



APRENDIZAJE PROFUNDO EN EL BORDE

Lleve el poder del aprendizaje profundo a todos: principiantes y expertos por igual

COGNEX



APRENDIZAJE PROFUNDO EN EL BORDE

Lleve el poder del aprendizaje profundo a todos: principiantes y expertos por igual

ÍNDICE

Introducción	3
¿Qué es el aprendizaje de borde?	4
Aprendizaje de borde frente a aprendizaje profundo	6
¿Cómo funciona el aprendizaje de borde?.....	8
Usando el aprendizaje de borde.....	9
Aplicaciones	10
Conclusión.....	11



INTRODUCCIÓN

Una barrera común para implementar el aprendizaje profundo en la automatización de fábricas es el nivel percibido de dificultad involucrado. Hoy, los avances en esta tecnología están rompiendo el estigma.

El aprendizaje profundo ahora es más fácil de usar con la introducción de nuevas tecnologías que procesan imágenes en el "borde". El aprendizaje profundo en el borde, informalmente conocido como "aprendizaje de borde", es un subconjunto del aprendizaje profundo en el que el procesamiento se lleva a cabo directamente en el dispositivo utilizando un conjunto de algoritmos previamente entrenados. La tecnología es fácil de configurar y requiere menos tiempo y menos imágenes para la formación, en comparación con las soluciones más tradicionales basadas en el aprendizaje profundo. Al no requerir experiencia en el dominio para la implementación, el aprendizaje de borde es una solución de automatización viable para todos, desde principiantes hasta expertos en visión artificial.

La inspección visual automatizada es esencial para mejorar la velocidad y precisión de fabricación. Los ingenieros de línea son conscientes de estos beneficios y se esfuerzan por automatizar la inspección visual, pero a menudo se ven frenados por las complejidades adicionales de la visión artificial, incluido el nivel requerido de experiencia técnica y la extensa programación involucrada, mucho menos las de aplicaciones de aprendizaje profundo más sofisticadas. Incluso los ingenieros de automatización experimentados en el uso de la visión artificial tradicional reconocen sus limitaciones en casos de complejidad visual o defectos y variaciones sutiles. Si bien el aprendizaje profundo es una gran solución en estos casos, su uso efectivo requiere habilidades avanzadas fuera de la experiencia de un ingeniero de automatización.

El aprendizaje de borde es la solución tanto para los ingenieros que buscan una manera fácil de integrar la automatización en sus líneas como para los ingenieros expertos en automatización que usan regularmente herramientas de visión artificial basadas en reglas pero que carecen de experiencia específica en el aprendizaje profundo.

¿QUÉ ES EL APRENDIZAJE DE BORDE?

El aprendizaje de borde incorpora una visión artificial eficiente basada en reglas dentro de un conjunto de algoritmos de aprendizaje profundo preentrenados para crear un conjunto de herramientas integradas optimizadas para la automatización de fábricas. Esta tecnología no requiere conocimientos especializados ni de visión artificial ni de aprendizaje profundo. En su lugar, los ingenieros de línea pueden entrenar el aprendizaje de borde utilizando su conocimiento existente de las tareas requeridas.

Con una única solución basada en una cámara inteligente, el aprendizaje de borde se puede implementar en cualquier línea en cuestión de minutos. Esta solución integra hardware de visión de alta calidad, herramientas de visión artificial que preprocesan cada imagen para reducir la carga computacional, redes de aprendizaje profundo entrenadas previamente para resolver problemas de automatización de fábricas y una interfaz de usuario sencilla diseñada para aplicaciones industriales.

El aprendizaje de borde se diferencia de los marcos de aprendizaje profundo existentes en que no es de propósito general, sino que está diseñado específicamente para la automatización industrial. Y se diferencia de otros productos de aprendizaje profundo en su enfoque en la facilidad de uso en todas las etapas de implementación de la aplicación. Por ejemplo, el aprendizaje de borde requiere **menos imágenes** para lograr la prueba de concepto, **menos tiempo** para la configuración y adquisición de imágenes y **ninguna programación especializada**.



El aprendizaje de borde se puede implementar en cualquier línea en cuestión de minutos, a través de una única solución basada en una cámara inteligente.

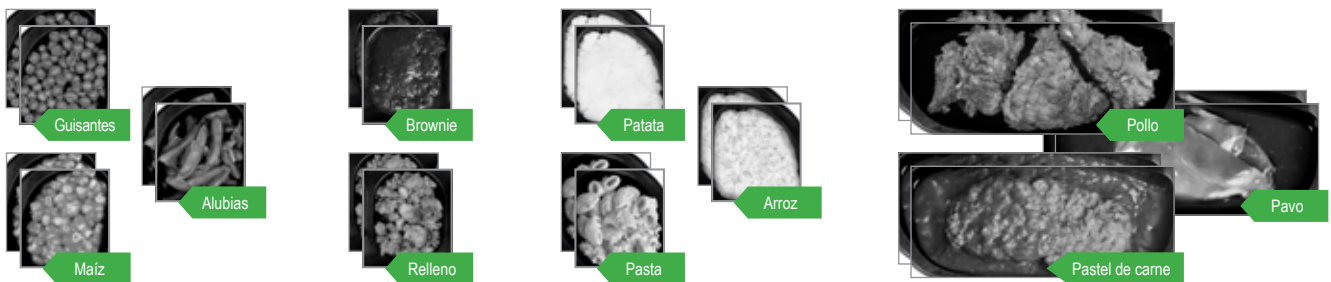
Clasificación rápida: un ejemplo

El aprendizaje de borde es lo suficientemente potente como para analizar múltiples regiones de interés (ROI) en su campo de visión y clasificar cada una de esas regiones en múltiples categorías. Esto le permite realizar una verificación de montaje sofisticada.

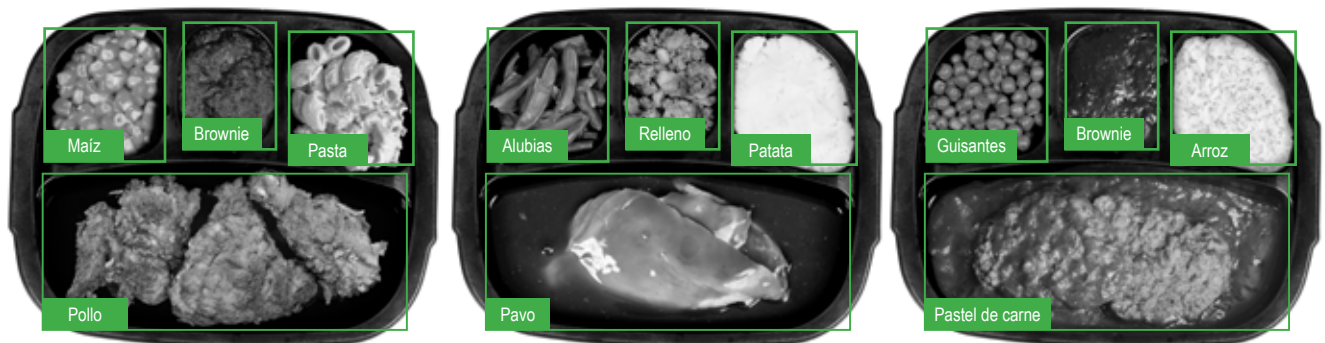
Por ejemplo, el aprendizaje de borde puede verificar y clasificar cuatro secciones de una bandeja de comida congelada, envasada por robots en una línea de alta velocidad. En cada bandeja, la sección inferior central contiene la proteína, la superior izquierda la verdura, la superior central el postre o la guarnición y la superior derecha el almidón. Cada una de las secciones puede contener varias unidades de almacenamiento, por ejemplo, pollo, pavo o pastel de carne en la sección de proteínas, y arroz, patatas o pasta en la sección de almidón.

Con un simple clic y arrastre, cada región se puede definir para el aprendizaje de borde y bloquearse a funciones invariables en la bandeja de comida. Después de eso, se entrena para clasificar cada sección de la bandeja con solo un puñado de imágenes, a menudo con tan solo dos para cada clase posible. En cuestión de minutos de entrenamiento, el aprendizaje de borde clasificará con precisión las diferentes secciones a altas velocidades. Si se introduce más variación, por ejemplo, ya sea una nueva clase o una nueva variedad dentro de la misma clase, la herramienta se puede actualizar con algunas imágenes de la nueva categoría.

Lo que funciona para bandejas de comida congelada también funciona para placas de circuito impreso (PCB) y otros envases complejos.



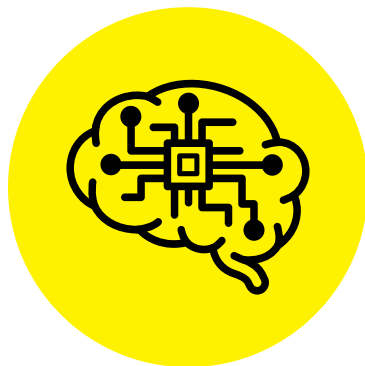
Entrenar cada sección de la fiambra requiere solo un puñado de imágenes, a menudo tan solo dos para cada clase posible.



En cuestión de minutos, el aprendizaje de borde puede clasificar con precisión las fiambres a altas velocidades.

APRENDIZAJE DE BORDE FRENTE A APRENDIZAJE PROFUNDO

El aprendizaje profundo simula la forma en que las neuronas interconectadas en el cerebro humano fortalecen y debilitan las conexiones para crear una comprensión de las imágenes. En el aprendizaje profundo, cientos de capas de redes neuronales están expuestas a un gran conjunto de imágenes de objetos similares. Al modificar ligeramente las conexiones dentro y entre estas capas cada vez que se expone a una nueva imagen, el aprendizaje profundo aprende a identificar de manera fiable esos objetos y detectar defectos en ellos, sin ningún entrenamiento explícito.



Aprendizaje profundo: casos de uso

El aprendizaje profundo tradicional brinda la capacidad de procesar conjuntos de imágenes grandes y muy detallados, lo que lo hace ideal para aplicaciones complejas o altamente personalizadas. Debido a que tales aplicaciones introducen una variación significativa, exigen poder computacional avanzado y capacidades de entrenamiento sólidas. Para tener en cuenta esta variación y capturar todos los resultados potenciales, se deben usar conjuntos de imágenes que cuenten con cientos o miles de imágenes para el entrenamiento. El aprendizaje profundo tradicional permite a los usuarios analizar dichos conjuntos de imágenes de manera rápida y eficiente, brindando una solución efectiva

para automatizar tareas sofisticadas. Si bien los productos completos de aprendizaje profundo y los marcos de código abierto están bien diseñados para abordar aplicaciones complejas, la mayoría de las aplicaciones de automatización de fábricas implican mucha menos complejidad, lo que las hace más adecuadas para el aprendizaje de borde.

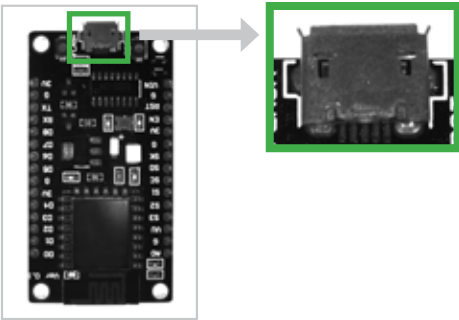


Aprendizaje de borde: casos de uso

El poder del aprendizaje profundo se puede aplicar a problemas en la automatización de fábricas incorporando el conocimiento de los requisitos de automatización de fábricas y los casos de uso en las conexiones de la red neuronal desde el principio. Esta capacitación previa elimina gran parte de la carga computacional, particularmente cuando se respalda con las herramientas de visión artificial tradicionales apropiadas. El resultado es el aprendizaje de borde, un conjunto ligero y rápido de herramientas de visión que residen en el taller y que los ingenieros de línea utilizan a diario como parte de su trabajo.




Las herramientas de aprendizaje de borde se pueden entrenar en segundos, utilizando tan solo de cinco a diez imágenes por clase. Compare esto con otras soluciones de aprendizaje profundo, que pueden requerir horas o días de capacitación, utilizando cientos o miles de imágenes. Al optimizar la implementación, el aprendizaje de borde permite a los fabricantes avanzar rápidamente, sin dejar de ser ágiles y capaces de adaptarse fácilmente a los cambios.

Con el fin de optimizar las redes de aprendizaje de borde para que se ejecuten en sistemas de visión integrados, las imágenes se reducen o fijan de manera que solo se analiza la región específica de interés. Si estas imágenes reducidas fueran a ser diferenciadas con los propios ojos del ingeniero de línea, pueden estar seguros de que las herramientas de aprendizaje de borde también funcionarán igual de bien. Aun así, es importante tener en cuenta que esta optimización tiene un compromiso. Limita el uso del aprendizaje de borde en aplicaciones de detección de defectos muy avanzadas y de alta precisión, que se resuelven mejor con soluciones tradicionales de aprendizaje profundo.



Para optimizar el aprendizaje de borde, solo se analiza la región específica de interés.

Tres ventajas de usar aprendizaje de borde frente a aprendizaje profundo

 Aprendizaje profundo	 Aprendizaje de borde	Ventaja
Cientos de miles de imágenes requeridas para el entrenamiento	Se requieren de cinco a diez imágenes para el entrenamiento	 Menos imágenes requeridas para el entrenamiento
De horas a días requeridas para el procesamiento	De segundos a minutos requeridos para el procesamiento	 Aprendizaje más rápido
Se necesita una comprensión significativa de los sistemas de aprendizaje profundo y la programación	No se necesita experiencia previa	 Mayor facilidad de uso

¿CÓMO FUNCIONA EL APRENDIZAJE DE BORDE?

El aprendizaje profundo requiere un procesamiento sofisticado y vastos recursos computacionales. ¿Cómo lleva el aprendizaje de borde ese poder al taller?

Hardware

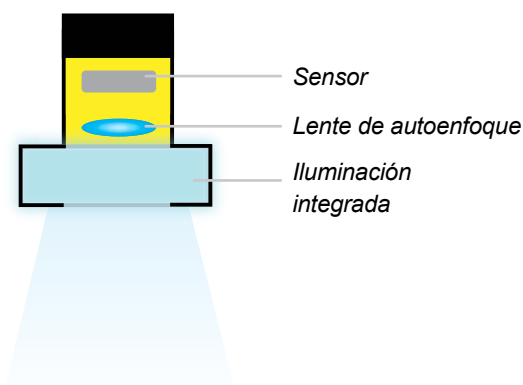
El aprendizaje de borde empaqueta una gran cantidad de hardware sofisticado en un factor de forma pequeño. Funciona completamente en una cámara inteligente con iluminación integrada, una lente de enfoque automático y un sensor potente.

La iluminación es clave para una imagen inicial de alta calidad, ya que es necesaria para maximizar el contraste, minimizar las áreas oscuras y resaltar los detalles necesarios.

Una lente de enfoque automático de alta velocidad asegura que el objeto de interés esté siempre enfocado, incluso cuando cambia la distancia. La lente puede ajustar instantáneamente su enfoque a medida que cambia la región de interés (ROI). Las lentes de enfoque automático líquido son más pequeñas y livianas que las lentes mecánicas equivalentes, lo que reduce el tamaño y el peso de la cámara y la hace resistente a los golpes y vibraciones de una línea de producción.

Un sensor grande y capaz ofrece una mayor resolución y un amplio campo de visión (FOV).

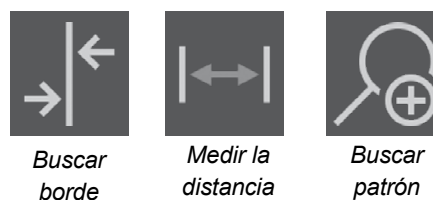
Todas estas características de hardware ayudan a hacer posible el aprendizaje de borde.



Herramientas de visión artificial

Las herramientas de visión basadas en reglas son enormemente efectivas en una variedad de tareas especializadas, como ubicación, medición y orientación. A los efectos del aprendizaje de borde, se combinan de manera específica para las demandas de la automatización de fábricas, lo que elimina la necesidad de encadenar herramientas de visión o diseñar secuencias lógicas complejas.

Estas herramientas proporcionan un preprocesamiento rápido de cualquier imagen, extrayendo densidad, borde y otra información de características que la experiencia ha demostrado que son relevantes para detectar y analizar defectos de fabricación. Al identificar y aclarar las partes relevantes de la imagen, estas herramientas reducen la carga computacional del aprendizaje profundo.



Capacidades de aprendizaje profundo

En los últimos años, el aprendizaje profundo ha transformado la automatización de las fábricas. En lugar de usar reglas creadas por programadores humanos, aprende con el ejemplo, construyendo una red neuronal y diseñando umbrales efectivos de aprobación/rechazo a partir de ejemplos etiquetados de partes aceptables e inaceptables. Efectivamente, imita la forma en que aprenden los humanos.

Estas capacidades de aprendizaje profundo tienen grandes requisitos computacionales. El aprendizaje de borde, por otro lado, aprovecha el hecho de que las imágenes de automatización de fábrica tienen contenidos estructurales específicos y, por lo tanto, entrena previamente sus algoritmos con ese conocimiento del dominio. No comenzar desde cero da como resultado una aplicación menos intensiva desde el punto de vista computacional.

USAR EL APRENDIZAJE DE BORDE

Implementar

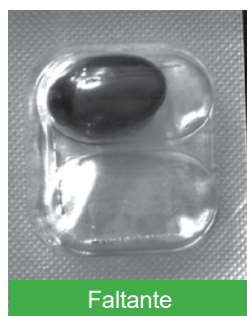
El aprendizaje de borde funciona completamente en la cámara, por lo que no requiere extraer datos para procesarlos en un PC, lo que consume espacio, genera retrasos y requiere la intervención de TI, lo que resulta en una solución general más costosa. Debido a su factor de forma pequeño, cabe fácilmente, incluso en líneas con muchos otros equipos, y proporciona su propia iluminación sofisticada, que se puede calibrar para las necesidades de la ubicación.

Formación

Entrenar al aprendizaje de borde es similar a capacitar a un nuevo empleado en la línea.

Lo que el usuario del aprendizaje de borde necesita saber no es cómo funcionan los sistemas de visión o el aprendizaje profundo, sino qué problema de clasificación deben resolver. Si es sencillo, por ejemplo, clasificar partes aceptables e inaceptables como OK/NG (CORRECTO/INCORRECTO), el usuario necesita saber qué partes son aceptables y cuáles no. Esto puede incluir conocimientos que no son evidentes fácilmente, derivados de pruebas posteriores, que revelan defectos difíciles de detectar para un ser humano. El aprendizaje de borde es particularmente efectivo para determinar qué variaciones en la pieza son significativas y cuáles son puramente cosméticas y no afectan la funcionalidad.

El aprendizaje de borde no se limita a la clasificación binaria en OK/NG (CORRECTO/INCORRECTO), sino que puede clasificarse en cualquier número de categorías. Si es necesario clasificar las piezas en tres o cuatro categorías diferentes, según los componentes o las configuraciones, eso se puede configurar con la misma facilidad. El aprendizaje de borde también es capaz de dirigir la atención a múltiples regiones de interés (ROI) en la imagen. Y, por supuesto, tanto los ROI múltiples como las categorías múltiples pueden manejarse juntos, como en el ejemplo de la bandeja de comida congelada en la página 5.



Clasificación multiclase: Las herramientas de aprendizaje de borde realizan una clasificación de múltiples clases en pastillas en un blíster, clasificando cada sección como un buen par, faltando una píldora o teniendo una píldora que no coincide.



Verificación de montaje de ROI múltiple: Las herramientas de aprendizaje de borde verifican tres regiones diferentes para garantizar que todos los componentes necesarios estén presentes en un botiquín de primeros auxilios.

APLICACIONES

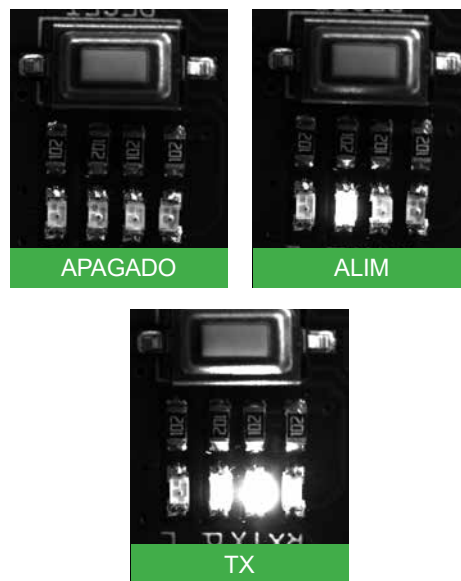
El aprendizaje de borde es útil en una amplia gama de industrias, simplificando la automatización de fábricas y resolviendo tareas de diversa complejidad.

Electrónica

Muchas placas de circuito impreso (PCB) incluyen luces indicadoras LED para mostrar el estado. El objetivo de esta aplicación era identificar qué indicadores mostraban una condición de encendido (ALIM), una condición de transmisión (TX) o una condición de apagado (OFF).

La forma habitual de realizar estas determinaciones utilizando la visión artificial tradicional es con una herramienta de recuento de píxeles. Esto implica establecer umbrales de brillo en ubicaciones específicas para cada condición, un proceso complejo que requiere experiencia en programación de visión artificial.

El aprendizaje de borde se entrenó en un pequeño conjunto de imágenes etiquetadas de las condiciones APAGADO, ALIM y TX. Después de esta breve capacitación, el aprendizaje de borde clasificó de manera fiable los PCB en los tres estados diferentes.



Farmacéutica/Médica

Los viales de vidrio se llenan automáticamente con medicamento hasta un nivel predeterminado. Antes de taparlos, se debe confirmar que el nivel esté dentro de las tolerancias adecuadas. La naturaleza transparente y reflectante tanto del vial de vidrio como de su contenido dificulta que la visión artificial tradicional detecte el nivel de manera constante.

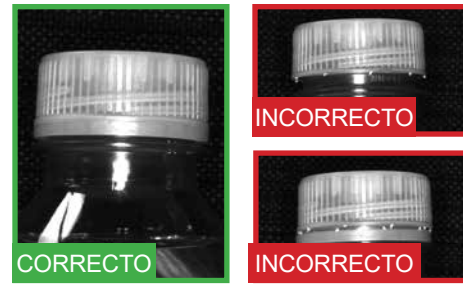
El aprendizaje de borde se entrenó para identificar el nivel de llenado, sin confundirse con reflejos, refracción u otras partes variables confusas de la imagen. Los rellenos demasiado altos o demasiado bajos se clasificaron como NG o INCORRECTO, mientras que solo aquellos dentro de las tolerancias adecuadas se clasificaron como OK o CORRECTO.



Empaque

Las botellas de refrescos y zumos se llenan y se sellan con un tapón de rosca. Si la tapadora rotativa enrosca mal la tapa, o si se daña durante el proceso de tapado, esto puede dejar un espacio que permita la contaminación o la fuga. Tanto la velocidad como la amplia gama de formas en que una tapa puede estar casi sellada, pero no del todo, hacen de esta una aplicación desafiante para la visión artificial tradicional.

El aprendizaje de borde recibió un conjunto de imágenes etiquetadas como buenas y un conjunto de imágenes que mostraban tapas con pequeños espacios que eran casi imperceptibles para el ojo humano. Solo las tapas completamente selladas se clasificaron como OK (CORRECTO) y todas las demás tapas se clasificaron como NG (NOT CORRECTO), a velocidades de línea.



EL APRENDIZAJE DE BORDE BRINDA LOS BENEFICIOS DEL APRENDIZAJE PROFUNDO A TODO

El aprendizaje de borde es una tecnología innovadora que es más capaz que la visión artificial tradicional y, al mismo tiempo, es extremadamente fácil de usar. Sus poderosas capacidades son fácilmente implementadas y utilizadas por los ingenieros de línea en el curso de su trabajo diario, sin necesidad de capacitación avanzada en visión artificial o aprendizaje profundo.

Los ingenieros de automatización con más conocimiento de las herramientas de visión artificial tradicionales pueden aprovechar su conocimiento existente para utilizar el poder del aprendizaje de borde en el desarrollo de procesos de automatización de fábrica sofisticados y sólidos.



Construye tu vision

Sistemas de visión

La IA avanzada facilita la implementación de sistemas de visión para automatizar las tareas de inspección, desde la detección de defectos hasta la verificación del ensamblaje y la lectura de texto.

www.cognex.com/es-mx/machine-vision



Lectores de códigos de barras

Rastree y rastree desde el piso hasta la puerta del muelle, con lectores y verificadores flexibles diseñados para facilitar el uso y la confiabilidad.

www.cognex.com/es-mx/barcodereaders



Soluciones industriales

Aborde aplicaciones complejas en una amplia gama de industrias con potentes soluciones de visión artificial que simplifican los desafíos de fabricación y logística actuales.

www.cognex.com/es-mx/solutions



COGNEX

Compañías de todo el mundo confían en las soluciones de visión y lectura de códigos de barras de Cognex para optimizar la calidad, bajar los costos y controlar la trazabilidad.

Sede corporativa One Vision
Drive Natick, MA 01760 EE. UU.

Comuníquese con nosotros o encuentre su oficina de ventas regional: www.cognex.com/sales

América

América del Norte	+1 855 426 4639
Brasil	+1 855 426 4639
México	+52 552 789 5444

Europa

Austria	+49 721 958 8052
Bélgica (FR)	+33 176 549 318
Francia	+33 176 549 318
Alemania	+49 721 958 8052
Irlanda	+353 21 601 9005
Italia	+39 02 9475 4345
España	+34 93 220 6237
Suiza (DE)	+49 721 958 8052
Suiza (FR)	+33 176 549 318
Reino Unido	+353 21 601 9005
Otra Europa	+353 21 601 9005

Asia Pacífico

China	+86 218 036 5424
India	+91 7305 040397
Japón	+81 345 790 266
Corea	+82 704 784 4038
Singapur	+65 3158 2511
Taiwán	+886 801 492 017
Otro Asia-Pacífico	+65 3158 2511

© Copyright 2025, Cognex Corporation. Toda la información de este documento queda sujeta a modificaciones sin previo aviso. Todos los derechos reservados. Cognex es una marca registrada de Cognex Corporation. Todas las demás marcas comerciales son propiedad de sus respectivos dueños. N° N.º WPEL-ES-02-2025

www.cognex.com/es-mx