

## SISTEMAS AUTÓNOMOS

# El camino desde la automatización hasta los sistemas autónomos



A menudo nos referimos a los datos como el petróleo de la economía digital, pero en el contexto de la Cuarta Revolución Industrial, es probable que los algoritmos de autoaprendizaje para la ingeniería, el funcionamiento y el control autónomos sean la clave del éxito. Los que lideren el mercado en el futuro serán aquellos que cuenten con la experiencia sectorial para desarrollar los algoritmos de aprendizaje automático específicos de la industria que mejoren la productividad de sus clientes.



**Wilhelm Wiese**  
ABB Global Industries  
and Services  
Bengaluru, India

wilhelm.wiese@  
in.abb.com

Todo el mundo habla de los automóviles autónomos →1. De hecho, el desarrollo que ha vivido esta tecnología en los últimos años es tan impresionante que se sitúa muy por delante de lo que está sucediendo en el campo de la automatización industrial. Por lo tanto, para entender mejor lo que está pasando, ABB ha analizado de cerca cómo la industria automovilística define los cinco niveles de conducción autónoma [1,2,3] en el contexto de los sistemas actuales de automatización industrial → 1.

**Nivel 0.** Aquí es donde nos encontramos hoy, es decir, donde un ser humano lo controla todo. En el contexto de la automatización industrial, el nivel cero es la forma en que los operadores operan sus plantas durante la fase de puesta en marcha, cuando configuran y optimizan los procesos.

**Nivel 1.** Según la Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en Carretera (NHTSA) de Estados Unidos, este nivel se caracteriza por «un sistema avanzado de asistencia al conductor (ADAS)... que a veces puede asistir al conductor humano con la dirección, el frenado o la aceleración, pero no con todo a la vez».

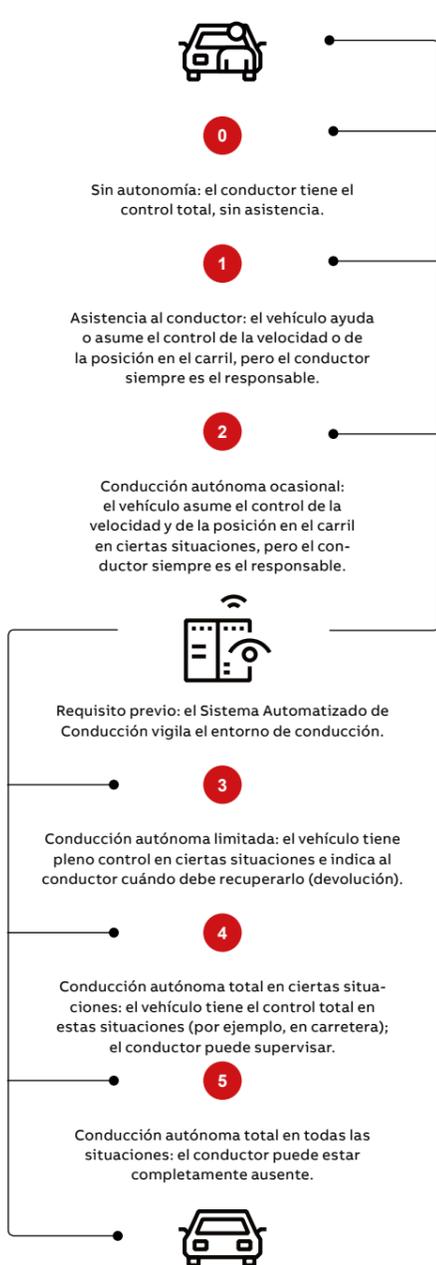
— **La tecnología actual de operación de plantas ha alcanzado un nivel de autonomía que se sitúa entre los niveles 2 y 3.**

En el contexto de la automatización industrial, esto se replica mediante lazos de control que mantienen determinadas variables de proceso en puntos de consigna en función de la realimentación procedente de sensores.

**Nivel 2.** La NHTSA describe este nivel como «un sistema avanzado de asistencia al conductor (ADAS)... que en realidad controla tanto la dirección como el frenado/la aceleración a la vez en determinadas circunstancias. El conductor humano debe seguir prestando toda su atención en todo momento y realizar el resto de la tarea de conducción.» En el contexto de la automatización industrial, así es como la mayoría de los operadores operan sus plantas. Están en la sala de control observando la producción y solo intervienen si una alarma indica que determinadas variables de proceso se han desviado en algún sentido no deseado o inesperado.

**Nivel 3.** Según la NHTSA, este nivel se caracteriza por «un Sistema Automatizado de Conducción (ADS)... que puede realizar por sí mismo todos

los aspectos de la tarea de conducción en determinadas circunstancias. En dichas circunstancias, el conductor humano debe estar preparado para retomar el control en cualquier momento en que el ADS se lo solicite. En el resto de circunstancias, la tarea de conducir recae en el conductor humano.» En el contexto de la automatización industrial, esto equivale aproximadamente a una planta con producción continua y solo un puñado de empleados de servicio in situ para mantenerla en marcha.



01

	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
Control		×			
Operación		×	×		
Ingeniería	×				

02

— 01 Niveles de sistemas autónomos reflejados como vehículos de conducción autónoma.  
— 02 Niveles en los que se ha logrado autonomía en la industria.

**Nivel 4.** Este nivel se refiere a un «Sistema Automatizado de Conducción (ADS)... que puede realizar por sí mismo todas las tareas de conducción y supervisar el entorno de conducción -básicamente, realizar toda la conducción- en determinadas circunstancias. En estas circunstancias, el ser humano no necesita prestar atención». La tecnología actual de automatización está aún lejos de este nivel en la mayoría de los sectores.

**Nivel 5.** Aquí, un «Sistema Automatizado de Conducción (ADS)... puede asumir toda la tarea de conducción en todas las circunstancias. Los ocupantes humanos son meros pasajeros y no tienen que intervenir nunca en la conducción». Creemos que aún queda bastante tiempo para que la industria automovilística alcance este nivel.

**Tres perspectivas de los sistemas industriales autónomos**

Tras examinar los niveles de autonomía de los automóviles autónomos, debemos considerar al menos tres perspectivas de los sistemas autónomos industriales →2.

**Ingeniería autónoma.**

La mayoría de los debates sobre los sistemas autónomos giran en torno al funcionamiento autónomo. Sin embargo, una condición previa para el funcionamiento autónomo es la ingeniería autónoma. Si tomamos como base la visión de la Cuarta Revolución Industrial [4], el desarrollo de la automatización industrial puede interpretarse como algo paralelo a los cinco niveles de conducción autónoma. Pensemos, por ejemplo, en la producción y la optimización de los smartphones. Estos dispositivos están caracterizados por cientos de parámetros de configuración diseñados para que los usuarios puedan personalizar sus experiencias de comunicación. Sin embargo, aunque más del 90 % de todos los ajustes se mantienen

según los valores predeterminados, algunos usuarios dedican tiempo a ajustar sus dispositivos y aplicaciones para optimizar su rendimiento. Y en aquellos casos en los que estos ajustes pueden compartirse con el proveedor, la información puede utilizarse para mejorar el producto, reducir los costes de la solución de problemas y optimizar los parámetros predeterminados.

Un paso más podría ser un escenario en el que todos los smartphones pudieran subir sus configuraciones mejoradas a un enorme lago de datos que estaría disponible para todos. De manera análoga, la tecnología actual de automatización industrial ya conecta millones de dispositivos. Esto, sumado al conocimiento de cómo los dispositivos se asocian entre sí, en qué aplicaciones industriales y bajo qué condiciones ambientales, conforman la base de la ingeniería autónoma.

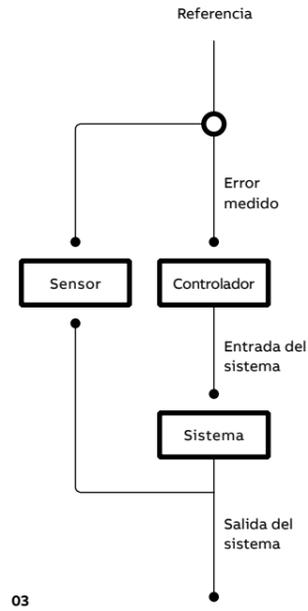
— **Las respuestas probabilísticas generadas por la IA basada en el aprendizaje automático podrían alterar profundamente los sistemas de control industrial del futuro.**

Gracias a las capacidades de análisis de big data, podemos obtener ajustes de dispositivos y aplicaciones que son mucho mejores que los ajustes predeterminados. El modelo de datos afina continuamente estos ajustes. Para conseguir una orientación parecida a la proporcionada por un sistema avanzado de asistencia al conductor, los ingenieros pueden optar entre aplicar los parámetros predeterminados por el propietario del producto o utilizar los ajustes que la mayoría de los ingenieros en todo el mundo han elegido para una configuración similar de una aplicación similar en un entorno comparable. Esta combinación de recursos humanos y automáticos elevaría la ingeniería autónoma del nivel uno al nivel dos. Tras un periodo de maduración, se podría pasar al nivel tres, donde una planta podría cambiar su configuración de forma autónoma, por ejemplo, en función de los cambios ambientales entre verano e invierno. Esta es la razón por la que la ingeniería autónoma constituye en cierta medida una condición previa del funcionamiento autónomo.

**Funcionamiento autónomo**

La tecnología actual de operación de plantas ha alcanzado un nivel de autonomía situado entre los niveles 2 y 3. Pero se necesitará mucho más que solo ingeniería autónoma para alcanzar la plena

- 03 Automatización basada en lazos de control.
- 04 Plan de gestión del riesgo operacional para IA.
- 05 Un robot industrial ABB paletizando carne en un área de congelados. ABB está investigando mucho en tecnologías de producción cada vez más autónomas.



03

autonomía. Para lograrla, los sistemas tendrán que combinar ajustes de dispositivo y aplicación, además de valores de proceso. Un buen punto de partida es un análisis de los datos de décadas de alarmas y sucesos que indican a los operadores cómo se han comportado los sistemas de producción en una amplia gama de condiciones.

No obstante, debemos tener en cuenta que el error humano sigue siendo la principal causa de fallos de producción y paradas de la planta [5]. En vista de ello, la disponibilidad de datos en toda la planta está, evidentemente, en el núcleo del funcionamiento autónomo y constituye un requisito previo para aprovechar el potencial de la tecnología y análisis de datos de hoy en día. El aprendizaje automático, con su almacenamiento ilimitado y su potencia computacional, nos permite, por primera vez, aprovechar esto. Pero para ser totalmente autónomo, este sistema debe ser capaz de cambiar automáticamente una

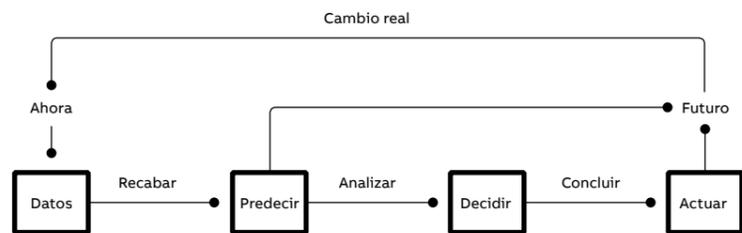
configuración cuando detecte una nueva situación de fallo; es decir, debe ser capaz de ir más allá de lo que ha aprendido a partir de un amplio conjunto de datos de situaciones anteriores y ser capaz de activar y configurar nuevas alarmas por sí mismo y reaccionar ante ellas. Esta nueva configuración es mucho más compleja que cualquier otra cosa que los ingenieros hayan configurado hasta la fecha. En este caso, los datos son el comienzo del funcionamiento autónomo, mientras que los algoritmos de autoaprendizaje conducen al siguiente nivel de autonomía.

**Control autónomo**

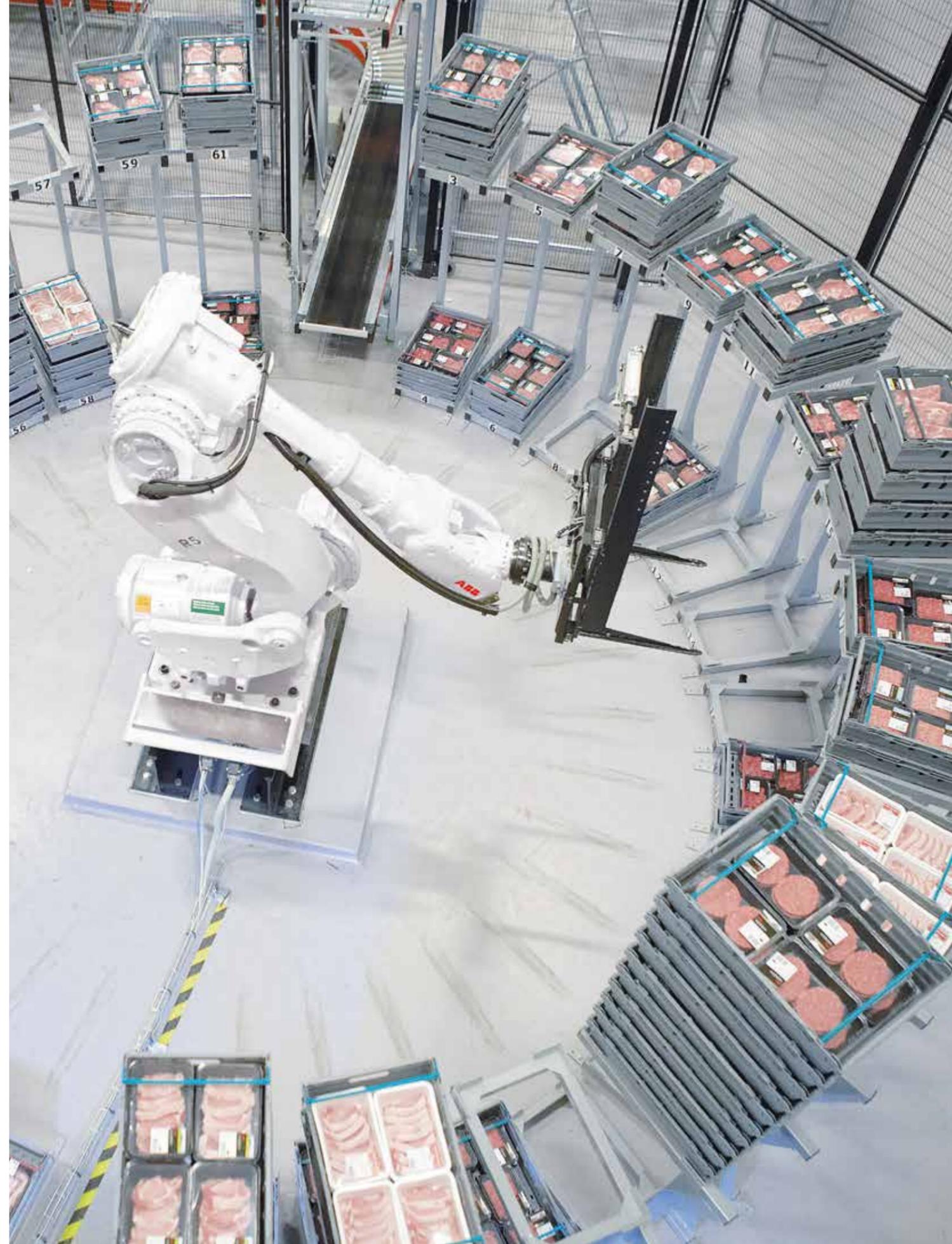
Esto nos lleva al concepto de control autónomo, que es probablemente la parte más controvertida de los sistemas autónomos. El argumento más persuasivo que se utiliza en contra de que el aprendizaje automático vaya a sustituir a la automatización actual basada en lazos de control →3 es que la respuesta de un lazo de control es determinista, mientras que el aprendizaje automático es probabilístico. No cabe duda de que un único lazo de control es determinista, pero debemos cuestionarnos si un sistema de control basado en cientos o incluso miles de lazos de control también lo es.

**El siguiente nivel de control autónomo tendrá que abordar de forma integral la totalidad de los sistemas de automatización industrial.**

En vista de ello, las respuestas probabilísticas generadas por la IA basada en el aprendizaje automático podrían alterar profundamente los sistemas de control industrial del futuro. Si bien es cierto que los sistemas de control basados en tecnologías de la Tercera Revolución Industrial han alcanzado niveles de fiabilidad y rendimiento muy altos, las capacidades de los sistemas que se basen en tecnologías de la Cuarta Revolución Industrial avanzarán a una velocidad nunca antes vista en la industria. Una respuesta probabilística



04



05

del 80 % hoy podría llegar a ser del noventa y 99 % pronto, acercándonos a la de un sistema determinista si consideramos una planta o área de procesos completa.

En los próximos años, la inteligencia artificial cambiará el actual paradigma de control de la clasificación de señales a la analítica de los datos de proceso, de los lazos de realimentación a la predicción, y de la calibración de procesos a la autooptimización →4. Los sistemas basados en inteligencia artificial pronto también serán mucho mejores que los sistemas de lazos de control tradicionales, ya que el aprendizaje automático puede correlacionar cientos y miles de parámetros en lugar de simplemente comparar una variable con un punto de consigna. Para aprovechar este extremo, el siguiente nivel de control autónomo tendrá que abordar de forma integral la totalidad de los sistemas de automatización industrial →5. Esto exigirá la introducción de todos los datos de ingeniería, parámetros de los dispositivos y sus operaciones, así como datos de procesos y datos ambientales, en un sistema basado en el aprendizaje automático y su entrenamiento tomando como base la física, la información procedente del sistema de aseguramiento de la calidad y la experiencia de los operadores e ingenieros de la planta. Una vez realizados estos pasos, ya no se necesitarán lazos de control para determinar los parámetros de entrada de proceso para los dispositivos. En términos de producto, inicialmente esto provocará una transición perturbadora, porque los dispositivos de automatización industrial de la base instalada no son capaces de alojar motores de aprendizaje automático; si bien cabe esperar que la próxima generación de dispositivos industriales sea mucho más potente.

En términos de tecnología, los sistemas de control basados en inteligencia artificial probablemente sustituirán por completo a los sistemas actuales de control distribuido. En primer lugar, porque darán mejores resultados más rápido. Y en segundo lugar, porque la arquitectura de los sistemas actuales de control está obsoleta. Los sistemas de control distribuido tienen sus raíces en la Tercera Revolución Industrial, donde la potencia computacional y la capacidad de almacenamiento eran escasas y la comunicación en tiempo real requería la proximidad del control y los equipos. Todas estas limitaciones han dejado de ser válidas, sobre todo ante la próxima llegada de la comunicación inalámbrica 5G.

En términos de mercado, la buena noticia es que esta transición será relativamente lenta debido a las enormes dimensiones de la base instalada, lo que dará a los usuarios tiempo para implantar los nuevos sistemas y familiarizarse con ellos.

### ¡Carretera en obras más adelante!

Los actores de éxito deberán ser ágiles y rápidos en términos de desarrollo del servicio. Para lograrlo, limitarán al mínimo el papel del hardware propietario y pondrán el foco en soluciones de software como servicio basadas en la nube. Por último, tendrán que pasar a sistemas de control basados en arquitecturas y diseños construidos desde cero con la autonomía en mente.

La arquitectura y el diseño de los sistemas industriales autónomos del futuro deberán dar soporte a la ingeniería, funcionamiento y control autónomos.

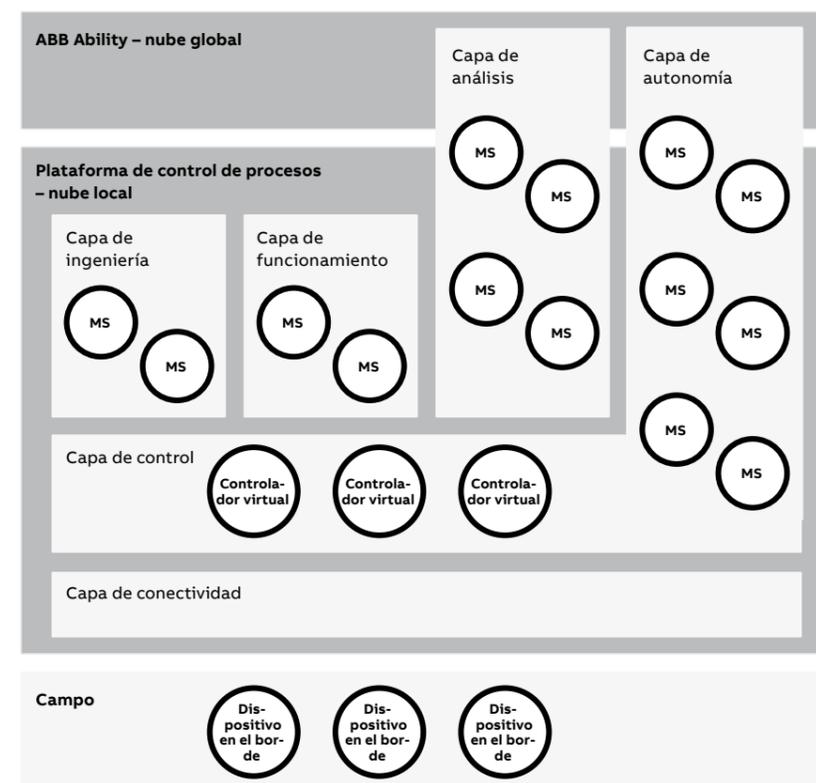
### En términos de tecnología, los sistemas de control basados en inteligencia artificial probablemente sustituirán por completo a los actuales sistemas de control distribuido.

Para lograrlo, los futuros sistemas de control autónomos tendrán que empezar de abajo arriba dado que la capa de control y la capa de campo subyacente proporcionan los datos específicos del proceso y del dispositivo para el análisis de datos y las nuevas soluciones basadas en IA. Empezar desde la capa de control también explica por qué no puede tratarse de una ampliación del hardware actual, porque los controladores industriales actuales carecen de la potencia de computación y la memoria para ejecutar análisis adicionales o procesos de IA. Sin embargo, el primer paso será, obviamente, mantener el software actual mientras se migra a una plataforma más potente: un controlador virtual que se ejecuta en un entorno de nube.

Empezar con una arquitectura a partir de un controlador virtual →6 resuelve muchos requisitos necesarios para conseguir un análisis de datos rápido y ágil, soluciones basadas en IA y sistemas autónomos. En primer lugar, todos los datos serán fácilmente accesibles para aplicaciones de análisis de datos e IA dentro del mismo entorno de nube. En segundo lugar, la potencia computacional y la memoria ilimitadas pueden mejorar el software de control con nuevas prestaciones e interfaces. Y, por último, las nuevas prestaciones pueden desplegarse rápidamente en la nube y no requieren cambios o ampliaciones de hardware, lo que maximiza la velocidad y la agilidad.

**Las industrias autónomas necesitan ABB Ability** Conectar una plataforma de control de procesos con ABB Ability proporciona el lago de datos para nuevos servicios de análisis y allana el camino para

—  
06 Arquitectura para un funcionamiento autónomo.



06

### Referencias

[1] [www.nhtsa.gov/technology-innovation/automated-vehicles-safety](http://www.nhtsa.gov/technology-innovation/automated-vehicles-safety)

[2] David P. Watson, David H. Scheidt: Autonomous Systems, Johns Hopkins Applied Physics Laboratory, Technical Digest, vol. 26, no. 4, 2005.

[3] [new.abb.com/news/detail/11164/autonomous-systems](http://new.abb.com/news/detail/11164/autonomous-systems)

[4] [en.wikipedia.org/wiki/Fourth\\_Industrial\\_Revolution](http://en.wikipedia.org/wiki/Fourth_Industrial_Revolution)

[5] [www.continuity-central.com/index.php/news/business-continuity-news/2448-manufacturing-is-the-sector-most-prone-to-unplanned-downtime-due-to-human-error](http://www.continuity-central.com/index.php/news/business-continuity-news/2448-manufacturing-is-the-sector-most-prone-to-unplanned-downtime-due-to-human-error)

llevar a las industrias actuales a un nuevo nivel de productividad. En esta arquitectura, un sistema autónomo con entradas de ABB Ability puede ejecutar microservicios para análisis y permitir la ingeniería, el funcionamiento y el control autónomos. En la capa de análisis de datos, los microservicios de la plataforma de control de procesos recogen los datos y deciden si pueden utilizarse para optimizaciones locales o para la gestión de flotas. Esta inteligencia incorporada en la plataforma de control de procesos optimiza el volumen de datos que se transfiere a la nube global.

### La arquitectura y el diseño de los sistemas industriales autónomos del futuro deberán dar soporte a la ingeniería, el funcionamiento y el control autónomos.

Dicho esto, el control autónomo tardará en ser una realidad y exigirá muchos pasos intermedios. En este sentido, cabe esperar que la conectividad con ABB Ability acelere el aprendizaje automático. Por ejemplo, los microservicios que aprendan de controladores virtuales dentro de una misma plataforma de control de procesos también podrían aprender de otros sistemas industriales en entornos similares.

Avanzar hacia los sistemas autónomos es sin duda un reto, pero puede lograrse con este enfoque escalonado. La clave para conseguir agilidad y velocidad es cambiar la mentalidad para pasar del negocio de productos transaccionales al software como servicio y minimizar el desarrollo de hardware propietario. La clave del éxito es doble: En el lado de la tecnología, el desarrollo debe empezar por una arquitectura base construida sobre una visión de autonomía; en el lado del negocio, debe crearse un modelo de negocio temprano y escalonado en el que este nuevo desarrollo se incorpore a la última línea mientras el negocio existente continúa. •