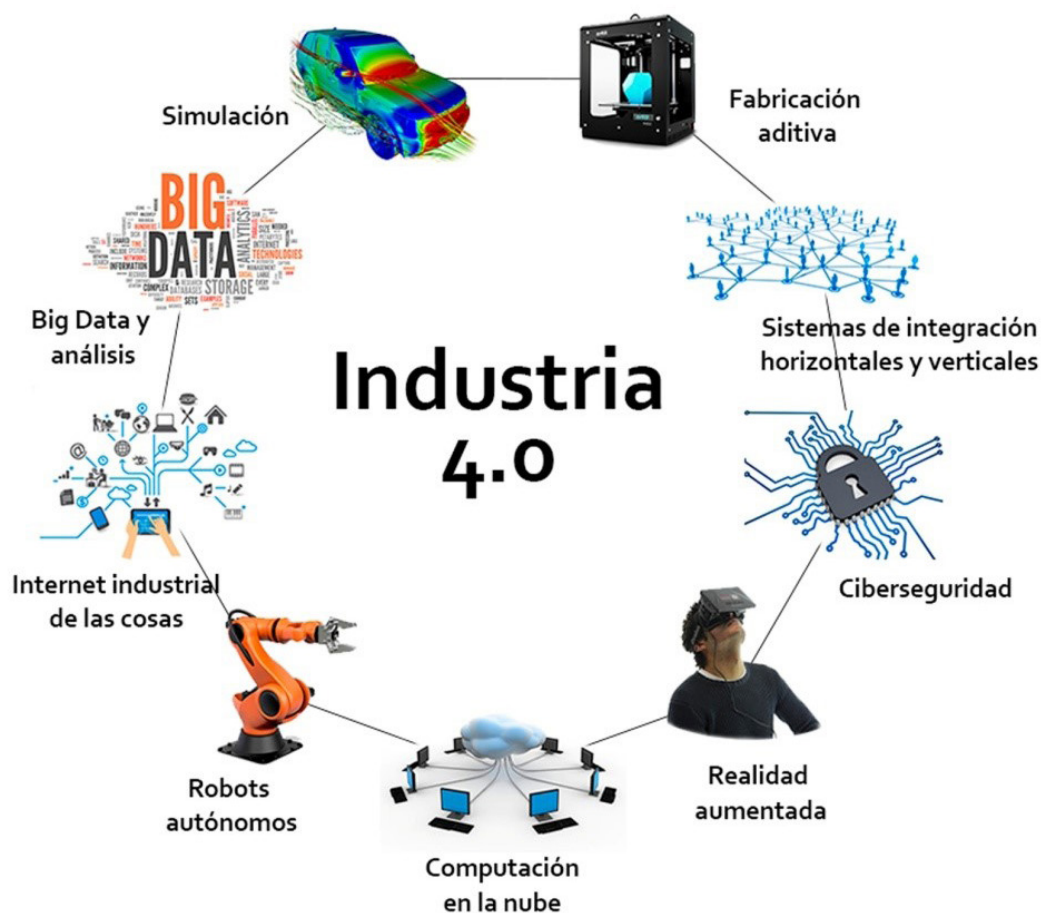


Nos cuesta comprender la manera acelerada en que ha venido evolucionando la tecnología, particularmente la electrónica y la informática. Hoy nos parece normal llevar en el bolsillo un teléfono celular ‘inteligente’, que contiene un microprocesador rapidísimo, memoria que nos permite almacenar vastos volúmenes de datos, capacidad de comunicarse por redes telefónicas o inalámbricas (Wi-Fi, Bluetooth), cámaras digitales, sensores de movimiento, lámpara LED, maneras de conocer la ubicación geográfica (geoposicionamiento, GPS) y un largo etcétera. Estos dispositivos nos permiten navegar por la Web, enviar mensajes de texto, ‘chatear’ con amigos y familia, reservar alojamiento, conseguir transporte, solicitar comida, registrar nuestros ejercicios – que puede incluir el recorrido, el consumo de energía, los pasos dados, los latidos del corazón y mucho más.

La miniaturización electrónica ha permitido múltiples innovaciones más allá de microprocesadores, memorias, pantallas, teclados, ratones y discos duros – que solemos asociar a las computadoras personales y las portátiles. Los dispositivos electrónicos digitales pueden ahora concentrar grandes capacidades de cómputo, comunicaciones y almacenamiento en muy poco espacio. Tener microprocesadores o microcontroladores significa que los podemos programar, para desarrollar aplicaciones de software, que pueden coordinar el trabajo de otros elementos electrónicos y facilitar la creación de múltiples formas de interacción entre las personas y su entorno.

Una de los temas ‘calientes’ actualmente es la ‘Internet de las cosas’: microprocesadores conectados a sensores que ‘sienten’ fenómenos del mundo físico que nos rodea y los transforman en señales electromagnéticas que sirven como entradas de datos. Esos dispositivos electrónicos pueden conectarse a redes domésticas, industriales o de telefonía celular, que les permiten comunicarse vía Internet con otros sistemas capaces de procesar volúmenes masivos de datos. Los dispositivos pueden reaccionar autónomamente a los estímulos que reciben del entorno, o bien recibir órdenes de sistemas informáticos externos, que ‘disparan’ la activación de actuadores sobre el mundo físico – controlados por microprocesadores que siguen instrucciones de programación (software).

Por analogía con el trabajo de los ti-



Sistemas ciberfísicos

mones (kybernetes en griego) en las embarcaciones, Norbert Wiener acuñó el término ‘cibernética’ para referirse a la unión de la comunicación y el control en sistemas o mecanismos complejos. Según Stafford Beer, “la Cibernética estudia los flujos de información que rodean un sistema, y la forma en que esta información es usada por el sistema como un valor que le permite controlarse a sí mismo: ocurre tanto para sistemas animados como inanimados indiferentemente”.

Los sistemas ciberfísicos están conformados por dispositivos (hardware) y programas (software) que interactúan con el mundo físico gracias a los sensores (que captan señales o estímulos) y responden vía actuadores para cambiar el estado del mundo real.



Las instrucciones de los programas son las que dan ‘inteligencia’ al cómputo, que puede incorporarse en sistemas y procesos en hogares, organizaciones y el mundo físico (el campo, las carreteras, los vehículos, los puertos, etc.). Los dispositivos digitales de los sistemas ciberfísicos contienen microprocesadores, memorias, sensores y actuadores, así como conexiones a redes para almacenar y analizar conjuntos de datos. Todo esto habilita la interacción entre los dispositivos digitales y el mundo, lo que abre un extensísimo potencial de aplicaciones innovadoras de gran valor e impacto económico, social y ambiental.

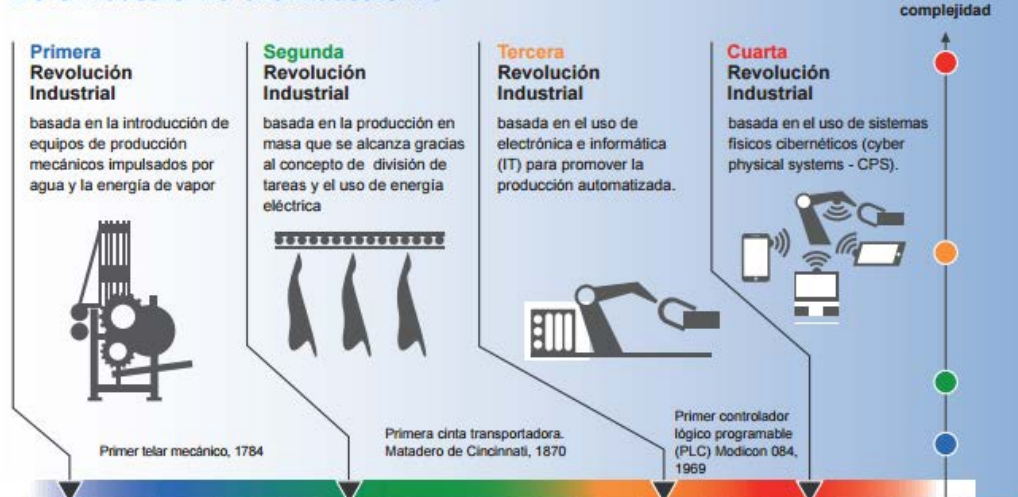
La ‘Internet de las cosas’ posibilita innovaciones que permiten conservar el ambiente, monitorear y administrar los recursos naturales, investigar la biodiversidad, alertar sobre propagación de epidemias, resolver problemas de tráfico, prevenir fatiga en puentes, carreteras y edificios, ahorrar energía y dis-

tribuir la mejor, comprender la dinámica de los sistemas físicos y biológicos, diseñar ambientes urbanos sostenibles y seguros.

Para ser útiles, los sistemas ciberfísicos deben ser confiables, seguros y utilizables, de manera que puedan ser aplicados en muy diversos contextos. El diseño de sistemas ciberfísicos confiables y seguros es desafiante; su construcción, integración, verificación y validación debe ser cuidadosa, dado que tales sistemas pueden ser de seguridad crítica – deben estar protegidos contra daños no intencionales, deben “estar libres de aquellas condiciones que pueden causar muerte, lesión, enfermedad a personas, o daño o pérdida en equipos, propiedades o el ambiente”.

Crear sistemas ciberfísicos confiables y eficientes requiere ser abordado desde una perspectiva de Ingeniería. En Costa Rica no hay una carrera denominada ‘Ingeniería de Sistemas Ciberfísicos’, pero las carreras de **Ingeniería Mecatrónica** – que ofrecen el TEC (Tecnológico de Costa Rica) y la Universidad Invenio – dan una excelente preparación que integra la Electromecánica, la Electrónica, la Informática y los Sistemas de control, para que sus graduados puedan participar en el diseño y el desarrollo de productos o procesos que incorporen in-

De la industria 1.0 a la industria 4.0



Agradecimientos

Ignacio Trejos Zelaya, M.Sc., es profesor de Informática en el Tecnológico de Costa Rica y en la Universidad Cenfotec. Su investigación se centra en Lenguajes de programación, Ingeniería del software y Educación en Informática.