

## Sección Técnica

---

*Este artículo fue publicado en el número 24-2003, páginas 11 a 17.  
Siguiendo la línea de la página Web del INSHT se incluirán los textos íntegros de los artículos  
prescindiendo de imágenes y gráficos no significativos.*

# Mejoras en la seguridad y en la salud a través de la aplicación de estrategias de automatización avanzada

**Antonio López Peláez**

*Departamento de Sociología III (Tendencias Sociales)*

*Facultad de CCPP y Sociología*

*Universidad Nacional de Educación a Distancia*

E-mail: alopez@poli.uned.es

*En este artículo se analizan las mejoras en la seguridad y la salud derivadas de la aplicación de estrategias de automatización avanzada. El cumplimiento de las normas cada vez más estrictas de seguridad en el trabajo ha llevado en los últimos años al desarrollo e implantación de robots que realizan tareas consideradas peligrosas para la salud humana, o que se realizan en contextos hostiles para el ser humano. La descripción de los avances en seguridad derivados de la implantación de robots debe tomar en consideración los nuevos prototipos de robots industriales y de servicios que automatizarán tareas peligrosas en los próximos años. Y debe presentar los nuevos riesgos que se derivan del uso de esta tecnología, que nos sitúan ante un contexto diferente en el ámbito de la prevención, el trabajo y la salud.*

## 1. Introducción

En los últimos cinco años, las ventas de robots en España han superado todas las previsiones, alcanzando tasas de crecimiento superiores al 15% anual. En 1998 las ventas se incrementaron un 51 % respecto a las ventas realizadas en 1997, hasta alcanzar las 1810 unidades vendidas. En 1999 se alcanzó un nuevo record de ventas, instalándose 2112 unidades. El parque operativo de robots en España alcanzó en 1999 la cifra total de 10.437 robots, frente a los 8.633 robots operativos en el año anterior. Paralelamente a la expansión de la robótica industrial, estamos asistiendo a la incipiente incorporación de robots de servicios en diversas áreas de actividad: en 1999, el parque operativo de robots de servicios en todo el mundo alcanzó las 6.600 unidades. La Federación Internacional de Robot prevé que entre los años 2001 y 2003, el parque de robots de servicios aumente rápidamente, alcanzado las 319.400 unidades (incluyendo los robots de uso doméstico, y los robots de limpieza/aspiradores) (IFR, 2000). Es obvio que la expansión simultánea de los robots industriales y de servicios en los próximos años influirá sobre la evolución del empleo, las condiciones de trabajo, y la organización empresarial y doméstica.

El cumplimiento de las normas cada vez más estrictas de seguridad en el trabajo ha llevado en los últimos años al desarrollo e implantación de robots que realizan tareas consideradas peligrosas para la salud humana, o que se realizan en contextos hostiles para el ser humano. La descripción de los avances en seguridad derivados de la implantación de robots debe tomar en consideración los nuevos prototipos de robots industriales y de servicios que automatizarán tareas peligrosas en los próximos años. Y debe presentar los nuevos riesgos que se derivan del uso de esta tecnología, que nos sitúan ante un contexto diferente en el ámbito de la prevención, el trabajo y la salud. En este artículo, analizaremos los principales factores que influyen en la evolución del mercado de robots industriales, los impactos sobre la reducción de accidentes laborales, la automatización de tareas consideradas peligrosas para la salud de los trabajadores en los próximos años, y las previsiones de los expertos españoles en relación con la evolución y tipificación de los impactos de la robotización relativos a las condiciones de trabajo y la salud de los trabajadores, haciendo especial hincapié en el análisis de los factores estresores en un contexto laboral caracterizado por una creciente automatización.

## **2. Las estrategias de automatización avanzada y su impacto sobre la seguridad y la salud**

Una de las aportaciones fundamentales de los robots en el ámbito de la producción industrial es la realización de trabajos en condiciones y ambientes hostiles y peligrosos. El cumplimiento de las normativas de seguridad en el trabajo, y la disminución de los riesgos inherentes a determinadas tareas (como la soldadura o pintura en el área de automoción), son dos de los objetivos principales para invertir en robots industriales. Por ejemplo, la pintura con pistola pulverizadora mediante robots permite evitar que los trabajadores se contaminen, la superficie pintada resulta más uniforme, se pierde menos pintura, son necesarios menos retoques, y hay menos desechos. Diversas investigaciones señalan cómo disminuyen el número de accidentes laborales, pero aumenta el riesgo de sufrir accidentes laborales más graves, derivados de las características de los sistemas tecnológicos instalados, y de las condiciones de trabajo en ese contexto. En las cadenas de montaje, "cuando se incorpora un robot o una máquina de producción automática a una cadena con operadores humanos, hay que darse cuenta de que el trabajador a quien el robot pasa el trabajo sigue el ritmo de la máquina. Esto puede resultar muy difícil (...) es obvio que el diseñador y el instalador tienen que conocer los principios ergonómicos para que la fatiga y la tensión puedan mantenerse a un mínimo" (Knight, 1989: 2146). Los estudios realizados en la década de los años 80, muestran como "los sistemas automáticos tienen un excelente record de seguridad en comparación con los sistemas de trabajo intensivo a los que sustituyen" (Knight, 1989: 2146).

En estudios recientes sobre la utilización de robots en el área del vidrio, cerámica y materiales afines, se ha podido comprobar cómo "el uso de automatismos para eliminar el movimiento manual del material desempeña un papel importante en la prevención de las lesiones ergonómicas. Los automatismos han reducido los esfuerzos ergonómicos y las graves lesiones con desgarro que históricamente se han asociado a la manipulación del material (por ejemplo, vidrio plano) por el personal de producción" (Hellerstein, Bender, Hadley y Omán, 1999: 843). Sin embargo, las características tecnológicas de los robots introducen nuevos riesgos: "la mayor utilización de robots y la automatización de procesos introduce los riesgos propios de la maquinaria móvil y la

energía eléctrica, lo cual transforma los tipos de peligros o los desplaza a otros operarios" (Hellerstein, Bender, Hadley y Omán, 1999: 843).

La rápida evolución tecnológica y la creciente implantación de robots industriales (y de servicios), hace necesario considerar, junto con las experiencias empíricas disponibles sobre los impactos de la Robótica en la seguridad y la salud, las previsiones de los expertos sobre las nuevas áreas de actividad que van a ser automatizadas en los próximos años, para poder establecer estrategias adecuadas que, sobre la base de los impactos que ya conocemos, y de los impactos previsibles en los próximos años, permitan mejorar las condiciones de seguridad en el trabajo. Por ello, hemos desarrollado una investigación prospectiva (Tezanos, Díaz, Sánchez Morales y López, 1997; López Peláez, 2000), en la que nos hemos dirigido a expertos en innovación tecnológica y diseño de robots, a expertos en desarrollo de sistemas robotizados aplicados a la producción industrial y los servicios; a expertos en la gestión de dichos sistemas, en su implantación y mejora; a expertos en la formación del personal que trabaja con sistemas automáticos y robotizados; a cuadros sindicales conocedores de esta cuestión; así como a especialistas españoles en el análisis de las características y consecuencias de los sistemas automáticos en la industria. El grupo de expertos consultados en ambos estudios Delphi puede considerarse que está altamente capacitado para analizar los impactos reales de los sistemas robotizados y su difusión, más allá de las cualificaciones en la investigación tecnológica punta en robots cuya viabilidad en el mercado depende justamente de los aspectos que aparecen planteados a lo largo de esta investigación. Los impactos de la Robótica sobre la seguridad y la salud en el trabajo disminuyen los riesgos físicos, pero generan nuevas condiciones de trabajo en las que aparecen nuevos factores estresores. Si no se evalúan y se establecen estrategias adecuadas, estos factores pueden generar nuevas enfermedades profesionales.

### **3. Evolución de los factores estresores en un contexto de fuerte automatización**

La Robótica disminuye los riesgos físicos que se derivan de trabajar en contextos hostiles, de difícil acceso, con materiales tóxicos que implican graves riesgos para la salud y seguridad del trabajador. Los nuevos robots industriales y de servicios se orientan a automatizar este tipo de tareas, tanto en la construcción, como en el ámbito de la investigación submarina, espacial, el área de la energía nuclear, y las áreas de actividad de sectores tradicionalmente consumidores de robots, como el sector automovilístico, que utilizan materiales tóxicos y en los que se trabaja en condiciones peligrosas para la salud. Ahora bien, la evolución del mercado de robots muestra un crecimiento muy elevado, que se prevé continúe en los próximos años. Ante la mayor presencia de robots industriales y de servicios en diversas áreas de actividad, es necesario tomar en cuenta las previsiones de los expertos, para establecer estrategias que aumenten la seguridad y la salud en un contexto caracterizado por la presencia masiva de sistemas robotizados. Los nuevos riesgos, como hemos podido observar, van unidos a las estrategias de aplicación de los sistemas automáticos y robotizados: nos encontramos con una disminución de los riesgos físicos derivados de la manipulación de objetos y sustancias peligrosas, y con un aumento derivado de las nuevas condiciones de trabajo. Son los siguientes (tabla nº 3.1):

**TABLA 3.1**

**Los impactos de la Robótica: contexto organizacional, características de los nuevos puestos de trabajo, mejoras y riesgos para la seguridad y la salud**

Contexto organizacional	Características de los puestos de trabajo	Mejoras de la salud y la seguridad derivadas de la implantación de sistemas automáticos y robotizados	Nuevos riesgos s. derivados de la implantación de sistemas automáticos y robotizados .
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumentará la flexibilidad en la jornada laboral (tanto del horario a turnos como de la jornada flexible)</li> <li>- Aumentará los niveles de formación de los trabajadores.</li> <li>- Aumentarán los contratos temporales (hasta alcanzar el 40% del empleo en el sector industrial (año 2015) y el 50% del empleo en el sector servicios (año 2010).</li> <li>- Aumentará la inestabilidad en los puestos de trabajo.</li> <li>- Los salarios se mantendrán igual que en la actualidad</li> <li>- Reducción de las posibilidades de promoción y carrera profesional.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumentará el numero de tareas y funciones que asumen los trabajadores que operan con sistemas automáticos y robotizados.</li> <li>- Aumentará la movilidad funcional en las empresas con altos niveles de automatización.</li> <li>- Aumentará el nivel de saturación experimentado por los trabajadores en las empresas con altos nivel, de robotización y automatización.</li> <li>- Aumentará el ritmo de trabajo de los trabajadores que operan con sistemas automáticos y robotizados.</li> <li>- Aumentará el enriquecimiento de los puestos de trabajo en las empresas con altos niveles de auto matización y robotización.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminuirán el número de accidentes laborales en las empresas con altos niveles de robotización.</li> <li>- Desde el punta de vista físico, la robotización mejora y optimiza las condiciones de trabajo, eliminando riesgos laborales derivados del trabajo en contextos hostiles o con sustancias tóxicas.</li> <li>- Supresión de trabajos rutinarios y fatigosos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayor nivel de stress derivado de la mayor intensidad y del aumento de la carga de trabajo.</li> <li>- Mayor presión psíquica derivada del requerimiento del ritmo de trabajo del robot, las tareas añadidas y, el aumento de las responsabilidades en la toma de decisiones.</li> <li>- Riesgo de accidentes más graves, derivados de las características de las nuevas tecnologías de automatización: riesgos derivados de la maquinaria móvil y del uso de energía eléctrica.</li> <li>- En áreas de actividad no industriales, como la construcción, la limpieza y mantenimiento de edificios, o la ayuda hospitalaria, riesgos derivados del mal uso o error del robot,</li> </ul>

			relativos a su capacidad móvil, su potencia en el movimiento de objetos, y sus requerimientos energéticos.
--	--	--	--

Fuente: López Pelaéz, A. (2000): *Impactos de la Robótica y la Automatización Avanzada en el trabajo. Estudio delphi*, Madrid, Sistema.

Los estudios empíricos sobre los impactos de las nuevas tecnologías, y específicamente de la Robótica y Automatización avanzada, sobre la seguridad y la salud de los trabajadores, muestran el aumento de los niveles de estrés en aquellos trabajadores que desarrollan su actividad en contextos fuertemente automatizados (López Peláez, 2000). Los factores estresores pueden agruparse en tres grandes ámbitos (Peiró, 1999): el ambiente físico y las características de los puestos de trabajo; el desempeño del rol laboral, las relaciones sociales en el trabajo, y el desarrollo de la carrera profesional en la organización; y, finalmente, las estructuras organizativas y el clima laboral en el que se desarrolla la actividad. Las previsiones de los expertos señalan, como hemos podido analizar anteriormente, cómo la automatización y la robotización afectará a cada uno de estos tres grupos de factores estresores, estableciendo un contexto diferente que debe ser tenido en cuenta para establecer estrategias que disminuyan los riesgos laborales asociados al estrés. En este punto, los expertos prevén un mayor enriquecimiento de los puestos de trabajo en los próximos años, y una disminución de la conflictividad laboral, dos factores que en principio pueden reducir los factores estresores (tabla nº 3.2). Ahora bien, como vemos en la tabla nº 3.3, otros impactos derivados de la expansión de la Robótica y la Automatización avanzada nos sitúan ante un contexto en el que aumentarán los niveles de estrés, derivados de los factores estresores que conlleva la automatización.

**TABLA 3.2**

**Impactos positivos de la Robótica sobre los factores estresores en los próximos diez años (2001-2010): previsiones de los expertos españoles**

<b>Factores estresores relacionados con el ambiente físico y el puesto, de trabajo</b>	<b>Factores estresores relacionados con el desempeño del rol laboral, las relaciones sociales en el trabajo y el desarrollo de la carrera profesional</b>	<b>Factores estresores relacionados con las estructuras organizativas y el clima laboral</b>
Mejora de las condiciones físicas de trabajo: eliminación de riesgos laborales asociados a actividades peligrosas o nocivas para la salud humana.	Enriquecimiento de los puestos de trabajo.  Aumento de las responsabilidades a todos los niveles.  Aumento de la polivalencia	Reforzamiento de los equipos directivos, de los departamentos de I+D, servicios de mantenimiento, servicios comerciales, y sistemas de formación y gestión.

Supresión de trabajos rutinarios o fatigosos.	de los trabajadores.	Incremento de los controles de calidad y productividad..
Disminución del número de accidentes laborales.		

Fuente: López Pelaéz, A. (2000): *Impactos de la Robótica y la Automatización Avanzada en el trabajo. Estudio delphi*, Madrid, Sistema.

**TABLA 3.3**  
**Impactos negativos de la Robótica sobre los factores estresores en los próximos diez años (2001-2010): previsiones de los expertos españoles**

<b>Factores estresores relacionados con el ambiente físico y el puesto de trabajo</b>	<b>Factores estresores relacionados con el desempeño del rol laboral, las relaciones sociales en el trabajo y el desarrollo de la carrera profesional</b>	<b>Factores estresores relacionados con las estructuras organizativas y el clima laboral</b>
Aumentará la saturación en el puesto de trabajo.	Aumentará el número de tareas y funciones que asumen los trabajadores.	Los salarios se mantendrán igual que en la actualidad.
Aumentará el ritmo de trabajo.	Aumentará la movilidad funcional.	Aumentará la inestabilidad en el empleo en el sector industrial y en el sector servicios.
	Aumentará la individualización de las relaciones laborales.	Disminución del empleo en términos absolutos: pérdida de puestos de trabajo
	Disminuirán las posibilidades de carrera profesional.	Disminuirán los puestos de mando intermedios, y las organizaciones tenderán a adoptar estructuras más "planas", con menos niveles jerárquicos.
		Disminuirá la conflictividad laboral.

Fuente: López Pelaéz, A. (2000): *Impactos de la Robótica y la Automatización Avanzada en el trabajo. Estudio delphi*, Madrid, Sistema.

Frente a las nuevas posibilidades y riesgos derivados de la aplicación de la Robótica y la Automatización avanzada, y teniendo en cuenta las previsiones de expansión de los robots industriales y de servicios en los próximos años, y la experiencia de los últimos 30 años en la implantación y uso de robots industriales, una estrategia dirigida a mejorar

las condiciones de seguridad y salud en el trabajo debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones (cuadro n° 3.1). Se trata de aumentar la polivalencia y los niveles de formación de los trabajadores, y a la vez de regular el mercado de trabajo para que los posibles impactos negativos derivados de la Robótica y la Automatización avanzada no supongan un incremento de los riesgos relativos a la seguridad y la salud de los trabajadores. Específicamente, los expertos señalaban dos niveles en los que deben tomarse medidas para reducir los impactos negativos de la Robótica: en el ámbito de las empresas que instalan estos sistemas, y en el ámbito global de una sociedad tecnológica avanzada en la que cada vez se alcanzan mayores niveles de automatización.

En el ámbito de los puestos de trabajo y de las empresas que instalan robots y sistemas automáticos de trabajo, será necesario aumentar los niveles de capacitación, responsabilidad y nivel técnico de los trabajadores, a la vez que deben establecerse programas de formación continua y reciclaje. Aumentarán las exigencias formativas, y debe establecerse un proceso de adaptación constante al sistema y a las nuevas condiciones de trabajo. La finalidad de este proceso es llegar a una transformación progresiva que desemboque en un compromiso con la automatización. Según los expertos, en este proceso pueden distinguirse tres fases: en un primer momento, aumentará la conflictividad hasta que se consiga la adaptación; en un segundo momento, se conseguirá la acomodación-negociación de aspectos técnicos y sociales para permitir el ajuste persona/puesto/entorno; en un tercer momento, se logrará la participación-aceptación activa (con propuestas consensuadas de nuevas directrices y mejoras de los sistemas implantados, que desembocarán en un mayor compromiso del trabajador y de la empresa con la automatización).

En el ámbito de la sociedad globalmente considerada, hay que tener en cuenta que los impactos previsibles de la Robótica y la Automatización avanzada provocarán un aumento de la productividad global del sistema económico, y una mejora de la calidad y del precio de la oferta de bienes y servicios, facilitando el tránsito hacia una sociedad del ocio. Pero, junto a estos impactos positivos, la automatización de un número cada vez mayor de tareas en cada vez más áreas de actividad, llevará a una variación importante en una parte significativa de la población activa, un aumento del paro en las áreas en las que se implantan los robots y los sistemas automáticos de trabajo, y establecerá nuevas exigencias de formación que aumentarán las dificultades de los colectivos con bajos niveles formativos para encontrar puestos de trabajo. Por ello, los expertos señalaban que, junto a las estrategias organizativas dirigidas a mejorar las condiciones de los puestos de trabajo en las empresas con altos niveles de automatización, deben tomarse decisiones políticas para reducir los impactos negativos de la robotización: pensiones para grupos excluidos, incremento de los recursos del Estado del Bienestar para proporcionar ingresos a las personas que pierden su puesto de trabajo, y para financiar programas de formación y capacitación técnica que aumenten las posibilidades de los sectores de trabajadores afectados para encontrar otro puesto de trabajo.

**CUADRO 3.1**  
**Estrategias para mejorar las condiciones de seguridad y salud en el trabajo en un contexto caracterizado por la expansión de la automatización avanzada en el sector industrial y en el sector servicios**

- Aumento del nivel formación de los trabajadores, específicamente en el área de automática y robótica.
- Formación continua dirigida no sólo al conocimiento de nuevas tecnologías, sino a la capacitación de los trabajadores para poder desarrollar más tareas y funciones, asumiendo el nuevo contexto de trabajo. La formación en este campo debe estar dirigida a aumentar la capacidad del trabajador para dominar las nuevas exigencias de los sistemas de trabajo, gestionando mejor el nivel de estrés.
- Regulación de la jornada de trabajo y de los períodos de actividad, teniendo en cuenta la mayor intensidad del mismo y el aumento de la carga de trabajo y la saturación del trabajador derivados del uso del robots y sistemas de trabajo automáticos: establecimiento de períodos de descanso que sustituyan las estrategias informales de descanso (ya que estas desaparecen en contextos de trabajo muy automatizados, donde el operario debe seguir el ritmo de la máquina automática).
- Establecimiento de normativas que regulen el uso de robots en nuevas áreas de actividad (limpieza y mantenimiento de edificios, seguridad, hostelería, construcción, agricultura, salvamento, y tareas domésticas), a través de la creación de productos estandarizados que minimicen los posibles riesgos derivados de su uso: accidentes derivados de la capacidad móvil del robot y su fuente de alimentación energética.
- Promoción de programas de formación y capacitación del usuario en aquellas áreas de actividad en las que se están implantado robots, más allá de los sectores tradicionalmente usuarios de robots industriales.

#### **4. Bibliografía**

- AKEEL, H.A., RUTLEDGE, G.J. (2000): "Technological Enhancements and Their Effect on Price/Performance Indicators of Industrial Robots", in (IFR) (2000): World Robotics 2000, New York/Geneva, United Nations, pp. XIV XX.
- CASTILLO, J.J. (1998): A la búsqueda del trabajo perdido, Madrid, Tecnos.
- CASTILLO, J.J. (ed.) (1999): El trabajo del futuro, Madrid, Editorial Complutense.
- HELLERTEIN, J.P, BENDER, J., HADLEY, J.G. y HOHMAN, C.M. (1999): "Vidrio, cerámica y materiales afines", en OIT (1999): Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo, Madrid, Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, pp. 842-843. International Federation of Robotics (IFR) (2000): World Robotics 2000, New York/Geneva, United Nations.
- KINGHT, A.L. (1989): "Robots y maquinaria de producción automática", en OIT (1989): Enciclopedia de salud y seguridad laboral en el trabajo, Madrid, Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, pp. 2143-2147.



- LÓPEZ PELÁEZ, A. (1996): "El trabajo robotizado: perspectivas sobre la producción industrial en la sociedad tecnológica emergente", en Sistema. Revista de Ciencias Sociales, n° 135, pp. 75-104.
- LÓPEZ PELÁEZ, A. (1997): "Robótica", en Enciclopedia Universal Espasa Calpe. Apéndice 1995-1996, Madrid, Espasa Calpe, 35 págs.
- LÓPEZ PELÁEZ, A. (1998): "Los procesos de robotización y sus impactos sociales", en Tezanos Tortajada, J.F. y Sánchez Morales, M.R. (1998): Tecnología y Sociedad en el nuevo siglo. Segundo Foro sobre Tendencias Sociales, Madrid, Sistema, pp. 701-730.
- LÓPEZ PELÁEZ, A. (2000a): Impactos de la robótica y la automatización avanzada en el trabajo. Estudio Delphi, Madrid, Sistema.
- LÓPEZ PELÁEZ, A. (2000b): "Tendencias en Robótica y Automatización Avanzada. ¿Hacia un nuevo modelo de trabajo?", en Tezanos Tortajada, J.E (ed.) (2000): Escenarios del nuevo siglo. Cuarto Foro sobre Tendencias Sociales, Madrid, Sistema, pp. 171-196.
- LÓPEZ PELÁEZ, A. (2000c): "Prospectiva, Robótica Avanzada y Salud Laboral", en Prevención, Trabajo y Salud. Revista del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, n° 6, pp. 14-21.
- LÓPEZ PELÁEZ, A. (2000d): "Towards a new work pattern? Trends of Automation and Robotics Systems in manufacturing and services", in Robotics, (Journal of International Federation of Robotics), n° 40, pp. 8-10.
- LÓPEZ PELÁEZ, A. (2001), "Robótica", en Enciclopedia Universal Espasa Calpe, Apéndice 1999-2000, Madrid, Espasa Calpe, 40 págs.
- LÓPEZ PELÁEZ, A. y KRux, M. (2000), "Social Impacts of Robotics and Advanced Automation towards the Year 2010", The IPTS Report, (edited by The Institute for Prospective Technological Studies, European Commission), n° 48, pp. 34-40.
- PEIRO, J.M (1999): Desencadenantes del estrés laboral, Madrid, Pirámide.
- TEZANOS TORTAJADA, J.E (2001 b): El trabajo perdido. ¿Hacia una sociedad postlaboral?, Madrid, Biblioteca Nueva.
- TEZANOS, J.F., DÍAZ, J.A., SÁNCHEZ MORALES, M.R. y LÓPEZ, A. (1997): Tendencias científico-tecnológicas en España. Estudio Delphi 1997, Madrid, Sistema.
- WARMBOLD, J. (2000): "Robot palletizes vitamins", in (IFR) (2000): World Robotics 2000, New York/Geneva, United Nations, pp. 273-275.
- WEICHBRODT, B. (2000): "Industrial Development in Robotics", in IFR (2000): World Robotics 2000, New York/Geneva, United Nations, pp. IX-X.