Delphi, que se basa principalmente en la utilización de un Panel de Trabajo formado por expertos en el tema a tratar y en la consulta, mediante el envío de encuestas, a un conjunto más amplio de profesionales.

Algunos datos relevantes de este proceso han sido los siguientes:

- Selección de 20 expertos representativos de los diferentes agentes involucrados en el sector de Obra Civil (Administración, Promotores y Entidades públicas, Constructores, Fabricantes de Materiales, Fabricantes de Maquinaria, Servicios Técnicos - Ingenierías y Consultorías- y Entidades de Investigación y Control - Laboratorios, Centros Tecnológicos y Universidades -).
- Identificación de 7 grandes Megatendencias que se desarrollan en el apartado 5 de este informe.
- Identificación de 102 tecnologías iniciales, de las que se seleccionaron las 51 más importantes para el sector y que se incluyeron en la encuesta.
- Consulta a 333 profesionales de la Obra Civil sobre cada tecnología seleccionada: nivel de conocimiento, grado de importancia, fecha de materialización y posición competitiva de España.
- Analizadas sólo aquellas respuestas sobre tecnologías que el experto declaraba conocer en grado 'Medio' o 'Alto'.

Las fases seguidas en la elaboración de este estudio se muestran en la figura siguiente.





Resultados Generales

En los siguientes apartados se describen y comentan los principales resultados obtenidos a partir de las encuestas recibidas. Se aportan detalles sobre el colectivo de profesionales origen de la información, su localización geográfica, su grado de respuesta a la encuesta y las principales tendencias detectadas en un ámbito general.

Análisis del colectivo encuestado

APLICACIÓN DEL CUESTIONARIO (ENVIADOS/RECIBIDOS)

El número de encuestas recibidas ha sido de 77, sobre un total de 333 encuestas enviadas (23% de respuesta). A continuación se muestra el detalle del grado de participación, diferenciando entre los tipos de agentes y las áreas geográficas.

Los 3 grupos de agentes comprenden los siguientes elementos:

- Administración = Administración Central y Autonómicas y Entidades Públicas.
- Empresas = Constructores, Fabricantes de Maquinaria, Fabricantes de Materiales, Instaladores y Asociaciones.
- Servicios Técnicos e Investigación = Ingenierías, Consultoras, Laboratorios, Centros Tecnológicos y Universidades.

% Representación Zona	Agentes Empresa			Respuesta por zona geográfica	
	Administ.	Serv.Tecn.			
Centro-Sur	9 (44)	20 (81)	21 (69)	50 (192)	26%
Este	4 (12)	4 (24)	3 (10)	11 (46)	24%
Norte	4 (22)	7 (51)	5 (20)	16 (95)	17%
Respuesta por agente	17 (78)	3 (156)	29 (99)	77 (333)	17%
	22%	20%	29%	23%	

Para leer la tabla:

En cada cuadrícula: n° de encuestas recibidas (n° de encuestas enviadas)

El % indica el n° de encuestas recibidas por agente o zona con respecto al total enviadas del colectivo

Se observa que el grado de respuesta a las encuestas ha sido superior en las zonas Centro-Sur y Este, frente a un porcentaje de respuesta menor en la zona Norte. Asimismo se observa que el porcentaje de respuesta ha sido mayor entre los Servicios Técnicos e Investigación que entre

el resto de agentes del sector; lo que puede deberse al mayor interés por la información tecnológica de dichos agentes, tradicionalmente más cercanos a la innovación y a los ejercicios de reflexión prospectiva.

PROCEDENCIA PROFESIONAL DE LOS ENCUESTADOS

En la tabla siguiente se muestra, a partir de las encuestas recibidas, el grado de representatividad de cada uno de los agentes en los resultados finales obtenidos.

	Agentes			%
	Administ.	Empresa	Serv.Tecn.	
Nº de respuestas	17	31	29	77
Porcentaje	22%	40%	38%	100%

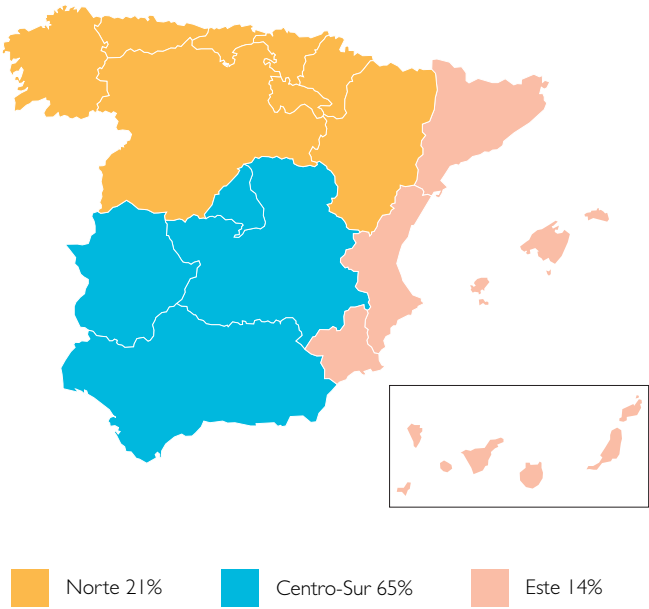
Desde el punto de vista estadístico se considera que los tres grupos de agentes están representados adecuadamente en la encuesta, de forma que sus resultados pueden considerarse significativos.

Dado el carácter de reflexión prospectiva de este estudio, se considera positiva la alta representación del colectivo de empresas, porque dota a los resultados del informe de una mayor cercanía a la realidad empresarial. Este hecho, sin embargo, también puede haber condicionado la visión a largo plazo, más característica de la Administración Pública y sobre todo de los Servicios Técnicos e Investigación.

PROCEDENCIA GEOGRÁFICA

A continuación se incluye un mapa que describe, gráficamente, el grado de representatividad que cada una de las zonas geográficas de España ha tenido en los resultados del estudio, en cuanto al origen del profesional que ha respondido la encuesta.

La zona Centro-Sur de España tiene una representación superior a la de las otras dos regiones, lo que se explica porque las grandes empresas del sector de construcción, aunque trabajan en toda España, suelen tener su sede central en Madrid.



Análisis de resultados por megatendencias

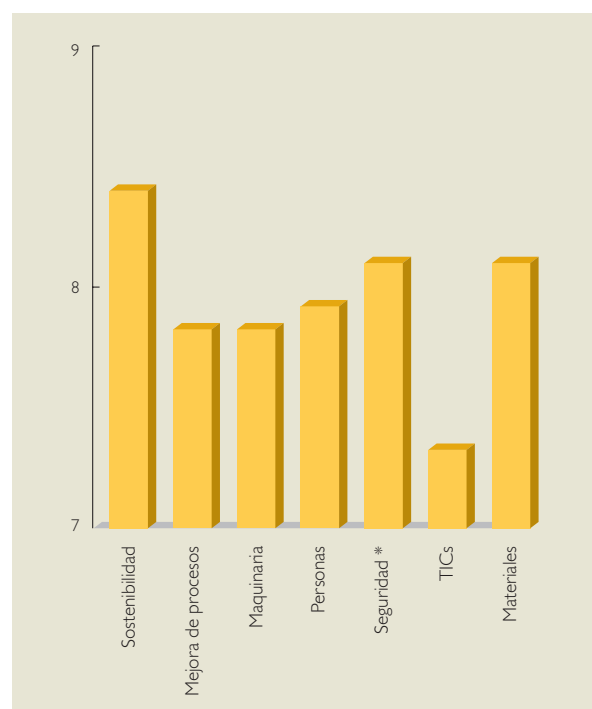
En este apartado se muestran los resultados del análisis sobre las respuestas recibidas de la encuesta, analizándolos desde el punto de vista de las Megatendencias o grandes tendencias tecnológicas. De esta forma se quiere aportar una visión general que ayude a entender más fácilmente la situación de la Obra Civil en España y los principales retos y problemáticas a los que se enfrentan sus diferentes agentes.

A continuación se describen brevemente cada una de las siete Megatendencias que componen este análisis:

- **Sostenibilidad**, orientada hacia un desarrollo tecnológico e industrial del sector de construcción que no suponga una “hipoteca” para el futuro.
- **Seguridad de Uso y Mantenimiento**, entendida como la extensión de la seguridad que se aplica en cualquier diseño de ingeniería civil a otras situaciones que pueden acontecer durante la vida de la estructura.
- **Recursos Humanos**, que incluye aspectos relativos a la seguridad y salud de las personas, su formación y capacitación.
- **Materiales**, orientada al desarrollo y perfeccionamiento de los materiales como herramienta de salto tecnológico para la industria de la construcción.
- **Mejora de Procesos**, que incluye aspectos relacionados con la integración de la cadena de valor; industrialización de procesos, reducción de costes totales y orientación hacia el usuario final de la infraestructura de obra civil.
- **Maquinaria**, relacionada con maquinaria necesaria para la ejecución de la obra civil, que integra sofisticados sistemas de control, automatización y seguridad en lo que intervienen sensores, electrónica e informática.
- **Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICs)**, como herramientas de soporte que facilitan el avance y modernización del resto de tecnologías, además de ayudar al desarrollo de infraestructuras de comunicación e intercambio de la experiencia y conocimiento acumulados.

MEGATENDENCIAS POR SU GRADO DE IMPORTANCIA

El gráfico siguiente ilustra las siete Megatendencias identificadas por el Panel Consultivo y la importancia (medida entre cero y diez) que le han dado los profesionales que han respondido la encuesta.



* Seguridad de Uso y Mantenimiento

Como se puede observar, la **Sostenibilidad** es la tendencia de futuro que claramente destaca, en cuanto a su importancia, por encima del resto. La presión social, que se está trasladando a las administraciones y al resto de agentes sociales, y que terminará calando en el sector, puede explicar este nivel de importancia.

Otro factor que puede haber incidido en esta calificación es el hecho de que en el pasado se ha construido sin estar suficientemente presentes los criterios de Sostenibilidad. Por otra parte **TICs** (Tecnologías de Información y Comunicaciones) es la tendencia menos valorada por los profesionales, sin embargo se constata su implantación de forma progresiva en el sector. La baja cultura sobre TICs y su escaso grado de impregnación entre los profesionales del sector pueden explicar las bajas notas en cuanto a la importancia de estas tecnologías. De hecho, en otros foros similares (USA), se opina que son las TICs las que están dando y darán un impulso decisivo de modernización y racionalidad al sector; lo que se traducirá en reducción de costes y aumento de productividad. El sector de la construcción, además, ve las TICs como una herramienta y no como un fin en sí mismo. Las TICs vienen dadas por agentes externos al sector y se ponen a su dis-

posición, por lo que a futuro el especialista prefiere centrarse en tecnologías emergentes en otras áreas que sí forman parte de su núcleo de negocio. Estos factores explican una actitud poco proactiva del sector respecto a esta Megatendencia. El resto de Megatendencias figuran a un nivel intermedio de importancia percibida, con puntuaciones variables pero muy próximas entre sí. Para completar el análisis anterior se ha estudiado cada uno de los tres grupos de agentes representativos por separado: Empresa, Administración y Servicios Técnicos e Investigación. Se han seleccionado únicamente las tres Megatendencias más importantes para cada uno de ellos y se han valorado las coincidencias entre los tres grupos. Las Megatendencias seleccionadas con este criterio, junto con la información del grupo para el que son importantes, se representan en la gráfica siguiente.

	Empresa	Administración	Serv. Técnicos e Investigación
Sostenibilidad			
Seguridad de uso y Mantenimiento			
Recursos Humanos			
Materiales			
Mejora de procesos			

Como se puede apreciar en el gráfico **Sostenibilidad**, que era la tendencia más puntuada al nivel global, es también la única preocupación común para los 3 grupos de agentes, medida según el criterio anterior (estar entre las 3 primeras). De las restantes 5 Megatendencias que se percibían como importantes pero en una puntuación similar, sólo dos de ellas, **Seguridad de Uso y Mantenimiento** y **Recursos Humanos**, aparecen como temas de interés común para al menos dos de los grupos.

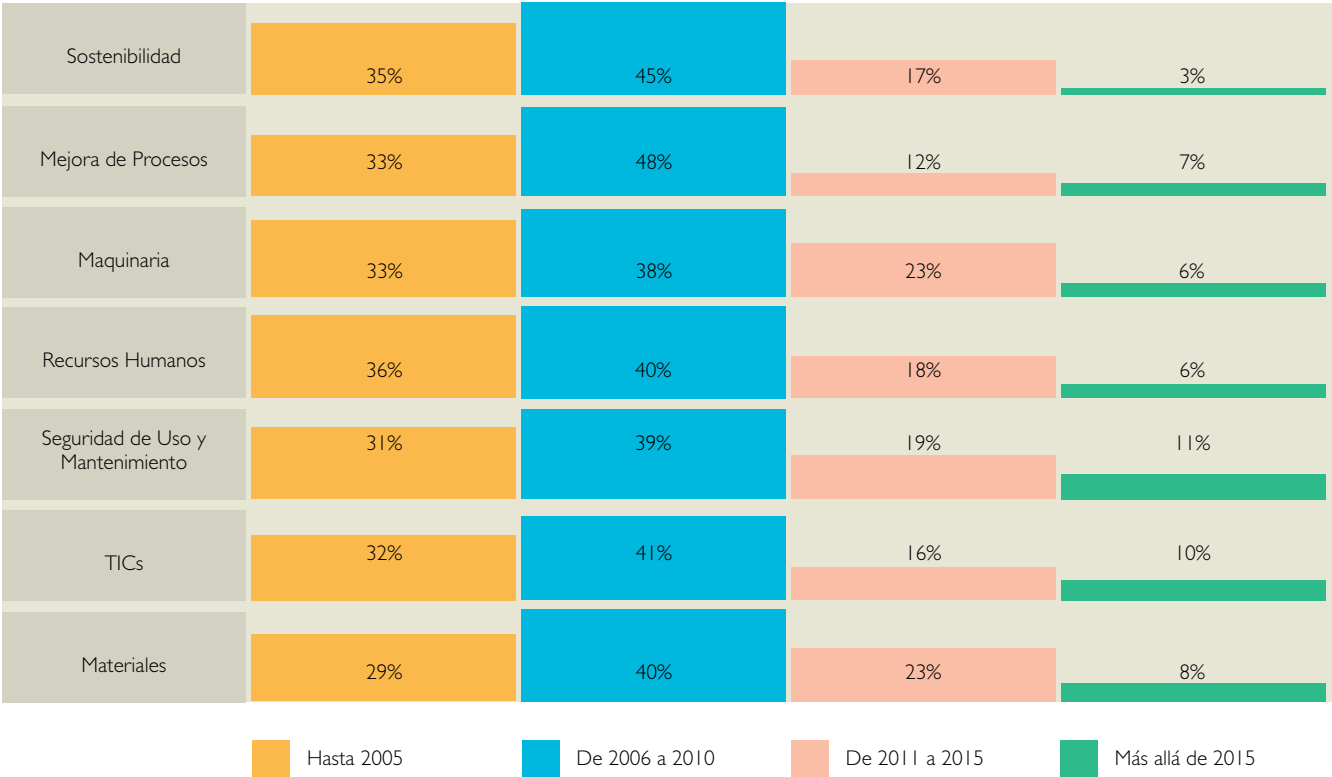
La **Mejora de Procesos** sólo figura como relevante para las empresas, mientras que los Materiales destacan para los Servicios Técnicos e Investigación.

Como consecuencia de este análisis se puede concluir que las 3 Megatendencias más relevantes para el sector de Obra Civil son las siguientes, clasificadas por su orden de importancia:

1º. SOSTENIBILIDAD, que claramente se destaca del resto.
2º. SEGURIDAD DE USO Y MANTENIMIENTO
3º. PERSONAS

PLAZO DE MATERIALIZACIÓN DE LAS MEGATENDENCIAS

En el gráfico siguiente se representan las diferentes Megatendencias y el plazo de materialización que se les ha asignado por los profesionales encuestados.



El grosor de cada barra representa la proporción de ellos que opinan que las diferentes tecnologías de esa Megatendencia se implantarán de forma generalizada en dicho periodo de referencia.

Como conclusión se observa que el periodo 2006-2010 es el más probable para la implantación generalizada de la mayoría de las tecnologías representadas, siendo el 2003-2005 el siguiente más votado. Esto quiere decir que, a juicio de los profesionales encuestados, antes de finales de 2010 deberían materializarse la mayoría de las tecnologías pertenecientes a los diferentes grupos.

Las Megatendencias en las cuáles más del 80% de los profesionales opinan que sus tecnologías, de forma mayoritaria, irrumpirán antes de finales de 2010 serían **Sostenibilidad y Mejora de Procesos**. En el resto de casos los profesionales siguen apostando por una implantación temprana, aunque en un periodo algo posterior. Por ejemplo en **Materiales, Seguridad de Uso y Mantenimiento y Maquinaria** alrededor de un 30% de los profesionales opinan que sus tecnologías pueden desarrollarse después del 2010.

Los resultados anteriores se pueden interpretar de dos formas diferentes:

- El panel consultivo de expertos no ha sido capaz de proyectarse en el futuro suficientemente e identificar tecnologías de implantación o aparición en el largo plazo.
- Los profesionales consultados del sector pueden haber sido muy optimistas a la hora de contestar, confundiendo quizás sus deseos o necesidades con la realidad de cuándo podrán materializarse estas tecnologías.

La segunda hipótesis se ve avalada cuando se analizan una a una las tecnologías más relevantes y los expertos del Panel Consultivo coinciden en que será muy difícil que varias de ellas se comiencen a utilizar de forma generalizada en los plazos que se indican.

También es probable que los agentes del sector, por su propia naturaleza, realmente pueden creer a priori que ciertas tecnologías se van a desarrollar rápidamente, cuando sin embargo la propia historia del sector y sus características pueden aconsejar una visión más conservadora. Luego se verá, en el apartado -Materialización de Tecnologías por Agentes, cómo cada grupo de agentes del sector varía a la hora de pronosticar el periodo de materialización de cada una de las tecnologías.

En el anexo final del documento se presenta el detalle de todas las tecnologías y se incluye el periodo de materialización de cada una de ellas.



Análisis de resultados por Tecnologías más relevantes

A partir de los resultados de la encuesta y del proceso de discusión con el Panel de expertos se han identificado las 15 tecnologías siguientes como las más críticas para el sector de Obra Civil en España, en el horizonte del año 2015, ordenadas de mayor a menor por su grado de importancia:

- PER-1.** Desarrollo y normalización de los sistemas constructivos atendiendo a criterios de prevención de riesgos laborales.
- SOS-8.** Técnicas para la protección de acuíferos y cursos de agua.
- SEG-3.** Métodos de análisis, materiales y técnicas para la evaluación y protección de estructuras frente al fuego.
- MAT-6.** Tecnologías de inspección y predicción (métodos numéricos, técnicas analíticas, métodos acelerados,...) que permitan estimaciones de la vida potencial o residual de materiales y estructuras.
- SEG-2.** Tecnologías de ventilación y extracción en túneles.
- SOS-4.** Tecnologías de evaluación, gestión y reutilización de residuos de diversa procedencia (construcción, minería, siderurgia, etc.)
- SOS-9.** Desarrollo de tecnologías limpias: reducción de emisiones (polvo), ruidos, residuos y vibraciones.
- MEJ-6.** Desarrollo e implantación de sistemas integrados de gestión de calidad, medio ambiente y seguridad laboral durante la construcción de obras.
- MAT-4.** Estandarización, normalización y certificación de los productos de construcción.
- PER-5.** Desarrollo de modelos que estudien el comportamiento de las personas en situaciones bajo condiciones extremas (accidentes, fuego en túnel, inundaciones, etc.)
- SOS-1.** Técnicas de análisis de ciclo de vida, aplicadas tanto para materiales como para estructuras, integrando su impacto ambiental y su balance energético.
- MAT-5.** Reutilización, reparación o reciclado de los materiales emergentes.
- PER-2.** Diseño de sistemas de formación y aprendizaje sencillos y ágiles para el personal de obra no cualificado.
- TIC-9.** Desarrollo e implantación de sistemas de gestión del conocimiento en la obra civil.
- MAQ-1.** Sistemas de control automáticos que puedan actuar sobre las diferentes variables de la máquina y su guiado.

IMPORTANCIA DE LAS TECNOLOGÍAS POR AGENTES

A continuación se presenta un gráfico que recoge las 15 tecnologías anteriores, distinguiendo la opinión de cada grupo de agentes.

	Global	Admon.	Empresa	Serv.Tecn.
SOS 1	8,5	9,2	7,7	8,8
SOS 4	8,7	8,8	8,4	9,1
SOS 8	9	9,1	9,2	8,6
SOS 9	8,6	8,2	9	8,7
MEJ 6	8,6	9,2	8,4	8,7
TICS 9	8,4	8,1	7,8	9,2
SEG 2	8,7	9,4	8,7	8,4
SEG 3	9	10	8,7	8,8
PER 1	9,1	9	9,1	9
PER 2	8,4	9,6	8,8	7,7
PER 5	8,5	8,6	8,9	8,3
MAT 4	8,5	8,7	8,5	8,7
MAT 5	8,4	8,1	7,9	9,3
MAT 6	8,8	8,1	8,6	9,2
MAQ 1	8,4	8,9	8,8	7,6

Se observa que la importancia de las tecnologías para cada grupo varía de forma importante, lo que se puede confirmar en la tabla siguiente, donde se incluyen las 3 tecnologías más importantes para cada uno de los tres agentes del sector.

Observando la tabla se deduce que existe una disparidad amplia de intereses entre cada grupo de agentes, ya que no se repite ninguna de las 9 tecnologías.

Orden	Administración Pública	Empresa	Serv.Técnicos e Investigación
1º	Seg-3. Métodos de análisis, materiales y técnicas para la evaluación y protección de estructuras frente al fuego.	Sos-8. Técnicas para la protección de acuíferos y cursos de agua.	Mat-5. Reutilización, reparación o reciclado de los materiales emergentes.
2º	Per-2. Diseño de sistemas de formación y aprendizaje sencillos y ágiles para el personal de obra no cualificado.	Per-1. Desarrollo y normalización de los sistemas constructivos atendiendo a criterios de prevención de riesgos laborales.	Mat-6. Tecnologías de inspección y predicción (métodos numéricos, técnicas analíticas, métodos acelerados,...) que permitan estimaciones de la vida potencial o residual de materiales y estructuras.
3º	Seg-2. Tecnologías de ventilación y extracción en túneles.	Sos-9. Desarrollo de tecnologías limpias: reducción de emisiones (polvo), ruidos, residuos y vibraciones.	Tic-9. Desarrollo e implantación de sistemas de gestión del conocimiento de la obra civil.

**PLAZO DE MATERIALIZACIÓN DE
TECNOLOGÍAS POR AGENTES**

En la tabla siguiente se muestra el plazo de materialización que cada agente otorga a las 15 tecnologías más importantes.

Se observa que la empresa es mucho más conservadora a la hora de pronosticar cuándo van a implantarse las diferentes tecnologías, mientras que los Servicios Técnicos de Investigación entienden que van a darse más rápidamente este tipo de desarrollos.

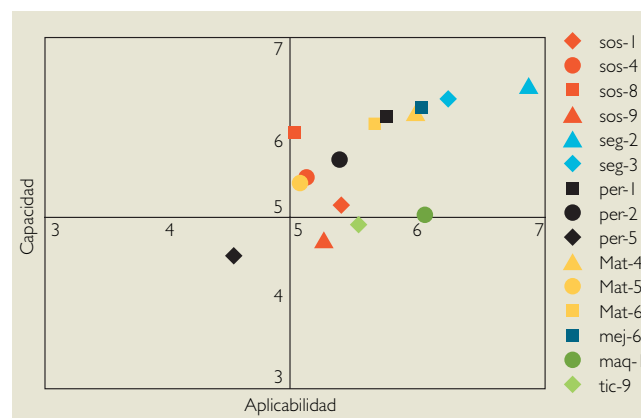
	GLOBAL	ADMON	EMPRESA	SERV.TECN.
Sos-1	De 2006 a 2010	De 2006 a 2010	De 2006 a 2010	De 2006 a 2010
Sos-4	De 2006 a 2010	Hasta 2005	De 2006 a 2010	Hasta 2005
Sos-8	De 2006 a 2010	De 2006 a 2010	De 2006 a 2010	Hasta 2005
Sos-9	De 2006 a 2010	De 2006 a 2010	Hasta 2005	De 2006 a 2010
Mej-6	Hasta 2005	Hasta 2005	De 2006 a 2010	Hasta 2005
Tics-9	De 2006 a 2010	De 2010 a 2015	De 2006 a 2010	De 2006 a 2010
Seg-2	Hasta 2005	Hasta 2005	De 2006 a 2010	Hasta 2005
Seg-3	De 2006 a 2010	De 2006 a 2010	De 2006 a 2010	De 2006 a 2010
Per-1	Hasta 2005	De 2006 a 2010	De 2006 a 2010	Hasta 2005
Per-2	Hasta 2005	Hasta 2005	De 2006 a 2010	Hasta 2005
Per-5	De 2006 a 2010	Hasta 2005	Más Allá de 2015	Hasta 2005
Mat-4	Hasta 2005	De 2006 a 2010	Hasta 2005	Hasta 2005
Mat-5	De 2006 a 2010	De 2010 a 2015	De 2006 a 2010	De 2006 a 2010
Mat-6	Hasta 2005	De 2010 a 2015	Hasta 2005	Hasta 2005

CAPACIDAD CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA Y APLICABILIDAD DE LAS TECNOLOGÍAS

En el gráfico siguiente se representan las 15 tecnologías más importantes y la posición competitiva de España, tanto en su vertiente de capacidad científico-tecnológica como en el grado de aplicabilidad al sector:

Se observa como la mayoría de las tecnologías se sitúan en el cuadrante superior derecho, donde la capacidad tecnológica es alta y el grado de aplicabilidad al sector también, siendo esta característica más relevante en el caso de las tecnologías referidas a la **Seguridad de Uso y Mantenimiento**. Esto quiere decir que si no hay factores externos no previstos o cambios drásticos del entorno constructivo, el desarrollo e implantación de dichas tecnologías no debería presentar excesivas dificultades.

El alto grado de correlación encontrado en las respuestas dadas a la capacidad tecnológica y el grado de aplicabilidad al sector de cada tecnología sugiere que se puede haber producido una asociación entre ambos conceptos, posiblemente por estar situados en la encuesta original bajo el epígrafe común de Posición de España. Por este motivo el panel de Expertos ha preferido no entrar a valorar las calificaciones obtenidas sobre la el grado de aplicabilidad de las tecnologías a cada sector:





Tecnologías más relevantes para el sector

A continuación se describen las 15 tecnologías más relevantes para el futuro del sector de la obra civil, precedidas de una introducción sobre la Megatendencia bajo la que se agrupan.

Sostenibilidad

El desarrollo sostenible es hoy en día un concepto clave en el análisis de la evolución de la sociedad. Un elemento muy importante resulta la construcción sostenible, tanto en el sector de construcción en general como en el de Obra Civil en particular.

La sostenibilidad constituye, en el momento actual, un punto clave para la planificación y puesta en práctica de cualquier tipo de actividad constructiva. De modo general el concepto de “sostenibilidad” implica que el desarrollo tecnológico e industrial no suponga una “hipoteca”, una carga para el futuro a corto, medio o largo plazo. Es necesario, por tanto, una optimización de nuestro desarrollo.



Esta optimización requiere una evaluación fiable de los distintos impactos asociados a las actividades y productos tecnológicos e industriales (agotamiento de recursos, impactos medioambientales, etc.) como la propia mejora de dichas actividades y productos.

Algunas tecnologías de importancia que han resultado del estudio han sido los siguientes:

- Técnicas para la protección de acuíferos y cursos de agua.
- Tecnologías de evaluación, gestión y reutilización de residuos de diversa procedencia (construcción, minería, siderurgia, etc.)
- Desarrollo de tecnologías limpias: reducción de emisiones (polvo), ruidos, residuos y vibraciones.
- Técnicas de análisis de ciclo de vida, aplicadas tanto para materiales como para estructuras, integrando su impacto ambiental y su balance energético.
- Nuevas técnicas de sanación y descontaminación de suelos y sedimentos.

- Nuevas técnicas de restauración, rehabilitación y mantenimiento.
- Tecnologías para el uso eficaz y global de materiales locales en obras lineales, incluyendo materiales marginales o deficientes.
- Tecnologías que permitan el uso eficaz de espacios alternativos: subterráneos, vertederos, terrenos de bajas características técnicas, etc.
- Desarrollo de tecnologías GIS vivos que monitoricen el impacto medioambiental mediante la utilización de sensores remotos avanzados.

A continuación se describen las 4 tecnologías relacionadas con la sostenibilidad que en opinión de los profesionales se han incluido entre las 15 más relevantes para el sector de obra civil en España.

TÉCNICAS PARA LA PROTECCIÓN DE ACUÍFEROS Y CURSOS DE AGUA

Megatendencia: Sostenibilidad

Índice de importancia (0-10): 9,01

Periodo de materialización: 2006 - 2010

Posición de España

- Situación científica y tecnológica de España (0-10): 5,94
- Aplicabilidad al sector de Obra Civil (0-10): 4,95

ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA

Ventajas de su adopción:

- Mejorar la imagen del sector.
- Conservar la cantidad y calidad de un recurso natural: el agua.
- Disminuir el riesgo de los efectos de catástrofes naturales.

Tecnologías relacionadas que pueden exigirse para su desarrollo:

- Sistemas de información en tiempo real.
- Avance en técnicas de simulación y modelos matemáticos: técnicas de predicción.
- Tecnologías de depuración y eliminación de aguas residuales.
- Tecnologías de barreras de protección.

Limitaciones en el desarrollo o aplicación de esta tecnología:

- Intereses contrapuestos. Ej. desarrollos urbanísticos. Recomendaciones para su desarrollo
- Cumplimiento riguroso de las políticas de aguas establecidas.
- Comunicación y difusión a otros agentes sociales de la importancia y significado de las actuaciones que se deben llevar a cabo para la protección de acuíferos y cursos de agua (ejemplos: medios de comunicación, magistratura, etc.)

Indicador(es) del grado de implantación de esta tecnología:

- Número de siniestros anuales consecuencia de avenidas e inundaciones motivadas por obras civiles.
- Número de demandas en tribunales en relación con acuíferos y cursos de agua.

Comentarios

El desarrollo de estas tecnologías afecta a un recurso escaso imprescindible para el desarrollo humano, industrial, agrícola, del ecosistema, etc., y por lo tanto de gran impacto social. Por otra parte, se necesita que los cursos naturales de agua sean respetados por las obras y no se generen riesgos innecesarios para personas y bienes.

Por lo tanto un adecuado desarrollo de estas tecnologías debería implicar una disminución de los siniestros motivados por avenidas e inundaciones, un mantenimiento de la calidad de los acuíferos y probablemente una disminución de las demandas en tribunales.

TECNOLOGÍAS DE EVALUACIÓN, GESTIÓN Y REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS DE DIVERSA PROCEDENCIA: CONSTRUCCIÓN, MINERÍA, SIDERURGIA, ETC.

Megatendencia: Sostenibilidad

Índice de importancia (0-10): 8,76

Periodo de materialización: 2006 - 2010

Posición de España

- Situación científica y tecnológica de España (0-10): 5,42
- Aplicabilidad al sector de Obra Civil (0-10): 5,09

ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA

Ventajas de su adopción:

- Disminución del consumo de recursos naturales.
- Disminución del volumen y coste de los residuos industriales.

Tecnologías relacionadas que pueden exigirse para su desarrollo:

- Tecnologías de evaluación medioambiental. Ej. Lixiviación.
- Tecnologías de durabilidad. Predicción del comportamiento mediante ensayos acelerados.
- Normalización, estandarización y certificación de productos de construcción.

Limitaciones en el desarrollo o aplicación de esta tecnología:

- Coste actual de vertidos, que es casi nulo.
- Logística de distribución de estos productos.

Recomendaciones para su desarrollo

- Política de incentivación del uso de residuos.
- Incremento del valor/puntuación en concursos por el uso de residuos.
- Incremento del coste de los vertidos.
- Inclusión de estos productos dentro de la normativa técnica.

Indicador(es) del grado de implantación de esta tecnología:

- Volumen de residuos empleados en las obras (en volumen total o porcentaje de obra).
- Evolución del coste de estos productos.

Comentarios

La evolución de esta tecnología dependerá mucho de una política real de incremento del coste de los vertidos fijado por la Administración y por una limitación del consumo de recursos fundamentales.

**DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS LIMPIAS:
REDUCCIÓN DE EMISIONES (POLVO,...),
RUIDOS, RESIDUOS Y VIBRACIONES**

Megatendencia: Sostenibilidad

Índice de importancia (0-10): 8,71

Periodo de materialización: 2006 - 2010

Posición de España

- Situación científica y tecnológica de España (0-10): 4,69
- Aplicabilidad al sector de Obra Civil (0-10): 5,23

ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA

Ventajas de su adopción:

- Imagen. Generar un sector menos contaminante.
- Calidad de vida. Atender los requerimientos de los ciudadanos en este aspecto.

Tecnologías relacionadas que pueden exigirse para su desarrollo:

- Tecnologías de gestión limpia en obra: mejora de procesos.
- Desarrollo de maquinaria.
- Tecnologías acústicas.
- Semindustrialización en construcción.
- Aplicación de la reingeniería de procesos.

Limitaciones en el desarrollo o aplicación de esta tecnología:

- Valoración medioambiental de los agentes del sector.
- Temporalidad de la incidencia. Coste necesario para solucionar un problema que desaparece al finalizar la obra.

Recomendaciones para su desarrollo

- Sensibilización y difusión entre los agentes del sector sobre las ventajas de la utilización de las tecnologías limpias.
- Desarrollo de sistemas integrados y ágiles que permitan la vigilancia medioambiental en la ejecución de las obras.
- Exigencia por parte de la Administración y los grandes promotores de obra civil de la utilización de estos sistemas de vigilancia medioambiental.

Indicador(es) del grado de implantación de esta tecnología:

- Obras con vigilancia medioambiental (número y/o porcentaje).

Comentarios

El desarrollo e implantación de estas tecnologías experimentarían un gran avance si la Administración y los grandes promotores impulsaran la aplicación rigurosa de los estudios de impacto ambiental que se desarrollan. La adopción de estas tecnologías supondría un efecto rápido y muy positivo sobre la imagen del sector.

TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA APLICADAS TANTO PARA MATERIALES COMO PARA ESTRUCTURAS, INTEGRANDO SU IMPACTO AMBIENTAL Y SU BALANCE ENERGÉTICO

Megatendencia: Sostenibilidad

Índice de importancia (0-10): 8,53

Periodo de materialización: 2006 - 2010

Posición de España

- Situación científica y tecnológica de España (0-10): 5,11
- Aplicabilidad al sector de Obra Civil (0-10): 5,39

ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA

Ventajas de su adopción:

- Facilitar la evaluación de los impactos medioambientales en obra civil.
- Diferenciación de productos y procesos por su calidad medioambiental, no solo por su resistencia y durabilidad.

Tecnologías relacionadas que pueden exigirse para su desarrollo:

- Desarrollo de bases de datos medioambientales.
- Herramientas informáticas que integren el diseño con bases de datos medioambientales de forma ágil.
- Tecnologías de inspección y predicción que permitan estimaciones de la vida potencial o residual de materiales y estructuras.

Limitaciones en el desarrollo o aplicación de esta tecnología:

- Preocupación casi exclusiva por el coste de implantación.
- Necesidad de una armonización de las normas en el ámbito de la Unión Europea.
- Resistencias a la implantación de estos conceptos por parte de los fabricantes con productos en peor situación medioambiental.

Recomendaciones para su desarrollo

- Valoración del Análisis del ciclo de vida por parte de la Administración en concursos.
- Desarrollo de la normativa. Definición de los límites del sistema de análisis del ciclo de vida.

Indicador(es) del grado de implantación de esta tecnología

- Número de inventarios de análisis de ciclo de vida sobre productos y procesos de construcción.

Comentarios

Estas tecnologías se están desarrollando rápidamente en los países del Centro y Norte de Europa, por lo que se aconseja seguir de cerca su evolución y estar preparados frente al futuro desarrollo normativo europeo.

Seguridad de uso y mantenimiento

La seguridad de uso y mantenimiento se define, en el presente contexto, como la extensión de la seguridad que se aplica en cualquier diseño de ingeniería civil a otras situaciones menos definidas o estandarizadas que pueden acontecer durante la vida de la estructura, como las derivadas de riesgos naturales o de defectos de mantenimiento o supervisión.

Entre las diferentes facetas que esta tendencia ha suscitado se citan las siguientes, ordenadas en función de la importancia otorgada por los expertos:

- Métodos de análisis, materiales y técnicas para la evaluación y protección de estructuras frente al fuego.
- Tecnologías de ventilación y extracción en túneles.
- Sistemas que puedan detectar el peligro de corrimientos de tierra.
- Desarrollo de tecnologías de análisis de riesgo y de sistemas de monitorización y gestión para la prevención de desastres naturales.
- Sistemas de gestión del mantenimiento y la explotación, que utilicen bases de datos inteligentes que interactúen con otros sistemas.
- Tecnologías de mantenimiento de obras de ingeniería civil automatizadas y robotizadas

A continuación se explican, en mayor detalle, las 2 tecnologías de esta Megatendencia que en opinión de los profesionales se sitúan entre las 15 más relevantes del estudio.

MÉTODOS DE ANÁLISIS DE MATERIALES Y TÉCNICAS PARA LA EVALUACIÓN Y PROTECCIÓN DE ESTRUCTURAS FRENTE AL FUEGO

Megatendencia: Seguridad de Uso y Mantenimiento

Índice de importancia (0-10): 8,98

Periodo de materialización: 2006 - 2010

Posición de España

- Situación científica y tecnológica de España (0-10): 6,3
- Aplicabilidad al sector de Obra Civil (0-10): 6,23

ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA

Ventajas de su adopción:

- Aumento de Seguridad en las estructuras de obra civil.
- Disminución de riesgos para los usuarios.
- Ventajas económicas derivadas de unas menores consecuencias en caso de siniestro.

Tecnologías relacionadas que pueden exigirse para su desarrollo:

- Modelización y cálculo de estructuras en caso de incendio.
- Detección de fuego y humo y protección activa frente a dichas situaciones.
- Tecnologías de ensayo de materiales, componentes y estructuras en situaciones de fuego.
- Comportamiento de nuevos materiales.

Limitaciones en el desarrollo o aplicación de esta tecnología:

- Carencias experimentales.
- Cuerpo normativo difuso y no uniforme.
- Dificultad para aceptar la innovación en campos de gran responsabilidad y repercusión social.

Recomendaciones para su desarrollo

- Desarrollo de una normativa mejor y de aplicación más directa.
- Adecuación de las exigencias legales al nivel del estado actual de conocimientos en la materia.
- Armonización de las reglamentaciones existentes.
- Difusión del estado del arte de los conocimientos sobre el tema en los organismos técnicos competentes.

Indicador(es) del grado de implantación de esta tecnología:

- Número de normas y reglamentaciones revisadas o desarrolladas de acuerdo con los conocimientos actuales.
- Estadísticas de siniestros de compañías de seguros relacionadas con el fuego.

Comentarios

Este tema está en un proceso de análisis intenso en Europa y probablemente repercutirá en el cuerpo normativo a corto plazo.

TECNOLOGÍAS DE VENTILACIÓN Y EXTRACCIÓN EN TÚNELES

Megatendencia: Seguridad de Uso y Mantenimiento

Índice de importancia (0-10): 8,78

Periodo de materialización: Hasta el 2005

Posición de España

- Situación científica y tecnológica de España (0-10): 6,42
- Aplicabilidad al sector de Obra Civil (0-10): 6,91

ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA

Ventajas de su adopción:

- Seguridad del personal durante la construcción y el mantenimiento de la infraestructura y de los usuarios finales de la misma.
- Mayor confort de las personas en las fases de construcción, mantenimiento y utilización (en especial en el metro y túneles urbanos).
- Menor número de incidencias en la utilización (en especial en túneles urbanos).

Tecnologías relacionadas que pueden exigirse para su desarrollo:

- Dinámica de fluidos.
- Bienes de Equipo.
- Sistemas de detección y análisis del aire.
- Sistemas de extinción de incendios.
- Sistemas de control – actuaciones de expertos para la gestión y manejo de equipos.
- Sistemas de ayuda a expertos que dirijan y regulen situaciones de emergencia.

Limitaciones en el desarrollo o aplicación de esta tecnología:

- Problemas del entorno físico en instalaciones ya existentes.
- Alto coste económico.
- Necesidad de modelizar en cada caso particular.
- Dificultades de experimentación real.

Recomendaciones para su desarrollo

- Desarrollo de normativa técnica.
- Exigencias legales.

Indicador(es) del grado de implantación de esta tecnología:

- Número de túneles equipados con sistemas de ventilación y extracción.
- Número de túneles equipados con diferentes niveles de detección y control relativos a ventilación y extracción.

Comentarios

Esta tecnología abarca tanto el uso y mantenimiento en condiciones normales de funcionamiento de túneles como en situaciones de emergencia para casos de incendio, explosión, etc.

Será probable que la implantación generalizada de esta tecnología no se produzca hasta el periodo 2006 – 2010, aunque actualmente ya se está implantando en túneles de nueva construcción.



Recursos Humanos

Dentro de este capítulo se incluyen aspectos relacionados con la seguridad y salud de las personas, su formación y capacitación.

Dos de los retos a los que la industria de construcción se enfrenta son la reducción de la siniestralidad del sector así como mejorar los niveles de formación que presenta parte del personal de las obras.

Para ello se deben mejorar la salud laboral y seguridad de las obras y resultaría necesario intensificar la conciencia de seguridad a lo largo de todo el proceso de construcción: diseño, fabricación, operaciones de construcción y mantenimiento. Los conceptos de seguridad deberían ser vistos como parte normal del proceso de diseño.

Otro factor importante es la mejora en la formación y capacitación del personal de obra. Para ello se debería integrar educación, conocimiento y aprendizaje a través de todo el proceso de construcción, desde la fase de diseño hasta el mantenimiento. Invertir en formación y entrenamiento, gestión del conocimiento y el bienestar de las personas redundan en mejorar la rentabilidad, reducir la siniestralidad, motivar a los trabajadores y mejorar la imagen del sector. Por último, otro aspecto importante a considerar es la seguridad de las personas durante el uso de las infraestructuras.

Entre las diferentes tecnologías relevantes de esta tendencia se citan las siguientes, ordenadas en función de la importancia otorgada por los expertos:

- Desarrollo y normalización de los sistemas constructivos atendiendo a criterios de prevención de riesgos laborales.
- Desarrollo de modelos que estudien el comportamiento de las personas en situaciones bajo condiciones extremas (accidentes, fuego en túnel, inundaciones, etc.)
- Diseño de sistemas de formación y aprendizaje sencillos y ágiles para el personal de obra no cualificado.
- Nuevos sistemas avanzados de formación en operación y seguridad para el personal de obra: simuladores, teleformación, etc.
- Nuevos modelos de diseño de maquinaria y equipos que incorporen criterios de ergonomía
- Desarrollo e implantación de un modelo de certificación para los sistemas de prevención de riesgos laborales.

A continuación se explican, en mayor detalle, las 3 tecnologías de esta Megatendencia que en opinión de los profesionales se sitúan entre las 15 más relevantes del estudio.

DESARROLLO Y NORMALIZACIÓN DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS ATENDIENDO A CRITERIOS DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

Megatendencia: Personas

Índice de importancia (0-10): 9,07

Periodo de materialización: Hasta el 2005

Posición de España

- Situación científica y tecnológica de España (0-10): 6,11
- Aplicabilidad al sector de Obra Civil (0-10): 5,74

ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA

Ventajas de su adopción:

- Reducción de la siniestralidad en obra.
- Facilita el desarrollo de procesos y herramientas de aprendizaje.
- Aumento de la rentabilidad, calidad y eficacia del proceso constructivo.
- Favorece el bienestar y motivación de los trabajadores.
- Mejora la imagen del sector.

Tecnologías relacionadas que pueden exigirse para su desarrollo:

- Normalización y estandarización de las unidades de obra. Industrialización de procesos.
- Sistemas integrados de gestión de calidad, medio ambiente y seguridad laboral durante la construcción de obras.
- Aplicación de la Reingeniería de procesos en obra civil.
- Diseño de sistemas de formación y aprendizaje sencillos y ágiles para el personal de obra no cualificado.

Limitaciones en el desarrollo o aplicación de esta tecnología:

- Barreras culturales.
- No existe suficiente integración entre los 3 colectivos implicados: industria, administración y sindicatos.
- Falta de adecuación de las normas generales de seguridad a los sistemas constructivos.

Recomendaciones para su desarrollo

- Establecimiento de exigencias de capacitación.
- Necesidad de sistematización, automatización, estandarización.
- Necesidad de implicación y creación de equipos conjuntos para su desarrollo (universidades, administración, profesionales del sector,...)
- Desarrollar normativa específica con la participación del sector.

Indicador(es) del grado de implantación de esta tecnología:

- Medida de la siniestralidad absoluta o relativa respecto al riesgo por cada tipo de unidad de obra.
- Número de sistemas clasificados y tipificados atendiendo a estos criterios.

Comentarios

El panel de expertos no cree que la implantación generalizada de este tipo de sistemas pueda producirse antes del 2005.

DESARROLLO DE MODELOS QUE ESTUDIAN EL COMPORTAMIENTO DE LAS PERSONAS EN SITUACIONES BAJO CONDICIONES EXTREMAS (ACCIDENTES, FUEGO EN TÚNEL, INUNDACIONES, ETC.)

Megatendencia: Recursos Humanos

Índice de importancia (0-10): 8,57

Periodo de materialización: 2006 - 2010

Posición de España

- Situación científica y tecnológica de España (0-10): 4,52
- Aplicabilidad al sector de Obra Civil (0-10): 4,52

ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA

Ventajas de su adopción:

- Reducción del número de víctimas en accidentes.
- Mejoras en el diseño y explotación de infraestructuras.

Tecnologías relacionadas que pueden exigirse para su desarrollo:

- Modelización – simulación.
- Aplicación de la psicología al estudio del comportamiento de las personas en condiciones extremas.
- Aspectos tecnológicos derivados del comportamiento de las personas en caso de accidente.

Limitaciones en el desarrollo o aplicación de esta tecnología:

- Dificultades de relación entre la psicología y la ingeniería

Recomendaciones para su desarrollo

- Potenciar el desarrollo y utilización de modelos basados en el análisis del comportamiento.
- Introducir la formación sobre actuaciones y pautas a seguir en caso de accidentes tanto para el usuario (carnet de conducir, etc.), como para el personal encargado del mantenimiento de la infraestructura, reflejándolo en los planes de explotación de la misma.
- Exigencia de formación sobre comportamiento ante situaciones extremas en el temario para la obtención del carnet de conducir.

Indicador(es) del grado de implantación de esta tecnología:

- Número de acciones formativas al personal de mantenimiento de infraestructuras.
- Número de campañas públicas de difusión sobre comportamiento en caso de accidente.
- Estadísticas sobre pautas de comportamiento en situaciones de accidente.

Comentarios

El desarrollo de las ciencias sociales y su aplicación al ámbito tecnológico es uno de los retos a los que se enfrenta el sector de obra civil en las próximas décadas. Este fenómeno se manifiesta también en otros sectores industriales.

DISEÑO DE SISTEMAS DE FORMACIÓN Y APRENDIZAJE SENCILLOS Y ÁGILES PARA EL PERSONAL DE OBRA NO CUALIFICADO

Megatendencia: Recursos Humanos

Índice de importancia (0-10): 8,49

Periodo de materialización: Hasta el 2005

Posición de España

- Situación científica y tecnológica de España (0-10): 5,62
- Aplicabilidad al sector de Obra Civil (0-10): 5,36

ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA

Ventajas de su adopción:

- Mejora de la calidad, eficacia y rentabilidad.
- Reducción de la siniestralidad.
- Aumento en la motivación del personal.
- Personal más cualificado y versátil.
- Mejora de la imagen del sector:

Tecnologías relacionadas que pueden exigirse para su desarrollo:

- Normalización y estandarización de las unidades de obra.
- Industrialización de procesos
- Tecnologías de teleformación
- Uso de la simulación, modelización y realidad virtual

Limitaciones en el desarrollo o aplicación de esta tecnología:

- Resulta primero necesario el desarrollo y normalización de sistemas constructivos y unidades de obra (tareas).
- Presencia cada vez mayor de trabajadores en obra no cualificados que no hablan castellano
- Resistencia de los trabajadores, falta de motivación e incentivación.
- Presión para el cumplimiento de plazos de las obras. Sobrecoste.

Recomendaciones para su desarrollo

- Primar económicamente la reducción de siniestralidad por parte de la Administración.
- Valorar y fomentar la formación desde la administración.
- Aumentar las exigencias de capacitación en el sector.
- Desarrollo de planes de no conformidad.

Indicador(es) del grado de implantación de esta tecnología:

- Horas de formación realizadas frente al importe de obra.
- Certificados de formación del personal.

Comentarios

Se considera que el periodo de materialización de esta tecnología será posterior al obtenido en encuesta.

Materiales

La Megatendencia relativa a materiales se orienta al desarrollo y perfeccionamiento de los materiales como herramienta de salto tecnológico para la industria de la Construcción.

Los avances en Materiales vienen de campos diferentes. Por una parte está el logro de prestaciones muy elevadas, e incluso extraordinarias, de los materiales tradicionales como los metálicos o los pétreos, por otra parte la incorporación de materiales de sectores industriales muy tecnificados, como el aeronáutico o el espacial, al de la ingeniería civil, como los compuestos de fibra y resina, o en otro ámbito los materiales por aprovechamiento de subproductos o residuos industriales.

Incluso ya se están haciendo esfuerzos de aplicaciones de la nanotecnología en productos para la construcción, de lo que se vislumbran posibilidades de mejora de propiedades tradicionales así como añadir otras propiedades no imaginadas.

Algunos aspectos que han aparecido en la encuesta al tratar de esta Megatendencia han sido los siguientes:

- Tecnologías de inspección y predicción (métodos numéricos, técnicas analíticas, métodos acelerados,...) que permitan estimaciones de la vida potencial o residual de materiales y estructuras.
- Estandarización, normalización y certificación de los productos de construcción.

- Reutilización, reparación o reciclado de los materiales emergentes.
- Materiales de construcción de alto rendimiento frente a distintas prestaciones: muy alta resistencia, durabilidad, comportamiento térmico y acústico, ...
- Estudio de nuevas fuentes como recurso de materiales de construcción.
- Desarrollo de polímeros, adhesivos, elastómeros, fibras y materiales compuestos para su aplicación en ingeniería civil.
- Materiales inteligentes con funciones de reparación y autodiagnóstico (de la microestructura, fatiga, etc.)

A continuación se describen las 3 tecnologías más relevantes de esta Megatendencia en opinión de los profesionales consultados.

TECNOLOGÍAS DE INSPECCIÓN Y PREDICCIÓN (MÉTODOS NUMÉRICOS, TÉCNICAS ANALÍTICAS, MÉTODOS ACELERADOS,...) QUE PERMITAN ESTIMACIONES DE LA VIDA POTENCIAL O RESIDUAL DE MATERIALES Y ESTRUCTURAS.

Megatendencia: Materiales

Índice de importancia (0-10): 8,81

Periodo de materialización: Hasta el 2005

Posición de España

- Situación científica y tecnológica de España (0-10): 6,03
- Aplicabilidad al sector de Obra Civil (0-10): 5,63

ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA

Ventajas de su adopción:

- Mejora de la Seguridad de Uso.
- Mejora del diseño de los materiales e infraestructura y aumento de su fiabilidad.
- Mejora de la calidad de la obra construida.
- Optimización de la vida útil.
- Contribución a la sostenibilidad.

Tecnologías relacionadas que pueden exigirse para su desarrollo:

- Modelos de cálculo para materiales no homogéneos con estimación de la seguridad.
- Tecnologías relacionadas con la durabilidad.
- Conocimiento de las propiedades de materiales y estructuras antiguos.
- Ensayos no destructivos.
- Tecnologías de reparación.

Limitaciones en el desarrollo o aplicación de esta tecnología:

- Inexistencia de códigos que permitan la estimación de la seguridad de estructuras antiguas.

Recomendaciones para su desarrollo

- Acoger las tecnologías relacionadas en programas de I+D.
- Promoción desde las instituciones públicas de la restauración o rehabilitación del patrimonio construido.
- Potenciar a nivel de proyecto el análisis de la vida útil de las infraestructuras.

Indicador(es) del grado de implantación de esta tecnología:

- Presupuestos dedicados a la restauración o rehabilitación.
- La existencia de códigos o normativa al respecto.
- Número de proyectos que explicitan la vida útil de la estructura.
- Número de proyectos que incluyan un plan de mantenimiento de la estructura.

Comentarios

El panel opina que 2006 – 2010 es más apropiado como periodo de materialización de su desarrollo.

ESTANDARIZACIÓN, NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN DE LOS PRODUCTOS DE CONSTRUCCIÓN

Megatendencia: Materiales

Índice de importancia (0-10): 8,59

Periodo de materialización: Hasta el 2005

Posición de España

- Situación científica y tecnológica de España (0-10): 6,15
- Aplicabilidad al sector de Obra Civil (0-10): 5,99

ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA

Ventajas de su adopción:

- Mejora y aseguramiento de la calidad.
- Mayor facilidad y rapidez para su utilización en obra y disminución de costes de control.
- Diversificación de la oferta de los productos certificados y abaratamiento de los mismos.
- Estimulación del desarrollo industrial.

Tecnologías relacionadas que pueden exigirse para su desarrollo:

- Tecnología para el aseguramiento de la calidad.
- Mejora de procesos industriales.
- Maquinaria de fabricación industrial.
- Tecnología para el conocimiento de los materiales.

Limitaciones en el desarrollo o aplicación de esta tecnología:

- Falta de impulso y presupuestos públicos para el desarrollo de procesos de normalización.
- Voluntad insuficiente por parte de las diferentes administraciones para establecer la certificación mediante un sello único, aunque no otorgada necesariamente por un único organismo.

Recomendaciones para su desarrollo

- Desarrollo de normas de producto con criterios específicos de diseño, cálculo y control.
- Recomendar desde los pliegos de especificaciones la utilización de productos certificados.

Indicador(es) del grado de implantación de esta tecnología:

- N° de productos certificados y evolución anual.
- Coste de productos certificados frente al total en obra.

Comentarios

No se estima acertada la fecha de materialización resultante de la encuesta (Hasta el 2005). Un periodo más razonable puede ser el 2010 – 2015 por la falta de voluntad y de acuerdo que existe actualmente entre los diferentes agentes del sector.

REUTILIZACIÓN, REPARACIÓN O RECICLADO DE LOS MATERIALES EMERGENTES

Megatendencia: Materiales

Índice de importancia (0-10): 8,52

Periodo de materialización: 2006 - 2010

Posición de España

- Situación científica y tecnológica de España (0-10): 5,34
- Aplicabilidad al sector de Obra Civil (0-10): 5,04

ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA

Ventajas de su adopción:

- Apoyo a la sostenibilidad.
- Ahorro de recursos.
- Impulsa el desarrollo de otras industrias (de reciclado, de reparación, etc.)

Tecnologías relacionadas que pueden exigirse para su desarrollo:

- Tecnologías y ensayos para el conocimiento de los materiales emergentes y su aptitud para el uso, reparación y reciclado.

Limitaciones en el desarrollo o aplicación de esta tecnología:

- Inexistencia de códigos específicos.
- Alto precio de los productos emergentes. Poca utilización de los mismos.
- Ausencia de certificación de los productos que incluyan datos sobre reutilización, reparación y reciclado de los mismos.
- La dificultad de una homologación ágil de nuevos materiales.

Recomendaciones para su desarrollo

- Industrialización de los procesos de fabricación.
- Exigencias de documentos de idoneidad técnica y certificado del producto exigiendo datos relativos a reutilización, reparación y reciclado.

Indicador(es) del grado de implantación de esta tecnología:

- Número de documentos de idoneidad técnica y certificados de producto anuales, que contemplen su reutilización y reciclado.

Comentarios

El periodo de materialización real de esta tecnología será función de la demanda efectiva de mercado de estos nuevos materiales.

Mejora de Procesos

Tradicionalmente la mejora de procesos se ha asociado, en los procesos industriales, a la reducción de costes y la mejora de la calidad, aspectos en los que se ha avanzado de forma espectacular durante los últimos años.

La aplicación de estos conceptos a la Obra Civil resulta en los siguientes principios de actuación:

- Integración de la cadena de valor y trabajo cooperativo entre los diferentes agentes que diseñan y construyen la obra.
- Industrialización, estandarización y automatización de los procesos constructivos.
- Exigencia de Calidad en la obra terminada.
- Reducción de Costes totales teniendo en cuenta el ciclo de vida completo de la obra.
- Orientación de la infraestructura de obra civil hacia el usuario final de la misma.

Las tecnologías más relevantes dentro de esta Megatendencia han resultado, en función de los resultados de la encuesta, las siguientes:

- Desarrollo e implantación de sistemas integrados de gestión de calidad, medio ambiente y seguridad laboral durante la construcción de obras
- Normalización y estandarización de las unidades de obra. Industrialización de procesos

- Uso generalizado de sistemas de control y monitorización remotos para el control de obras y su explotación y mantenimiento.
- Tecnología avanzada para la modelización del comportamiento de estructuras.
- Aplicación de técnicas que ayuden a captar los requisitos del usuario final e incorporarlos en el diseño de la obra civil.
- Aplicación de la reingeniería de procesos en obra civil.
- Técnicas de teledetección que permitan ampliar los sistemas de obtención de datos: cartografía, geología, medio ambiente, etc.
- Incorporación integrada de sistemas de logística dentro de los procesos.
- Implantación de técnicas de Lean Construction en los procesos de Obra Civil.

A continuación se describe en mayor detalle la tecnología de este grupo que ha quedado integrada incluida entre las 15 más importantes del estudio.

DESARROLLO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMAS INTEGRADOS DE GESTIÓN DE CALIDAD, MEDIO AMBIENTE Y SEGURIDAD LABORAL DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS

Megatendencia: Mejora de procesos

Índice de importancia (0-10): 8,71

Periodo de materialización: Hasta el 2005

Posición de España

- Situación científica y tecnológica de España (0-10): 6,19
- Aplicabilidad al sector de Obra Civil (0-10): 6,02

ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA

Ventajas de su adopción:

- Potenciación de la acción preventiva.
- Una menor siniestralidad en la obra.
- Mejora de la calidad global de la obra.
- Optimización de recursos internos dedicados a tareas de gestión como fruto de la unificación de los tres sistemas actuales de gestión: calidad, seguridad laboral y medio ambiente.

Tecnologías relacionadas que pueden exigirse para su desarrollo:

- Estandarización y normalización de los modelos y procedimientos de Gestión Integrada adaptados al proceso de construcción de Obra Civil.
- Tecnologías de gestión documental y trabajo cooperativo.

Limitaciones en el desarrollo o aplicación de esta tecnología:

- El coste económico de la implantación de un sistema integrado en la obra civil, por su mayor exigencia especialmente en seguridad laboral.

- Resistencia al cambio de las personas involucradas.
- Dispersión en el nivel de requisitos de seguridad laboral por las diferentes administraciones (nacional, autonómica y local) y falta de una normativa unificada de referencia.
- Escasez de recursos y falta de preparación del personal de obra para llevar a cabo el proyecto de implantación del sistema integrado, especialmente en el control de residuos y la prevención de riesgos.

Recomendaciones para su desarrollo

- Desarrollar primero un modelo de certificación en seguridad laboral, para luego desarrollar el modelo integrado contra el que poderse certificar.
- Formar y sensibilizar a todos los agentes involucrados, especialmente en seguridad laboral y en gestión medioambiental.
- Exigencia de la certificación en los tres aspectos (o en el sistema integrado) para obras de cierto volumen (valorar primero y/o exigir posteriormente).
- Unificación de las diferentes normativas de seguridad entre las diferentes administraciones.

Indicador(es) del grado de implantación de esta tecnología:

- Número de empresas del sector certificadas contra los modelos de calidad, seguridad y medio ambiente, así como contra un sistema integrado de gestión.

Comentarios

El Panel de expertos expresa sus dudas sobre la fecha de implantación de los sistemas integrados de Gestión para el sector de Obra Civil. No se cree factible que para antes de finales del periodo 2005- 2010 se produzca una implantación generalizada de estos sistemas, porque todavía no existe un modelo certificable de seguridad. El modelo de certificación respecto a la seguridad laboral presenta dificultades de desarrollo e implantación debido a los aspectos jurídicos involucrados.

Maquinaria

La obra civil se podría decir de forma simplificada que es esencialmente fruto de la acción de la maquinaria. La construcción de carreteras es función de un conjunto de maquinaria de excavación, explanación, extendido, compactación, transporte, etc. La de túneles exige la utilización de enormes y potentes máquinas perforadoras, y así podríamos seguir recordando la complejidad de las cimbras para el lanzamiento de puentes, la especificidad de los equipos de elevación y transporte en construcción de presas y puertos, y los enormes vehículos de transporte de roca y suelo en gran parte de las obras.

Hoy en día la importante y específica mecánica de esta maquinaria va acompañada de sofisticados sistemas de control, automatización y seguridad en lo que intervienen sensores, electrónica e informática. Por todo ello resulta totalmente justificado que el Panel de expertos haya considerado a la maquinaria dentro del conjunto de Megatendencias.

Las tecnologías más relevantes dentro de esta Megatendencia han resultado, en función de los resultados de la encuesta, las siguientes:

- Sistemas de control automáticos que puedan actuar sobre las diferentes variables de la máquina y su guiado.
- Sistemas avanzados para el reconocimiento del terreno.
- Desarrollo de la robótica para la realización de operaciones penosas o peligrosas.
- Maquinaria específica para tareas menores (cableado, producción y montaje de ferralla, trabajos en altura, etc.) que facilite el trabajo manual.
- Desarrollo de maquinaria que integre las diferentes operaciones del proceso y que pueda adaptarse a los cambios del entorno mediante variaciones fáciles en su configuración.

A continuación se describe en mayor detalle la primera tecnología de Maquinaria y que a juicio de los profesionales se incluye entre las 15 más importantes del estudio.

SISTEMAS DE CONTROL AUTOMÁTICOS QUE PUEDAN ACTUAR SOBRE LAS DIFERENTES VARIABLES DE LA MÁQUINA Y SU GUIADO

Megatendencia: Maquinaria

Índice de importancia (0-10): 8,33

Periodo de materialización: Antes de 2006

Posición de España

- Situación científica y tecnológica de España (0-10): 5
- Aplicabilidad al sector de Obra Civil (0-10): 6,05

ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA

Ventajas de su adopción:

- Abaratamiento de la unidad de obra en la que interviene la máquina.
- Mejora de las condiciones de seguridad en el trabajo y de la prevención de riesgos laborales.
- Mejora en la calidad del producto.

Tecnologías relacionadas que pueden exigirse para su desarrollo:

- Tecnologías de desarrollo industrial.
- Mecatrónica.
- Informática y control numérico.
- Robótica.

Limitaciones en el desarrollo o aplicación de esta tecnología:

- Coordinación entre el sector de la construcción y el sector industrial.
- Falta de industria de maquinaria de la construcción en España.

Recomendaciones para su desarrollo

- Apoyos públicos a la innovación en este sector, con carácter pluridisciplinar y de aplicación de maquinaria a Obra Civil con el fin de impulsar el desarrollo de la industria nacional en este campo.

Indicador(es) del grado de implantación de esta tecnología:

- Número de máquinas con sistemas de control automático existentes en España.
- Número de patentes aplicables a la automatización de la maquinaria de obra civil.

Comentarios

Las tecnologías de maquinaria son importantes para el desarrollo del sector aunque la industria nacional no presenta una posición de liderazgo tecnológico en el mundo. Por ello además de los esfuerzos de innovación internos que se pudieran desarrollar, sería interesante conseguir acuerdos, joint-venture, etc. con las empresas líderes a nivel internacional.

Tecnologías de la Información y las Comunicaciones - TICs

Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICs) en sí mismas no suponen el núcleo de tecnología de la Obra Civil, y por tanto no se perciben como elementos claves de desarrollo por los agentes del sector. Sin embargo sí se espera que actúen como herramientas de apoyo que sirvan para la mejora de procesos, el ahorro de costes y la facilitación de la comunicación entre los diferentes agentes. Por otra parte, en muchas de las Megatendencias analizadas anteriormente las TICs se identifican como uno de los factores fundamentales para su despliegue.

Al igual que ya ha sucedido en otros sectores industriales, automoción por ejemplo, a lo largo de los próximos años el sector de la construcción se deberá enfrentar a un proceso de transformación con objeto de poder adaptar sus niveles de eficacia, calidad y seguridad a los crecientes niveles de exigencia.

Una de las causas principales de las deficiencias observadas en cuanto a calidad y eficacia es la dificultad para mantener canales de comunicación ágiles entre la multitud de agentes que intervienen en el desarrollo de un proyecto constructivo, que además de ser muchos se encuentran dispersos geográficamente. Aquí las TICs pueden y deben ayudar al desarrollo de infraestructuras de comunicación y gestión de la experiencia acumulada.

La tecnología más importante de esta Megatendencia, según los resultados de la encuesta, es la referida a Sistemas de gestión del conocimiento, que se describe con más detalle en el apartado siguiente.

Otras tecnologías que también han surgido como relevantes a juicio de los expertos son las siguientes:

- Desarrollo de tecnologías que faciliten el trabajo en cooperación en las fases de proyecto, ejecución y explotación de la obra: trabajo integrado, reuniones virtuales, gestión de la información, etc.
- Desarrollo de metodología, sistemas y sensores para monitorizar las estructuras y optimizar su utilización y mantenimiento.
- Desarrollo de sistemas estandarizados para la transmisión de información técnica: software compatible.
- Uso de la simulación, modelización y realidad virtual en la obra civil.
- Desarrollo de aplicaciones GIS para Obra Civil.
- Desarrollo e implantación de herramientas de autodiagnóstico en el proceso de obra civil.
- Aplicaciones para la supervisión y vigilancia remota de la obra durante el proceso de construcción.
- Integración en la obra civil de sistemas ITS (Sistemas de transporte inteligente) para facilitar la conducción automática de vehículos y el intercambio de información entre el conductor y la vía.

DESARROLLO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMAS DE GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO EN LA OBRA CIVIL

Megatendencia: TICs

Índice de importancia (0-10): 8,37

Periodo de materialización: 2006 - 2010

Posición de España

- Situación científica y tecnológica de España (0-10): 4,87
- Aplicabilidad al sector de Obra Civil (0-10): 5,52

ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA

Ventajas de su adopción:

- Mejor conocimiento en las empresas de su propias capacidades y por tanto mejoras en su competitividad.
- Mejora competitiva global a partir de la reutilización y compartición del conocimiento de todos los agentes del sector (empresas, Centros Tecnológicos, Laboratorios,...)
- Optimización de los recursos disponibles.

Tecnologías relacionadas que pueden exigirse para su desarrollo:

- Nuevas aplicaciones TIC adaptadas al sector y que faciliten y/o posibiliten la gestión del conocimiento, contemplando la integración de las bases de datos necesarias (planos, mapas, materiales, procesos, etc.)
- Técnicas que faciliten los procesos de comunicación física y lógica entre los diferentes agentes del proceso de diseño y construcción de la obra

Limitaciones en el desarrollo o aplicación de esta tecnología:

- Inercia psicológica y resistencia de las personas a compartir conocimiento.
- Resistencia de las empresas a compartir conocimiento con otras empresas del sector y que son vistas muchas veces como simples competidores.

Recomendaciones para su desarrollo

- Incentivación por parte de los correspondientes organismos públicos, de proyectos para el diseño e implantación de sistemas de gestión del conocimiento que faciliten el acercamiento entre los diferentes agentes involucrados.
- Celebración de jornadas técnicas que sirvan para sensibilizar al sector sobre las ventajas de compartir conocimiento y la mejora competitiva conseguida.
- Involucración de las diferentes administraciones públicas y las grandes empresas para actuar como agentes tractores en el sector y que así puedan lograr la potenciación de estos sistemas

Indicador(es) del grado de implantación de esta tecnología:

- Número de empresas del sector con un sistema de gestión del conocimiento implantado dentro de ellas.
- Número de redes de información sectorial abiertas a consulta desde las empresas, ponderadas según su tamaño o número de enlaces.

Comentarios

Aunque la situación de capacidad tecnológica es baja, éste no es el principal problema porque estos sistemas se pueden adquirir a proveedores externos. El mayor esfuerzo se deberá realizar en la selección del sistema más adecuado y en su posterior implantación.



Conclusiones y Recomendaciones

A continuación se resumen las principales conclusiones del estudio de prospectiva realizado sobre la Obra Civil, que tienen por objetivo ayudar a conocer mejor la evolución tecnológica esperada de sector; así como ayudar en la identificación de las tecnologías que tendrán un mayor protagonismo en España en los próximos años.

- Las tecnologías de interés a futuro, con el horizonte puesto en el año 2015, se agrupan en las siguientes Megatendencias:

- **Sostenibilidad**, que implica que el desarrollo tecnológico e industrial del sector de construcción no suponga una "hipoteca", una carga para el futuro a corto, medio o largo plazo.
- **Seguridad de Uso y Mantenimiento**, entendida como la extensión de la seguridad que se aplica en cualquier diseño de ingeniería civil a otras situaciones que pueden acontecer durante la vida de la estructura, como las derivadas de riesgos naturales o de defectos de mantenimiento o supervisión.

- **Recursos Humanos**, que incluye aspectos relacionados con la seguridad y salud de las personas, su formación y capacitación.
- **Materiales**, orientada al desarrollo y perfeccionamiento de los materiales como herramienta de salto tecnológico para la industria de la construcción.
- **Mejora de Procesos**, que incluye aspectos relacionados con la integración de la cadena de valor; industrialización de procesos, calidad de obra terminada, reducción de costes totales y orientación hacia el usuario final de la infraestructura de obra civil.
- **Maquinaria**, relacionada con maquinaria específica y absolutamente necesaria para la ejecución de la obra civil, que integra sofisticados sistemas de control, automatización y seguridad en lo que intervienen sensores, electrónica e informática.

- **Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICs)**, como herramientas de soporte que facilitan el avance y modernización del resto de tecnologías, además de ayudar al desarrollo de infraestructuras de comunicación e intercambio de la experiencia y conocimiento acumulados.
- A juicio de los profesionales y expertos todas las Megatendencias anteriores serán importantes, aunque destaca **Sostenibilidad** por encima del resto, que además es la única tendencia que se sitúa entre las tres opciones más importantes para todos los agentes del sector. Las dos Megatendencias que le siguen por orden de importancia son **Seguridad de Uso y Mantenimiento**, y **Recursos Humanos**, que se sitúan como una de las tres primeras opciones para al menos dos de los grupos de agentes.
- Las **TICs** quedan ligeramente por debajo del resto dado que se pueden adquirir a otros agentes externos al sector; por lo que a futuro el especialista prefiere centrarse en otras tecnologías emergentes en áreas de su núcleo de negocio, aunque su desarrollo se ve necesario como herramienta para el avance de las otras Megatendencias.
- Aunque al nivel de Megatendencias existen ciertas coincidencias en los temas de interés más prioritarios para los tres grupos de agentes (Sostenibilidad es importante para los tres), sin embargo no sucede lo mismo al bajar al detalle de las Tecnologías. Al comparar por ejemplo las tres tecnologías más importantes para cada agente sucede que no se repite ninguna de ellas, lo que demuestra que existe una **disparidad de criterios en tecnologías, entre los agentes, bastante importante**.

Así la Administración valora como más importantes algunas tecnologías de **Seguridad de Uso y Mantenimiento** (Protección frente al fuego, Ventilación y extracción en túneles) y **Recursos Humanos** (Formación del personal de obra no cualificado), a las Empresas le parecen más importantes algunas tecnologías de **Sostenibilidad** (Protección del agua, Desarrollo de tecnologías limpias) y **Recursos Humanos** (Prevención de riesgos laborales), y los Servicios Técnicos e Investigación valoran como más importantes varias tecnologías de **Materiales** (Reutilización de materiales emergentes, Estimación de la vida potencial y residual) y **TICs** (Sistemas para la Gestión del conocimiento).

- En cuanto a los **plazos** de implantación generalizada de las tecnologías, se observa que **el periodo 2006-2010 es el más probable** para que esto suceda e independientemente de la Megatendencia, aunque luego puede variar en el caso concreto de alguna de las tecnologías individuales, que pueden aparecer en otro periodo de tiempo. A pesar de estos resultados de la encuesta, el Panel de expertos entiende que será probable que varias de las tecnologías tardarán algo más en implantarse de forma generalizada. Los resultados también muestran que la Empresa y los Servicios Técnicos e Investigación tienen visiones diferentes sobre estas fechas, siendo más conservadores los primeros (creen que el plazo en general será mayor) y más arriesgados los últimos (apuestan por un desarrollo más inmediato de las diversas tecnologías).

- Como conclusión principal de este estudio resulta la siguiente lista de **15 TECNOLOGÍAS** que los profesionales y expertos creen que serán las **más críticas** para el futuro desarrollo del sector de Obra Civil, ordenadas de mayor a menor importancia:

1. Desarrollo y normalización de los sistemas constructivos atendiendo a criterios de prevención de riesgos laborales (**Recursos Humanos**).
2. Técnicas para la protección de acuíferos y cursos de agua (**Sostenibilidad**).
3. Métodos de análisis, materiales y técnicas para la evaluación y protección de estructuras frente al fuego (**Seguridad de Uso y Mantenimiento**).
4. Tecnologías de inspección y predicción (métodos numéricos, técnicas analíticas, métodos acelerados,...) que permitan estimaciones de la vida potencial o residual de materiales y estructuras (**Materiales**).
5. Tecnologías de ventilación y extracción en túneles (**Seguridad de Uso y Mantenimiento**).
6. Tecnologías de evaluación, gestión y reutilización de residuos de diversa procedencia (construcción, minería, siderurgia, etc.) (**Sostenibilidad**).
7. Desarrollo de tecnologías limpias: reducción de emisiones (polvo), ruidos, residuos y vibraciones (**Sostenibilidad**).
8. Desarrollo e implantación de sistemas integrados de gestión de calidad, medio ambiente y seguridad laboral durante la construcción de obras (**Mejora de Procesos**).
9. Estandarización, normalización y certificación de los productos de construcción (**Materiales**).

10. Desarrollo de modelos que estudien el comportamiento de las personas en situaciones bajo condiciones extremas (accidentes, fuego en túnel, inundaciones, etc.) (**Recursos Humanos**).

11. Técnicas de análisis de ciclo de vida, aplicadas tanto para materiales como para estructuras, integrando su impacto ambiental y su balance energético (**Sostenibilidad**).

12. Reutilización, reparación o reciclado de los materiales emergentes (**Materiales**).

13. Diseño de sistemas de formación y aprendizaje sencillos y ágiles para el personal de obra no cualificado (**Recursos Humanos**).

14. Desarrollo e implantación de sistemas de gestión del conocimiento en la obra civil (**TICs**).

15. Sistemas de control automáticos que puedan actuar sobre las diferentes variables de la máquina y su guiado (**Maquinaria**).

De forma general se puede decir que la capacidad científica y tecnológica necesaria para el desarrollo de estas tecnologías es suficiente, aunque todavía queda campo para la mejora.

Recomendaciones

A continuación se resumen las principales recomendaciones de los expertos para un mejor desarrollo de las tecnologías anteriores, agrupadas por su tipo:

NORMATIVA Y CERTIFICACIÓN

- Contar con la participación del sector para desarrollar normativa específica de los sistemas constructivos atendiendo a criterios de prevención de riesgos laborales.
- Desarrollar un modelo de certificación en Seguridad laboral y unificar las diferentes normativas existentes en las diferentes administraciones.
- Desarrollar normas de producto con criterios específicos de diseño, cálculo y control, recomendando desde los pliegos de especificaciones la utilización de productos certificados.
- Desarrollar una normativa mejor y armonizada de aplicación más directa para la evaluación de la resistencia de estructuras frente al fuego, estableciendo exigencias legales adecuadas al nivel de conocimientos.
- Desarrollar normativa técnica sobre ventilación y extracción en túneles y establecer exigencias legales al respecto.
- Exigir documentos de idoneidad técnica y certificados del producto que incluyan datos relativos a su reutilización, reparación y reciclado.
- Impulsar la inclusión de los residuos dentro de la normativa técnica.

FORMACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN

- Formar y sensibilizar en aspectos de seguridad laboral, gestión medioambiental y calidad a todos los agentes involucrados en el diseño y construcción de la obra.
- Formar sobre cómo actuar en caso de accidentes tanto al usuario como al personal de mantenimiento de la infraestructura.

ACTUACIONES DE LOS DIFERENTES AGENTES DEL SECTOR

- Primar económicamente la reducción de siniestralidad por parte de las empresas constructoras, aumentando las exigencias de capacitación del personal no cualificado.
- Promover la restauración o rehabilitación del patrimonio construido y exigir que se explicita desde el proyecto la vida útil de la estructura.
- Incentivar el uso de residuos en la construcción, incrementando por ejemplo su puntuación en concursos públicos de adjudicación de obra, e incrementar a la vez el coste de los vertidos.
- Valorar el Análisis del ciclo de vida en concursos y desarrollar la normativa correspondiente, definiendo los límites.
- Exigir un cumplimiento riguroso de las políticas de aguas establecidas en España y difundir; entre los agentes sociales, la importancia y significado de las actuaciones que se deben llevar a cabo para la protección de acuíferos y cursos de agua en relación con el desarrollo urbano.
- Involucrar a la Administraciones públicas y las grandes empresas del sector para que actúen como agentes tractores, potenciando el desarrollo e implantación de sistemas de gestión del conocimiento.
- Fomentar el desarrollo de sistemas de vigilancia medioambiental en la ejecución de las obras y exigir su implantación.
- Impulsar la aplicación de las ciencias sociales al ámbito tecnológico, en particular en lo relacionado con las actuaciones y pautas a seguir en caso de accidentes, tanto desde el punto de vista del usuario como del personal encargado del mantenimiento de la infraestructura.

TECNOLOGÍAS RELACIONADAS

Además de las recomendaciones anteriores, directamente relacionadas con las 15 tecnologías seleccionadas, convendría recordar una serie de tecnologías relacionadas con éstas que aparecen en las fichas individuales, que debieran de ser también impulsadas, desarrollando proyectos de I+D+i con carácter pluridisciplinar, al objeto de poder alcanzar los niveles exigidos a las primeras en los plazos previstos.

Una selección de las mismas sería la siguiente:

- Técnicas de simulación, modelización y realidad virtual.
- Tecnologías de inspección y predicción que permitan estimaciones de la vida potencial o residual de materiales y estructuras.
- Tecnologías de ensayo de materiales, componentes y estructuras en situaciones de fuego.
- Comportamiento de nuevos materiales.
- Tecnologías de gestión limpia en obra: mejora de procesos.

- Tecnologías de barreras de protección para evitar la contaminación acuífera.
- Tecnologías de evaluación medioambiental.
- Herramientas informáticas que integren el diseño con bases de datos medioambientales de forma ágil.
- Industrialización en construcción.
- Aplicación de la reingeniería de procesos.
- Tecnologías de gestión documental y trabajo cooperativo. Sistemas de información en tiempo real.
- Nuevas aplicaciones TIC adaptadas al sector y que faciliten y/o posibiliten la gestión del conocimiento, contemplando la integración de bases de datos.
- Sistemas de ayuda a expertos que dirijan y regulen situaciones de emergencia.
- Diseño de sistemas de formación y aprendizaje sencillos y ágiles para el personal de obra no cualificado. Tecnologías de teleformación.

Relación de Expertos Integrantes del Panel

NOMBRE DEL EXPERTO	EMPRESA
D. Agustín Presmanes	IMEBISA
D. Angel Fernández-Aller	TYPSA
D. Antonio Aguado	E.T.S. DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS DE BARCELONA
D. Camilo Villar	FERROVIAL-AGROMAN, S.A.
D. Carlos Estefanía	DIPUTACIÓN FORAL DE BIZKAIA
D. Fernando Martínez Bernabé	GIF. GESTOR DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS
D. Jaime Fernández	INTEMAC
D. Javier Asencio	GEOCISA
D. Javier Ignacio Urreta	CENTRO TECNOLÓGICO LABEIN
D. Jesús Villanueva	AUTORIDAD PORTUARIA DE BILBAO
D. José Luis Ramírez	CENTRO TECNOLÓGICO LABEIN
D. José Manuel Gállico Estevez	CEDEX
D. Juan Carlos López Agüí	IECA
D. Juan José Potti	PROBISA
D. Juan Manuel Morón García	CONSULTOR INDEPENDIENTE
D. Laureano Cornejo	AETOS, GEOCONSULT
D. Manuel Burón	INSTITUTO EDUARDO TORROJA E.T.S.I. CAMINOS DE CIUDAD REAL - UCLM
D. Miguel Angel Del Val	ESCUELA DE INGENIEROS, CAMINOS, CANALES Y PUERTOS DE MADRID
D. Moisés Gilaberte	INECO-TIFSA
D. Rafael López	IDOM

Anexo: Cuestionario con los resultados globales

SOSTENIBILIDAD

Tecnología		Grado de Importancia	Fecha de materialización				Situación científica y tecnológica	Aplicación sector obra civil
Código	Nombre		Hasta el 2005	De 2006 a 2010	De 2011 a 2015	Más allá de 2015		
SOS-1	Técnicas de análisis de ciclo de vida, aplicadas tanto para materiales como para estructuras, integrando su impacto ambiental y su balance energético	8,53					5,11	5,39
SOS-2	Nuevas técnicas de sanación y descontaminación de suelos y de sedimentos	8,38					4,54	4,54
SOS-3	Tecnologías para el uso eficaz y global de materiales locales en obras lineales, incluyendo materiales marginales o deficientes	8,24					6,06	6,48
SOS-4	Tecnologías de evaluación, gestión y reutilización de residuos de diversa procedencia (construcción, minería, siderurgia, etc)	8,76					5,42	5,09
SOS-5	Desarrollo de tecnologías GIS dinámicos que monitoricen el impacto medioambiental mediante la utilización de sensores remotos avanzados	6,48					4,07	3,95
SOS-6	Tecnologías que permitan el uso eficaz de espacios alternativos: subterráneos, vertederos, terrenos de bajas características técnicas, etc	7,43					5,04	4,01
SOS-7	Nuevas técnicas de restauración, rehabilitación y mantenimiento	8,26					5,66	6,06
SOS-8	Técnicas para la protección de acuíferos y cursos de agua	9,01					5,94	4,95
SOS-9	Desarrollo de tecnologías limpias: reducción de emisiones (polvo), ruidos, residuos y vibraciones	8,71					4,69	5,23

MEJORA DE PROCESOS

Tecnología		Grado de Importancia	Fecha de materialización				Situación científica y tecnológica	Aplicación sector obra civil
Código	Nombre		Hasta el 2005	De 2006 a 2010	De 2011 a 2015	Más allá de 2015		
MEJ-1	Tecnologías avanzadas para la modelización del comportamiento de estructuras	7,97					6,59	6,37
MEJ-2	Uso generalizado de sistemas de control y monitorización remotos para el control de obras y su explotación mantenimiento	7,98					5,42	5,81
MEJ-3	Normalización y estandarización de las unidades de obra. Industrialización de procesos	8,24					5,31	5,45
MEJ-4	Incorporación integrada de sistemas de logística dentro de los procesos	7,42					4,66	4,28
MEJ-5	Aplicación de técnicas que ayuden a captar los requisitos del usuario final e incorporarlos en el diseño de la obra civil	7,95					5,07	4,84
MEJ-6	Desarrollo e implantación de sistemas integrados de gestión de calidad, medio ambiente y seguridad laboral durante la construcción de obras	8,71					6,19	6,02
MEJ-7	Técnicas de teledetección que permitan ampliar los sistemas de obtención de datos: cartografía, geología, medio ambiente, etc.	7,44					5,81	5,58
MEJ-8	Aplicación de la Reingeniería de procesos en obra civil	7,55					4,41	4,70
MEJ-9	Implantación de técnicas de Lean Construction en los procesos de Obra Civil	7,36					4,30	4,72

PERSONAS

Tecnología		Grado de Importancia	Fecha de materialización				Situación científica y tecnológica	Aplicación sector obra civil
Código	Nombre		Hasta el 2005	De 2006 a 2010	De 2011 a 2015	Más allá de 2015		
PER-1	Desarrollo y normalización de los sistemas constructivos atendiendo a a criterios de prevención de riesgos laborales	9,07					6,11	5,74
PER-2	Diseño de sistemas de formación y aprendizaje sencillos y ágiles para el personal de obra no cualificado	8,49					5,62	5,36
PER-3	Nuevos sistemas avanzados de formación en operación y seguridad para el personal del obra: simuladores, teleformación, etc	7,33					4,76	5,04
PER-4	Nuevos modelos de diseño de maquinaria y equipos que incorporen criterios de ergonomía	7,33					4,77	5,22
PER-5	Desarrollo de modelos que estudien el comportamiento de las personas en situaciones bajo condiciones extremas (accidentes, fuego en túnel, inundaciones, etc.)	8,57					4,52	4,52
PER-6	Desarrollo de maquinaria que integre las diferentes operaciones del proceso y que pueda adaptarse a los cambios del entorno mediante variaciones fáciles en su configuración	6,99					5,93	6,01

SEGURIDAD DE USO Y MANTENIMIENTO

SEG-1	Desarrollo de tecnologías de análisis de riesgo y de sistemas de monitorización y gestión para la prevención de desastres naturales	8,17					4,73	4,94
SEG-2	Tecnologías de ventilación y extracción en túneles	8,78					6,42	6,91
SEG-3	Métodos de análisis, materiales y técnicas para la evaluación y protección de estructuras frente al fuego	8,98					6,30	6,23
SEG-4	Sistemas que puedan detectar el peligro de corrimientos de tierra	8,33					6,33	6,11
SEG-5	Desarrollo de modelos que estudien el comportamiento de las personas en situaciones bajo condiciones extremas (accidentes, fuego en túnel, inundaciones, etc.)	7,09					4,83	4,83
SEG-6	Sistemas de gestión del mantenimiento y la explotación , que utilicen bases de datos inteligentes que interactúen con otros sistemas	7,33					4,76	4,95

TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

Tecnología		Grado de Importancia	Fecha de materialización				Situación científica y tecnológica	Aplicación sector obra civil
Código	Nombre		Hasta el 2005	De 2006 a 2010	De 2011 a 2015	Más allá de 2015		
TIC-1	Aplicaciones para la supervisión y vigilancia remota de la obra durante el proceso de construcción	6,66					5,10	5,10
TIC-2	Desarrollo de metodologà, sistemas y sensores para monitorizar las estructuras y optimizar su utilización y mantenimiento	7,81					5,61	5,81
TIC-3	Desarrollo de aplicaciones GIS para Obra Civil	6,76					6,26	6,06
TIC-4	Uso de la simulación, modelización y realidad virtual en la Obra Civil	7,45					6,37	5,49
TIC-5	Integración en la obra civil de sistemas ITS (Sistemas de transporte inteligente) para facilitar la conducción automática de vehículos y el intercambio de información entre el conductor	6,31					4,52	5,24
TIC-6	Desarrollo de sistemas estandarizados para la transmisión de información técnica: software compatible	7,58					5,17	5,05
TIC-7	Desarrollo e implantación de herramientas de autodiagnóstico en el proceso de la obra civil	6,66					4,80	4,93
TIC-8	Tecnologías que faciliten el trabajo en cooperación en las fases de proyecto, ejecución y explotación de la obra: trabajo integrado, reuniones virtuales, gestión de información, etc.	8,01					5,63	6,19
TIC-9	Desarrollo e implantación de sistemas de gestión del conocimiento en la obra civil	8,37					4,87	5,52



MATERIALES

MAT-1	Materiales inteligentes con funciones de reparación y autodiagnóstico (de la microestructura, fatiga, etc)	7,06				4,26	3,73
MAT-2	Desarrollo de polímeros, adhesivos, elastómeros, fibras y materiales compuestos para su aplicación en ingeniería civil	7,83				5,11	5,11
MAT-3	Estudio de nuevas fuentes como recurso de materiales de construcción	7,92				4,77	4,86
MAT-4	Estandarización, normalización y certificación de los productos de construcción	8,59				6,15	5,99
MAT-5	Reutilización, reparación o reciclado de los materiales de construcción	8,52				5,34	5,04
MAT-6	Tecnologías de inspección y predicción (métodos numéricos, técnicas analíticas, métodos acelerados, ...) que permitan estimaciones de la vida potencial o residual de materiales y estructuras	8,81				6,03	5,63
MAT-7	Materiales de construcción de alto rendimiento frente a distintas prestaciones: muy alta resistencia, durabilidad, comportamiento térmico y acústico,...	8,36				5,51	5,03

