













# Libro Blanco de la Robótica

De la investigación al desarrollo tecnológico y futuras aplicaciones

# 1 Índice

Pr	eámbi	ulo	5
1.	Índic	re	7
2.	Resu	men ejecutivo	9
3.	Intro	ducción	11
	3.1.	Situación actual y tendencias para el futuro	15
		·	18
		•	21
4.	Impa	acto socio-económico de la robótica	23
	4.1.	Estadísticas de robots	25
	4.2.	Sectores y aplicaciones de la robótica	28
		4.2.1. Los robots en la industria del automóvil	28
		4.2.2. Los robots en las PYMES	30
		4.2.3. Los robots en sectores de compleja robotización	35
		4.2.4. Uso de los robots para los servicios de los ciudadanos	44
	4.3.	Tendencias	57
<b>5.</b>	La I+	D+i en la robótica	59
	5.1.	Panorama mundial	61
		5.1.1. La I+D+i en la robótica industrial	62
		5.1.2. La I+D+i en la robótica de servicio	63
		5.1.3. La I+D+i en la robótica espacial y de seguridad	68
		5.1.4. Redes de investigación, sociedades científicas y publicaciones	70
	5.2.	La I+D+i en robótica en España	71
	5.3.	El peso de robótica española en el contexto internacional	74
		5.3.1. Presencia en redes de investigación y sociedades científicas	74
		5.3.2. Presencia en comités de revistas y congresos	80
		5.3.3. El peso de la I+D+i en robótica de la industria española en contex-	
		to internacional	85
	5.4.	Relación con otras áreas	88
	5.5.	Tendencias	90

6.	Mecanismos de financiación de la I+D+i en robótica	3
	6.1. Financiación de la I+D+i en robótica en la Unión Europea	5
	6.1.1. La robótica en el FP6 (2003-2006)	6
	6.1.2. La robótica en el FP7 (2007-2013)	8
	6.1.3. La robótica en programa EUREKA	0
	6.1.4. La robótica en otros programas de la UE 10	1
	6.2. Financiación de la I+D+i en robótica en los países desarrollados 10	1
	6.3. La financian de la I+D+i en robótica en España	7
	6.4. La financian de la I+D+i en robótica en las Comunidades Autónomas 11	C
	6.5. Otras iniciativas de financiación de la I+D+i en robótica	3
	6.5.1. Programa Iberoeka	3
	6.5.2. Las empresas «spin-off»	3
	6.5.3. Otras iniciativas	5
	6.6. Tendencias	8
	6.6.1. Contribución de las Comunidades Autónomas	8
	6.6.2. Previsiones en el ámbito del estado español	9
	6.6.3. Previsiones en el ámbito de la Unión Europea	0
7.	Formación y divulgación	3
	7.1. Formación: instituto, grado universitario y doctorado	6
	7.1.1. Formación en la enseñanza secundaria	6
	7.1.2. Formación en la universidad 12	9
	7.2. Formación en empresas	7
	7.3. Divulgación social	9
	7.3.1. Divulgación científico-técnica	9
	7.3.2. Otras actividades de divulgación	3
	7.4. Tendencias	5
8.	Análisis estratégico de la robótica en España	9
•	8.1. Líneas estratégicas en el mundo	
	8.2. Fortalezas y debilidades de la I+D+i en robótica en España	
	8.2.1. Fortalezas	
	8.2.2. Debilidades	
	8.3. Propuesta de líneas estratégicas para el periodo 2007-2020	
	8.3.1. Periodos temporales	5
	8.3.2. Demanda empresarial	5
	8.3.3. Líneas prioritarias	6
	8.3.4. Acciones prioritarias	
q	Conclusiones	3
10.	Referencias	5
11	Participantes 17	o

## 2

### Resumen ejecutivo

La robótica es sinónimo de progreso y desarrollo tecnológico. Los países y las empresas que cuentan con una fuerte presencia de robots no solamente consiguen una extraordinaria competitividad y productividad, sino también transmiten una imagen de modernidad. En los países más desarrollados, las inversiones en tecnologías robóticas han crecido de forma significativa y muy por encima de otros sectores.

Según todos los indicadores internacionales, la nueva sociedad robótica de consumo está por llegar en la próxima década. En un plazo breve, se pondrán a la venta robots de servicio a precio asequible a los ciudadanos, con aplicaciones de asistencia personal a niños, ancianos y discapacitados, educación, entretenimiento, vigilancia, construcción, recolección y muchas más. Esta nueva sociedad robotizada llevará el cambio a los ciudadanos y necesitará de la creación de nuevos negocios. Estos dos aspectos socio-económicos, calidad de vida y empresas, son fundamentales en este estudio.

Los avances de la robótica tienen una incidencia directa en la competitividad de nuestras empresas, más aún en estos tiempos en que nuestros mercados se encuentran invadidos por productos de bajo coste procedentes de países emergentes. Además, la independencia tecnológica de nuestro país en áreas como la robótica, contribuirá significativamente a disminuir el riesgo de la absorción de nuestras empresas por capital extranjero. Por otro lado, la mayoría de las empresas nacionales tienen claro que su supervivencia depende, en gran medida, de la innovación e independencia tecnológica, en especial de las tecnologías más innovadoras entre las que se encuentra la robótica. Finalmente, hay que señalar que la madurez tecnológica de nuestras empresas permite la rápida absorción estas tecnologías.

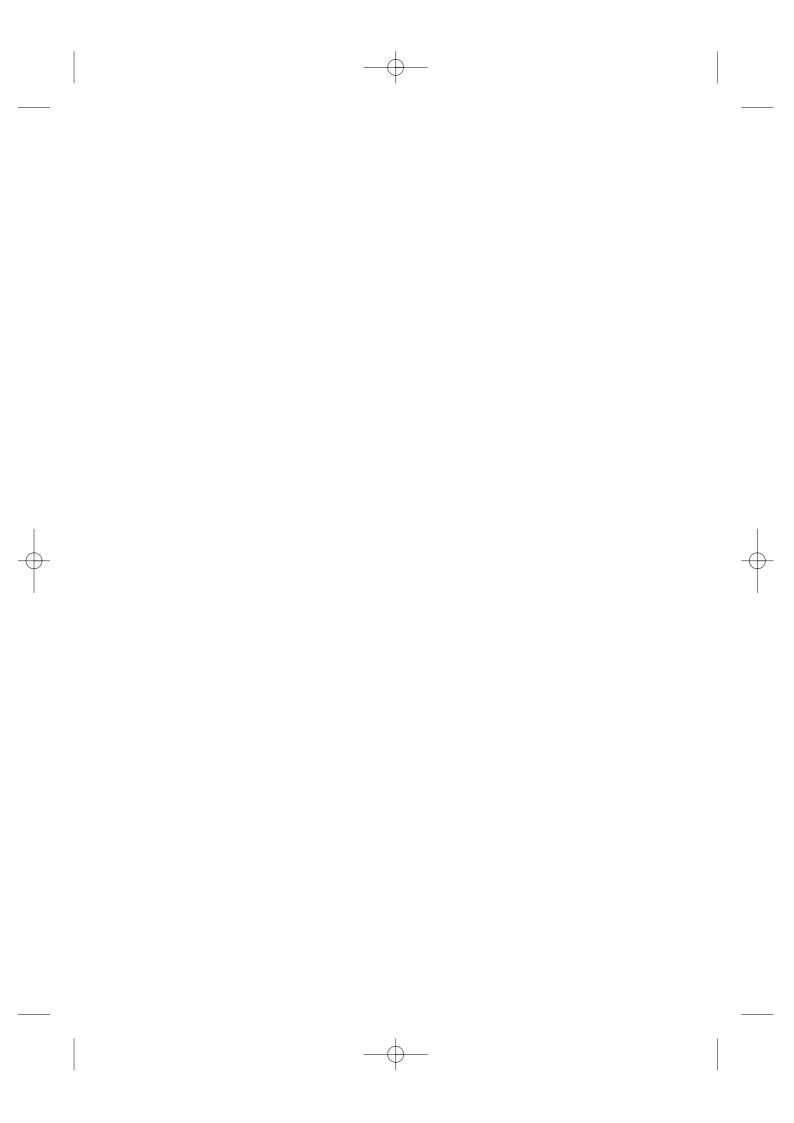
Se puede afirmar, sin ningún género de duda, que España tiene un importante potencial en investigación en robótica (más de 60 grupos), siendo algunos de ellos y en algunas líneas de investigación pioneros y líderes, tanto en el ámbito europeo como mundial. El peso de la robótica española es importante e incluso superior a países con mayor poder económico que el nuestro, siendo el tercer país por núme-

ro de grupos en la Red Europea de Robótica. Este hecho puede asegurar los retornos socio-económicos de una financiación adecuada de nuestros grupos de investigación en robótica.

El objetivo de este Libro Blanco de la Robótica es presentar una hoja de ruta, con horizonte temporal del año 2020, que permita identificar, de forma realista los alcances de la robótica avanzada hacia la que se prevé se evolucionará durante dicho horizonte temporal, los actores socio-económicos de esta transformación (actuales y futuros), las herramientas y los esfuerzos investigadores necesarios para conseguir estos objetivos, las posibles dificultades en su consecución y, en definitiva, prepararnos para los futuros cambios. El Libro concluye con la propuesta de las líneas estratégicas de investigación para el periodo 2007-2020, que se deberían plasmar en una Prioridad Estratégica en Robótica en el nuevo Plan Nacional de I+D+i 2008-2011, y con una propuesta de mecanismos de materialización de las mismas.

# 3 Introducción





En ocasiones las cosas no son lo que parecen. Eso pensó Doña Soledad cuando se levantó, como cada mañana, hacia las 10, después de que le llamara la asistenta. No le gustaba madrugar, pero Rosa no le permitía quedarse más rato en la cama. «Es por tu circulación» le decía, con esa voz diferente pero dulce que sabía poner cuando quería convencerla de algo. Soledad aún recordaba el día que llegó a casa. Fue por culpa de su hijo, ya que por ella podría haber seguido más tiempo viviendo sola en aquel piso, que 83 años no son tantos. Pero él insistió mucho en que se quedaría más tranquilo. Y allí estaba, con una asistenta que la cuidaba, vigilaba la casa y además, si algo no iba bien, llamaba a su hijo.

No es que tuviera nada contra las asistentas robóticas, pero a su edad no resultaba fácil habituarse a un rostro nuevo a pesar de los gestos amigables que le hacía y de ese pelo moreno que nunca necesitaba tinte. Aunque tenía que reconocer que ahora también ella estaba más tranquila porque nunca se le olvidaba tomarse los medicamentos, ya que Rosa (Robot Sanitario Asistencial) no dejaba pasar ni una toma. Y, además, no necesitaba ir al medico para tomarse la tensión, bastaba con que Rosa le tomara la muñeca y ¡chas! «80/120, todo bien». Y lo que más le gustaba era que ya no necesitaba ir al hospital a las tediosas revisiones periódicas de marcapasos. Ahora Rosa recopilaba todos los datos y los enviaba a su medico por Internet7+.

El simpático instalador le había dicho que el robot llevaba unos programas nuevos para que fuera capaz de salir a la calle y acompañarla al parque, pero que aún no los había probado. Eso ya iba a ser un gran avance porque cada vez se le hacía más cuesta arriba salir de casa sola, sobre todo después de la caída. Además, le había comentado su hijo que, si era necesario, podían buscar una silla de ruedas autónoma a la que Rosa pudiera acompañar para sacarla a pasear cuando estuviera muy cansada. En la televisión ya había visto que lo estaban utilizando en residencias de ancianos.

De hecho, de unos años a esta parte, se veían cada vez más robots en la calle junto a las personas: vigilando las calles como policías, limpiando las aceras y arreglando las fachadas, incluso perros lazarillo para invidentes. También veía en su televisión personalizada el nuevo aspecto de las fábricas, más cercanas a solitarias oficinas impolutas que a entornos productivos. Los robots no solamente soldaban y pintaban las carrocerías de los coches, sino también revisaban su aspecto, ensamblaban sus interiores y, lo más simpático, conducían los coches en pruebas.

Le seguía gustando el fútbol y el otro día vio por televisión la final del mundial robótico entre Japón y Canadá. Iba con los canadienses, pero los japoneses se impusieron en el último cuarto de hora. «!Qué pena¡, el 9 canadiense

era tan guapo y jugaba tan bien». La verdad es que Soledad ya se había acostumbrado a las máquinas, algunas de las cuales parecían tener alma y sentimientos. ¿Cómo hacen para que Rosa estuviera romántica durante los días lluviosos?

La primera semana de estar Rosa en la casa se pasaba mucho tiempo recorriéndola de arriba a bajo y le costaba mucho entender sus indicaciones. «Está aprendiendo», le decía el técnico hablando desde no se sabe donde. Ella se hizo a la idea de que era como un niño pequeño curioso. Poco a poco, Rosa empezó a moverse más, a entender a la primera sus instrucciones e incluso a hacer cosas por propia iniciativa, sin que nadie se las hubiera dicho. Y es verdad, necesitaba mejorar algunas cosas de la casa, como los detectores de gas, humo y agua. Pero por suerte no habían tenido que poner más cables, sólo una caja que había detrás de la puerta de casa para no-se-qué de conexión a la red. Ahora, si se empezaba a quemar un guiso, Rosa empezaba a decirle no se que cosas a la cocina. La verdad es que sí, que estaba más segura. Además, en caso de necesidad, Rosa llamaba a su hijo y una vez tuvo que llamar directamente al 1123, se había roto la aspiradora.

Pero lo más gracioso, lo que acabó de tranquilizarla del todo, sucedió el día anterior. Llamaron a casa unos comerciales de venta a domicilio justo a la hora de la siesta, cuando Soledad estaba más tranquila. En otras ocasiones, Rosa le mostraba por la pantalla que llevaba en el pecho quien estaba en la puerta. Pero esta vez, aprendiendo de las otras veces, la oyó entre sueños que les decía muy amablemente a los vendedores: «No estamos interesadas, gracias». Y fue en ese momento cuando Soledad pensó que esa chica no era lo que parecía, tendría que hacerle un buen regalo en las Navidades del 2030.

La historia de Soledad puede parecer ciencia-ficción, pero el objetivo de este Libro Blanco es mostrar que estos avances tecnológicos son posibles y que hace falta estar preparado para ellos. Así como la sociedad de finales del siglo XX y comienzos del XXI se ha visto invadida por los ordenadores, la sociedad del siglo XXI se basará en una masiva intervención de robots en todos los aspectos de la vida cotidiana y productiva. Los robots no solamente estarán localizados en las factorías y con aspecto de brazo manipulador, sino también saldrán al «asfalto» y al «campo» para realizar multitud de tareas de servicios e industriales que hoy en día son efectuadas manualmente. Una característica fundamental y diferenciadora de esta robótica avanzada será la estrecha colaboración de los robots con los humanos tanto en el campo común de trabajo como en la interacción multimodal.

Esta nueva sociedad robotizada implicará un importante cambio en el modo y calidad de vida de ciudadanos y necesitará de la creación de nuevos negocios.

INTRODUCCIÓN 15

Estos dos aspectos socio-económicos, calidad de vida y empresas, son fundamentales en este estudio. Este Libro Blanco de la Robótica en España, pretende identificar las actuaciones necesarias para que nuestro país alcance esta nueva sociedad, de manera competitiva y con independencia tecnológica. En concreto, se propondrán las líneas estratégicas de investigación en robótica para el periodo temporal 2007-2020 así como las acciones prioritarias que permitan su desarrollo.

#### 3.1. Situación actual y tendencias para el futuro

La robótica es un sinónimo de progreso y desarrollo tecnológico. Los países y las empresas que cuentan con una fuerte presencia de robots no solamente consiguen una extraordinaria competitividad y productividad, sino también transmiten una imagen de modernidad. En los países más desarrollados, las inversiones en tecnologías robóticas han crecido de forma significativa y muy por encima de otros sectores. No obstante, el conocimiento sobre robótica de la mayoría de la sociedad es muy limitado. Algunas personas todavía confunden un robot con una *minipimer* debido a que en la propaganda ésta es anunciada como un robot de cocina.

Por otro lado, las inversiones en la investigación en robótica han ido disminuyendo en Europa en los últimos años, lo que contrasta con el incremento de los esfuerzos investigadores en esta área en países como Estados Unidos o Japón. Por ello, uno de los objetivos estratégicos de este Libro Blanco es la concienciación de la sociedad y la administración de la importancia y los beneficios socio-económicos de la robótica.

La robótica tiene como intención final complementar o sustituir las funciones de los humanos, alcanzando, en algunos sectores, aplicaciones masivas. En el contexto industrial, donde se utilizan con notable éxito desde hace varias décadas, sus beneficios empresariales y sociales se pueden resumir en cuatro:

- 1. Productividad, aumento de la producción y reducción de costes, sobre todo laborales, de materiales, energéticos y de almacenamiento.
- 2. Flexibilidad, que permite la fabricación de una familia de productos sin la necesidad de que se modifique la cadena de producción y, por consiguiente, sin paradas ni pérdidas de tiempo.
- 3. Calidad, debido al alto nivel de repetitividad de las tareas realizadas por los robots que aseguran una calidad uniforme del producto final.
- 4. Seguridad, ya que los procesos de fabricación se llevan a cabo con un mínimo número de personas, disminuyendo las posibilidades de accidentes laborales y reemplazando a los operarios de tareas tediosas.

Por otro lado, hay que destacar que la robótica ofrece unos grandes beneficios sociales, resolviendo problemas cotidianos en todos los sectores y edades de la población, mejorando la calidad de vida de los ciudadanos mediante la reducción de las horas de trabajo y de los riesgos laborales. También aporta beneficios económicos aumentando la competitividad de las empresas, dinamizando la creación de nuevas empresas y nuevos modelos de negocio y profesiones.

Los sectores a los que actualmente está orientada la robótica son muy amplios empezando en la industria manufacturera (automóvil y máquina herramienta) hasta la exploración de ambientes hostiles, tales como entornos submarinos y espacio. No obstante, la robotización no sólo tiene fines industriales, sino también múltiples aplicaciones sociales, tales como asistencia personal, medicina, limpieza, inspección y mantenimiento de infraestructuras. De hecho, la robótica actual se divide en dos grandes áreas, la robótica industrial y la robótica de servicio, entendiéndose esta última en un sentido amplio: servicios personales y a la sociedad. Aunque la robótica industrial está bien establecida desde hace varias décadas y la de servicios está en una fase incipiente, ambas presentan grandes posibilidades de investigación y desarrollo que dan lugar a la robótica avanzada.

En relación con la robótica industrial, se estima, según la consultora ARC (2006), que su volumen de negocios mundial es del orden de 6.000 billones de \$US sin tener en cuenta el negocio de la ingeniería y la automatización, que puede duplicar el negocio de robots. De acuerdo al informe UNECE/IFR (2005), el parque mundial actual de robots instalados es próximo a los 850.000, con índices de crecimiento sostenido del orden del 5-7% anual. Hay que resaltar que la mayoría de estos robots están instalados en la industria manufacturera. En concreto, alrededor del 50% están en la industria del automóvil. Las aplicaciones más demandadas son las de soldadura y manipulación, que en los países más industrializados son del orden 25-50% y 30-60%, respectivamente y según los países. Es interesante destacar que, mientras aproximadamente el 40% de robots industriales se encuentran en Japón, los líderes en la fabricación de robots son empresas europeas (ABB, Kuka, Comau, Staubli) que dominan casi la totalidad del mercado.

España ocupa un lugar relevante en la robótica industrial, estando en el 7º lugar en el mundo y el 4º en Europa por número de robots instalados, con cerca de 22.000 unidades, bastante por encima del Reino Unido y muy cerca de Francia. Del mismo modo, si se toma como indicador la tasa de robots instalados por cada 10.000 trabajadores en la industria manufacturera, España se encuentra en un destacado lugar, por detrás solamente de Japón, Corea, Alemania, Italia, Suecia y Finlandia. Esta situación está acorde o incluso por encima de nuestra situación económica en general y demuestra la importancia de la robótica en la economía española. Ahora bien, es necesario hacer notar que esta situación relevante está

motivada exclusivamente por la gran implantación de la industria automovilística en nuestro país. Por lo tanto, este indicador es volátil en cuanto que debe considerarse la posible migración de estas industrias a terceros países donde los costes de fabricación sean inferiores.

Sin embargo, el número o la tasa de robots instalados en un país no debe ser considerado por sí mismo como un indicador del estado de la tecnología robótica de ese país, por cuanto puede tratarse, como así ocurre en el caso de España, de una tecnología adquirida a otros países. En efecto, España presenta una gran dependencia tecnológica en el desarrollo de robots y en gran medida, de los procesos de ingeniería asociados a su implantación. Por otro lado, esta dependencia tecnológica, junto con una falta de formación técnica y cultura de la innovación en la pequeña y mediana empresa (principal tejido industrial de nuestro país), dificultan la robotización de un número destacable de actividades de fabricación de la pequeña manufactura, cuya solución tecnológica puede ser abordada con garantía de éxito por los técnicos e ingenieros formados en el entorno educativo español. Así, sectores como el calzado, astilleros, cerámica o el juguete, que se enfrentan en la actualidad a una fuerte competencia motivada por la globalización de los mercados, podrían aumentar su competitividad en base a una robotización escasamente abordada.

Por otro lado, la robótica de servicio es un campo emergente, pero con un gran potencial de crecimiento. Sus aplicaciones se dividen en servicios personales (asistencia a personas mayores, discapacitados y niños, acompañante y/o sirviente personal, limpieza y seguridad doméstica, etc.) y servicios profesionales (limpieza de calles, vigilancia urbana, mantenimiento e inspección de infraestructuras, compañero de trabajo, medicina, construcción, agricultura, etc.). La mayoría de los sectores y aplicaciones citadas cuentan con un bajo o muy bajo nivel de automatización, ocupando a un gran número de trabajadores en actividades tediosas y en algunos casos peligrosas. Además, el continuo envejecimiento de la población, sin medidas efectivas para su cuidado y ocio, hace cada vez más necesarios el desarrollo de robots para este sector de la población.

Las expectativas de aplicación de los robots de servicio han superado, en los últimos años, los límites de los procesos de manufactura. Así en aplicaciones domésticas como la limpieza de suelos (robot Roomba de iRobot) se ha llegado a vender más de 610.000 unidades en el año 2005, estando previsto que esta cifra crezca hasta los 4 millones de unidades para el año 2008. Todos los indicadores confirman que nos encontramos en una revolución que nos llevará a un mercado robótico de consumo, mediante la utilización en el hogar de nuevos robots, auténticos electrodomésticos móviles, que complementarán a los actuales estáticos. De la misma forma, las aplicaciones profesionales como la medicina, la construcción o la seguridad y defensa, presentan unas notables expectativas de crecimiento. Sus

productos tienen un alto valor añadido como es el caso de la medicina (robot daVinci de Intuitive Surgical) con unas ventas de 138 millones de \$US en 2005. Otro ejemplo destacable de los robots de servicio son los de entretenimiento y educación (bajo el término anglosajón «edutainment») caracterizados por mascotas robots (Aibo de Sony y PaPeRo de Nec), habiéndose vendido en el mercado Japonés las primeras 3.000 unidades de Aibo en menos de 20 minutos.

Estos ejemplos, entre otros muchos, demuestran que los actores implicados en el nuevo mercado de robots de servicio están aún sin consolidar, existiendo, por lo tanto, la oportunidad para España de llegar a ellos en igualdad de condiciones con otros países. Además, al entrar en el mercado de consumo se crean nuevas expectativas de ventas que en el sector industrial eran desconocidas hasta hoy en día. Las nuevas empresas robóticas podrían vender millones de unidades en vez de decenas de miles, como es el caso actual de la robótica industrial.

Se puede afirmar, sin ninguna duda, que la robótica actual es una tecnología asentada. Se encuentra en la vanguardia de la integración de los más modernos avances en diferentes sectores, tales como actuadores, sensores, materiales, mecánica, hardware y software, comunicaciones, etc. Es una tecnología en continuo desarrollo, aumentando continuamente sus prestaciones y consecuentemente el campo de aplicaciones. Tanto la robótica de servicio como la robótica industrial tienen grandes posibilidades de expansión y progreso, por lo que la investigación y desarrollo en robótica son claves para nuestro país, abriendo grandes posibilidades económicas y de progreso que pueden ser exportadas a otros países y sectores.

#### 3.2. Objetivos del Libro Blanco

La creciente globalización, facilita que productos fabricados en países con costes de producción muy inferiores a los de nuestro entorno, lleguen sin dificultades a nuestros mercados, apenas contenidos por medidas arancelarias que no pueden ser solución a medio plazo. Por ello, la riqueza industrial de nuestro país, como el del resto de los países de nuestro entorno socioeconómico, se debe basar en una continua renovación tecnológica, soportada por un importante esfuerzo en I+D+i que, en el caso de España, debe ser superior al actual.

Tras un pasado incierto, en el que la conciencia de la sociedad española sobre la importancia de la investigación, desarrollo e innovación tecnológica era escasa, la mayoría de las empresas industriales y de servicios nacionales tienen claro que su supervivencia depende de la innovación e independencia tecnológica. La administración es igualmente consciente de esa importancia, como se refleja en el actual Plan Nacional de I+D+i cuyos presupuestos aumentan de año en año. El

apoyo gubernamental con planes a largo plazo y a grupos de excelencia (programas Consolider, Cenit, Estratégicos-Singulares, etc.) es también muy importante. De igual manera, la potenciación de los grupos de investigación españoles y el impulso de la transferencia tecnológica son imprescindibles para conseguir una independencia tecnológica y una competitividad empresarial.

El Libro Blanco de la Robótica que aquí se presenta trata de analizar la conveniencia, oportunidad y posibilidades de la I+D+i en el área de la robótica, que, por su carácter de tecnología horizontal, cubre un amplio espectro de áreas de aplicación, llegando a buena parte de los sectores productivos en los que nuestro país puede mostrarse competitivo. Sin una planificación eficaz, estructurada y a largo plazo de la I+D+i en robótica en España, nuestras empresas no podrán competir en productividad, calidad ni precio en un mercado globalizado, con sus competidores emergentes de países en vías de desarrollo, que actualmente ofrecen mano de obra barata. Todo ello pone de manifiesto que la robotización y la automatización, el conocimiento de tecnologías afines, y la formación de Ingenieros especializados en estas áreas son elementos clave para la supervivencia de muchas de nuestras empresas.

Por otro lado, el Libro Blanco pretende realizar una prospectiva de los nuevos negocios y mercados de la robótica avanzada. Dónde, cómo y de qué forma se puede entrar en los nuevos mercados de la robótica de consumo. El análisis sectorial actual, la prospectiva de futuro y la capacidad tecnológica de España en este sector ocupan una parte importante de este documento. De este análisis se desprende que España cuenta con investigadores y técnicos muy bien preparados y concienciados en la necesidad de enfocar su actividad profesional de modo que revierta de una manera tangible en la sociedad. Sin embargo, esta capacidad no se aprovecha adecuadamente, por cuatro motivos básicos:

- 1. Falta de hábito, en general, por parte de la empresa española en realizar un esfuerzo propio adecuado en I+D+i, viendo a los investigadores como mano de obra barata para desarrollos puntuales.
- 2. Enfoque excesivamente académico de algunos colectivos de investigadores, que movidos por la necesidad de alcanzar los índices de calidad que fijan los actuales criterios oficiales, se centran en cumplir los baremos de publicaciones científicas más que en la transferencia de tecnología.
- Singular relación investigación-empresa basada en contratos de desarrollo más que en contratos de investigación a largo plazo y, en algunos casos, con el único fin de obtener financiación pública.
- 4. Ausencia de unas líneas de investigación a largo plazo, adecuadamente priorizadas, que guíen y focalicen el esfuerzo de los grupos de I+D+i hacia los objetivos adecuados, originando la cultura de «café para todos».

La inversión de España en I+D+i supera ligeramente el 1% cuando en la Unión Europea está en el 1,8% de media y con un objetivo del 3% en 2010. La inversión, tanto gubernamental como empresarial, es muy baja en comparación con nuestro peso socio-económico. En relación con la robótica, sinónimo de progreso y tecnología, las inversiones públicas y su importancia son muy limitadas. La revisión del Plan Nacional de I+D+i 2004-2007, pone de manifiesto que la robótica aparece de forma escasa, dispersa y colateral:

- 1. En el programa de Diseño y Producción Industrial, lugar donde prioritariamente debería estar, la investigación en robótica aparece solamente en dos sub-programas (de los 6 existentes): a) Tecnologías Básicas en la línea de «robots, robots móviles y cooperativos» (hay 14 líneas en este sub-programa) y b) Procesos, componentes, medios y sistemas de producción en las sub-línea de «Técnicas económicas de ensamblado de piezas, aptas para la manipulación y montaje mediante sistemas automáticos o robots», «Controladores: máquinas-herramientas, robots, PLCs, etc.», «Robótica industrial y de servicio. Robótica móvil.», «Sistemas, máquinas y robots para inspección» y «Aplicaciones de robots en los procesos de fabricación» (hay decenas de sub-líneas en este sub-programa).
- 2. En otros programas, la aparición está mucho más diluida: a) Biomedicina, en donde la robótica aparece en una sub-línea del sub-programa 3 en las actividades de «Evaluación de potenciales medicamentos»; b) Ciencias y Tecnologías Medioambientales, en la sub-líneas de un sub-programa en tecnologías para facilitar la observación del mar mediante el «Desarrollo de robots, nuevos sensores y sistema de detección remota»; c) Seguridad, en la sub-línea de «robots de desactivación»; d) Medios de Transporte, en la sub-línea de «robotización de operaciones de taladrado y ensamblado de grandes estructuras» y «robots y vehículos submarinos no tripulados», etc.

Esta escasa presencia muestra la poca importancia que se da en la actualidad a esta tecnología, en discordancia con las significativas repercusiones que ésta puede tener en la economía y sociedad de nuestro país.

En conclusión, el Libro Blanco de la Robótica en España, se orienta fundamentalmente a la I+D+i, analizando el estado actual y tratando de centrar esta actividad hacia el futuro, de modo que los rendimientos para la tecnología de nuestro país, y con ella su economía, sean los mayores posibles. Los objetivos, por tanto, se centran en tres aspectos fundamentales:

1. Mostrar la existencia de sectores de mercado por cubrir, en los que sea posible, con la adecuada visión, liderar la oferta dentro y fuera de España. La

- prospectiva a largo plazo, basada en analizar nuevas aplicaciones, nuevos mercados, nuevos productos y las tendencias.
- 2. Marcar objetivos de I+D+i en robótica a largo plazo que, adecuadamente apoyados por una políticas de financiación pública, repercutirían positivamente en desarrollos tecnológicos. En concreto, la creación de un Sub-Programa de Robótica horizontal en el próximo Plan Nacional 2008-2011 permitiría concentrar y priorizar los esfuerzos investigadores de calidad.
- 3. Modificar la relación entre los centros de investigación y las empresas con el objetivo de dar a conocer a nuestros empresarios el potencial humano y de conocimiento con el que se cuenta en España y que éstos pueden ser directamente aprovechables por la empresa. Esta relación debería estar basada fundamentalmente en convenios a largo plazo con beneficio mutuo.

Estas acciones se plantean con un horizonte temporal de corto, medio y largo plazo, de modo que se realizan recomendaciones estratégicas que permitan en un plazo de unos 25 años, hasta el 2020, mejorar sustancialmente la posición de España en la tecnología robótica, pretendiendo incluso el llegar a ser referencia en determinadas áreas en los entornos europeo y mundial

#### 3.3. Metodología y estructura del documento

El Libro Blanco de la Robótica en España es una iniciativa del Grupo Temático de robótica (GTRob) del Comité Español de Automática (CEA). Dicho grupo está integrado, fundamentalmente, por investigadores de Universidades, CSIC y centros tecnológicos de todo el territorio español. Asimismo, participan en el GTRob como observadores algunas empresas involucradas en las actividades en I+D+i. Por todo ello, la metodología del documento sólo aborda en profundidad los aspectos científicos y tecnológicos, no tratando ciertos aspectos empresariales, que son tratados por otras organizaciones, como por ejemplo el «Informe sobre Robótica y Automatización» publicado en el año 2006 por la Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica.

La metodología empleada tiene una fase de análisis y otra de síntesis. En la primera, se estudian la realidad del tejido industrial actual y las estadísticas de la robótica (aplicaciones y el grado de robotización de la misma). Además, se analizan los documentos y hojas de ruta de otros países y organizaciones nacionales e internacionales. En la parte de síntesis, se proponen líneas de actuación estratégicas de la robótica española a largo plazo.

También se han analizado los destinatarios de este Libro Blanco, definiendo con claridad a quienes va dirigido. Pueden distinguirse cuatro agentes diferentes que

contribuyen al desarrollo tecnológico en general y en particular al de la robótica (Fig. 3.1): 1) agentes socio-económicos, representados por el mundo empresarial y la sociedad en general; 2) agentes de soporte de la I+D+i, básicamente las distintas administraciones públicas y el capital privado, en particular el procedente de sociedades de capital-riesgo; 3) agentes de capital humano, en donde hay que tener en cuenta los sistemas formativos a todos los niveles; y 4) los propios agentes de I+D+i, universidades, CSIC y centros tecnológicos. La relación armónica entre todos ellos es de gran importancia para unos buenos resultados de la I+D+i. El Libro Blanco va dirigido a estos cuatros agentes siempre desde el punto de vista de I+D+i.

Figura 3.1. Agentes que contribuyen al desarrollo tecnológico de la robótica



El Libro Blanco esta dividido en cinco capítulos, sin contar la parte introductoria y las conclusiones. En el capítulo de impacto socio-económico, se analizan las aplicaciones de la robótica, sus estadísticas y las tendencias en este campo. En el capítulo de la I+D+i en robótica, se estudian los diferentes programas y hojas de ruta en el sector, así como el peso de los grupos de investigaciones españoles a nivel nacional. Le siguen los capítulos de mecanismos de financiación, a todos los niveles, y la formación en robótica. Por ultimo, en el capítulo 8 se presenta el análisis estratégico en España, proponiéndose las líneas prioritarias de investigación a largo plazo.

A este Libro Blanco de la Robótica se le adjunta un DVD con 78 videos mostrando las aplicaciones más relevantes de los grupos de investigación españoles. Los videos han sido seleccionados atendiendo a su carácter práctico y a su aplicación en entornos reales o lo más cerca posible a éstos. Están ordenados, tanto por centros de investigación como por aplicaciones. De esta forma, se facilita la búsqueda interactiva.

## 9

### **Conclusiones**

Los saltos tecnológicos en la sociedad actual se producen de forma discreta, aunque su preparación se prolonga durante décadas. Su predicción es compleja y difícil, y, en algunos casos, errónea o se retrasa muchos años, como es el caso de la física de fusión. También, se producen saltos tecnológicos provenientes del lado del usuario al emplear éste las nuevas tecnologías de forma diferente a la que inicialmente estaba previsto (véase el caso de los SMS de la telefonía móvil).

Por esto es interesante, y a la vez indicativo, que Bill Gates, uno de los artífices de uno de los últimos saltos tecnológicos de la humanidad, el computador personal, aparezca en la portada del mes de enero de 2007 de la revista Scientific American hablando sobre la robótica. En su artículo «A robot in every home» (Un robot en cada casa) compara la situación de la robótica actual con la época de los mediados 70 en la cual se gestó el lanzamiento del PC. Y no es solamente una intuición personal de Bill Gates, se basa en un estudio que encargó en 2004 para hacer una prospectiva del estado de la tecnología y de mercado en robótica. Su conclusion es rotunda: «But what I really have in mind is something much more contemporary: the emergence of the robotics industry, which is developing in much the same way that the computer business did 30 years ago.» (Pero lo que yo tengo en mente es algo mucho más actual: la emergente industria robótica, que se está desarrollando de un modo similar a lo sucedido con el negocio de la informática hace 30 años). Compara la robótica actual (manipuladores industriales) con los grandes computadores de antaño (mainframes) que dieron paso el PC. Afirma, en dicho artículo, que los nichos de la nueva robótica serán los robots cirujanos, de vigilancia y desactivación de explosivos, domésticos y de entretenimiento.

En ese mismo sentido discurre el Libro Blanco de la Robótica, que a través de sus páginas, ha intentado presentar un estudio serio y riguroso de las actuales líneas de investigación en el campo de la robótica. Con el importante esfuerzo de la comunidad investigadora se ha podido crear una imagen realista del estado de la técnica, así como responder a las preguntas básicas que se debe plantear cualquier sociedad que quiera avanzar: ¿quiénes somos?, ¿cuáles son nuestras fortalezas y

debilidades?, ¿hacia dónde vamos? y ¿por qué tenemos que avanzar en esa dirección? ¿Cómo será la nueva robótica del siglo XXI?

El éxito de un salto tecnológico orientado al mercado depende de la comunidad robótica española. Es una comunidad relativamente pequeña comparada con otras áreas de conocimiento en España. Sin embargo, está bien organizada, muy activa y bien situada, tanto a nivel nacional e internacional, y con numerosos contactos empresariales. Es una comunidad que mantiene un equilibrio entre la investigación básica, que se traduce en un alto nivel de publicaciones internacionales y patentes, y una investigación aplicada que genera numerosos proyectos nacionales e internacionales, y un alto nivel potencial de transferencia de tecnología al mundo empresarial. El lanzamiento de un «sub-Programa Nacional de Robótica» permitiría, sin duda, obtener unos retornos socio-económicos importantes para nuestro país y situarlo en la vanguardia tecnológica.

Los autores creen que este esfuerzo no será en balde, y permitirá a los organismos y personas responsables de la investigación pública y privada entender el por qué de ésta revolución hacia la nueva sociedad robótica y comprender la importancia de ésta para nuestra sociedad y economía. Sin embargo, hay que crear y adaptar los mecanismos necesarios de potenciación de la robótica nacional, no solamente aumentando el presupuesto, sino también focalizando y racionalizando la inversión a largo plazo, creando mecanismos eficaces de retorno y nuevas estructuras organizativas. Esperamos que esta vez «¡sí podamos coger el tren a tiempo!».