Automatización Integral de la Empresa Industrial

Estudio de Prospectiva

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO

Fundación OPTI
Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial

Automatización Integral de la Empresa Industrial

Estudio de Prospectiva

Fundación OPTI
Juan Bravo, 10 - 4ª Pl.
28006 Madrid
Tel.: 91 781 00 76
Fax: 91 575 18 96
http://www.opti.org

El presente informe de Prospectiva Tecnológica ha sido realizado por la Fundación OPTI y con la participación de la Fundación ASCAMM.

Documento elaborado por:
- Cristina Arilla Javierre, Fundación ASCAMM
- Jordi Romero Mora, Fundación ASCAMM
- Myriam García-Berro Montilla, Fundación ASCAMM

La Fundación OPTI y la Fundación ASCAMM agradecen sinceramente la colaboración ofrecida por la comunidad científica y empresarial para la realización de este informe, y en especial al Panel de Expertos que se detalla en el Anexo I.

© Fundación OPTI y Fundación ICT.
Coordinación e Impresión: Servifull, S.L.
Fecha: Diciembre 2007
Depósito Legal: M-52.843-2007

Índice

Introducción 6

Objetivos 7

Metodología del estudio 8

El sector 10

Los temas del cuestionario 12

Variables de cuestionario 20

Resultados generales 22

- Distribución de la participación 23
- Nivel de conocimiento de los encuestados 25
- Grado de importancia 28
- Fecha de materialización 29
- Grado de aplicación industrial 30
- Posición de España 31
- Principales barreras 32

Selección de las tendencias más importantes 33

Descripción de las tendencias más importantes 45

Conclusiones 66

Anexos

Anexo I. - Listado de miembros del Panel de Expertos 68

Anexo II. - Cuestionario 70

Anexo III. - Referencias 81

Introducción

El estudio de Prospectiva tecnológica sobre "Automatización Integral de la Empresa Industrial" 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 de la Fundación ASCAMM que ha sido la responsable de dirigir y ejecutar este estudio.

La automatización industrial se ha convertido en un área en pleno desarrollo y de gran importancia para todos los sectores industriales, ya que permite mejorar la productividad de las empresas, la calidad de sus productos, la flexibilidad y la seguridad laboral.

Es precisamente por la importancia que para la industria española tiene el tema tratado, por lo que se ha decidido realizar el presente estudio de prospectiva, el cual identifica las tendencias emergentes que probablemente serán de mayor relevancia en el campo de la Automatización Industrial en los próximos años.

El estudio pretende servir de material de reflexión para todos aquellos que desde diversos ámbitos trabajan en el campo objeto del trabajo.

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

Objetivos

El objetivo principal del estudio ha sido el desarrollar una visión de futuro e identificar las grandes tendencias que sirvan para la toma de decisiones de carácter estratégico, tanto a las Administraciones como a la propia industria, tanto a nivel de usuario como de los desarrolladores de la tecnología, con el fin de garantizar el pleno desarrollo de la automatización industrial en España.

Para la consecución de este objetivo, se ha creado una visión del entorno competitivo en automatización industrial, determinando las principales tendencias en este ámbito a corto, medio y largo plazo, recomendando estrategias y estableciendo indicadores que permitan medir su progreso.

Metodología del estudio

Para la realización de este estudio se ha seguido la siguiente metodología de trabajo:

- **Síntesis documental.** Como información de partida para la preparación del ámbito del estudio, se analizaron las más recientes tendencias y estudios, identificando las principales características del sector, las tecnologías actuales en uso, así como las áreas científico-tecnológicas consideradas clave para su futuro desarrollo.

- **Panel de expertos.** Paralelamente al análisis documental inicial, se seleccionó y convocó un Panel de Expertos *(Ver Anexo I)*, con la colaboración del cual se confeccionó un primer borrador del cuestionario. Para ello, cada uno de los expertos miembros del panel planteó una serie de temas referentes a su área de conocimiento formulándolos en términos de afirmaciones de futuro. Además de la selección de tendencias, dicho panel también tuvo como objetivos la validación del análisis estadístico y la elaboración de conclusiones y recomendaciones.

- **Encuesta.** Se trata de valorar mediante cuestionario el grado de importancia de las tendencias seleccionadas como críticas, así como estimar su fecha de materialización, su esperado grado de aplicación industrial, la posición competitiva de España respecto a otros países y las principales barreras para su materialización. Un total de 51 temas quedaron recogidos en el cuestionario *(ver Anexo II)*. Por último, cada experto pro-

puso personas que podrían responder el cuestionario, las respuestas de las cuales permitirían contrastar sus opiniones. El objetivo consistía en seleccionar una población lo más heterogénea posible en cuanto a procedencia profesional y distribución geográfica y de diferente perfil, es decir fabricantes y usuarios. De este modo los resultados obtenidos tienen una mayor validez a escala territorial y recogen las opiniones de diferentes ámbitos de la sociedad, muchas veces poco conectados entre sí (industrial, Administración, académico, etc.).

- **Análisis estadístico de la encuesta.** Síntesis de resultados y análisis estadístico, junto con la explicación de desviaciones y extracción de conclusiones sobre los 118 cuestionarios recibidos.

- **Conclusiones y redacción del informe final.** En una segunda convocatoria del Panel de Expertos se validaron los resultados estadísticos y se elaboraron las conclusiones y recomendaciones que se recogen en este documento. Atendiendo a la síntesis documental y la opinión de los expertos se redactó un informe final.

El sector

Se entiende por automatización industrial un conjunto de técnicas que involucran la aplicación e integración de diferentes sistemas para operar y controlar procesos productivos de forma autónoma.

El ámbito de la automatización está formado por empresas productoras de sistemas, equipos, hardware y software y también por empresas diseñadoras e integradoras de sistemas para soluciones "llave en mano".

Uno de los aspectos diferenciadores de este campo respecto a otros sectores es el elevado grado de personalización de los sistemas a las necesidades de las empresas clientes, que en muchos casos son dinámicas y reconfigurables. La actualización, la diversificación y la continua relación con el usuario son otras de las características importantes del sector.

Todo esto convierte el ámbito de la automatización en un campo muy dinámico, que cuenta con un corto período de tiempo para la incorporación de las nuevas tecnologías en el mercado, que debe adaptarse a procesos productivos cada vez más complejos y que por tanto necesita invertir gran parte de sus beneficios en I+D, para poder así satisfacer las necesidades del entorno industrial.

Desde el punto de vista de las empresas usuarias, vemos que la automatización se ha convertido en un área en pleno desarrollo y de gran importancia para todos los sectores industriales, ya que permite mejorar la productividad de las

empresas, la calidad de sus productos, la flexibilidad y la seguridad laboral, realizando operaciones de forma rápida y precisa, simplificando el mantenimiento de la instalación y controlando los procesos en tiempo real.

En los últimos años, diversos estudios llevados a cabo en España y en el extranjero han puesto de manifiesto la importancia de la automatización y de su impacto sobre la productividad, el empleo, así como de la percepción social de la misma. Estos estudios, sin embargo, no abarcan todas las áreas tecnológicas relativas a la automatización industrial, y tienden a focalizarse en el análisis, casi exclusivo, de un campo tan concreto como es el de la robótica.

Ante la falta de datos relativos a la evolución de otras áreas tecnológicas (comunicaciones y sistemas de información, arquitecturas de control, sensores y actuadores, identificación y trazabilidad, interacción humano-máquina) y otras áreas más transversales como la formación, el empleo o el medio-ambiente, todas ellas relacionadas con la automatización, se espera que la realización de este estudio sea un primer paso para el análisis de un concepto más global de esta materia y que sirva de reflexión para promover y mejorar la automatización en las empresas de nuestro país.

Los temas del cuestionario

Los temas tratados en el cuestionario han sido propuestos y consensuados por el panel de expertos, el cual ha intentado recoger las tendencias más importantes que acontecerán en el ámbito de la automatización industrial en los próximos años. Las tendencias, que han abarcado todos los ámbitos de la automatización industrial, se han estructurado en 8 grandes bloques temáticos que han permitido dotar al cuestionario de cierto orden lógico facilitando así la respuesta a las personas encuestadas.

A continuación se define cada uno de estos bloques temáticos y se listan las tendencias tratadas para cada uno de ellos.

BLOQUE 1: Comunicación

La comunicación industrial, necesaria en todos los ámbitos de la empresa, es uno de los campos de desarrollo más activos de la automatización.

Las tendencias actuales más importantes en comunicaciones están básicamente focalizadas en aspectos como la estandarización de los protocolos de comunicación, el uso de redes inalámbricas o el uso de buses de campo en todo tipo de industrias.

Las tendencias identificadas son las siguientes:

CUADRO BLOQUE I

T1: La interconexión de equipos para control de procesos a nivel de planta mediante buses de campo será una realidad para los procesos continuos, produciéndose la completa migración desde el bucle analógico de 4-20mA.

T2: Estandarización de la comunicación. La diversidad de protocolos de comunicación para las redes tradicionales tenderá a desaparecer. Todos los dispositivos de la red industrial, desde la máquina al sistema de gestión, tenderán a utilizar unos pocos estándares de comunicación (p.ej. Ethernet u otro estándar).

T3: Uso extensivo de las redes industriales inalámbricas para la instrumentación en planta, llegando incluso a desarrollarse soluciones para comunicar, de forma individual, dispositivos sensores y actuadores con el sistema de control.

T4: Se generalizará el uso de componentes inteligentes proactivos capaces de comunicarse con su entorno mediante sistemas de comunicación transparentes tendentes al concepto "plug, discover & play" (buscarán otros componentes, se presentarán, e interactuarán con ellos).

T5: El software flexibilizará al hardware en las comunicaciones. Cualquier protocolo de comunicación podrá ser usado y se ejecutará en hardware de uso general personalizado por cada usuario gracias al software.

BLOQUE 2: Sistemas de información integrados

Los sistemas de información en la industria abarcan todos los niveles de la jerarquía CIM:

Nivel 0. En este nivel de la jerarquía CIM se encuentran los accionadores de las máquinas (motores, cilindros, etcétera), así como los sistemas sensoriales (temperatura, cámaras, etc.).

Nivel 1. Comprende los elementos de control de las máquinas, tales como controles numéricos, PLC, PC, etc. En este nivel las comunicaciones industriales están dominadas por los buses de campo.

Nivel 2. Es un nivel de supervisión y control de área y de las células. Las células de fabricación flexible, encargadas de la fabricación en sí, constituyen un conjunto denominado área, que en las grandes empresas abarca una nave específica.

Nivel 3. Este nivel está dedicado a la planificación y programación de la producción con tareas básicas de gestión de los recursos de fabricación, la calidad, los materiales, el mantenimiento y las compras.

Nivel 4. El nivel superior de la pirámide de comunicaciones del modelo CIM lo constituye el nivel corporativo. En este nivel se realiza la gestión económica y de marketing, la planificación estratégica, financiación, ingeniería de producto, etc.

Actualmente, la interconexión efectiva entre todos los niveles de la jerarquía, e incluso entre todos los agentes que intervienen en la cadena de valor, es uno de los retos a los que se enfrenta el campo de la automatización industrial.

En este sentido, las tendencias son las siguientes:

CUADRO BLOQUE 2

T6: El software SCADA tradicional, limitado a supervisión de procesos, desaparecerá, siendo substituido por conjuntos de aplicaciones interconectadas de inteligencia distribuida proporcionando un abanico más amplio de funciones (SCADA+ERP, MES, componentes, ...)

T7: Sistemas de supervisión y control con capacidad de identificación y previsión de situaciones de fallo complejas, de diagnóstico, de planificación y actuación. Los sistemas serán capaces de planificar, determinar acciones concretas a realizar, ejecutarlas y monitorizar los resultados. Además, serán capaces de trabajar con información incompleta, imprecisa y variante.

T8: La estandarización de los sistemas de producción, conocidos como MES, como puente entre los sistemas de control de proceso y los sistemas de gestión de la producción, así como la consecuente reducción de sus costes de implantación, permitirá la interconexión efectiva y en tiempo real del mundo de la planta con el de oficina y el intercambio de datos eficaz y eficiente de forma automatizada.

T9: En las empresas existirá una estructura que permitirá la adquisición automática, la integración, filtrado y procesamiento de toda la información disponible, no sólo a nivel interno sino también entre todos los agentes que intervienen en la cadena de valor.

T10: Las herramientas software de los fabricantes de sistemas de automatización incorporarán tecnologías de información que faciliten el diseño e interoperabilidad de los sistemas de control basados en componentes software intercomunicables, surgiendo de esta manera el concepto de "Inteligencia distribuida" para el control de sistemas.

T11: Implantación de sistemas inteligentes híbridos en el control de procesos y sistemas de automatización.

T12: Para solucionar el Problema de los Datos –múltiples fuentes de generación de datos y múltiples usuarios con necesidades diferentes de tratamiento de los datos- habrá motores de búsqueda avanzados y minería de datos (por ej. Google mejorado y ampliado) para ayudar a obtener la información útil contenida en los datos técnicos y productivos.

BLOQUE 3: Arquitecturas de control. Control y seguridad

El concepto de sistema de control tradicional está cambiando gradualmente, y cada vez están implementando más funcionalidades para poder participar en muy diversas tareas de automatización. Ante este panorama, los controles han de ser cada vez más flexibles y adaptables a configuraciones de fabricación distintas, y para ello se hace imprescindible un avance radical en cuanto a arquitecturas de control abiertas, basadas en estándares.

Las tendencias identificadas son:

CUADRO BLOQUE 3

T13: Diagnósticos y Sistemas tolerantes a fallos. Los sistemas de control incorporarán la funcionalidad de control de seguridad junto con la de control de proceso, integrando además sistemas de supervisión y diagnósticos de fallo a distintos niveles, que permitan identificar con antelación eventuales averías.

T14: Desaparición del concepto PLC actual, evolucionando hacia controladores de automatización programables (PAC), capaces de ejecutar distintas disciplinas de control (control de movimiento, de proceso, de lotes, de variadores de velocidad, control discreto, seguridad, matemática avanzada, visión artificial, etc.). Los PAC integrarán conceptos de PLC, PC y electrónica, reduciendo costes y espacio.

T15: Se impondrán las arquitecturas de control abierto, armonizando las tecnologías existentes gracias a nuevos desarrollos e implementación de sistemas de fabricación modulares y reconfigurables, apoyándose en estándares de mercado.

T16: Todos los elementos tendrán su propio sistema de control integrado (inteligencia distribuida), que les permitirá aprender de su propia experiencia y adaptarse a cada situación.

T17: El nivel de seguridad "security" en las plantas aumentará gracias a la integración de la información generada por la unificación de los controles de acceso a todos los sistemas de control.

BLOQUE 4:
Sensores y actuadores inteligentes

La evolución de los sensores y actuadores está muy ligada a la mejora de la adquisición de datos a tiempo real, como método para mejorar el control de los procesos.

Los sensores y actuadores ganarán en prestaciones e incluso en inteligencia, para poder así adaptarse a las necesidades de los sistemas de automatización.

A continuación se detallan las principales tendencias en este campo:

CUADRO BLOQUE 4

T18: La visión artificial se integrará en los procesos de fabricación, llegando su uso a equipararse al que se hace actualmente de los sistemas de control de calidad o de trazabilidad.

T19: Los sistemas de análisis 3D tendrán una gran presencia y aplicación en numerosas actividades productivas.

T20: Aparecerán y se aplicarán nuevos sistemas sensoriales y actuadores basados en tecnologías punteras, nuevos conceptos físicos, nuevos materiales, etc., que aportarán datos altamente sofisticados a tiempo real y un mejor control de los procesos: ultrasónicos, olfativos, multiespectrales, táctiles, de visión, etc.

T21: Aplicación extendida a toda la industria de la analítica de gases, tanto en emisión (medición de contaminación) como en el propio proceso productivo (optimización de combustión, reacciones químicas, etc.).

T22: Se generalizará la utilización de dispositivos multisensoriales, combinando las capacidades de diversos sensores en uno solo.

T23: Los sensores y actuadores serán inteligentes y especializados o genéricos –personalizándolos vía software-, realizando por sí solos gran parte del procesamiento de la señal, gracias entre otras cosas al gran desarrollo de los microsistemas.

T24: Sensorización ubicua inalámbrica. Los sistemas de sensorización estarán distribuidos/embebidos en el sistema que se quiere monitorizar, comunicándose entre ellos y con la estación central a través de comunicaciones inalámbricas ya desarrolladas o por desarrollar.

T25: Gran difusión de los sensores de seguridad, por ejemplo incorporados a la vestimenta laboral, que hará desaparecer la necesidad de barreras físicas, al comunicarse con el resto de la planta y detener la actividad de los equipos en situaciones de riesgo para el operario.

T26: Algunos sistemas de visión se integrarán en cámaras inteligentes de muy reducidas dimensiones capaces de realizar los procesos, medidas y decisiones que actualmente realizan sistemas de grandes dimensiones.

T27: Los sistemas multicámaras estarán basados en tecnología GigaEthernet de forma que la visualización, control y comunicación se podrá realizar desde cualquier punto de la factoría o incluso desde lugares remotos.

T28: El uso de técnicas multiespectrales (Ultravioleta, Infrarrojo, RX,…) permitirá realizar en línea el control de calidad y de procesos en ciertas aplicaciones (Media de Temperatura, composición de los materiales, inclusiones,…) que actualmente se deben hacer en el laboratorio.

T29: Los sistemas de control basados en visión después de realizar las medidas serán capaces de interactuar en el proceso productivo para variar las condiciones para que la fabricación sea correcta.

BLOQUE 5: Identificación y trazabilidad

Cada vez serán más las empresas que establecerán protocolos internos de trazabilidad de sus productos, así como nuevos y rigurosos estándares de identificación de producto a sus proveedores, para de esta manera garantizar la calidad y seguridad de sus productos.

Las principales tendencias en este ámbito son:

CUADRO BLOQUE 5

T30: Aparecerán nuevos sistemas de identificación por marcaje, verificación y/o visión artificial de menor coste y mayor efectividad, lo que hará que su uso se generalice en aplicaciones de control de calidad, trazabilidad, etc.

T31: Se extenderá la aplicación de los sistemas de identificación por radiofrecuencia (RFID) en prácticamente todos los entornos industriales, gracias a la progresiva disminución de su coste.

T32: Se conseguirá la trazabilidad total del producto a lo largo de su fabricación, así como el control total de la variabilidad del proceso, incluso de las acciones realizadas manualmente por los operarios.

T33: Las máquinas y líneas automáticas añadirán información sobre condiciones de proceso y trazabilidad producto-proceso a TAGs RFID o sistemas equivalentes, facilitando el seguimiento completo del rastro a lo largo de toda la cadena de valor.

BLOQUE 6: Visualización/Interacción Humano-Máquina

Las tendencias en tecnologías de interacción entre los operarios y las máquinas tienden hacia la usabilidad, es decir hacia una mejor interacción y una simplificación de las tareas. Para conseguirlo, estos sistemas ganarán en portabilidad, dispondrán de sistemas de visualización basados en realidad aumentada, así como, y quizás lo más importante, contarán con estándares que regularan la forma de interactuar.

En este sentido, las tendencias identificadas son las siguientes:

CUADRO BLOQUE 6

T34: Se extenderán los sistemas de identificación desplazables/portátiles que podrán llevar los operarios en planta o almacén y pondrán a su disposición toda la información referente al producto o máquina in-situ.

T35: Los sistemas de visualización no serán los clásicos basados en panel o pantalla, sino que estarán basados en realidad aumentada, integrándose con sistemas de captación de imágenes con generación/combinación de datos sintéticos para presentar la información (p.ej. a través de gafas que según el objeto o elemento al que enfoquen, se presentará al operario información sobre dicho elemento).

T36: El desarrollo de componentes software para la interface humano-máquina (HMI-Human Machine Interface) ganará importancia, estandarizándose la forma de interactuar con las máquinas, líneas y áreas, a nivel de una o todas las plantas de una misma empresa.

BLOQUE 7: Robots y sistemas robotizados

La robótica es una parte importante dentro del campo de la automatización que progresivamente irá abarcando mayor cuota de diversidad de sectores y de tamaño de empresas. Los robots ganarán en prestaciones, ligadas a la evolución de otras tecnologías como la sensórica, la visión artificial o las comunicaciones.

Las tendencias consideradas son las siguientes:

CUADRO BLOQUE 7

T37: Se generalizará el uso de robots sencillos y de bajo coste en las PYMES manufactureras para resolver buena parte de sus actividades productivas.

T38: Se extenderá el uso de robots manipuladores en las PYMES, que asistirán a los operarios de manera inteligente y segura, de modo que se permita la colaboración entre ambos (humano y robot) compartiendo el espacio de trabajo, incluso con contacto entre ambos.

T39: En sectores no manufactureros como la construcción y la agricultura se desarrollarán e implantarán ampliamente robots específicos a sus tareas.

T40: Se hará un uso generalizado de robots móviles autónomos en las industrias de manufactura y en los almacenes automatizados, gracias a la evolución de las técnicas de localización y navegación autónoma.

T41: La evolución tecnológica de la robótica irá en paralelo a la evolución de la sensórica, ya que los robots integrarán las últimas tendencias en sensores, dotándolos de más inteligencia y fiabilidad.

T42: Se generalizará el desarrollo y uso de micro-robots para actividades productivas.

T43: Los integradores y empresas automatizadoras se acercarán a la robótica de tal forma que trabajar con un robot será como hacerlo con un PLC, todas las ingenierías tendrán personal cualificado y capacidad, y la robótica no será un terreno cerrado a determinados especialistas.

T44: Los robots presentarán una total integración con su entorno gracias, entre otros, a los avances en tecnologías como la visión artificial y las comunicaciones.

BLOQUE 8: Tendencias transversales

Existen otras tendencias o ámbitos genéricos que de alguna manera también influirán en el desarrollo de la automatización en nuestro país. Aspectos como la tendencia a la miniaturización o la simulación en todos los ámbitos industriales, así como temas socialmente tan importantes como el medioambiente, la formación y el ámbito laboral, suponen grandes influencias también en el ámbito de la automatización.

A continuación se detallan las tendencias transversales recogidas en el estudio:

CUADRO BLOQUE 8

MINIATURIZACIÓN

T45: Se generalizará la aplicación de las nano y micro tecnologías en la producción de bienes intermedios, lo que requerirá del diseño de nuevos procesos de fabricación y manipulación flexible y nuevos métodos de ensamblado y control de calidad para las empresas manufactureras especializadas.

T46: Amplio uso de micro y nano componentes integrados en los sistemas de automatización.

FORMACIÓN / ÁMBITO LABORAL

T47: El perfil de un profesional multidisciplinar, con disponibilidad a la movilidad, y con conocimientos básicos de mecánica, electricidad, automática, control de procesos, electrónica, comunicaciones e ingeniería de software, entre otras disciplinas, se implantará ampliamente en las empresas industriales.

T48: El perfil de profesionales altamente especializados, que puedan integrarse y comunicarse en un equipo de trabajo multidisciplinar, será necesario, aunque sus servicios deberán aplicarse a diferentes empresas industriales para conseguir su rentabilidad.

T49: Los departamentos de informática y de automatización de la empresa interactuarán para poder cubrir las necesidades relacionadas con la implantación de las distintas disciplinas de producción (tipo MES), implantando de forma efectiva el intercambio de información entre proceso y gestión.

MEDIOAMBIENTE

T50: Se llevará a cabo la automatización de procesos flexibles de "desfabricación" gracias a la integración multisensorial, actuadores multifunción y sistemas robotizados inteligentes y cooperativos, para poder así reutilizar y reciclar los componentes de los bienes duraderos de consumo al final de su vida útil.

SIMULACIÓN

T51: Se implantarán nuevas tecnologías y herramientas que combinarán el modelado y simulación de la planta, diseño, implantación y operación de sistemas de hardware/software incorporados en dispositivos inteligentes.

Variables del cuestionario

El cuestionario recoge 51 temas de futuro, es decir, una serie de hipótesis relacionadas con el futuro de la automatización industrial, sobre los que se invita a reflexionar a la población consultada. Sobre cada uno de estos temas o tendencias se han planteado una serie de **variables**:

Nivel de Conocimiento

Valoración individual que cada encuestado realiza sobre su nivel de conocimiento en el tema tratado.

(Experto / Alto / Básico / Bajo).

Grado de Importancia

Nivel de importancia de la tendencia para la industria española en general.

(Alto / Medio / Bajo / Irrelevante).

Fecha de materialización

Se refiere al momento en que el tema propuesto se va a implantar o llevar a cabo de manera bastante generalizada en la industria española. El horizonte temporal abarca hasta más allá del año 2020 y ha sido dividido en tramos de cinco años. También se ha incluido la opción de "Nunca" para el caso en que se opine que no llegará a implantarse.

(Hasta el 2010 / Del 2011 al 2015 / del 2016 al 2020 / Más allá del 2020 / Nunca)

Grado de Aplicación Industrial

Indica a qué nivel será implantada esta tendencia en la industria española.

(No se aplicará / Testimonial / Media / Gran Escala)

Posición de España

Posición de España respecto al país/países líderes en esta tendencia.

(Líder / Avanzada / Media / Atrasada)

Principales Barreras

En este punto se solicitaba a los encuestados que escogieran hasta tres de las posibles barreras que dificultarán la materialización de cada una de las tendencias.

(Técnicas para el desarrollo / Técnicas para la implantación / Económicas para el desarrollo / Económicas para la implantación / Legislativas)

Resultados generales

A partir de los temas que el panel de expertos consideró como más relevantes, se realizó un cuestionario que fue enviado a un total de 322 expertos en automatización industrial de diferentes ámbitos. La procedencia profesional de los encuestados fue diversa e incluyó (Industria, Universidad, Centros Tecnológicos y Administración). Así mismo, también fue diversa la procedencia geográfica de los mismos, estando representadas prácticamente todas las Comunidades Autónomas, e incluso otros países.

A continuación se recogen los principales resultados del análisis estadístico general.

- Número de cuestionarios enviados: 322
- Número de cuestionarios respondidos: 118
- Tasa de respuesta del cuestionario: 36,6%

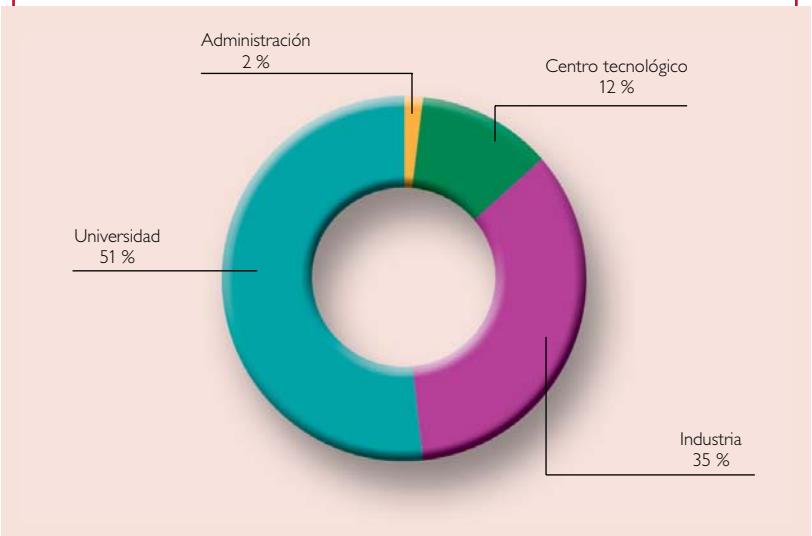
Distribución de la participación

La **procedencia profesional** de los encuestados y sus índices de respuesta quedan recogidos a continuación:

La distribución de la participación según la procedencia profesional está muy polarizada, ya que la mitad de las respuestas corresponden al ámbito universitario, mientras que la otra mitad está repartida entre la industria, y los centros tecnológicos y administraciones públicas en menor porcentaje. Es importante destacar el hecho que todos los ámbitos profesionales estén representados en mayor o menor medida, así como el elevado porcentaje de respuesta procedente de la industria, hecho poco habitual en este tipo de estudios.

Procedencia	Enviados	Respuestas	Índice respuesta	Índice respuesta sobre el total
Administración	5	2	40,0%	2%
Centro Tecnológico	19	14	73,7%	12%
Industria	180	41	22,7%	35%
Universidad	118	61	51,7%	51%

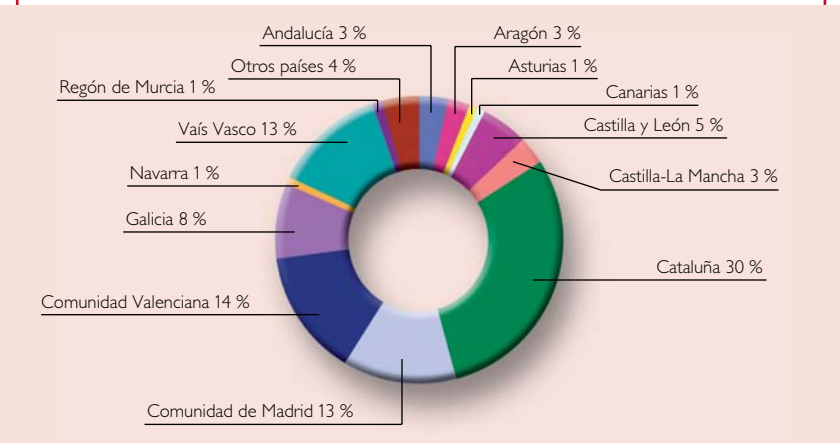
% DE RESPUESTA SEGÚN PROCEDENCIA PROFESIONAL DE LOS ENCUESTADOS



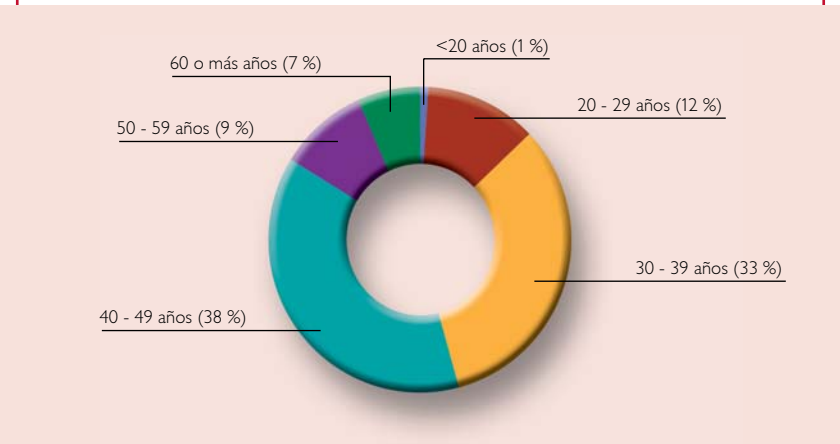
La **procedencia geográfica** de los expertos que respondieron al cuestionario fue, como ya se ha comentado, muy diversa, estando representadas casi todas las Comunidades Autónomas. En el siguiente gráfico se pueden observar los porcentajes de participación en relación a la procedencia geográfica de los encuestados.

La **edad de la población** encuestada que respondió al cuestionario se encuentra en un 71% comprendida entre la franja de edad de 30 a 50 años. En el gráfico siguiente se pueden observar los porcentajes de respuesta en función de la edad de los encuestados.

PROCEDENCIA GEOGRÁFICA



DISTRIBUCIÓN POR EDADES



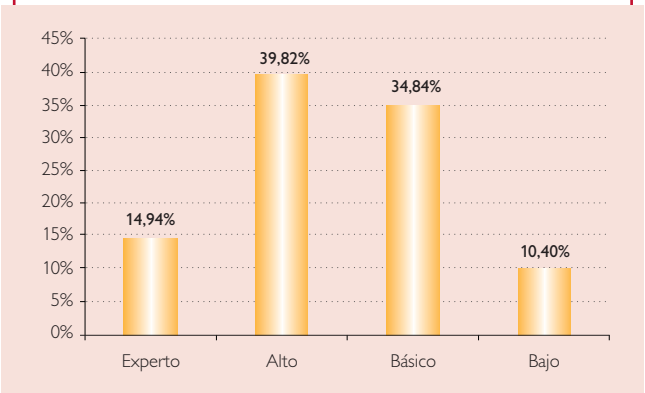
Nivel de conocimiento de los encuestados

Aparte de los datos generales solicitados a los expertos al inicio del cuestionario (procedencia profesional, geográfica y edad), para cada uno de los temas en estudio, se solicitaba al encuestado que valorara su **nivel de conocimiento** sobre el tema propuesto entre cuatro posibles variables (Experto – Alto – Básico – Bajo).

Aproximadamente el 55% de los encuestados declaró tener un conocimiento experto-alto de los temas propuestos, el 35% un conocimiento básico y sólo un 10% un conocimiento bajo. El alto índice de conocimiento sobre los temas propuestos a estudio, demuestra la elevada aptitud de los expertos seleccionados.

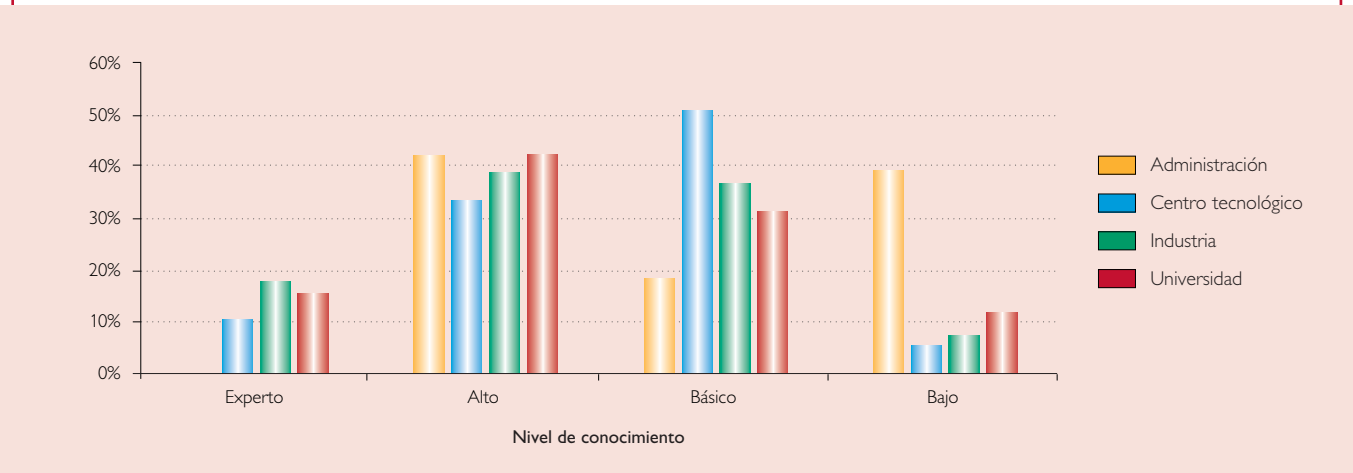
En el siguiente gráfico se detallan los niveles de conocimiento de los expertos dependiendo de su procedencia profesional:

AUTOEVALUACIÓN:
NIVEL DE CONOCIMIENTO SOBRE LOS TEMAS PROPUESTOS



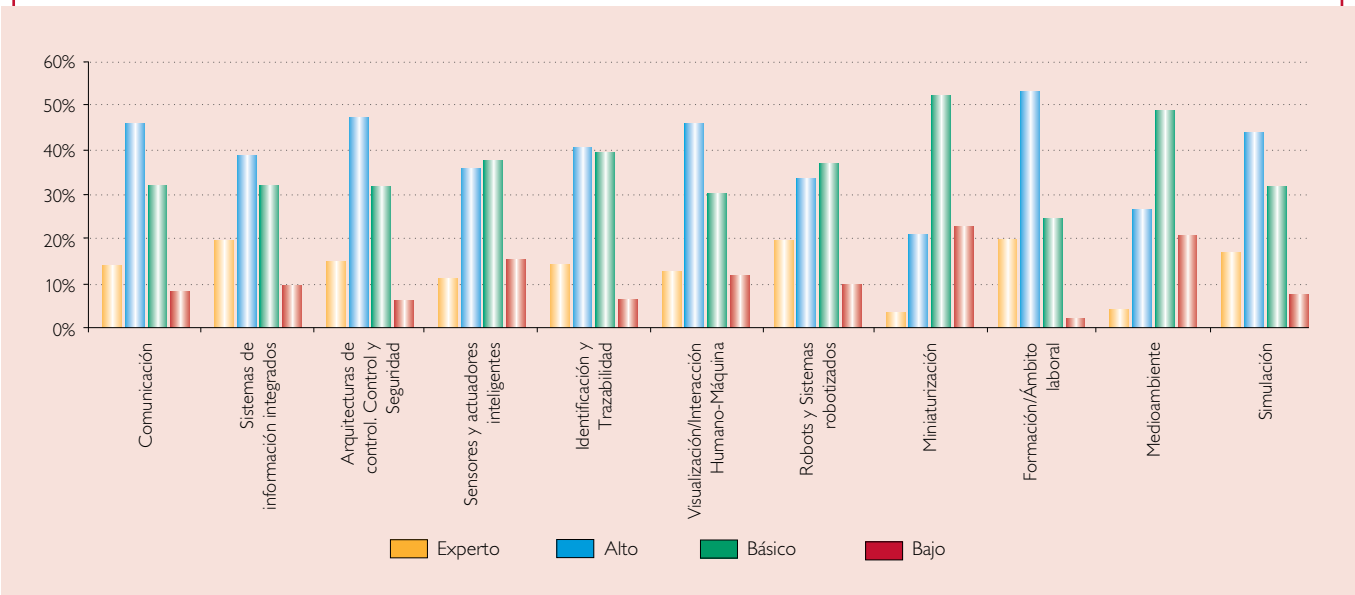
Como se puede observar los valores de conocimiento varían, en algunos casos sustancialmente, dependiendo del tipo de colectivo.

NIVEL DE CONOCIMIENTO DE LOS TEMAS POR PROCEDENCIA PROFESIONAL



En el siguiente gráfico se detallan los niveles de conocimiento de los expertos por áreas temáticas:

NIVEL DE CONOCIMIENTO POR ÁREAS TEMÁTICAS



Como se puede observar, el nivel de conocimiento sobre las áreas temáticas planteadas pone de nuevo de manifiesto el elevado grado de conocimiento de los encuestados, a excepción del bloque temático miniaturización, donde la mayoría de expertos declararon poseer un nivel de conocimiento básico. El área con un grado de conocimiento mayor es la dedicada al tema de formación y ámbito laboral.

A continuación se listan los temas con mayor nivel de conocimiento declarado por los encuestados:

T47: El perfil de un profesional multidisciplinar, con disponibilidad a la movilidad, y con conocimientos básicos de mecánica, electricidad, automática, control de procesos, electrónica, comunicaciones e ingeniería de software, entre otras disciplinas, se implantará ampliamente en las empresas industriales.

T36: El desarrollo de componentes software para la interface humano-máquina (HMI-Human Machine Interface) ganará importancia, estandarizándose la forma de interactuar con las máquinas, líneas y áreas, a nivel de una o todas las plantas de una misma empresa.

T15: Se impondrán las arquitecturas de control abierto, armonizando las tecnologías existentes gracias a nuevos desarrollos e implementación de sistemas de fabricación modulares y reconfigurables, apoyándose en estándares de mercado.

T43: Los integradores y empresas automatizadoras se acercarán a la robótica de tal forma que trabajar con un robot será como hacerlo con un PLC, todas las ingenierías tendrán personal cualificado y capacidad, y la robótica no será un terreno cerrado a determinados especialistas.

T8: La estandarización de los sistemas de producción, conocidos como MES, como puente entre los sistemas de control de proceso y los sistemas de gestión de la producción, así como la consecuente reducción de sus costes de implantación, permitirá la interconexión efectiva y en tiempo real del mundo de la planta con el de oficina y el intercambio de datos eficaz y eficiente de forma automatizada.

T18: La visión artificial se integrará en los procesos de fabricación, llegando su uso a equipararse al que se hace actualmente de los sistemas de control de calidad o de trazabilidad.

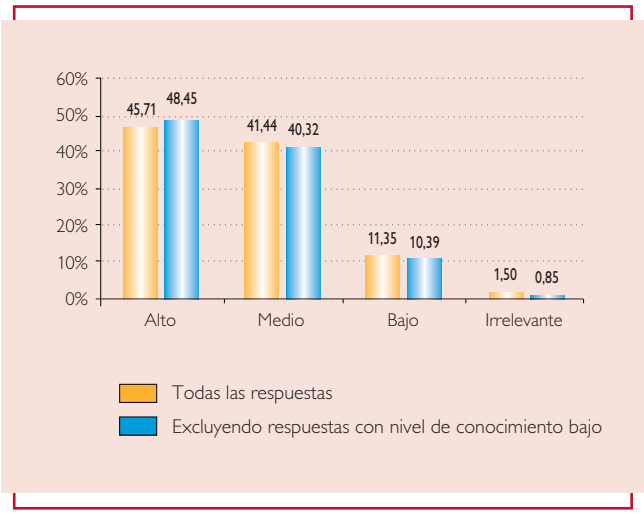
Grado de importancia

Para cada uno de los temas planteados, y posteriormente a la autoevaluación del encuestado, la siguiente pregunta del cuestionario hizo referencia al grado de importancia del tema para la industria española.

Las variables eran las siguientes: Grado de importancia (Alto – Medio – Bajo – Irrelevante)

Los resultados generales para todos los temas planteados son los que se representan en el gráfico adjunto.

Con los datos obtenidos se pone de manifiesto el elevado grado de importancia otorgado a los temas tratados en este estudio, ya que aproximadamente el 90% de las respuestas inciden en la trascendencia (importancia alta y media) de los 51 temas planteados.



A continuación se detallan los seis temas considerados como más importantes por parte de los encuestados:

T8: La estandarización de los sistemas de producción, conocidos como MES, como puente entre los sistemas de control de proceso y los sistemas de gestión de la producción, así como la consecuente reducción de sus costes de implantación, permitirá la interconexión efectiva y en tiempo real del mundo de la planta con el de oficina y el intercambio de datos eficaz y eficiente de forma automatizada.

T47: El perfil de un profesional multidisciplinar, con disponibilidad a la movilidad, y con conocimientos básicos de mecánica, electricidad, automática, control de procesos, electrónica, comunicaciones e ingeniería de software, entre otras disciplinas, se implantará ampliamente en las empresas industriales.

T2: Estandarización de la comunicación. La diversidad de protocolos de comunicación para las redes tradicionales tenderá a desaparecer. Todos los dispositivos de la red industrial, desde la máquina al sistema de gestión, tenderán a utilizar unos pocos estándares de comunicación (p.ej. Ethernet u otro estándar).

T32: Se conseguirá la trazabilidad total del producto a lo largo de su fabricación, así como el control total de la variabilidad del proceso, incluso de las acciones realizadas manualmente por los operarios.

T9: En las empresas existirá una estructura que permitirá la adquisición automática, la integración, filtrado y procesamiento de toda la información disponible, no sólo a nivel interno sino también entre todos los agentes que intervienen en la cadena de valor.

T13: Diagnósticos y Sistemas tolerantes a fallos. Los sistemas de control incorporarán la funcionalidad de control de seguridad junto con la de control de proceso, integrando además sistemas de supervisión y diagnósticos de fallo a distintos niveles, que permitan identificar con antelación eventuales averías.

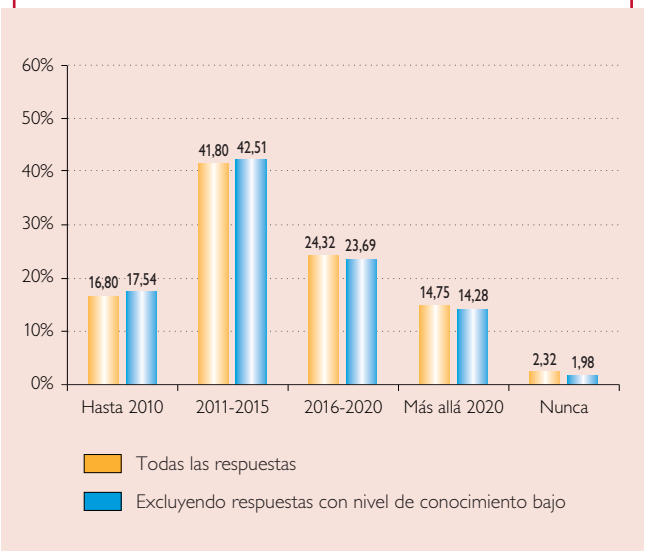
Fecha de materialización

La siguiente variable a valorar para cada uno de los temas fue la fecha de materialización, rango temporal en el que el encuestado cree que se realizará el tema en estudio.

Las cinco variables posibles a escoger eran las siguientes: Fecha de materialización (Hasta el 2010 – Del 2011 al 2015 – Del 2016 al 2020 – Más allá del 2020 – Nunca)

Como se puede comprobar, según los expertos consultados, la gran mayoría de los temas propuestos se materializarán a lo largo del segundo período de tiempo (2011-2015) y también entre el 2016-2020.

A continuación se listan los temas considerados como más próximos:



T1: La interconexión de equipos para control de procesos a nivel de planta mediante buses de campo será una realidad para los procesos continuos, produciéndose la completa migración desde el bucle analógico de 4-20mA.

T30: Aparecerán nuevos sistemas de identificación por marcaje, verificación y/o visión artificial de menor coste y mayor efectividad, lo que hará que su uso se generalice en aplicaciones de control de calidad, trazabilidad, etc.

T49: Los departamentos de informática y de automatización de la empresa interactuarán para poder cubrir las necesidades relacionadas con la implantación de las distintas disciplinas de producción (tipo MES), implantando de forma efectiva el intercambio de información entre proceso y gestión.

T27: Los sistemas multicámaras estarán basados en tecnología GigaEthernet de forma que la visualización, control y comunicación se podrá realizar desde cualquier punto de la factoría o incluso desde lugares remotos.

T31: Se extenderá la aplicación de los sistemas de identificación por radiofrecuencia (RFID) en prácticamente todos los entornos industriales, gracias a la progresiva disminución de su coste.

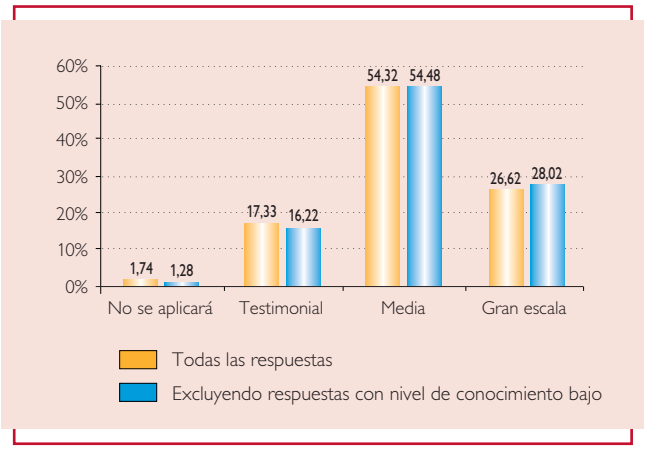
Grado de aplicación industrial

En este apartado del cuestionario se pretendía que los encuestados reflexionaran sobre el grado de implantación a nivel industrial de cada uno de los temas.

Las cuatro variables a escoger eran las siguientes: Grado de aplicación industrial (No se aplicará – Testimonial – Media – Gran escala).

Los resultados generales obtenidos son los que se representan en el gráfico adjunto.

Como se puede comprobar el grado de aplicación medio de los temas planteados está mayoritariamente comprendido entre los valores de aplicación media y a gran escala.



A continuación se listan las tendencias que se considera que tendrán un mayor grado de aplicación industrial:

T31: Se extenderá la aplicación de los sistemas de identificación por radiofrecuencia (RFID) en prácticamente todos los entornos industriales, gracias a la progresiva disminución de su coste.

T32: Se conseguirá la trazabilidad total del producto a lo largo de su fabricación, así como el control total de la variabilidad del proceso, incluso de las acciones realizadas manualmente por los operarios.

T49: Los departamentos de informática y de automatización de la empresa interactuarán para poder cubrir las necesidades relacionadas con la implantación de las distintas disciplinas de producción (tipo MES), implantando de forma efectiva el intercambio de información entre proceso y gestión.

T1: La interconexión de equipos para control de procesos a nivel de planta mediante buses de campo será una realidad para los procesos continuos, produciéndose la completa migración desde el bucle analógico de 4-20mA.

T30: Aparecerán nuevos sistemas de identificación por marcaje, verificación y/o visión artificial de menor coste y mayor efectividad, lo que hará que su uso se generalice en aplicaciones de control de calidad, trazabilidad, etc.

T8: La estandarización de los sistemas de producción, conocidos como MES, como puente entre los sistemas de control de proceso y los sistemas de gestión de la producción, así como la consecuente reducción de sus costes de implantación, permitirá la interconexión efectiva y en tiempo real del mundo de la planta con el de oficina y el intercambio de datos eficaz y eficiente de forma automatizada.

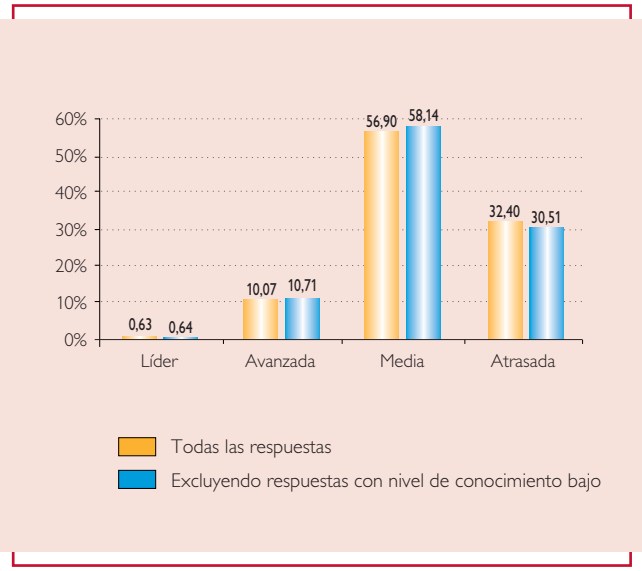
Posición de España

En este apartado se pretendía conocer la situación actual de España respecto a los países líderes para cada tema planteado.

Las variables posibles de elección fueron las siguientes: Posición de España (Líder – Avanzada – Media – Atrasada)

Como se puede observar en el gráfico adjunto, aproximadamente el 60% de los encuestados sitúan la posición competitiva de España, respecto a los temas planteados, en la media de otros países, y el 30% en una posición atrasada. Son minoría los que opinan que la situación de España es ventajosa.

A continuación se detallan los temas en que se ha considerado, por parte de los expertos, que España posee una mejor situación:



T47: El perfil de un profesional multidisciplinar, con disponibilidad a la movilidad, y con conocimientos básicos de mecánica, electricidad, automática, control de procesos, electrónica, comunicaciones e ingeniería de software, entre otras disciplinas, se implantará ampliamente en las empresas industriales.

T49: Los departamentos de informática y de automatización de la empresa interactuarán para poder cubrir las necesidades relacionadas con la implantación de las distintas disciplinas de producción (tipo MES), implantando de forma efectiva el intercambio de información entre proceso y gestión.

T18: La visión artificial se integrará en los procesos de fabricación, llegando su uso a equipararse al que se hace actualmente de los sistemas de control de calidad o de trazabilidad.

T44: Los robots presentarán una total integración con su entorno gracias, entre otros, a los avances en tecnologías como la visión artificial y las comunicaciones.

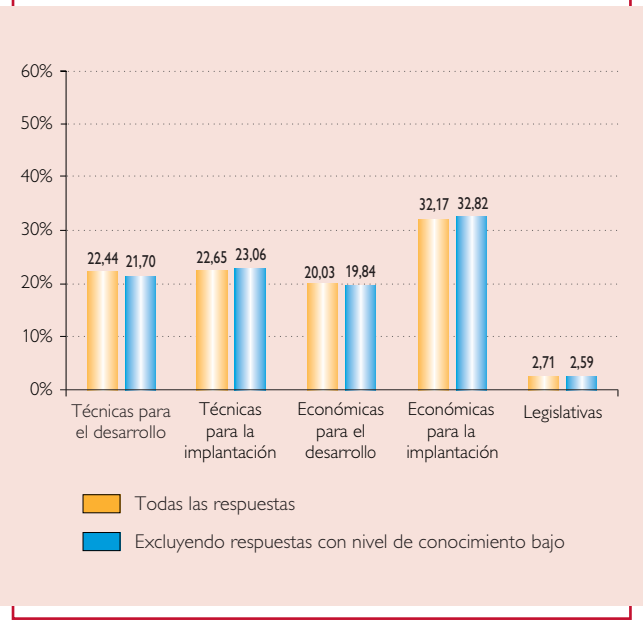
T30: Aparecerán nuevos sistemas de identificación por marcaje, verificación y/o visión artificial de menor coste y mayor efectividad, lo que hará que su uso se generalice en aplicaciones de control de calidad, trazabilidad, etc.

Principales barreras

El último apartado valorado en el cuestionario consistió en la selección de las principales barreras que dificultarían la materialización de los temas.

Las variables a escoger eran las siguientes: Principales barreras (Técnicas para el desarrollo – Técnicas para la implantación – Económicas para el desarrollo – Económicas para la implantación – Legislativas)

Los resultados generales obtenidos son los siguientes:



Como se puede constatar, las barreras más importantes que mayoritariamente deberán superarse para la materialización de los temas, serán las barreras económicas para la implantación, seguidas de las barreras técnicas para la implantación. Los temas legislativos no parecen, a priori, ser un freno para la correcta implantación de los temas.

Selección de las tendencias más importantes

A continuación se procede a realizar la selección de las tendencias más importantes de entre las 51 analizadas en el estudio.

Para ello se realiza un ejercicio que consiste en valorar cada una de las tendencias en función de cuatro de las variables básicas del estudio: grado de importancia, fecha de materialización, grado de aplicación industrial y posición de España. Cada uno de estos parámetros se ha normalizado en base a las respuestas obtenidas en el cuestionario, si bien eliminando aquellas respuestas donde el encuestado se declara con bajo conocimiento sobre el tema. Así pues, a todas las tendencias se les han asignado cuatro índices.

- Índice del Grado de Importancia (IGI)
- Índice de Grado de Proximidad (IGP)
- Índice de Grado de Aplicación industrial (IGA)
- Índice de Grado de Competitividad (IGC)

A continuación se detalla la forma de cálculo de cada uno de estos índices, así como la manera de seleccionar las tendencias más críticas de las 51 estudiadas.

Índice de grado de importancia (IGI)

A partir de las respuestas obtenidas a la pregunta "grado de importancia", para cada uno de los temas propuestos se calcula el IGI, índice que permite determinar la importancia de cada tema respecto a los demás, pudiendo así ordenarlos de mayor a menor importancia.

- Forma de calcularlo

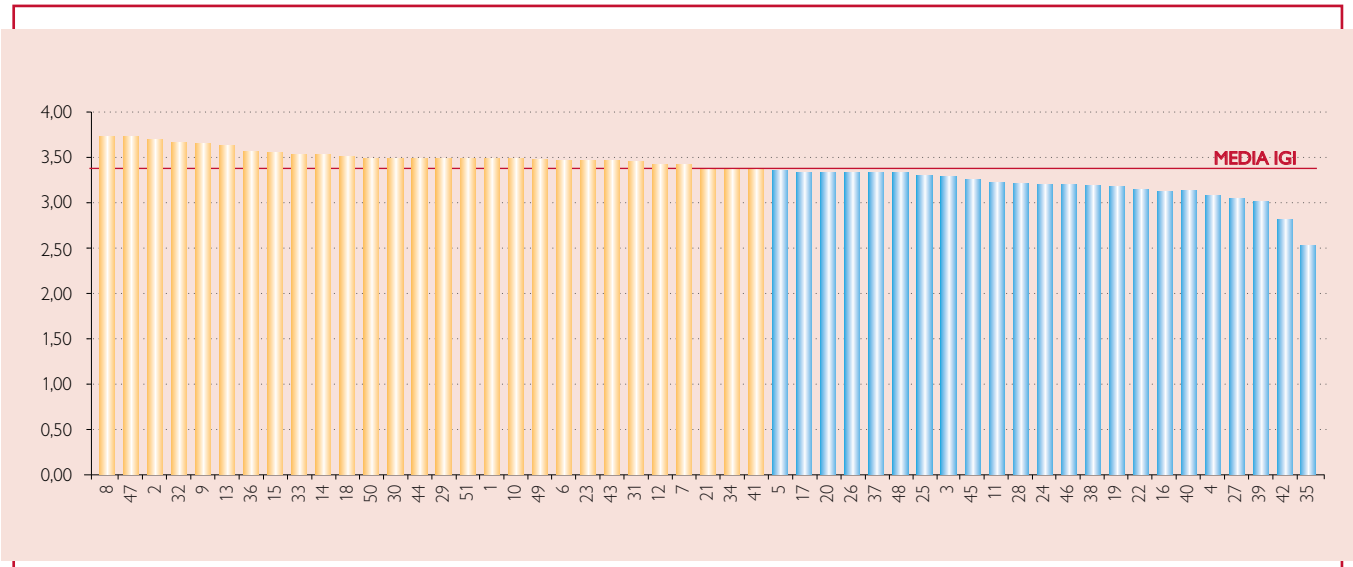
$$I.G.I = \frac{4xA + 3xB + 2xC + 1xD}{N}$$

Siendo:
I.G.I. = Índice del Grado de Importancia.

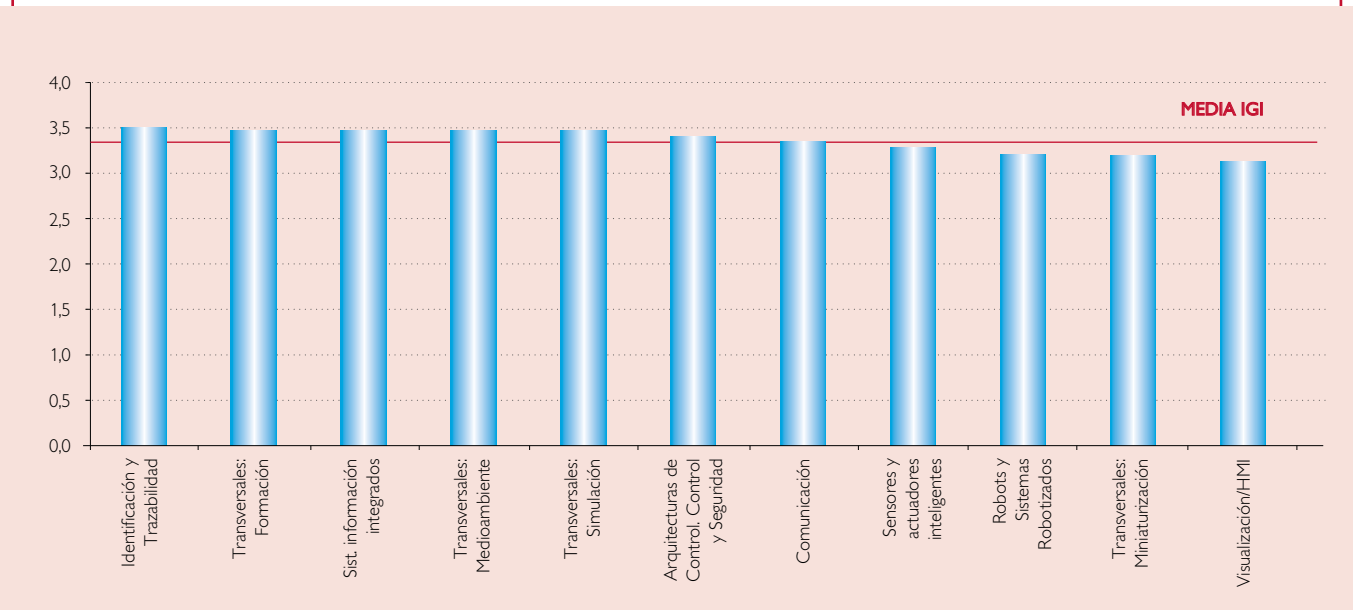
A = Nº de respuestas que consideran que el grado de importancia del tema es Alto.
B = Nº de respuestas que consideran que el grado de importancia del tema es Medio.
C = Nº de respuestas que consideran que el grado de importancia del tema es Bajo.
D = Nº de respuestas que consideran que el grado de importancia del tema es Irrelevante.
N = Nº total de respuestas de la variable "grado de importancia"

Se han eliminado las respuestas de aquellos expertos que consideraban que su grado de conocimiento sobre el tema era bajo.

TEMAS ORDENADOS POR IGI



Media IGI por temática



Índice de Grado de Proximidad (IGP)

A partir de las respuestas obtenidas a la pregunta "fecha de materialización", para cada uno de los temas propuestos se calcula el IGP, índice que, otorgando un mayor peso a las respuestas que consideran fechas de materialización más próximas, permite ordenar los temas por proximidad temporal.

- Forma de calcularlo

$$I.G.P = \frac{4xE + 3xF + 2xG + 1xH}{N}$$

Siendo:

I.G.P. = Índice del Grado de Proximidad

E = Nº de respuestas que consideran que la fecha de materialización del tema será Hasta el 2010.

F = Nº de respuestas que consideran que fecha de materialización del tema será del 2011 al 2015.

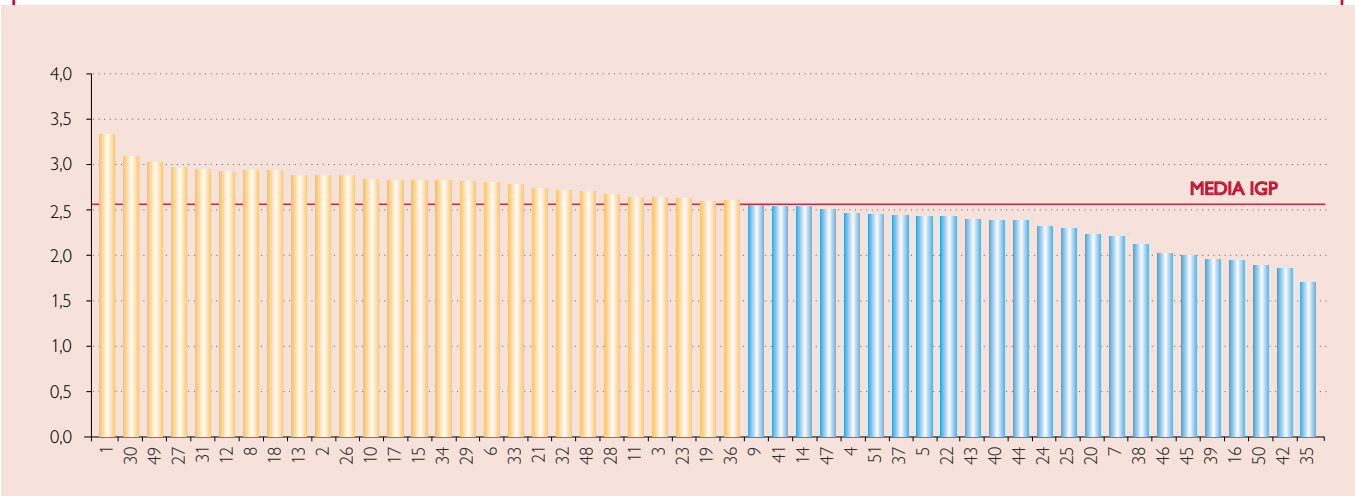
G = Nº de respuestas que consideran que fecha de materialización del tema será del 2016 al 2020.

H = Nº de respuestas que consideran que fecha de materialización del tema será Más allá del 2020.

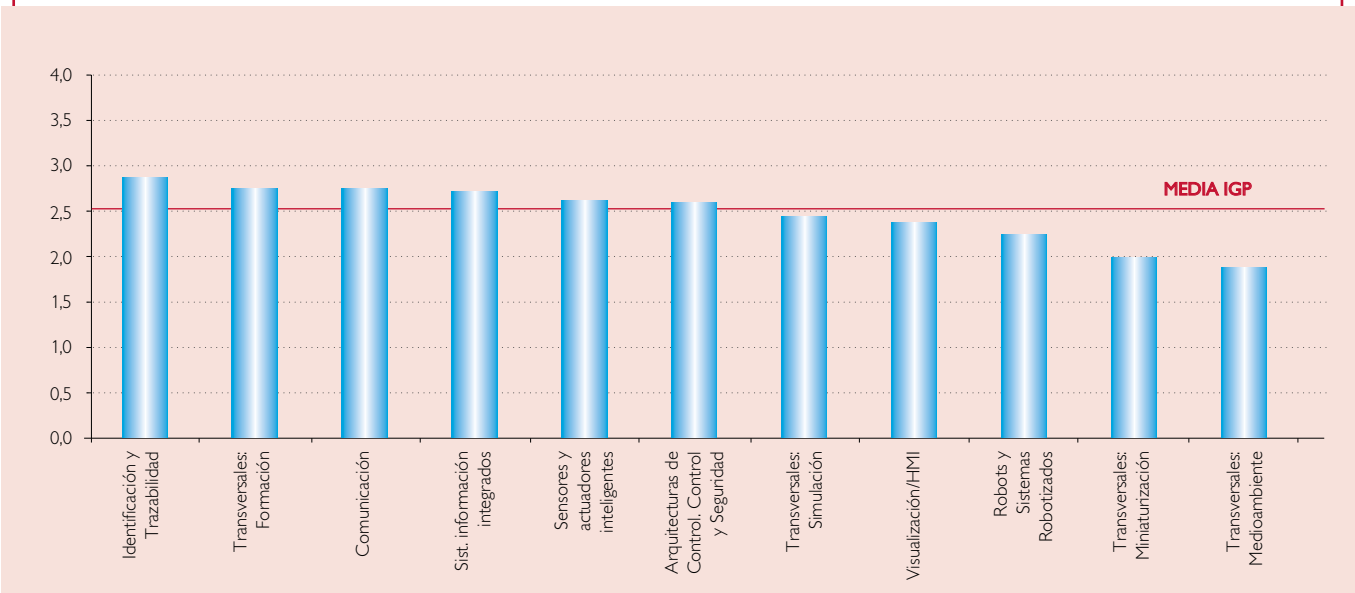
N = Nº total de respuestas de la variable "Fecha de materialización". (Incluyendo las respuestas de los expertos que consideran que Nunca se realizará).

Se han eliminado las respuestas de aquellos expertos que consideraban que su grado de conocimiento sobre el tema era bajo.

Temas ordenados por IGP



Media IGP por temática



Índice de Grado de Aplicación industrial (IGA)

A partir de las respuestas obtenidas a la pregunta "grado de aplicación industrial", para cada uno de los temas propuestos se calcula el IGA, índice que, otorgando un mayor peso a las respuestas que consideran grados de aplicación elevados, permite ordenar de mayor a menor rango de aplicación todas las tendencias.

- Forma de calcularlo

$$I.G.A = \frac{4xJ + 3xK + 2xL + 1xM}{N}$$

Siendo:

I.G.A. = Índice del Grado de Aplicación industrial.

J = Nº de respuestas que consideran que el grado de aplicación del tema será a Gran Escala.

K = Nº de respuestas que consideran que el grado de aplicación del tema será Medio.

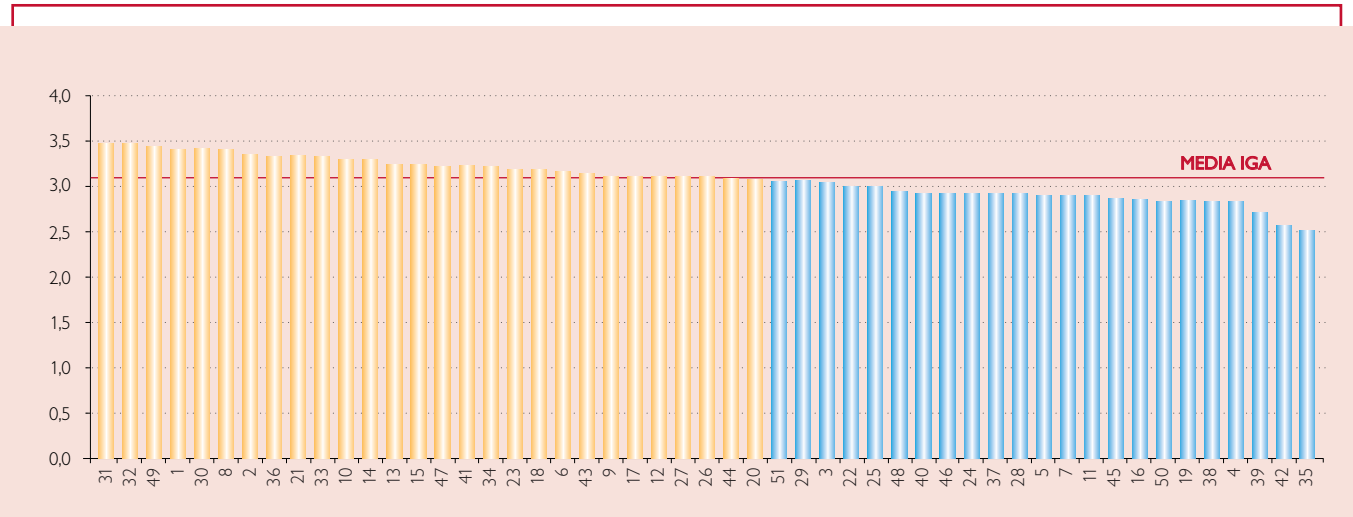
L = Nº de respuestas que consideran que el grado de aplicación del tema será Testimonial.

M = Nº de respuestas que consideran que el grado de aplicación del tema será Nulo.

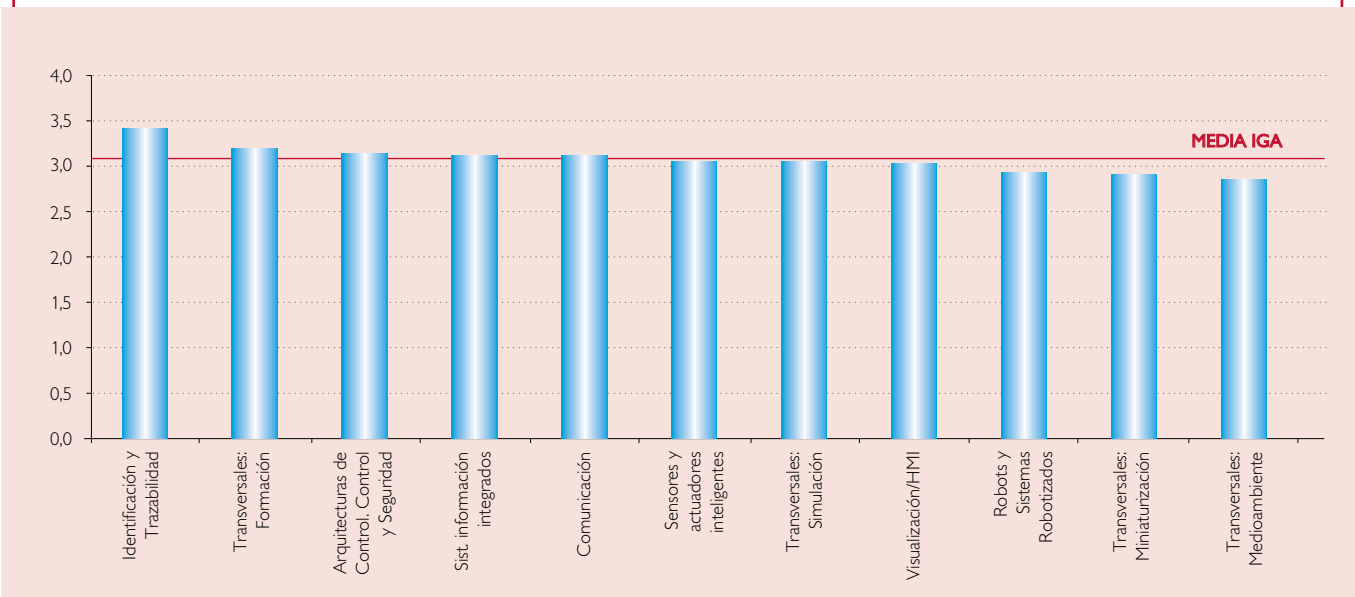
N = Nº total de respuestas de la variable "Grado de aplicación industrial"

Se han eliminado las respuestas de aquellos expertos que consideraban que su grado de conocimiento sobre el tema era bajo.

TEMAS ORDENADOS POR IGA



MEDIA IGA POR TEMÁTICA



Índice de Grado de Competitividad (IGC)

A partir de las respuestas obtenidas a la pregunta "posición de España", para cada uno de los temas propuestos se calcula el IGC, índice que, otorgando un mayor peso a las respuestas contra mejor se cree que es la posición de España respecto a otros países, permite ordenar las tendencias según esta variable.

- Forma de calcularlo

$$I.G.C = \frac{4xO + 3xP + 2xQ + 1xR}{N}$$

Siendo:

I.G.C. = Índice del Grado de Competitividad.

O = Nº de respuestas que consideran que la posición de España respecto al tema es de Liderazgo.

P = Nº de respuestas que consideran que la posición de España respecto al tema es Avanzada.

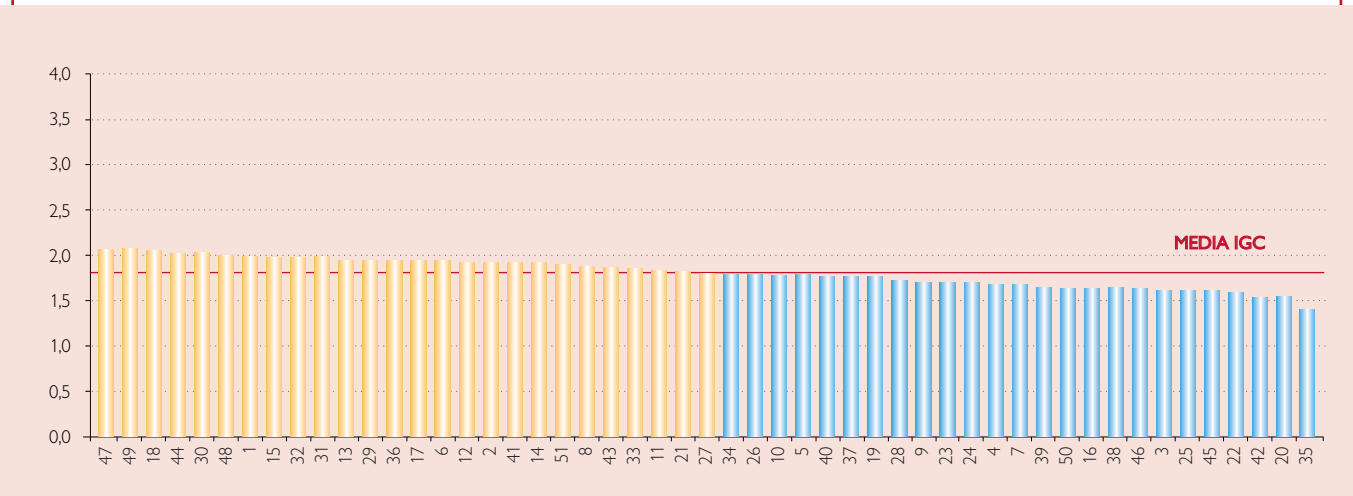
Q = Nº de respuestas que consideran que la posición de España respecto al tema está en la Media.

R = Nº de respuestas que consideran que la posición de España respecto al tema es Atrasada.

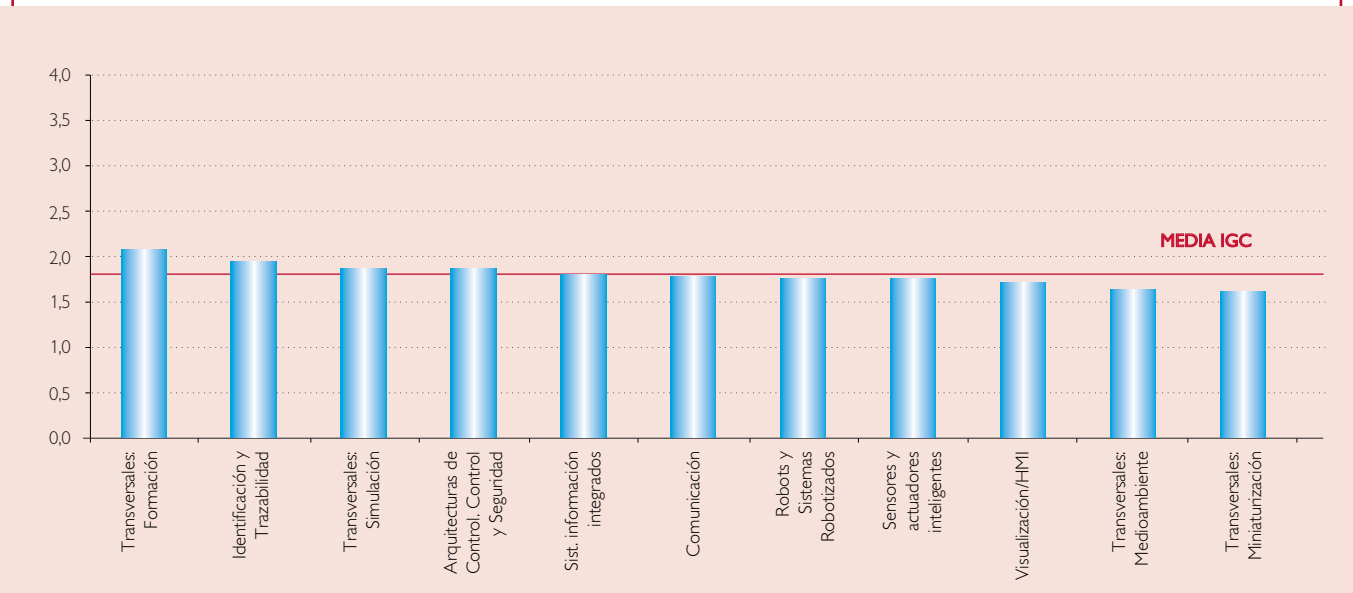
N = Nº total de respuestas de la variable "Posición de España"

Se han eliminado las respuestas de aquellos expertos que consideraban que su grado de conocimiento sobre el tema era bajo.

Temas ordenados por IGC



Media IGC por temática



Elección de los temas más importantes

Pese a que todos los temas, sólo por el hecho de haber sido seleccionados por el panel de expertos y haber formado parte del estudio, ya pueden considerarse importantes, es necesario seleccionar y analizar en profundidad aquellos que destacan sobre los demás.

Dado que la variable más interesante para determinar la importancia de los temas es sin duda el IGI (índice de grado de importancia), se han seleccionado los 10 temas con IGI mayor que, por orden de importancia, son los siguientes (8, 47, 2, 32, 9, 13, 36, 15, 33 y 14).

Así mismo, también se ha creído importante considerar las otras variables estudiadas para acabar de completar la selección de los temas más importantes. Para ello se ha realizado un último cálculo con todos los "Índices" antes calculados (IGI, IGP, IGA e IGC) para calcular un "Índice" combinado de los cuatro; el IGX.

De esta manera, se consigue un índice que, de forma combinada, valora el nivel de importancia de cada tema, su proximidad temporal, su grado de aplicación industrial y la posición de España.

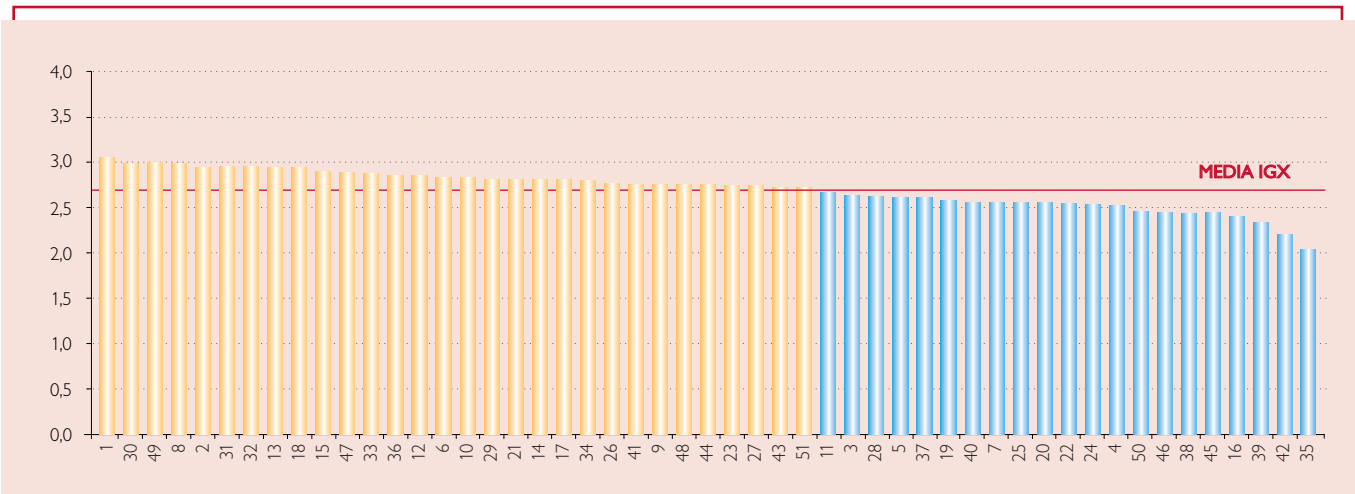
- Forma de calcularlo

$$I.G.X = \frac{IGI + IGP + IGA + IGC}{4}$$

Siendo:
IGI= Índice de Grado de Importancia
IGP= Índice de Grado de Proximidad
IGA= Índice de Grado de Aplicación industrial
IGC= Índice de Grado de Competitividad

Mediante este cálculo se ha obtenido una nueva clasificación de los temas que se detalla a continuación:

TEMAS ORDENADOS POR IGX



De esta manera, se han seleccionado los 10 temas con mayor IGX, que por orden son los siguientes (1, 30, 49, 8, 2, 31, 32, 13, 18 y 15).

Estos temas seleccionados, destacan de los demás ya que, además de tener una elevada importancia, tienen una gran proximidad temporal, España tiene una buena posición competitiva y además se cree que serán aplicados a mayor escala que el resto.

De la combinación de los 10 temas con un IGI mayor y los 10 temas con IGX mayor se han obtenido 15 temas que seguidamente serán analizados.

Esta selección de temas puede modularse, ya que si el Panel de Expertos considera que alguno de los temas estudiados es de gran interés como para ser destacado y analizado en más profundidad, dicho panel puede recomendar reconsiderar su inclusión en el grupo de tendencias más importantes.

Éste ha sido el caso de la tendencia número 44 que, pese a estar por encima de la media tanto en IGI como en IGX, no entró dentro del grupo de los diez primeros temas valorados por estos dos índices. Por este motivo, el tema ha sido incluido en la lista de temas más importantes, que a continuación se detalla:

SELECCIÓN DE LOS TEMAS CONSIDERADOS COMO MÁS IMPORTANTES ORDENADOS POR IGI

TEMAS		IGI	IGX
T8:	La estandarización de los sistemas de producción, conocidos como MES, como puente entre los sistemas de control de proceso y los sistemas de gestión de la producción, así como la consecuente reducción de sus costes de implantación, permitirá la interconexión efectiva y en tiempo real del mundo de la planta con el de oficina y el intercambio de datos eficaz y eficiente de forma automatizada.	3,71	2,98
T47:	Formación/Ámbito laboral: El perfil de un profesional multidisciplinar, con disponibilidad a la movilidad, y con conocimientos básicos de mecánica, electricidad, automática, control de procesos, electrónica, comunicaciones e ingeniería de software, entre otras disciplinas, se implantará ampliamente en las empresas industriales.	3,70	2,88
T2:	Estandarización de la comunicación. La diversidad de protocolos de comunicación para las redes tradicionales tenderá a desaparecer. Todos los dispositivos de la red industrial, desde la máquina al sistema de gestión, tenderán a utilizar unos pocos estándares de comunicación (p.ej. Ethernet u otro estándar).	3,68	2,96
T32:	Se conseguirá la trazabilidad total del producto a lo largo de su fabricación, así como el control total de la variabilidad del proceso, incluso de las acciones realizadas manualmente por los operarios.	3,64	2,94
T9:	En las empresas existirá una estructura que permitirá la adquisición automática, la integración, filtrado y procesamiento de toda la información disponible, no sólo a nivel interno sino también entre todos los agentes que intervienen en la cadena de valor.	3,63	2,75
T13:	Diagnósticos y Sistemas tolerantes a fallos. Los sistemas de control incorporarán la funcionalidad de control de seguridad junto con la de control de proceso, integrando además sistemas de supervisión y diagnósticos de fallo a distintos niveles, que permitan identificar con antelación eventuales averías.	3,63	2,92

(continuación…)

TEMAS	IGI	IGX
T36: El desarrollo de componentes software para la interface humano-máquina (HMI-Human Machine Interface) ganará importancia, estandarizándose la forma de interactuar con las máquinas, líneas y áreas, a nivel de una o todas las plantas de una misma empresa.	3,56	2,86
T15: Se impondrán las arquitecturas de control abierto, armonizando las tecnologías existentes gracias a nuevos desarrollos e implementación de sistemas de fabricación modulares y reconfigurables, apoyándose en estándares de mercado.	3,54	2,89
T33: Las máquinas y líneas automáticas añadirán información sobre condiciones de proceso y trazabilidad producto-proceso a TAGs RFID o sistemas equivalentes, facilitando el seguimiento completo del rastro a lo largo de toda la cadena de valor.	3,52	2,87
T14: Desaparición del concepto PLC actual, evolucionando hacia controladores de automatización programables (PAC), capaces de ejecutar distintas disciplinas de control (control de movimiento, de proceso, de lotes, de variadores de velocidad, control discreto, seguridad, matemática avanzada, visión artificial, etc.). Los PAC integrarán conceptos de PLC, PC y electrónica, reduciendo costes y espacio.	3,51	2,81
T18: La visión artificial se integrará en los procesos de fabricación, llegando su uso a equipararse al que se hace actualmente de los sistemas de control de calidad o de trazabilidad.	3,48	2,92
T1: La interconexión de equipos para control de procesos a nivel de planta mediante buses de campo será una realidad para los procesos continuos, produciéndose la completa migración desde el bucle analógico de 4-20mA.	3,47	3,05
T30: Aparecerán nuevos sistemas de identificación por marcaje, verificación y/o visión artificial de menor coste y mayor efectividad, lo que hará que su uso se generalice en aplicaciones de control de calidad, trazabilidad, etc.	3,47	3,00
T44: Los robots presentarán una total integración con su entorno gracias, entre otros, a los avances en tecnologías como la visión artificial y las comunicaciones	3,47	2,74
T49: Formación/Ámbito laboral: Los departamentos de informática y de automatización de la empresa interactuarán para poder cubrir las necesidades relacionadas con la implantación de las distintas disciplinas de producción (tipo MES), implantando de forma efectiva el intercambio de información entre proceso y gestión.	3,46	3,00
T31: Se extenderá la aplicación de los sistemas de identificación por radiofrecuencia (RFID) en prácticamente todos los entornos industriales, gracias a la progresiva disminución de su coste.	3,43	2,95

Atendiendo a los diferentes bloques temáticos, los temas anteriormente citados quedan clasificados de la siguiente manera:

COMUNICACIÓN

T1: La interconexión de equipos para control de procesos a nivel de planta mediante buses de campo será una realidad para los procesos continuos, produciéndose la completa migración desde el bucle analógico de 4-20mA.

T2: Estandarización de la comunicación. La diversidad de protocolos de comunicación para las redes tradicionales tenderá a desaparecer. Todos los dispositivos de la red industrial, desde la máquina al sistema de gestión, tenderán a utilizar unos pocos estándares de comunicación (p.ej. Ethernet u otro estándar).

SISTEMAS DE INFORMACIÓN INTEGRADOS

T8: La estandarización de los sistemas de producción, conocidos como MES, como puente entre los sistemas de control de proceso y los sistemas de gestión de la producción, así como la consecuente reducción de sus costes de implantación, permitirá la interconexión efectiva y en tiempo real del mundo de la planta con el de oficina y el intercambio de datos eficaz y eficiente de forma automatizada.

T9: En las empresas existirá una estructura que permitirá la adquisición automática, la integración, filtrado y procesamiento de toda la información disponible, no sólo a nivel interno sino también entre todos los agentes que intervienen en la cadena de valor.

ARQUITECTURAS DE CONTROL. CONTROL Y SEGURIDAD

T13: Diagnósticos y Sistemas tolerantes a fallos. Los sistemas de control incorporarán la funcionalidad de control de seguridad junto con la de control de proceso, integrando además sistemas de supervisión y diagnósticos de fallo a distintos niveles, que permitan identificar con antelación eventuales averías.

T14: Desaparición del concepto PLC actual, evolucionando hacia controladores de automatización programables (PAC), capaces de ejecutar distintas disciplinas de control (control de movimiento, de proceso, de lotes, de variadores de velocidad, control discreto, seguridad, matemática avanzada, visión artificial, etc.). Los PAC integrarán conceptos de PLC, PC y electrónica, reduciendo costes y espacio.

T15: Se impondrán las arquitecturas de control abierto, armonizando las tecnologías existentes gracias a nuevos desarrollos e implementación de sistemas de fabricación modulares y reconfigurables, apoyándose en estándares de mercado.

SENSORES Y ACTUADORES INTELIGENTES

T18: La visión artificial se integrará en los procesos de fabricación, llegando su uso a equipararse al que se hace actualmente de los sistemas de control de calidad o de trazabilidad.

(continuación…)

IDENTIFICACIÓN Y TRAZABILIDAD

T30: Aparecerán nuevos sistemas de identificación por marcaje, verificación y/o visión artificial de menor coste y mayor efectividad, lo que hará que su uso se generalice en aplicaciones de control de calidad, trazabilidad, etc.

T31: Se extenderá la aplicación de los sistemas de identificación por radiofrecuencia (RFID) en prácticamente todos los entornos industriales, gracias a la progresiva disminución de su coste.

T32: Se conseguirá la trazabilidad total del producto a lo largo de su fabricación, así como el control total de la variabilidad del proceso, incluso de las acciones realizadas manualmente por los operarios.

T33: Las máquinas y líneas automáticas añadirán información sobre condiciones de proceso y trazabilidad producto-proceso a TAGs RFID o sistemas equivalentes, facilitando el seguimiento completo del rastro a lo largo de toda la cadena de valor.

VISUALIZACIÓN / INTERACCIÓN HUMANO-MÁQUINA

T36: El desarrollo de componentes software para la interface humano-máquina (HMI-Human Machine Interface) ganará importancia, estandarizándose la forma de interactuar con las máquinas, líneas y áreas, a nivel de una o todas las plantas de una misma empresa.

ROBOTS Y SISTEMAS ROBOTIZADOS

T44: Los robots presentarán una total integración con su entorno gracias, entre otros, a los avances en tecnologías como la visión artificial y las comunicaciones

TENDENCIAS TRANSVERSALES. FORMACIÓN/ÁMBITO LABORAL

T47: Formación/Ámbito laboral: El perfil de un profesional multidisciplinar, con disponibilidad a la movilidad, y con conocimientos básicos de mecánica, electricidad, automática, control de procesos, electrónica, comunicaciones e ingeniería de software, entre otras disciplinas, se implantará ampliamente en las empresas industriales.

T49: Formación/Ámbito laboral: Los departamentos de informática y de automatización de la empresa interactuarán para poder cubrir las necesidades relacionadas con la implantación de las distintas disciplinas de producción (tipo MES), implantando de forma efectiva el intercambio de información entre proceso y gestión.

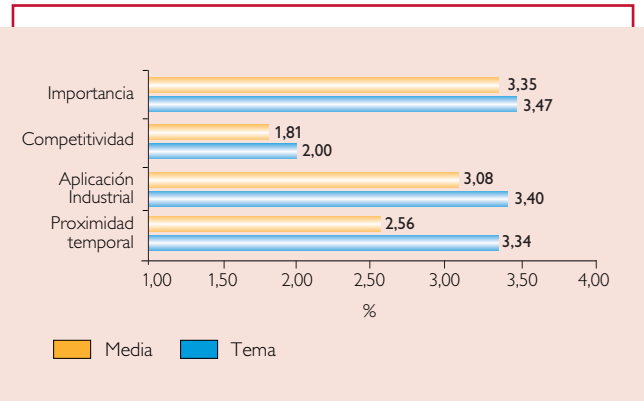
Descripción de las tendencias más importantes

A continuación se analizan en profundidad las tendencias consideradas como más importantes, ordenadas por áreas temáticas:

Comunicación

T1: La interconexión de equipos para control de procesos a nivel de planta mediante buses de campo será una realidad para los procesos continuos, produciéndose la completa migración desde el bucle analógico de 4-20mA.

VALORACIÓN GLOBAL



Tradicionalmente, la comunicación entre los dispositivos de campo y el correspondiente sistema de control ha venido efectuándose a través de interfaces analógicas de bucle de 4 a 20 mA, una tecnología que sólo permite recoger una variable de cada instrumento por cada par de hilos, siendo el envío de información unidireccional, del instrumento al sistema de control.

Por el contrario, la **tecnología de bus de campo es digital**, lo que simplifica notablemente la arquitectura de los sistemas, con el correspondiente ahorro en cableado o en la disposición del espacio físico para el equipo, entre otras ventajas. Con los buses de campo, el envío de la información pasa a ser bidireccional y es posible la lectura de más de una variable por instrumento mediante un único par de hilos, así como el envío de datos hacia el instrumento desde una estación de ingeniería o un equipo con el software adecuado.

Gracias a la economía de escala alcanzada en el desarrollo de procesadores de comunicaciones industriales, es prácticamente ya un hecho que todos los dispositivos de campo de una cierta envergadura (ya se llega incluso al sensor o actuador individual) disponen, de forma estándar, de un sistema de comunicación con equipos adyacentes mediante un bus de campo.

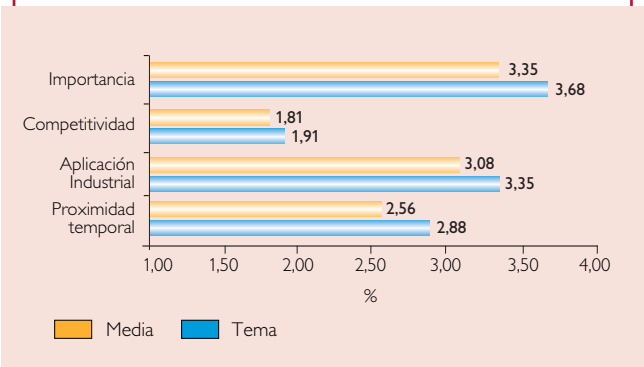
En los últimos años los buses de campo están siendo ampliamente utilizados en las comunicaciones industriales debido a su bajo coste, robustez y facilidad de instalación y programación.

Es ya una realidad la interconexión de equipos para control de procesos a nivel de planta mediante buses de campo en el mundo del proceso discreto, mientras que en el del proceso continuo se está produciendo todavía esa migración desde el bucle analógico de 4-20mA, que no obstante es ya imparable.

Fecha de materialización	*2008-2015*
Grado de aplicación industrial	*Entre media y a gran escala*
Posición	*En la media de otros países*
Limitaciones	*Un 63,3% de los encuestados que han respondido a este tema cree que las principales barreras son* ***económicas para la implantación***
Recomendaciones para la implantación	*Aceptando que la información es poder, entendemos que obtener datos directos y continuos del proceso permite la mejora del mismo. La mejor, y más económica, manera de obtener datos continuos de un proceso es mediante la* ***digitalización del conjunto,*** *empezando por el bus de campo que transporta dicha información al PC para el análisis global en tiempo real.*
Indicadores de seguimiento	*Índices de comercialización de estos sistemas por parte de las empresas fabricantes de buses de campo para procesos continuos*

T2: Estandarización de la comunicación. La diversidad de protocolos de comunicación para las redes tradicionales tenderá a desaparecer. Todos los dispositivos de la red industrial, desde la máquina al sistema de gestión, tenderán a utilizar unos pocos estándares de comunicación (p. ej. Ethernet u otro estándar).

VALORACIÓN GLOBAL



Tras el éxito rotundo de los estándares de Internet (Ethernet y TCP/IP) en el mundo de las comunicaciones LAN a nivel de oficina (buses de datos), y en la búsqueda de una máxima economía de escala e interoperabilidad entre todos los sistemas de información y control de procesos de una industria, las comunicaciones de planta (buses de control) están convergiendo ya en su adopción. Actualmente, se están abordando los problemas inherentes a dichos estándares relativos a su robustez y determinismo para el ámbito del control de procesos. La mayor parte de los fabricantes líderes del sector defienden un estándar que emplea protocolos de aplicación propios (PROFINet, CAN o DeviceNet) pero abogan por un futuro en el que **todos los dispositivos electrónicos de control de proceso utilizarán un único estándar de comunicación** (p.ej. Ethernet industrial) en los niveles de proceso, incluso a nivel de E/S.

Paralelamente, la aparición del **estándar CIP** (Common Industrial Protocol) facilitará que productos de distintos fabricantes y de distintos ámbitos puedan convivir fácilmente. Este estándar organiza los mecanismos en red como una colección de objetos (o elementos) y define los accesos, atribuciones y extensiones con los cuales se puede acceder a una gama muy vasta de mecanismos mediante la utilización de un protocolo en común. Ethernet/IP está basado en este estándar.

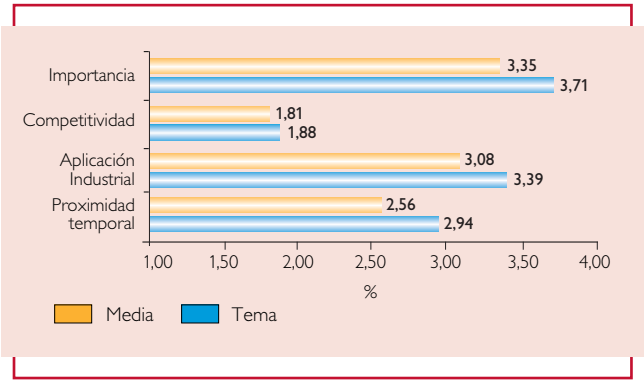
Así mismo, también cabe destacar la existencia del **interfaz OPC** (OLE for Process Control), que es un interfaz estándar con componentes de automatización que proporciona un acceso simple a los datos, ya que permite que diferentes fuentes de datos envíen datos a un mismo servidor OPC, al que a su vez podrán conectarse diferentes programas compatibles con dicho estándar. De este modo se elimina la necesidad de que todos los programas cuenten con drivers para dialogar con múltiples fuentes de datos, basta que tengan un driver OPC. Este estándar ha sido desarrollado por la OPC Foundation, formada por empresas como Siemens, Fisher, Rockwell, etc.

Fecha de materialización	*2011-2015*
Grado de aplicación industrial	*Grado de aplicación industrial Más del 50% de los encuestados creen que se aplicará a gran escala.*
Posición	*En la media.*
Limitaciones	*Los encuestados valoran las barreras técnicas y económicas para la implantación como las principales limitaciones de esta tendencia.* *En cuanto a las barreras técnicas, éstas se refieren más a problemáticas de **eficiencia** y **mantenimiento** de los sistemas que a su instalación.* *Así mismo también son destacables las barreras que suponen el **bajo conocimiento y formación** en estos sistemas.*
Recomendaciones para la implantación	• ***Aumento de la formación** y conocimiento en estos temas. Falta personal capacitado que entienda acerca de los fundamentos de las tecnologías de la información y de redes de automatización.* • ***Mejora a nivel de software** en las plantas de producción* • *Adecuada **planificación de la infraestructura** de automatización, previo paso a la implantación del estándar de comunicación* • *Análisis de las **necesidades reales** y mejora técnica de las **comunicaciones en tiempo real***
Indicadores de seguimiento	• *Nº de nodos instalados* • *Nº de buses instalados*

Sistemas integrados

T8: La estandarización de los sistemas de producción, conocidos como MES, como puente entre los sistemas de control de proceso y los sistemas de gestión de la producción, así como la consecuente reducción de sus costes de implantación, permitirá la interconexión efectiva y en tiempo real del mundo de la planta con el de oficina y el intercambio de datos eficaz y eficiente de forma automatizada.

Valoración global



Excepto en el caso de industrias tecnológicamente punteras, la comunicación automatizada entre los sistemas de control de proceso y los sistemas de gestión de la producción es en muchas empresas prácticamente inexistente pues se realiza, en muchos casos, de forma parcial o incluso manual.

Esto es debido a que las infraestructuras existentes no tienen la capacidad de soportar eficientemente ciertos niveles de integración entre los procesos de negocio gestionados por ERP y la automatización de procesos y equipos. Los objetivos y capacidades de los sistemas de negocio (ERP) son diferentes de los sistemas de control y automatización, aunque es fundamental que puedan trabajar ambos perfectamente sincronizados.

Recientemente, una nueva familia de software – **MES (Manufacturing Execution Systems)** – ha emergido y suministra una integración eficaz entre los sistemas productivos y los sistemas de negocio, además de presentar un conjunto de funcionalidades que permiten optimizar las actividades productivas durante todas las fases de producción.

Una solución MES normalmente incluye las siguientes funcionalidades: gestión y ubicación de recursos, lanzamiento de órdenes, adquisición y recogida de datos, gestión de calidad, análisis de prestaciones, planificación, control documental y de personal, trazabilidad y seguimientos de materias primas y productos.

Organizaciones internacionales han establecido una clara definición de las funcionalidades que un MES debe gestionar y se ha desarrollado un modelo que describe y estandariza los sistemas MES. El estándar internacional ANSI /ISA95, ampliamente aceptado por la industria, define la terminología y los modelos usados en la integración de un sistema de este tipo.

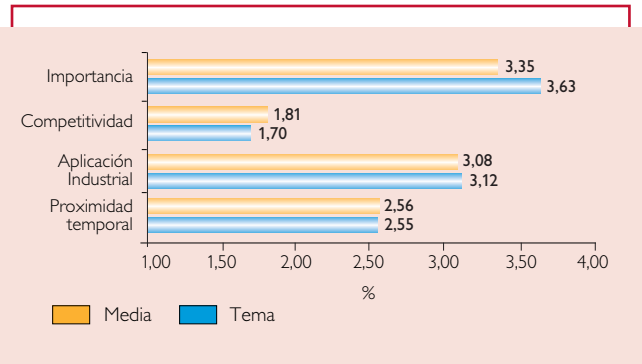
Pese a las ventajas que supone la existencia de este estándar, casi todos los sistemas que se ofrecen hoy en día son propietarios y bastante incompletos, y las pocas soluciones comerciales estandarizadas existentes aún están evolucionando. A esto se le añade la necesidad de tener que adaptar estos sistemas a la tipología de empresa o de sector en el que trabaje, ya que los requerimientos y necesidades de unos no son los mismos que los de otros, y por tanto no se puede ofrecer una única solución a todas las empresas.

Pese a todas estas dificultades, existe una clara tendencia a que estas soluciones lleguen a una economía de escala, bajando los precios y como resultado pudiendo ser implantadas en empresas de todos los niveles.

Fecha de materialización	*2011-2015*
Grado de aplicación industrial	*Entre media y gran escala*
Posición	*En la media de otros países*
Limitaciones	*Los expertos han destacado que las barreras **económicas** para la implantación son las más críticas. Estos sistemas actualmente son caros y están poco evolucionados, esto hace que las empresas estén implantando soluciones tipo "parche", mucho más económicas que las anteriores, que les solucionan ciertas problemáticas, pero que, por el contrario, no les garantizan una solución a largo plazo.* *Una vez implantadas estas soluciones, también se deberán destacar barreras técnicas centradas en la **adaptación eficiente de la producción a las decisiones de gestión.***
Recomendaciones para la implantación	• *Cambio de **mentalidad** por parte de la empresa y el equipo humano en pensar en soluciones a más largo plazo* • *Dotación de una **estructura** adecuada a las empresas que permita soportar ciertos niveles de integración (T9)* • ***Formación** correcta del personal*
Indicadores de seguimiento	*Evolución del número de ventas de licencias*

T9: En las empresas existirá una estructura que permitirá la adquisición automática, la integración, filtrado y procesamiento de toda la información disponible, no sólo a nivel interno sino también entre todos los agentes que intervienen en la cadena de valor.

VALORACIÓN GLOBAL



La estructura reticular, fruto de la externalización progresiva de procesos, requiere de una infraestructura TIC que permita la integración y procesamiento de toda la información disponible, no sólo desde los niveles 0 a 4 de la jerarquía CIM (dentro de una empresa), sino también entre todos los agentes que intervienen en la cadena de valor. Todo ello da lugar al manejo de elevados volúmenes de información, asociados a los eventos que tienen lugar entre los nodos de la red y dentro de cada una de las unidades, lo que requerirá de sistemas específicos para la integración, filtrado y proceso automático de los eventos, con el objetivo de facilitar la toma de decisiones.

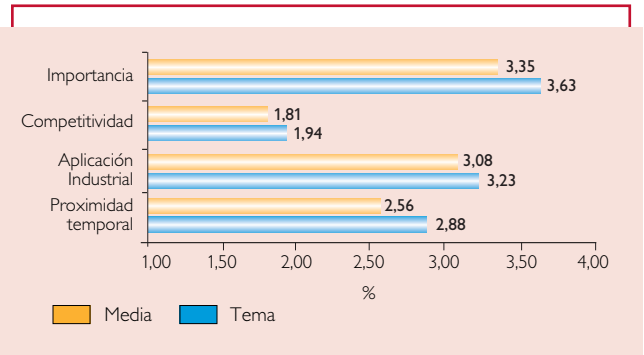
Este tema está ampliamente relacionado con el tema 8, pero supondría el **paso previo a la correcta implantación de los MES** en la empresa. Esto significa que, de forma previa a dicha implantación, será totalmente necesario dotar a la empresa de la estructura adecuada que tenga la capacidad de soportar eficientemente ciertos niveles de integración entre los procesos de negocio y la automatización de procesos y equipos.

Fecha de materialización	*2011-2020*
Grado de aplicación industrial	*Medio*
Posición	*En la media de otros países*
Limitaciones	*Principalmente **económicas** para la implantación, aunque también destacan las barreras **técnicas** para la implantación.*
Recomendaciones para la implantación	• *Cambio de **mentalidad** por parte de la empresa y el equipo humano en pensar en soluciones a más largo plazo y de que se trata de un proyecto para el negocio, no una mera aplicación de tecnologías de la información.* • ***Gestionar el cambio** de manera efectiva, asignando los recursos necesarios para ello.*
Indicadores de seguimiento	• *Evolución de la estructura de las empresas que están implementando los MES* • *Nivel de ventas de los fabricantes de soluciones de automatización*

Arquitecturas de control. Control y seguridad

T13: Diagnósticos y Sistemas tolerantes a fallos. Los sistemas de control incorporarán la funcionalidad de control de seguridad junto con la de control de proceso, integrando además sistemas de supervisión y diagnósticos de fallo a distintos niveles, que permitan identificar con antelación eventuales averías.

Valoración global



Tradicionalmente, las tecnologías dedicadas a la implantación de sistemas de control y sistemas de seguridad en un proceso productivo eran disjuntas y constituían dos mundos independientes en el sistema.

Actualmente, gran parte de las redes de control estándar han procedido a una ampliación de sus normas y protocolos para incorporar e integrar las funcionalidades relativas a la normativa de seguridad industrial (ASI Safety at Work, Profisafe, DeviceNet Safety-CIP Safety...). En base a dichos estándares, los sistemas de control están evolucionando para integrar, si se desea, la funcionalidad de control de seguridad junto con la de control de proceso.

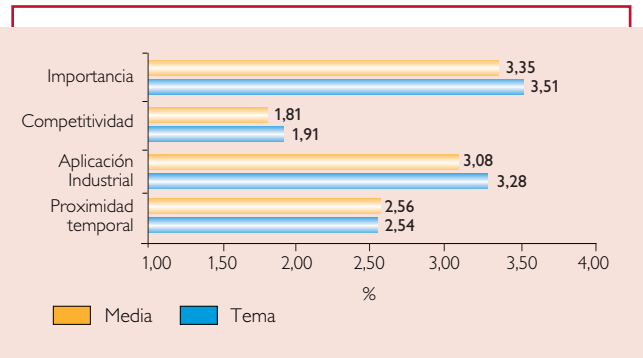
Además, los requerimientos de tolerancia a fallos de las instalaciones industriales, que deberán garantizar el funcionamiento 24 horas al día 7 días a la semana, propiciarán la integración del mantenimiento predictivo con los sistemas de control para permitir identificar con antelación eventuales averías.

En este campo hoy en día ya existen soluciones, pero debido a su alta complejidad, incrementada por el hecho de que cada sector y tipo de actividad requiere de soluciones a medida, es un área que debe continuar evolucionando. De esta forma podrá alcanzarse un nivel de implantación medio en el período de tiempo 2011-2015.

Fecha de materialización	*2011-2015*
Grado de aplicación industrial	*Medio*
Posición	*En la media de otros países*
Limitaciones	*Principalmente barreras **económicas** para la implantación. También destacan las barreras **técnicas**, tanto para el desarrollo como para la implantación.*
Recomendaciones para la implantación	*Aprovechar la realización de **cambios tecnológicos o de infraestructuras** en las plantas de producción para ir incorporando este tipo de tecnologías.*
Indicadores de seguimiento	*Evolución de la implantación de estos sistemas por parte de las empresas integradoras de soluciones*

T14: Desaparición del concepto PLC actual, evolucionando hacia controladores de automatización programables (PAC), capaces de ejecutar distintas diciplinas de control (control de movimiento, de proceso, de lotes, de variadores de velocidad, control discreto, seguridad, temática avanzada, visión artificial, etc.). Los PAC integrarán conceptos de PLC, PC y electrónica, reduciendo costes y espacio.

VALORACIÓN GLOBAL



La complejidad de las tareas que se le exigen actualmente a un sistema de control de procesos no se restringen únicamente al mero control tradicional (mecánico y eléctrico) del sistema sino que, gradualmente, están incrementando los requisitos relativos a las tareas de "automatización" en las que debe participar (trazabilidad, control de producción, cálculo de rendimiento de línea, apoyo al mantenimiento, etc.). Por este motivo, los PLC tradicionales están evolucionando progresivamente para adoptar nuevas funcionalidades y prestaciones, más afines con las disponibles en los sistemas informáticos de gestión. Por ello, algunos fabricantes

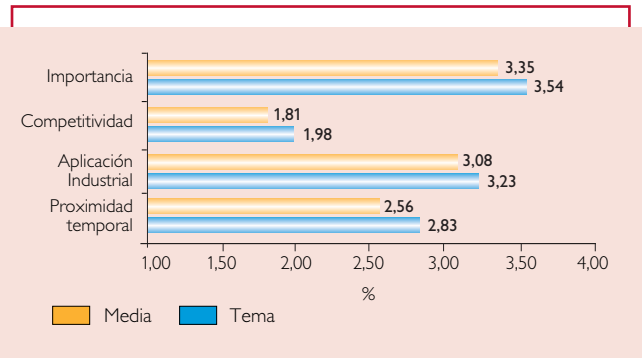
de sistemas de control empiezan a hablar del concepto **PAC (controladores de automatización programables) como evolución natural del concepto PLC.**

Los fabricantes más tradicionales definen el concepto PAC como un autómata tradicional al que se le incluyen las prestaciones y elementos necesarios para llevar a cabo estas funciones o bien desarrollado como un "SlotPLC" que es posible conectar directamente al bus de comunicaciones de un PC industrial, mientras que los más innovadores lo definen como un sistema abierto, basado generalmente en una arquitectura hardware tipo PC a la que se le dota de un sistema operativo de tiempo real (como por ejemplo Linux Real Time, Windows CE o incluso Windows XP con una extensión para tiempo real) y una aplicación "SoftPLC" que realiza las tareas de control más tradicionales, quedando el resto de las posibilidades del sistema para llevar a cabo las tareas de gestión.

Fecha de materialización	*2011-2015*
Grado de aplicación industrial	*Entre medio y a gran escala*
Posición	*En la media*
Limitaciones	*Básicamente barreras **económicas** para la implantación.* *También son destacables las limitaciones referentes a la falta de **difusión** y poca **formación** en estos ámbitos*
Recomendaciones para la implantación	*Mayor grado de difusión y de formación en estos nuevos conceptos para que la integración pueda empezar a llevarse a cabo de forma más generalizada*
Indicadores de seguimiento	• *Evolución de las ventas de PACs* • *Evolución en las ventas de módulos de integración*

T15: Se impondrán las arquitecturas de control abierto, armonizando las tecnologías existentes gracias a nuevos desarrollos e implementación de sistemas de fabricación modulares y reconfigurables, apoyándose en estándares de mercado.

VALORACIÓN GLOBAL



El clima competitivo, reforzado por la comunicación y el conocimiento compartido, requerirá respuestas rápidas a los cambios originados por las fuerzas de mercado. Las empresas se han de enfrentar a la globalización con flexibilidad y especialización. Con este nuevo concepto de fabricación, tanto las máquinas como los controles han de ser más flexibles y adaptables a configuraciones de fabricación distintas.

La utilización extendida de **sistemas de control abiertos aportará considerables beneficios en términos de productividad, flexibilidad, fiabilidad y precisión**, ya que permitirá la personalización y un mayor rendimiento de los sistemas

Como ejemplo de la necesidad de la implantación de arquitecturas de control abiertas podríamos nombrar los MES.

Para la correcta implantación de los MES y muchas otras tecnologías que supondrán el futuro de la automatización en los sectores productivos, se hace completamente necesario que las arquitecturas de control sean abiertas, ya que el operario necesitará tener acceso a los datos para poder tratarlos y de esta manera poder integrar correctamente el sistema de soporte a la toma de decisiones a cualquier nivel.

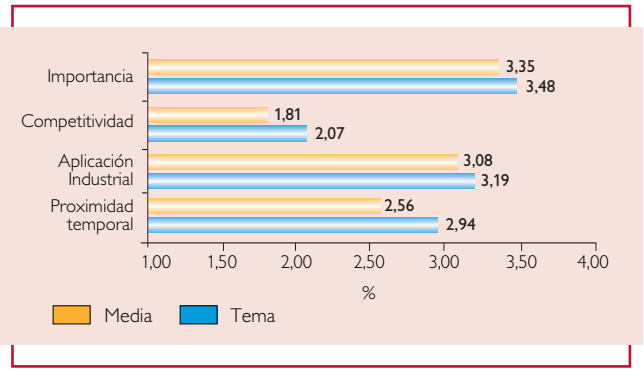
En cualquier caso no se pide a los fabricantes de sistemas que faciliten toda la información de sus aparatos, de lo que se trata es de que los fabricantes se pongan de acuerdo en el establecimiento de una serie de estándares que todos deban cumplir.

Fecha de materialización	*2011-2015*
Grado de aplicación industrial	*Medio*
Posición	*En la media*
Limitaciones	• *Barreras técnicas para el desarrollo: basadas en la necesidad de establecer una serie de **lenguajes de programación estándares** por parte de los fabricantes.* • *Barreras **técnicas** para la **implantación*** • *Barreras **económicas** para la **implantación***
Recomendaciones para la implantación	*Necesidad de **fomentar el uso de estándares** en este sentido*
Indicadores de seguimiento	• *Seguimiento de nuevas normativas* • *Seguimiento del uso de estándares*

Sensores y actuadores inteligentes

T18: La visión artificial se integrará en los procesos de fabricación, llegando su uso a equipararse al que se hace actualmente de los sistemas de control de calidad o de trazabilidad.

Valoración global



La visión artificial es la adquisición automática de imágenes sin contacto y su análisis también automático con el fin de extraer la información necesaria para controlar un proceso o una actividad.

La visión artificial permite realizar actividades como el control de calidad, manipulación de materiales, test y calibración de aparatos o monitorización de procesos.

Actualmente es rara la aplicación en automatización que no pueda resolverse con un sistema de visión artificial, sin em-

bargo en España este tipo de sistemas **no están demasiado implantados**, al contrario de lo que sucede en otros países como Alemania, dónde lo extraño es encontrar una instalación que no tenga sistemas de visión incorporados.

Este hecho es debido en gran parte a una falta muy importante de difusión así como de formación en el uso de esta tecnología.

En contrapartida, el progresivo abaratamiento de la tecnología es ya un hecho, lo cual influirá de forma muy importante en su implantación a medio plazo en la industria española.

Fecha de materialización	*2011-2015*
Grado de aplicación industrial	*Medio*
Posición	*En la media*
Limitaciones	*Técnicas ligadas a temas de falta de **formación** y **difusión** y económicas para la implantación.*
Recomendaciones para la implantación	*La realización de actividades de **formación** ayudaría a superar las limitaciones más importantes que presenta esta tecnología: la falta de **difusión** y la falta de formación específica para formar tecnólogos que conozcan estos sistemas.*
Indicadores de seguimiento	*Nivel de ventas de este tipo de sistemas en España*

Identificación y trazabilidad

Los cuatro temas que se plantean a continuación están ampliamente relacionados pese a que presentan ciertos matices diferenciadores. Por este motivo es por lo que se ha decidido tratarlos conjuntamente en cuanto a aspectos descriptivos.

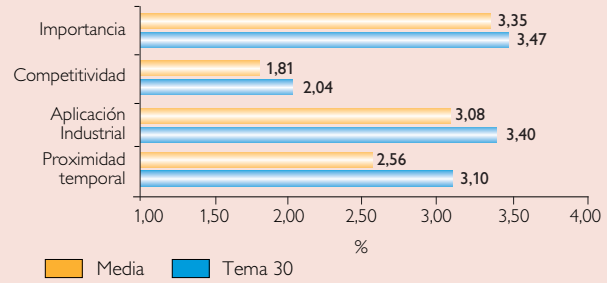
T30: Aparecerán nuevos sistemas de identificación por marcaje, verificación y/o visión artificial de menor coste y mayor efectividad, lo que hará que su uso se generalice en aplicaciones de control de calidad, trazabilidad, etc.

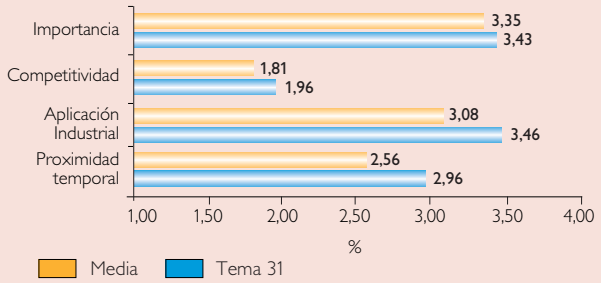
T31: Se extenderá la aplicación de los sistemas de identificación por radiofrecuencia (RFID) en prácticamente todos los entornos industriales, gracias a la progresiva disminución de su coste.

T32: Se conseguirá la trazabilidad total del producto a lo largo de su fabricación, así como el control total de la variabilidad del proceso, incluso de las acciones realizadas manualmente por los operarios.

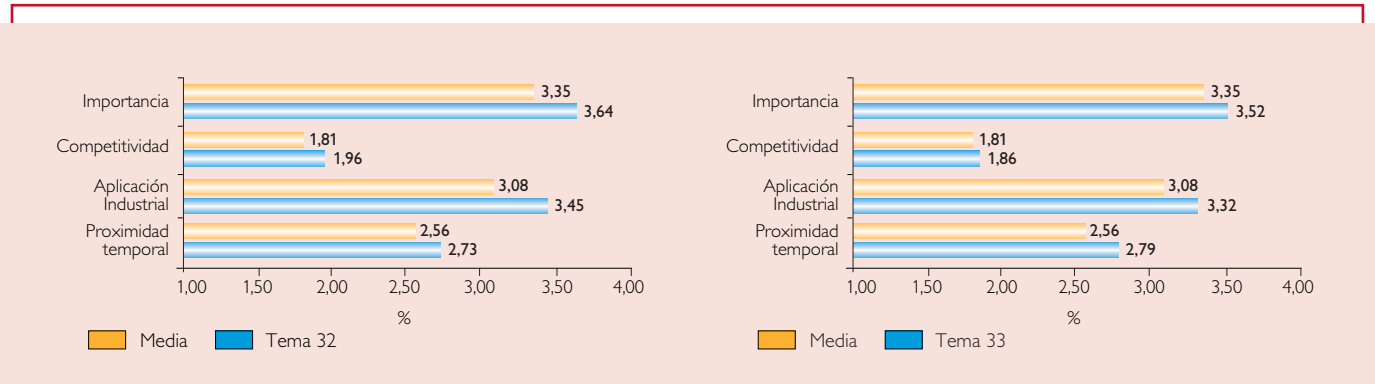
T33: Las máquinas y líneas automáticas añadirán información sobre condiciones de proceso y trazabilidad producto-proceso a TAGs RFID o sistemas equivalentes, facilitando el seguiemiento completo del rastro a lo largo de toda la cadena de valor.

Valoración global





Valoración global



La evolución de tecnologías como la **visión artificial** o los **sistemas RFID** está totalmente ligada a la evolución tecnológica de ciertas actividades industriales como el control de la calidad o la trazabilidad.

En cuanto a la visión artificial, y tal y como se destaca en el tema 18, es un campo muy avanzado tecnológicamente pero que necesita, para ser ampliamente implantado, un impulso en cuanto a difusión, así como continuidad en la disminución de los costes asociados a su instalación.

Otra tecnología emergente son los sistemas RFID, sistemas de almacenamiento y recuperación de datos remota que usa dispositivos denominados tags RFID. Éstos juegan un papel decisivo en la consecución de la trazabilidad de productos y procesos industriales, entendiendo por trazabilidad el conjunto de acciones, medidas y procedimientos técnicos que permite identificar y registrar cada producto desde su nacimiento hasta el final de la cadena de comercialización.

Estos sistemas, además de optimizar la logística de las empresas fabricantes, garantizarán la calidad de los productos, aportando una información completa y veraz de elevado interés tanto para el fabricante como para el consumidor.

La materialización de estas tendencias sobre trazabilidad dependerá, además del tema de costes, de las futuras legislaciones.

Las Administraciones Públicas están influyendo continuamente sobre la industria mediante el desarrollo de nueva legislación con el fin de garantizar la calidad y seguridad de los productos y el funcionamiento eficaz del mercado, y esto hace pensar en un futuro donde todos los sectores productivos estén sujetos a reglamentos como el (CE) nº 178/2002, que regula la trazabilidad de los productos alimenticios.

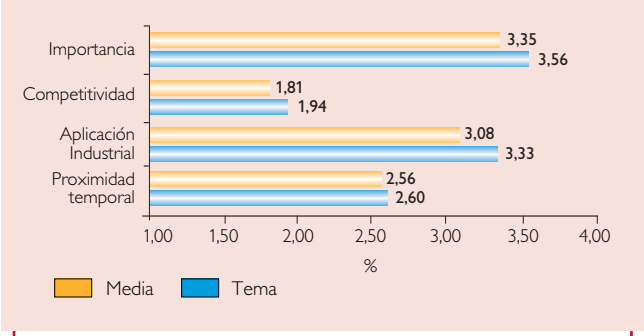
Ante este escenario, a las empresas les quedan dos alternativas, o implantar estos sistemas antes de que les sea impuesto, previa valoración del retorno de la inversión necesaria, o esperar a que aparezcan las normativas reguladoras.

	T30	T31	T32	T33
Fecha de materialización	*2011-2015*	*2011-2015*	*2011-2020*	*2011-2015*
Grado de aplicación industrial	*Entre medio y a gran escala*	*A gran escala*	*Medio*	*Entre medio y a gran escala*
Posición	*En la media*	*En la media*	*En la media*	*En la media*
Limitaciones	***Económicas y técnicas** para el **desarrollo***	*Principalmente barreras **económicas para la implantación**, pero también destacan las barreras económicas para el desarrollo y las técnicas para la implantación.*	*Barreras **económicas** y **técnicas** para la **implantación***	*Barreras **económicas** para la **implantación***
Recomendaciones para la implantación	• ***Directrices** reguladoras* • *Valoración del **retorno de la inversión*** • ***Disminución del coste** de estos sistemas.*			
Indicadores de seguimiento	• *Ventas de sistemas RFID* • *Ventas de sistemas de visión artificial* • *Evolución de las legislaciones reguladoras en cuanto a temas de calidad y trazabilidad*	• *Evolución de los precios de Tags RFID* • *Ventas de sistemas RFID*	• *Evolución de las legislaciones reguladoras en cuanto a temas de calidad y trazabilidad* • *Ventas de sistemas RFID*	• *Evolución de las legislaciones reguladoras en cuanto a temas de calidad y trazabilidad* • *Ventas de sistemas RFID*

Visualización/interacción humano - máquina

T36: El desarrollo de componentes software para la interface humano-máquina (HMI-Human Machine Interface) ganará importancia, estandarizándose la forma de interactuar con las máquinas, líneas y áreas, a nivel de una o todas las plantas de una misma empresa.

Valoración global



La HMI (Interacción Humano-Máquina) es el punto en el que seres humanos y máquinas se ponen en contacto, transmitiéndose mutuamente información.

El diseño de las HMI debe estar centrado en el usuario. Debe ser un **medio abierto y sencillo que facilite la interacción** y que simplifique las tareas de la actividad que éste realiza. Su objetivo fundamental es la usabilidad.

De este modo, se prevé que a medio plazo, se dispondrá de una **plataforma de software común**, desde el terminal de operador al sistema distribuido, facilitando a los usuarios la forma de interaccionar con la planta independientemente de si están frente a un terminal de operador a pie de línea o en una sala de control central.

Esto tendrá repercusiones en varios aspectos importantes, como la optimización de las horas de desarrollo y el posterior mantenimiento, la reducción de las necesidades de formación de los operarios o la mejora de la movilidad del personal de planta.

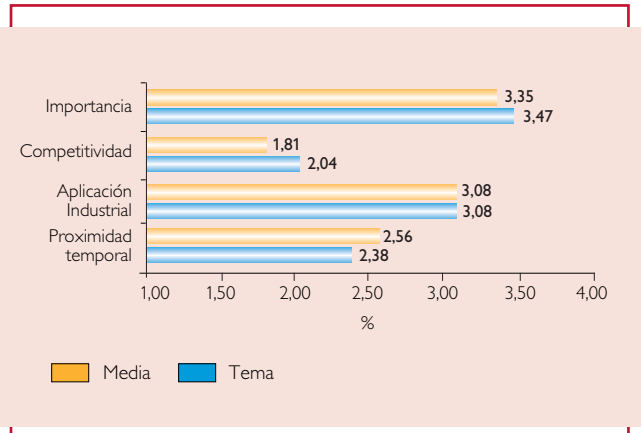
Un freno a la materialización de esta tendencia es, según los expertos, la cultura anti-Microsoft que destilan muchas facultades de informática. Esto está provocando que muchos de los estudiantes cuando se incorporan al mercado laboral no dominen herramientas de software que hoy en día son las utilizadas en la industria para este tipo de aplicaciones y que de alguna manera se han convertido en un estándar.

Fecha de materialización	*2011-2015*
Grado de aplicación industrial	*Entre medio y a gran escala*
Posición	*En la media*
Limitaciones	*Básicamente barreras **económicas** para la **implantación**, asociadas al hardware aunque también destacan las barreras **económicas** para el **desarrollo***
Recomendaciones para la implantación	• ***Disminución** de los **precios** asociados a la implantación de estas tecnologías* • ***Formación** más enfocada a la realidad industrial*
Indicadores de seguimiento	• *Evolución en las ventas de este tipo de software* • *Evolución de las ventas de hardware asociado a estas tecnologías*

Robots y sistemas robotizados

T44: Los robots presentarán una total integración con su entorno gracias, entre otros, a los avances en tecnologías como la visión artificial y las comunicaciones.

Valoración global



Tendencias tan importantes como la visión artificial o las comunicaciones, que ya han sido analizadas en otros temas del presente estudio, tendrán una gran influencia en los robots.

La implantación en los sistemas robóticos de **estándares únicos de comunicación** así como de **software estandarizado**, facilitará enormemente la integración de los robots con su entorno.

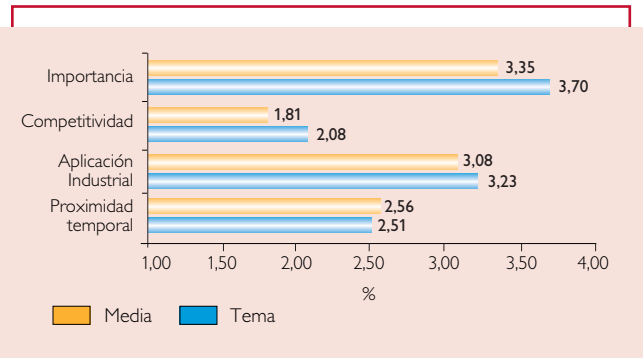
Así mismo, la generalización en el uso de **visión artificial**, junto a algoritmos de control modernos, potenciará la flexibilidad de la actuación de los sistemas robotizados, facilitando la adaptación de su actuación frente a realidades móviles o cambiantes sin necesidad de variar su programación.

Fecha de materialización	*Del 2016 a más allá del 2020*
Grado de aplicación industrial	*Medio*
Posición	*Media, tendente a avanzada*
Limitaciones	*Básicamente barreras **económicas** para la **implantación**, aunque también son destacables el resto de barreras*
Recomendaciones para la implantación	• *Potenciación del **desarrollo software a nivel nacional** de algoritmos de control válidos para su uso en cualquier máquina o robot (inteligencia artificial)* • ***Analizar las posibilidades de automatización** conjuntamente con ingenierías especializadas en robotización*
Indicadores de seguimiento	• *Evolución de la publicación de artículos de investigación relacionados* • *Evolución de la creación de nuevas empresas nacionales en el ámbito de la robótica e inteligencia artificial* • *Número de sistemas robotizados, con incorporación de una o más cámaras instalados*

Tendencias transversales

T47: Formación/Ámbito laboral: El perfil de un profesional multidiciplinar, con disponibilidad a la movilidad, y con conocimientos básicos de mecánica, electricidad, automática, control de procesos, electrónica, comunicaciones e ingeniería de software, entre otras disciplinas, se implantará ampliamente en las empresas industriales.

Valoración global



Parece evidente que la disciplina de la automatización industrial está sufriendo un fuerte avance que requiere de la participación de un nuevo tipo de profesional con un bagaje de conocimiento mucho más completo y multidisciplinar.

La creciente complejidad de las plantas industriales modernas ha sobrepasado aquella época en la que el control de una máquina se limitaba a diseñar una lógica secuencial encargada de gobernar las acciones mecánicas del sistema objeto de control. Una solución completa y moderna requiere hoy en día de conocimientos relacionados con las comuni-

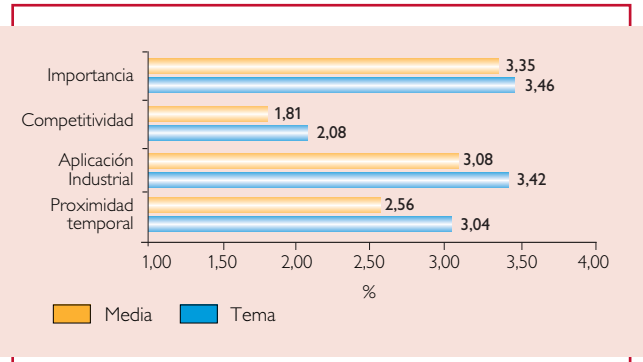
caciones de datos y de control, las tecnologías de información, las normativas de seguridad, conceptos avanzados de programación, control de movimiento e incluso disciplinas como la mecánica, hidráulica, etc.

Por esto es por lo que la evolución natural del personal dedicado a la automatización moderna de procesos deberá incorporar, cada vez más, el **conocimiento de un conjunto de disciplinas** como las indicadas anteriormente. Parece, por tanto, que el perfil formativo más idóneo para este tipo de trabajo se orienta cada vez más a la de un ingeniero con conocimientos multidisciplinares en ámbitos como: ingeniería de software, mecánica, electricidad, automática, control de procesos, electrónica y comunicaciones.

Fecha de materialización	*2011-2015*
Grado de aplicación industrial	*Media-gran escala*
Posición	*En la media*
Limitaciones	• *Barreras **técnicas** y **económicas** para el **desarrollo**. Barreras económicas para la implantación referidas al **coste** que supone para la empresa **formar** adecuadamente a estas personas.* • *Es destacable también que este tema es el tercero en cuanto a importancia de las barreras **legislativas**.*
Recomendaciones para la implantación	• *Creación de una **titulación específica** que satisfaga las necesidades de un perfil profesional de este tipo.* • ***Colaboración de las empresas** en la formación de los futuros profesionales, planteando sus necesidades en foros de debate y cofinanciando parte de esta formación*
Indicadores de seguimiento	• *Aparición de nuevas titulaciones relacionadas con este perfil* • *Evolución de la matriculación en estas nuevas titulaciones*

T49: Formación/Ámbito laboral: Los departamentos de informática y de automatización de la empresa interactuarán para poder cubrir las necesidades relacionadas con la implantación de las distintas disciplinas de producción (tipo MES), implantando de forma efectiva el intercambio entre proceso y gestión.

VALORACIÓN GLOBAL



Debido a la débil interacción existente hasta la fecha en muchas empresas entre los sistemas de gestión y los sistemas de control de procesos, los departamentos de informática y de automatización han trabajado por lo general de manera muy desacoplada o cuando menos poco coordinada.

Las actuales necesidades relacionadas con la implantación de los **sistemas MES** supondrán un hito para estos profesionales que están "condenados a entenderse mutuamente" e interactuar para poder implantar en sus empresas de forma efectiva el **intercambio de información entre proceso y gestión.**

Fecha de materialización	*2011-2015*
Grado de aplicación industrial	*Media-gran escala*
Posición	*En la media*
Limitaciones	*Técnicas y económicas para la implantación*
Recomendaciones para la implantación	• *Necesidad de la creación de una **titulación de informática industrial** que cubra conocimientos informáticos y de comunicaciones industriales y abarque temas relacionados con la realidad industrial, permitiendo al futuro profesional integrarse mejor en los equipos de trabajo* • ***Colaboración de las empresas** en la formación de los futuros profesionales, planteando sus necesidades en foros de debate y cofinanciando parte de esta formación*
Indicadores de seguimiento	• *Evolución de la implantación de los sistemas MES* • *Aparición de nuevas titulaciones relacionadas con este perfil*

Conclusiones

Actualmente, ante los retos que presenta la globalización y la fuerte presión de los mercados emergentes, los sectores industriales están inmersos en una espiral de esfuerzos que les permitan aumentar sus cuotas de competitividad.

Ante esta coyuntura, la industria española ve cada vez más claro que su futuro puede estar en manos de la **inversión en tecnologías para la automatización** de sus empresas, que les permitirá **reducir los tiempos de ciclos** de producción, **aumentar la flexibilidad** o **mejorar** las **tasas de calidad** y de **seguridad.**

Esta inversión conlleva el miedo de la Sociedad a la pérdida de puestos de trabajo, pero en el entorno en que viven nuestras empresas, marcado por un proceso acelerado de deslocalización industrial, la apuesta por la automatización, lejos de convertirse en fuente de paro, debe verse como una **oportunidad para no perder el tren de la competitividad.**

Para avanzar en esta dirección las empresas deben conocer las alternativas tecnológicas que a todos los niveles, desde el nivel de gestión al nivel de fabricación, están a su disposición.

Áreas como las comunicaciones industriales y los sistemas de información, las arquitecturas de control, la sensórica, la robótica, la identificación y trazabilidad, la interacción Humano-Máquina, etc., deberían ser conocidas por las empresas, así como las posibilidades que ofrecen las tecnologías asociadas a cada una de ellas.

Pero para que esta introducción en las empresas sea plena, y lleguemos a un escenario en que estas tecnologías estén ampliamente implantadas en nuestra industria deberá hacerse frente a **factores** como el **coste**, **dificultades** en su **instalación**, **mantenimiento y uso**, falta de **personal** con conocimientos adecuados a las necesidades de las empresas, falta de **difusión**, falta de **estándares** y de **directrices reguladoras**, etc.

A la vista de estas limitaciones, es imprescindible destacar que las limitaciones técnicas y económicas para el desarrollo de las tecnologías no parecen preocupar demasiado a los expertos. El sector de fabricantes de productos de automatización es un sector dinámico que ofrece productos y soluciones tecnológicamente muy evolucionadas.

Entonces, si a nivel tecnológico no hay problemas aparentemente graves a resolver, ¿Qué podemos hacer para que nuestras empresas se suban al carro de la automatización?

A continuación se destacan algunas de las principales **recomendaciones** que, de forma general, ayudarán a que las tendencias analizadas en este estudio se materialicen en los plazos y en la magnitud esperados, haciendo que las empresas industriales gocen de niveles de automatización mayores a los actuales:

- Establecimiento de **directrices** por parte de las Administraciones que establezcan la necesidad del uso de estándares.
- Al ser la automatización un campo en que los avances tecnológicos son muy rápidos y cada vez más complejos, se requiere que los especialistas tengan una formación continuada. Por ello, es conveniente establecer, desde las Administraciones, medidas de fomento de la **formación continuada** por parte de los técnicos empleados.
- La **colaboración Universidad-Empresa** será vital para la correcta formación de los futuros profesionales. Esta colaboración tiene dos vertientes:
  - Por una parte la creación de **foros** que ayuden a disminuir el alejamiento existente entre la comunidad universitaria y la empresa, que fomenten el entendimiento mutuo y permitan establecer relaciones de colaboración beneficiosas para ambas partes, promoviendo la oferta de actividades formativas complementarias e innovadoras que pongan a los futuros profesionales en contacto con el mundo empresarial, su realidad y los conocimientos que a ese nivel se manejan y se requieren.
  - Por otra, la **participación** económica de las **empresas en la formación** de los futuros profesionales.
- La necesidad de **adaptar** el **sistema educativo** a las demandas del **mercado laboral** hace necesario que por parte de las Administraciones se promueva la creación de nuevas titulaciones universitarias y estudios que cubran dicho objetivo.
- Mayor **difusión** de los conceptos relacionados con el mundo de la automatización entre las empresas, incluso en las pequeñas, para que éstas no lo vean como algo lejano a su realidad.

Anexo I
Listado de miembros del Panel de Expertos

Panel de Expertos

NOMBRE	ENTIDAD
Juan Carlos Arenas	ABB Sistemas Industriales S.A.
José Ignacio Armesto	Universidad de Vigo Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática
Jordi Ayza	Escuela Universitaria Politécnica de Mataró Universidad Politécnica de Cataluña
Antonio Barrientos	Universidad Politécnica de Madrid Departamento de Automática Ingeniería Electrónica e Informática Industrial
David Cuesta	Instituto Tecnológico de Informática Universidad Politécnica de Valencia
Salvador Giró	Infaimon S.L.
Rodolfo E. Haber	Instituto de Automática Industrial CSIC
Joan Marrugat	Pertegaz S.L. (16 años de experiencia trabajando en la Multinacional Rockwell Automation)
José Luís Miñana	Instituto Universitario de Automática e Informática Industrial Universidad Politécnica de Valencia
Joan Antoni Pastor	Universidad Politécnica de Cataluña Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos
César de Prada	Universidad de Valladolid Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática
Guillermo Prados	National Instruments
Félix Sánchez	ITCL (Instituto Tecnológico de Castilla y León)

Anexo II
Cuestionario

Automatización integral de la empresa industrial	Nº de respuestas	Nivel de conocimiento				Grado de Importancia				Fecha de materialización					Grado de aplicación industrial				Posición de España				Principales barreras				
		Experto	Alto	Básico	Bajo	Alto	Medio	Bajo	Irrelevante	Hasta el 2010	Del 2011 al 2015	Del 2016 al 2020	Más allá del 2020	Nunca	No se aplicará	Testimonial	Media	Gran escala	Líder	Avanzada	Media	Atrasada	Barreras técnicas para el desarrollo	Barreras técnicas para la implantación	Barreras económicas para el desarrollo	Barreras económicas para la implantación	Barreras legislativas
COMUNICACIÓN																											
1. La interconexión de equipos para control de procesos a nivel de planta mediante buses de campo será una realidad para los procesos continuos, produciéndose la completa migración desde el bucle analógico de 4-20 mA.	105	17	51	26	11	49	47	3	2	39	48	5	2	0	0	5	46	44	2	9	67	15	11	25	24	62	1

Automatización integral de la empresa industrial	Nº de respuestas	Nivel de conocimiento				Grado de Importancia				Fecha de materialización					Grado de aplicación industrial				Posición de España				Principales barreras				
		Experto	Alto	Básico	Bajo	Alto	Medio	Bajo	Irrelevante	Hasta el 2010	Del 2011 al 2015	Del 2016 al 2020	Más allá del 2020	Nunca	No se aplicará	Testimonial	Media	Gran escala	Líder	Avanzada	Media	Atrasada	Barreras técnicas para el desarrollo	Barreras técnicas para la implantación	Barreras económicas para el desarrollo	Barreras económicas para la implantación	Barreras legislativas
2. Estandarización de la comunicación. La diversidad de protocolos de comunicación para las redes tradicionales tenderá a desaparecer. Todos los dispositivos de la red industrial, desde la máquina al sistema de gestión, tenderán a utilizar unos pocos estándares de comunicación (p. ej. Ethernet u otro estándard).	102	19	54	26	3	71	25	3	0	27	45	14	7	3	6	4	38	51	2	7	65	20	23	44	25	47	3
3. Uso extensivo de las redes industriales inalámbricas para la instrumentación en planta, llegando incluso a desarrollarse soluciones para comunicar, de forma individual, dispositivos sensores y actuadores con el sistema de control.	96	11	46	35	3	34	48	10	0	11	51	18	11	2	0	24	43	25	1	2	47	38	28	45	16	53	6
4. Se generalizará el uso de componentes inteligentes proactivos capaces de comunicarse con su entorno mediante sistemas de comunicación transparentes tendentes al concepto «plug, discover & play» (buscarán otros componentes, se presentarán, e interactuarán con ellos).	85	6	30	34	14	17	46	18	1	5	39	20	12	3	3	25	40	12	0	4	38	34	39	36	24	36	2
5. El software flexibilizará al hardware en las comunicaciones. Cualquier protocolo de comunicación podrá ser usado y se ejecutará en hardware de uso general personalizado por cada usuario gracias al software.	81	12	34	28	6	34	29	11	1	11	32	18	4	10	6	15	38	18	0	5	45	23	37	29	20	28	2
SISTEMAS DE INFORMACIÓN INTEGRADOS																											
6. El software SCADA tradicional, limitado a supervisión de procesos, desaparecerá, siendo substituido por conjuntos de aplicaciones interconectadas de inteligencia distribuida proporcionando un abanico más amplio de funciones (SCADA+ERP, MES, componentes, …)	84	20	30	25	8	41	29	7	2	13	38	15	7	0	3	9	43	26	0	9	53	16	20	31	27	50	1

Automatización integral de la empresa industrial	Nº de respuestas	Nivel de conocimiento				Grado de Importancia				Fecha de materialización					Grado de aplicación industrial				Posición de España				Principales barreras				
		Experto	Alto	Básico	Bajo	Alto	Medio	Bajo	Irrelevante	Hasta el 2010	Del 2011 al 2015	Del 2016 al 2020	Más allá del 2020	Nunca	No se aplicará	Testimonial	Media	Gran escala	Líder	Avanzada	Media	Atrasada	Barreras técnicas para el desarrollo	Barreras técnicas para la implantación	Barreras económicas para el desarrollo	Barreras económicas para la implantación	Barreras legislativas
7. Sistemas de supervisión y control con capacidad de identificación y previsión de situaciones de fallo complejas, de diagnóstico, de planificación y actuación. Los sistemas serán capaces de planificar, determinar acciones concretas a realizar, ejecutarlas y monitorizar los resultados. Además, serán capaces de trabajar con información incompleta, imprecisa y variante	76	16	31	24	4	31	37	4	0	7	19	27	19	0	1	21	41	12	0	8	29	34	50	36	33	30	3
8. La estandarización de los sistemas de producción, conocidos como MES, como puente entre los sistemas de control de proceso y los sistemas de gestión de la producción, así como la consecuente reducción de sus costes de implantación, permitirá la interconexión efectiva y en tiempo real del mundo de la planta con el de oficina y el intercambio de datos eficaz y eficiente de forma automatizada.	73	17	26	21	9	48	18	4	0	16	35	12	4	1	1	2	42	26	0	6	47	17	13	32	17	49	1
9. En las empresas existirá una estructura que permitirá la adquisición automática, la integración, filtrado y procesamiento de toda la información disponible, no sólo a nivel interno sino también entre todos los agentes que intervienen en la cadena de valor.	72	13	35	19	4	42	29	0	0	10	26	20	10	1	1	8	46	17	0	3	39	25	19	34	20	44	8
10. Las herramientas software de los fabricantes de sistemas de automatización incorporarán tecnologías de información que faciliten el diseño e interoperatividad de los sistemas de control basados en componentes software intercomunicables, surgiendo de esta manera el concepto de «inteligencia distribuida» para el control de sistemas.	71	15	32	20	4	36	28	5	1	13	33	14	5	1	1	3	43	22	0	4	41	20	24	25	22	36	1

Automatización integral de la empresa industrial	Nº de respuestas	Nivel de conocimiento				Grado de Importancia				Fecha de materialización					Grado de aplicación industrial				Posición de España				Principales barreras				
		Experto	Alto	Básico	Bajo	Alto	Medio	Bajo	Irrelevante	Hasta el 2010	Del 2011 al 2015	Del 2016 al 2020	Más allá del 2020	Nunca	No se aplicará	Testimonial	Media	Gran escala	Líder	Avanzada	Media	Atrasada	Barreras técnicas para el desarrollo	Barreras técnicas para la implantación	Barreras económicas para el desarrollo	Barreras económicas para la implantación	Barreras legislativas
11. Implantación de sistemas inteligentes híbridos en el control de procesos y sistemas de automatización.	63	8	18	27	9	18	30	10	0	10	22	10	8	1	0	16	33	7	0	7	27	19	22	22	16	27	2
12. Para solucionar el Problema de los Datos –múltiples fuentes de generación de datos y múltiples usuarios con necesidades diferentes de tratamiento de los datos– habrá motores de búsqueda avanzados y minería de datos (por ej. Google mejorado y ampliado) para ayudar a obtener la información útil contenida en los datos técnicos y productivos.	65	9	23	23	9	31	21	9	1	15	30	11	1	2	2	9	32	18	0	8	34	16	18	18	13	27	2
ARQUITECTURA DE CONTROL. CONTROL Y SEGURIDAD																											
13. Diagnósticos y Sistemas tolerantes a fallos. Los sistemas de control incorporarán la funcionalidad de control de seguridad junto con la de control de proceso, integrando además sistemas de supervisión y diagnósticos de fallo a distintos niveles, que permitan identificar con antelación eventuales averías.	63	7	29	21	5	38	18	1	1	14	24	11	4	0	0	4	36	18	1	7	33	12	22	23	16	31	3
14. Desaparición del concepto PLC actual, evolucionando hacia controladores de automatización programables (PAC), capaces de ejecutar distintas disciplinas de control (control de movimiento, de proceso, de ideas, de variadores de velocidad, control discreto, seguridad, matemática avanzada, visión artificial, etc.). Los PAC integrarán conceptos de PLC, PC y electrónica, reduciendo costes y espacio.	64	11	28	21	3	38	17	5	2	8	28	10	11	2	1	9	25	28	1	6	35	14	18	22	15	36	0
15. Se impondrán las arquitecturas de control abierto, armonizando las tecnologías existentes gracias a nuevos desarrollos e implementación de sistemas de fabricación modulares y reconfigurables, apoyándose en estándares de mercado.	60	11	33	12	2	32	23	2	1	8	33	11	3	1	1	3	39	16	1	6	38	9	24	21	18	22	2

Automatización integral de la empresa industrial	Nº de respuestas	Nivel de conocimiento				Grado de Importancia				Fecha de materialización					Grado de aplicación industrial				Posición de España				Principales barreras				
		Experto	Alto	Básico	Bajo	Alto	Medio	Bajo	Irrelevante	Hasta el 2010	Del 2011 al 2015	Del 2016 al 2020	Más allá del 2020	Nunca	No se aplicará	Testimonial	Media	Gran escala	Líder	Avanzada	Media	Atrasada	Barreras técnicas para el desarrollo	Barreras técnicas para la implantación	Barreras económicas para el desarrollo	Barreras económicas para la implantación	Barreras legislativas
16. Todos los elementos tendrán su propio sistema de control integrado (inteligencia distribuida), que les permitirá aprender de su propia experiencia y adaptarse a cada situación.	62	8	30	20	3	21	25	12	1	2	16	20	17	4	3	17	29	11	0	4	25	24	32	23	14	24	2
17. El nivel de seguridad «security» en las plantas aumentará gracias a la integración de la información generada por la unificación de los controles de acceso a todos los sistemas de control.	57	8	21	22	5	26	19	7	2	13	21	13	4	0	0	10	27	16	0	8	30	12	17	16	9	26	6
SENSORES Y ACTUADORES INTELIGENTES																											
18. La visión artificial se integrará en los procesos de fabricación, llegando su uso a equipararse al que se hace actualmente de los sistemas de control de calidad o de trazabilidad.	68	13	32	17	4	35	30	1	2	16	32	13	4	0	1	3	46	18	0	17	33	14	21	29	14	38	1
19. Los sistemas de análisis 3D tendrán una gran presencia y aplicación en numerosas actividades productivas.	62	6	19	29	8	17	31	9	2	8	24	13	9	1	0	14	41	2	0	7	27	23	21	16	21	30	0
20. Aparecerán y se aplicarán nuevos sistemas sensoriales y actuadores basados en tecnologías punteras, nuevos conceptos físicos, nuevos materiales, etc., que aportarán datos altamente sofisticados a tiempo real y un mejor control de los procesos: ultrasónicos, olfativos, multiespectrales, táctiles, de visión, etc.	63	5	24	26	7	26	27	7	0	1	21	24	10	0	0	10	34	13	0	3	22	29	32	23	27	18	2
21. Aplicación extendida a toda la industria de la analítica de gases, tanto en emisión (medición de contaminación) como en el propio proceso productivo (optimización de combustión, reacciones químicas, etc.).	52	3	9	21	19	23	17	5	1	8	20	10	4	0	0	4	24	15	1	3	25	10	13	10	9	28	7

AUTOMATIZACIÓN INTEGRAL DE LA EMPRESA INDUSTRIAL	Nº de respuestas	Nivel de conocimiento				Grado de Importancia				Fecha de materialización					Grado de aplicación industrial				Posición de España				Principales barreras				
		Experto	Alto	Básico	Bajo	Alto	Medio	Bajo	Irrelevante	Hasta el 2010	Del 2011 al 2015	Del 2016 al 2020	Más allá del 2020	Nunca	No se aplicará	Testimonial	Media	Gran escala	Líder	Avanzada	Media	Atrasada	Barreras técnicas para el desarrollo	Barreras técnicas para la implantación	Barreras económicas para el desarrollo	Barreras económicas para la implantación	Barreras legislativas
22. Se generalizará la utilización de dispositivos multisensoriales, combinando las capacidades de diversos sensores en uno solo.	62	2	26	24	9	17	28	10	1	6	22	16	5	4	0	10	35	9	0	0	28	20	28	15	21	15	1
23. Los sensores y actuadores serán inteligentes y especializados o genéricos –personalizándolos vía software–, realizando por sí solos gran parte del procesamiento de la señal, gracias entre otras cosas al gran desarrollo de los microsistemas.	60	7	27	19	6	27	22	6	0	9	24	15	7	1	0	5	36	13	0	4	27	21	28	17	19	25	0
24. Sensorización ubicua inalámbrica. Los sistemas de sensorización estarán distribuidos/embebidos en el sistema que se quiere monitorizar, comunicándose entre ellos y con la estación central a través de comunicaciones inalámbricas ya desarrolladas o por desarrollar.	61	2	26	23	9	19	25	9	1	3	21	19	11	0	1	14	30	10	0	4	24	22	29	23	17	28	4
25. Gran difusión de los sensores de seguridad, por ejemplo incorporados a la vestimenta laboral, que hará desaparecer la necesidad de barreras físicas, al comunicarse con el resto de la planta y detener la actividad de los equipos en situaciones de riesgo para el operario.	60	3	18	24	13	28	18	10	2	4	17	20	10	4	4	15	27	13	0	1	26	27	21	18	20	31	12
26. Algunos sistemas de visión se integrarán en cámaras inteligentes de muy reducidas dimensiones capaces de realizar los procesos, medidas y decisiones que actualmente realizan sistemas de grandes dimensiones.	62	15	15	23	8	26	24	10	1	13	26	10	6	0	0	13	33	14	0	5	30	17	24	16	13	32	1
27. Los sistemas multicámaras estarán basados en tecnología GigaEthernet de forma que la visualización, control y comunicación se podrá realizar desde cualquier punto de la factoría o incluso desde lugares remotos.	56	10	14	21	9	14	28	10	1	13	22	10	4	0	1	6	33	12	0	3	31	13	14	11	11	25	0

AUTOMATIZACIÓN INTEGRAL DE LA EMPRESA INDUSTRIAL	Nº de respuestas	Nivel de conocimiento				Grado de Importancia				Fecha de materialización					Grado de aplicación industrial				Posición de España				Principales barreras				
		Experto	Alto	Básico	Bajo	Alto	Medio	Bajo	Irrelevante	Hasta el 2010	Del 2011 al 2015	Del 2016 al 2020	Más allá del 2020	Nunca	No se aplicará	Testimonial	Media	Gran escala	Líder	Avanzada	Media	Atrasada	Barreras técnicas para el desarrollo	Barreras técnicas para la implantación	Barreras económicas para el desarrollo	Barreras económicas para la implantación	Barreras legislativas
28. El uso de técnicas multiespectrales (Ultravioleta, infrarrojo, RX,…) permitirá realizar en línea el control de calidad y de procesos en ciertas aplicaciones (Media de temperatura, composición de los materiales, inclusiones,…) que actualmente se deben hacer en el laboratorio.	57	4	19	21	12	15	31	4	1	7	23	13	5	1	1	7	36	4	0	2	28	16	18	20	13	30	3
29. Los sistemas de control basados en visión después de realizar las medidas serán capaces de interactuar en el proceso productivo para variar las condiciones para que la fabricación sea correcta.	59	10	25	17	6	27	26	3	0	11	24	14	4	1	0	12	33	12	0	8	32	13	19	16	16	30	0
IDENTIFICACIÓN Y TRAZABILIDAD																											
30. Aparecerán nuevos sistemas de identificación por marcaje, verificación y/o visión artificial de menor coste y mayor efectividad, lo que hará que su uso se generalice en aplicaciones de control de calidad, trazabilidad, etc.	59	9	25	20	5	28	26	4	0	16	29	10	1	0	0	2	33	23	0	10	34	9	16	18	11	27	2
31. Se extenderá la aplicación de los sistemas de identificación por radiofrecuencia (RFID) en prácticamente todos los entornos industriales, gracias a la progresiva disminución de su coste.	58	5	22	26	5	30	21	6	0	14	29	7	3	1	0	4	23	29	0	8	31	11	11	15	14	26	5
32. Se conseguirá la trazabilidad total del producto a lo largo de su fabricación, así como el control total de la variabilidad del proceso, incluso de las acciones realizadas manualmente por los operarios.	58	10	24	22	2	36	19	1	0	10	23	19	3	0	0	3	26	28	0	11	27	13	11	20	16	30	2
33. Las máquinas y líneas automáticas añadirán información sobre condiciones de proceso y trazabilidad producto-proceso a TAGs RFID o sistemas equivalentes, facilitando el seguimiento completo del rastro a lo largo de toda la cadena de valor.	57	8	22	23	3	29	23	2	0	12	21	16	4	0	0	6	26	23	0	6	31	13	12	16	11	31	3

Automatización integral de la empresa industrial	Nº de respuestas	Nivel de conocimiento				Grado de Importancia				Fecha de materialización					Grado de aplicación industrial				Posición de España				Principales barreras				
		Experto	Alto	Básico	Bajo	Alto	Medio	Bajo	Irrelevante	Hasta el 2010	Del 2011 al 2015	Del 2016 al 2020	Más allá del 2020	Nunca	No se aplicará	Testimonial	Media	Gran escala	Líder	Avanzada	Media	Atrasada	Barreras técnicas para el desarrollo	Barreras técnicas para la implantación	Barreras económicas para el desarrollo	Barreras económicas para la implantación	Barreras legislativas
34. Se extenderán los sistemas de identificación desplazables/portátiles que podrán llevar los operarios en planta o almacén y pondrán a su disposición toda la información referente a producto o máquina in-situ.	58	6	27	19	5	25	24	6	0	16	21	9	8	0	0	5	33	16	0	7	28	18	13	21	12	34	3
35. Los sistemas de visualización no serán los clásicos basados en panel o pantalla, sino que estarán basados en realidad aumentada, integrándose con sistemas de captación de imágenes con generación/combinación de datos sintéticos para presentar la información (p. ej. a través de gafas que según el objeto o elemento al que enfoquen, se presentará al operario información sobre dicho elemento).	51	4	18	19	10	4	22	18	5	1	9	16	17	5	1	25	21	1	0	1	17	30	22	21	26	24	0
36. El desarrollo de componentes software para la interface humano-máquina (HMI-Human Machine Interface) ganará importancia, estandarizándose la forma de interactuar con las máquinas, líneas aéreas, a nivel de una o todas las plantas de una misma empresa.	56	11	30	11	4	35	13	5	1	10	20	12	9	1	0	8	22	23	0	6	34	11	17	17	19	31	2
ROBOTS Y SISTEMAS ROBOTIZADOS																											
37. Se generalizará el uso de robots sencillos y de bajo coste en las PYMES manufactureras para resolver buena parte de sus actividades productivas.	58	12	21	21	3	26	23	8	0	10	18	13	11	2	1	16	28	13	0	5	30	17	12	16	24	38	1
38. Se extenderá el uso de robots manipuladores en las PYMES, que asistirán a los operarios de manera inteligente y segura, de modo que se permita la colaboración entre ambos (humano y robot) compartiendo el espacio de trabajo, incluso con contacto entre ambos.	58	12	19	20	6	17	30	10	0	3	18	15	18	1	0	19	30	8	0	3	26	22	22	18	22	36	7

Automatización integral de la empresa industrial	Nº de respuestas	Nivel de conocimiento				Grado de Importancia				Fecha de materialización					Grado de aplicación industrial				Posición de España				Principales barreras				
		Experto	Alto	Básico	Bajo	Alto	Medio	Bajo	Irrelevante	Hasta el 2010	Del 2011 al 2015	Del 2016 al 2020	Más allá del 2020	Nunca	No se aplicará	Testimonial	Media	Gran escala	Líder	Avanzada	Media	Atrasada	Barreras técnicas para el desarrollo	Barreras técnicas para la implantación	Barreras económicas para el desarrollo	Barreras económicas para la implantación	Barreras legislativas
39. En sectores no manufactureros como la construcción y la agricultura se desarrollarán e implantarán ampliamente robots específicos a sus tareas.	57	10	15	24	7	14	23	13	3	3	12	14	24	0	2	24	22	7	1	2	23	24	27	19	25	33	4
40. Se hará un uso generalizado de robots móviles autónomos en las industrias de manufactura y en los almacenes automatizados, gracias a la evolución de las técnicas de localización y navegación autónoma.	58	11	17	23	6	16	29	10	0	9	19	14	13	0	0	14	31	10	1	4	25	19	18	23	21	36	3
41. La evolución tecnológica de la robótica irá en paralelo a la evolución de la sensórica, ya que los robots integrarán las últimas tendencias en sensores, dotándolos de más inteligencia y fiabilidad.	58	12	20	21	5	23	27	6	0	7	20	14	9	0	0	6	32	17	1	7	28	13	20	16	26	27	0
42. Se generalizará el desarrollo y uso demicro-robots para actividades productivas.	56	6	15	26	8	7	28	14	2	1	11	17	15	3	1	25	20	4	0	3	18	25	25	18	25	18	0
43. Los integradores y empresas automatizadoras se acercarán a la robótica de tal forma que trabajar con un robot será como hacerlo con un PLC, todas las ingenierías tendrán personal cualificado y capacidad, y la robótica no será un terreno cerrado a determinados especialistas.	57	14	21	17	5	27	23	5	1	12	14	11	15	2	2	9	26	17	0	8	26	16	19	19	26	23	1
44. Los robots presentarán una total integración con su entorno gracias, entre otros, a los avances en tecnologías como la visión artificial y las comunicaciones.	58	12	26	16	4	28	24	5	0	6	21	15	13	0	0	10	33	12	0	11	29	10	24	22	24	28	2

Automatización integral de la empresa industrial	Nº de respuestas	Nivel de conocimiento				Grado de Importancia				Fecha de materialización					Grado de aplicación industrial				Posición de España				Principales barreras				
		Experto	Alto	Básico	Bajo	Alto	Medio	Bajo	Irrelevante	Hasta el 2010	Del 2011 al 2015	Del 2016 al 2020	Más allá del 2020	Nunca	No se aplicará	Testimonial	Media	Gran escala	Líder	Avanzada	Media	Atrasada	Barreras técnicas para el desarrollo	Barreras técnicas para la implantación	Barreras económicas para el desarrollo	Barreras económicas para la implantación	Barreras legislativas
TENDENCIAS TRANSVERSALES																											
45. Miniaturización. Se generalizará la aplicación de las nano y micro tecnologías en la producción de bienes intermedios, lo que requerirá del diseño de nuevos procesos de fabricación y manipulación flexible y nuevos métodos de ensamblado y control de calidad para las empresas manufactureras especializadas.	51	2	12	25	12	14	22	7	2	1	13	15	12	1	2	10	29	4	0	1	23	20	26	18	24	14	1
46. Miniaturización: Amplio uso de micro y nano componentes integrados en los sistemas de automatización.	53	2	10	29	12	13	22	10	1	1	13	16	14	1	2	10	27	6	0	2	21	21	25	22	21	15	1
47. Formación/Ámbito laboral: El perfil de un profesional multidisciplinar, con disponibilidad a la movilidad, y con conocimientos básicos de mecánica, electricidad, automática, control de procesos, electrónica, comunicaciones e ingeniería de software, entre otras disciplinas, se implantará ampliamente en las empresas industriales.	55	14	30	9	1	41	10	3	0	8	21	12	4	4	2	4	29	19	4	7	28	11	17	10	18	17	7
48. Formación/Ámbito laboral: El perfil de profesionales altamente especializados, que puedan integrarse y comunicarse en un equipo de trabajo multidisciplinar, será necesario, aunque sus servicios deberán aplicarse a diferentes empresas industriales para conseguir su rentabilidad.	54	10	27	15	2	28	14	7	3	10	19	13	4	2	3	8	30	10	1	5	37	7	11	8	17	25	4
49. Formación/Ámbito laboral. Los departamentos de informática y de automatización de la empresa interactuarán para poder cubrir las necesidades relacionadas con la implantación de las distintas disciplinas de producción (tipo MES), implantando de forma efectiva el intercambio de información entre proceso y gestión.	54	8	29	16	1	29	19	3	1	15	24	5	4	0	0	2	26	24	1	9	34	7	7	17	11	21	0

Automatización integral de la empresa industrial	Nº de respuestas	Nivel de conocimiento				Grado de Importancia				Fecha de materialización					Grado de aplicación industrial				Posición de España				Principales barreras				
		Experto	Alto	Básico	Bajo	Alto	Medio	Bajo	Irrelevante	Hasta el 2010	Del 2011 al 2015	Del 2016 al 2020	Más allá del 2020	Nunca	No se aplicará	Testimonial	Media	Gran escala	Líder	Avanzada	Media	Atrasada	Barreras técnicas para el desarrollo	Barreras técnicas para la implantación	Barreras económicas para el desarrollo	Barreras económicas para la implantación	Barreras legislativas
50. Medioambiente. Se llevará a cabo la automatización de procesos flexibles de «desfabricación» gracias a la integración multisensorial, actuadores multifunción y sistemas robotizados inteligentes y cooperativos, para poder así reutilizar y reciclar los componentes de los bienes duraderos de consumo al final de su vida útil.	50	2	13	24	10	23	16	4	0	0	14	12	13	2	0	12	26	5	0	3	19	19	19	18	21	24	6
51. Simulación: Se implantarán nuevas tecnologías y herramientas que combinarán el modelado y simulación de la planta, diseño, implantación y operación de sistemas de hardware/software incorporados en dispositivos inteligentes.	54	9	23	17	4	28	17	6	0	6	19	11	10	0	0	9	33	10	0	8	26	14	18	19	17	28	0

Anexo III
Referencias

- COTEC. *Robótica* y Automatización. 1ª ed. Madrid: Cotec, 2006. (Documentos Cotec sobre oportunidades tecnológicas; 23).
  ISBN 84-95336-61-8
- FUNDACIÓN OPTI; FUNDACIÓN ASCAMM. *Microtecnologías y Microsistemas. Tendencias tecnológicas a medio y largo plazo.* [Madrid]: Fundación OPTI, 2003.
- MONTES, R.; POZUELO, G. "Buses digitales: una realidad". *Dyna.* Vol. 79 (2004), núm. 3, p. 64-66.
  ISSN 0012-7361
- PRICEWATERHOUSECOOPERS. Trazabilidad. From Farm to Fork [En línea]. [S.l.]: PricewaterhouseCoopers, 2005. <http://www.pwc.com/es/esp/about/ind/Folleto_CIP_trazabilidad.pdf> [Consulta: 3 septiembre 2007]
- TURMOLINI, L. "MES (Manufacturing Execution Systems): qué hacen y cómo operan". *Faro de Vigo* [Vigo] (14 noviembre 2005), p.56.

Patronato de la Fundación Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial

MITYC. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio

AINIA. Instituto Tecnológico Agroalimentario

CDTI. Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial

CIEMAT. Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas

CSIC. Consejo Superior de Investigaciones Científicas

FECYT. Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología

Fundación ASCAMM

Fundación EOI

Fundación Genoma España

Fundación ICT. Institut Català de Tecnología

Fundación INASMET

IDAE. Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía

INESCOP. Instituto Tecnológico del Calzado y Conexas

IQS. Institut Químic de Sarriá

OEPM. Oficina Española de Patentes y Marcas

Fundación OPTI. Juan Bravo, 10 - 4ª Plta. 28006 Madrid. Tel./Fax: 91 781 00 76 / 91 575 18 96. http://www.opti.org