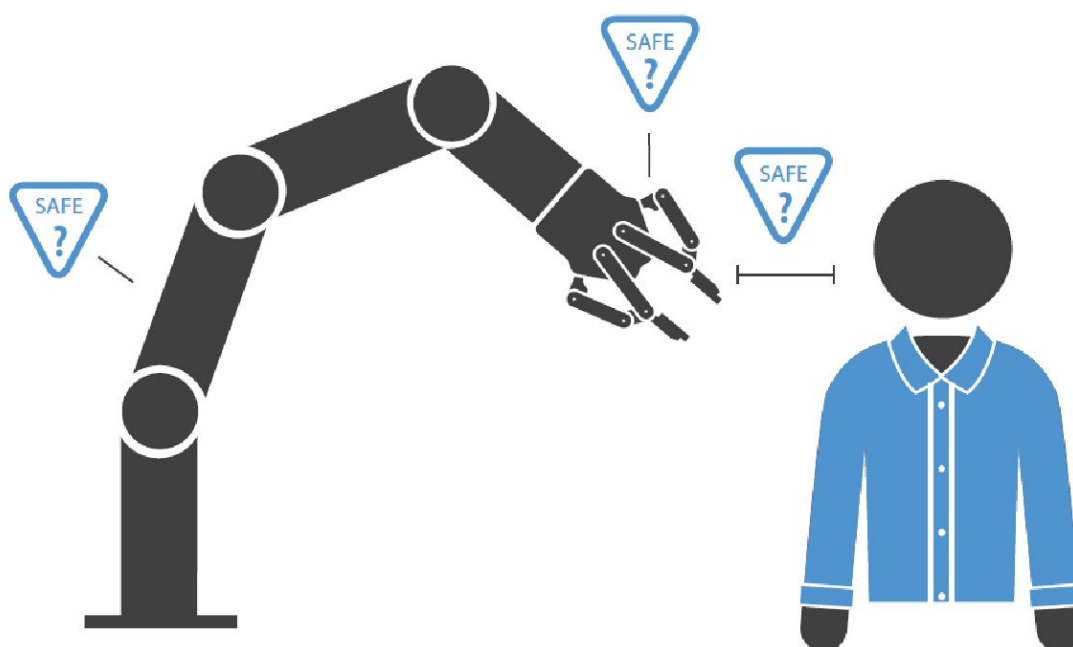




ROBOTS COLABORATIVOS

EVALUACIÓN DE RIESGOS, UNA INTRODUCCIÓN

**VERSIÓN
ACTUALIZA
DA**



**ROBOTS COLABORATIVOS
EVALUACIÓN DE RIESGOS, UNA
INTRODUCCIÓN**



Ebook

APRENDE MÁS

robotiq.com

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	3
OBJETIVO	4
1 ¿QUÉ ES UNA NORMA?	5
1.2 ¿Cómo funciona?	6
1.1 ¿Qué es una especificación técnica?	7
2. EVALUACIÓN DE RIESGOS	8
2.1 ¿Qué es una evaluación de riesgos?	8
2.2 ¿Por qué hacer una evaluación de riesgos?	9
2.3 Proceso de evaluación de riesgos	9
2.4 ¿Qué es una evaluación de riesgos para aplicaciones colaborativas?	12
2.5 Detalles de la evaluación de riesgos del robot colaborativo	13
2.6 ¿Quién debe realizar la evaluación de riesgos?	14
3 CERTIFICACIÓN DEL FABRICANTE	16
3.1 Requisitos de prestaciones	16
CONCLUSIÓN	20

Publicado: 5 de marzo de 2016

Autor: Mathieu Bélanger-Barrette Ing. Jr.

Revisión: 1.1

El material y la información contenidos en este libro se publican de buena fe y sirven sólo para fines de información general. No se debe confiar en el material o la información contenidos en este libro electrónico como base para tomar ninguna decisión comercial, legal o de cualquier otro tipo. Robotiq no hace ninguna declaración, reclamo, promesa, aval o garantía de ningún tipo, expresa o implícita, sobre la integridad, exactitud, fiabilidad, idoneidad o adecuación de la información o sus correspondientes gráficos contenidos en este libro electrónico para ningún propósito. Robotiq no se hace responsable de ninguna pérdida, daño o lesión que pueda provocarse en relación con este libro electrónico. Cualquier acción que se tome o confianza que se dé en base a la información de este libro electrónico se hace estrictamente bajo su propio riesgo.



INTRODUCCIÓN

Un nuevo tipo de robot llamado "robot colaborativo" ha empezado a entrar en la industria y ha cambiado nuestras ideas preconcebidas acerca de compartir un espacio de trabajo entre seres humanos y robots. Tener un robot para trabajar de forma segura junto a los seres humanos puede mejorar el proceso de producción y permitir la automatización de nuevos procesos mediante el uso de lo mejor que tienen los robots y lo mejor que tienen los seres humanos. Se habla mucho de estos robots en la industria, pero ¿qué son realmente?

¿Robots sin protecciones de seguridad? Desde los inicios de la historia de la robótica industrial, los robots han sido diseñados para ser fuertes, potentes y duraderos. Fueron diseñados para realizar tareas pesadas y era mejor mantenerse alejado del camino de estas gigantescas piezas de acero. Los robots colaborativos están diseñados para trabajar junto a los seres humanos sin ningún tipo de vallado. Entonces, ¿qué es lo que permite que el fabricante y el integrador de robots introduzcan robots sin esta protección?

Con todos estos nuevos robots, tecnologías y normas diferentes relativas a la robótica, el tema recurrente es la seguridad. Para resumirlo: hay un determinado nivel muy bajo de riesgo que se considera aceptable cuando un robot se encuentra en el mismo entorno que un trabajador. Este nivel se establece mediante diferentes parámetros relacionados con la gravedad de la lesión y la probabilidad de su ocurrencia en un trabajador humano. El sistema de robótica y su entorno deben cumplir con determinados niveles de seguridad antes de que puedan ser considerados suficientemente seguros para ser colaborativos.

Por lo tanto, ¿cómo se puede determinar si un peligro potencial excede o no los estándares aceptables para la seguridad? Bueno, la única manera es realizar una evaluación de riesgos. Si usted conoce el mundo de la robótica, sin duda que ha escuchado el término "evaluación de riesgos". De hecho, aunque este término se utiliza con frecuencia, nos hemos dado cuenta de que quizá no se tenga suficiente experiencia con este concepto o puede que no se comprenda plenamente su significado o el propósito de un análisis de riesgos, especialmente las personas que acaban de entrar en el mercado de la robótica. Por esto hemos creado este libro electrónico que esperamos que le ayude a entender mejor lo que es una evaluación de riesgos. Nos centraremos esencialmente en los robots colaborativos, ya que cada vez son más populares.

Pero, por favor, recuerde que nosotros no somos una empresa de evaluación de riesgos y que esta información se proporciona como una guía y para abrir la discusión. Para realizar una evaluación de riesgos adecuada se deben validar y aplicar los reglamentos o normas para su región y empresa en particular. Para más información específica para su situación particular, deberá ponerse en contacto con su asociación industrial o integrador local del robot que podrán orientarle.

Con la reciente publicación de la especificación técnica ISO/TS 15066, se requirió una versión



actualizada de la "Evaluación de riesgos para robots colaborativos" en cuanto a redacción y otros detalles. Dado que con esta especificación técnica se han precisado diferentes parámetros, esta revisión le ofrecerá más detalles en esa dirección.

OBJETIVO

El objetivo principal de este libro electrónico es entender la nomenclatura/vocabulario y ofrecer herramientas para lograr una evaluación de riesgos para los robots colaborativos. Sin embargo, para dejarlo claro, cuando la mayoría de las personas hablan de "robots colaborativos", quieren decir robots de fuerza limitada (Ver [Sección 2.4](#)). Este tipo de robot es cada vez más popular y se comercializa como seguro, por eso esos robots vienen con una enorme preocupación por la seguridad en un taller. Con este libro electrónico, queremos darle las herramientas que le ayuden a empezar a desarrollar un conocimiento interno de las evaluaciones de riesgos en relación con los robots de fuerza limitada, de modo que se sienta más seguro cuando los introduzca en su taller.

Con la introducción de la especificación técnica ISO/TS 15066, se han desarrollado una gran cantidad de datos, cálculos y métodos para garantizar que la aplicación del robot colaborativo sea segura para su uso junto a los seres humanos. Sin embargo, la especificación técnica no tiene ningún efecto sobre la certificación de los robots y su aplicación. Por esta razón, los fabricantes de robots seguirán utilizando a terceros para acreditar sus robots. Esto significa que, de acuerdo con algún organismo designado de seguridad externa, el robot está certificado como seguro como herramienta bajo ciertas condiciones dadas. Esto NO significa que la aplicación sea automáticamente segura. Significa que la aplicación en conjunto requiere una evaluación de riesgos. Por esta razón, se debe lograr un conocimiento interno en términos de seguridad para que puedan utilizarse las experiencias del pasado con el fin de elaborar una nueva evaluación de riesgos para cualquier situación dada.



1 ¿QUÉ ES UNA NORMA?

Las normas son directrices determinadas por los organismos no gubernamentales de la región donde usted se encuentre, o, si usted vende a nivel internacional, de la región donde se encuentren sus ventas. Una organización que gestiona las normas es la Organización Internacional de Normalización (ISO). Esta organización gestiona una gran cantidad de normas que tratan casi de todo, desde productos farmacéuticos hasta la seguridad del robot. Proporcionan una guía sobre el diseño, uso o rendimiento de materiales, productos, procesos, servicios, sistemas o personas. Dado que la gama de aplicaciones es muy amplia, he aquí una definición general que cubre todo el significado literal de "norma".



"Una norma es un documento que describe las características mínimas o específicas del trabajo que deben cumplirse, y su desarrollo es el resultado de un esfuerzo de normalización o de consenso en particular.

Si la norma ha sido consultada con las <autoridades pertinentes> y forma parte de acuerdos colectivos, ostenta el título de "directiva".

Las normas de seguridad están diseñadas para proporcionar medidas que se consideran necesarias o convenientes para la prevención de accidentes y lesiones, y también para la protección contra la exposición a factores ambientales o laborales insalubres.

Las normas de seguridad se desarrollan con la intención de proteger al personal de los peligros de su lugar de trabajo, y están concebidas para ejercer la mínima restricción o interferencia con las operaciones o los niveles de servicio".¹

Las normas garantizan la coherencia de las características esenciales de los bienes y servicios, tales como la calidad, la ecología, la seguridad, la economía, la fiabilidad, la compatibilidad, la interoperabilidad, la eficiencia y la eficacia. De modo que esta es básicamente una guía que se debe seguir para producir cosas de acuerdo con las directrices de seguridad para un producto o proceso de producción particular. Sin embargo, las normas no son jurídicamente vinculantes, aunque, en realidad, a menudo tienen efecto de ley. El hecho es que a pesar de que las normas no son leyes, se pueden utilizar para complementar las leyes y con frecuencia se incorporan de este modo a ellas. Así pues, si un organismo gubernamental promulga una ley es probable que se refiera a alguna norma, ISO u otra, ya establecida por los expertos mundiales, en lugar de reinventar una nueva norma. Se podría entonces unificar diferentes leyes existentes y reducir la complejidad de la ley, ya que se podría hacer referencia a las normas que ya se siguen. Debe observarse que podría haber organismos además de la ISO

¹ [Consejo del Tesoro de Canadá](#), consultado el 15 de julio



que podrían proporcionar normas con respecto a su célula robótica, como la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI), que también establece normas.

He aquí una breve lista de algunos organismos que promulgan normas:

ISO: La Organización Internacional de Normalización es un organismo normativo internacional compuesto por representantes de varios organismos normativos nacionales. La organización promueve normas de propiedad, industriales y comerciales en todo el mundo.

OSHA: La Occupational Safety and Health Administration (Administración de seguridad y salud ocupacional) es una agencia del Departamento de Trabajo de los Estados Unidos. Su misión es la de "garantizar unas condiciones de trabajo seguras y saludables para los hombres y mujeres trabajadores mediante el establecimiento y la obligación de cumplir las normas y proporcionando formación, divulgación, educación y asistencia".

ANSI: El American National Standards Institute (Instituto nacional estadounidense de estándares) es un organismo privado sin ánimo de lucro que supervisa el desarrollo de normas de consenso voluntario para productos, servicios, procesos, sistemas y personal en los Estados Unidos. El organismo también coordina las normas estadounidenses con las normas internacionales, de modo que los productos americanos puedan usarse en todo el mundo.

CSA: La Canadian Standards Association (Asociación canadiense de normas), una división del Grupo CSA, es un organismo normativo sin ánimo de lucro que desarrolla normas en 57 zonas. La CSA publica normas en forma impresa y electrónica y proporciona servicios de formación y asesoramiento. La CSA está formada por representantes de la industria, el gobierno y los consumidores.

Y la lista sigue y sigue; cada país o región puede decidir qué norma se usará para sus leyes o reglamentos. Pero hay otros organismos, como la Conformidad Europea (CE), que aplican directivas a toda la Unión Europea. Este tipo de organismos no redactan normas, sino que las usan para proporcionar directrices legales a productos fabricados o importados en los países de la Unión Europea. Observe que la acreditación de la CE la realiza el mismo fabricante del producto.

1.2 ¿Cómo funciona?

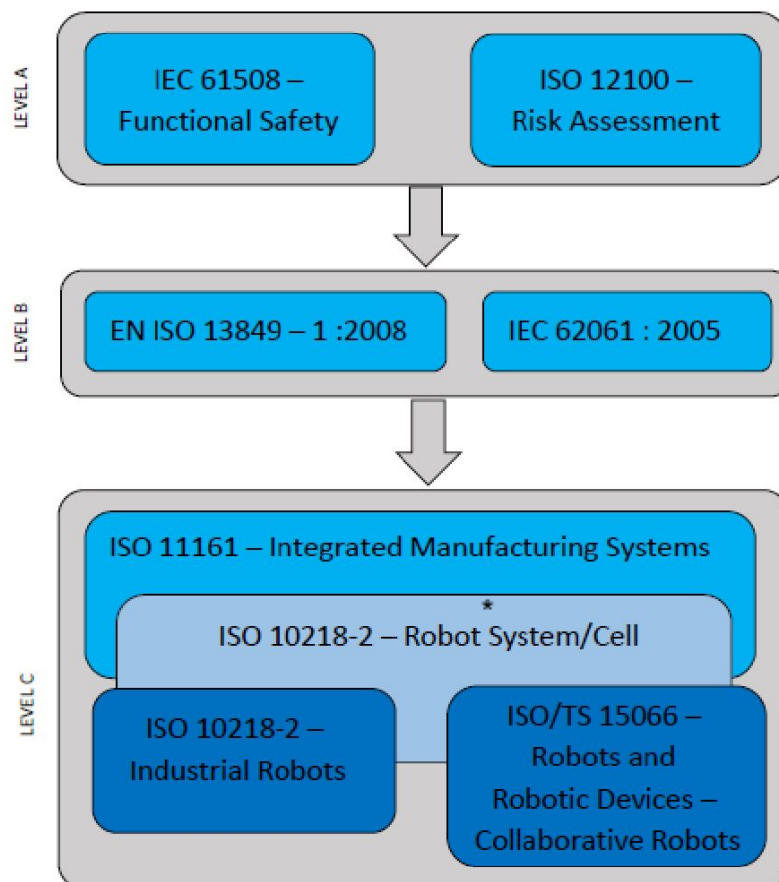
Las normas ISO se elaboran de manera que la norma de Nivel Superior sea la primera referencia. A medida que se baja en el nivel de la norma, se llega a la norma de seguridad más específica que se aplica (en este caso) a los robots o dispositivos robóticos.

En esencia, las normas de nivel A son las normas de más alto nivel. Se aplican al conocimiento de la seguridad fundamental, las características básicas del diseño y los aspectos generales de la máquina. Las normas de nivel B son más específicas para dispositivos particulares que se pueden encontrar en diferentes tipos de máquinas. Todavía es una norma general, pero entra



en características específicas de seguridad. Las normas de nivel C son requisitos específicos de seguridad para un tipo específico de máquina como, por ejemplo, un robot. A medida que se baja en el diagrama que se ilustra en la Tabla 1, se llega a factores más especializados o refinados para su producto o proceso. Por ejemplo, la norma ISO 12100 - Seguridad de las máquinas define diferentes conceptos básicos, como la evaluación y la reducción del riesgo para todo tipo de máquinas. Pero, la norma ISO 10218 - Robots y dispositivos robóticos ha sido redactada específicamente en términos de robótica y utiliza ejemplos robóticos para detallar los requisitos de seguridad para robots industriales. Ambas normas tienen más o menos la misma función, es decir, la seguridad de las máquinas, pero dado que la ISO 10218 es específica para los robots, es una manera más directa de comunicarse. La ISO 13482 se publicó en 2014 y es específica para los robots de asistencia personal, lo que permite una estrecha interacción robot-humano e incluso el contacto robot-humano. Esta es otra categoría diferente a la de los robots que se utilizan en la fabricación de productos, pero es muy posible que las diferentes categorías se difuminen en su funcionalidad y práctica.

Tabla 1: Niveles de normas



Las partes 1 y 2 de la norma ISO 10218 y la Especificación Técnica ISO/TS 15066 definen los requisitos de seguridad para el ámbito de los robots, y en especial de los robots colaborativos. Además del robot mismo, el robot colaborativo en este contexto incluye el



[componente final](#), es decir, la herramienta unida al brazo del robot con el que el robot realiza tareas, los objetos movidos por el mismo, su entorno y todo su potencial de interacción. El contacto cercano o directo entre el robot colaborativo y el operario da lugar, por definición, a la posibilidad de colisión. La evaluación de riesgos del fabricante del robot debe cubrir por lo tanto también el lugar de trabajo industrial previsto. [La base de esta evaluación de riesgos es la ISO 10218, partes 1 y 2](#), así como la directiva de máquinas.

1.3 ¿Qué es una especificación técnica?

Una especificación técnica representa un acuerdo entre los miembros de un comité técnico y es aceptada para su publicación si es aprobada por el 66% de los miembros de este comité. El contenido de la especificación técnica es un documento normativo que representa el consenso técnico dentro de un comité de la ISO (fuente: página web de ISO).

En otras palabras, se trata de una precisión a una norma existente. En el caso de los robots colaborativos, se publicó la ISO/TS 15066 para ofrecer más datos y apoyar a la norma ISO 10218, que no ofrecía mucha información sobre los robots colaborativos. Tiene la nomenclatura TS (Especificación Técnica) porque había que analizar más datos y conocimientos de aplicaciones antes de acreditar la norma. En el diseño de la norma tenían que considerarse datos importantes, como el nivel de dolor aceptable y la inercia de partes del cuerpo, para establecer una limitación de la fuerza/potencia/velocidad de los robots colaborativos.

Observe también que la norma ISO/TS 15066 determina los cuatro tipos diferentes de colaboración: Parada controlada de seguridad, guía manual, control de separación, velocidad, limitación de potencia y fuerza. Aunque estos diferentes tipos de colaboración ya estaban presentes en ISO 10218, la nueva especificación técnica aclara puntos sobre todo en relación con la velocidad, la presión máximas y el valor de la fuerza permitidos para lograr una colaboración segura hombre-robot

La definición literal de una evaluación de riesgos es: La identificación, evaluación y estimación de los niveles de riesgo involucrados en una situación, su comparación con puntos de referencia o normas y la determinación de un nivel aceptable de riesgo. En el mundo de la robótica se utiliza una evaluación de riesgos para valorar los riesgos potenciales – y después mitigarlos – y lograr niveles aceptables de riesgo potencial de daños a un trabajador humano durante el funcionamiento de un sistema robótico.



2.1 ¿Qué es una evaluación de riesgos?

Para cumplir con la norma ISO, todas las máquinas deben pasar por una evaluación de riesgos para garantizar que son seguras. Tal como se menciona en las secciones anteriores, algunos dispositivos ya han sido aprobados por sus fabricantes o un tercero y esto simplifica el proceso de evaluación de riesgos, ya que usted no tendrá que comprobar el nivel de seguridad de determinadas piezas como, por ejemplo, el accionador del robot.



Fuente de la foto [HYPERLINK "http://www.smerobotics.org/"](http://www.smerobotics.org/) [SME Robotics](#)

Sin embargo, incluso si los componentes internos y el software del robot han sido certificados, esto no significa que sea seguro en relación con su entorno. Especialmente en el caso de las aplicaciones industriales, el uso es tan variado que es imposible que un fabricante de piezas pueda aprobar un proceso industrial. Aquí es donde entra en juego la evaluación de riesgos. Otra forma de ver esto es que siempre necesario evaluar cada aplicación industrial en su conjunto y no cada dispositivo, separado. Si se toma el ejemplo de una pieza afilada o un cuchillo que está siendo manipulado por un robot certificado, esto no significa que la aplicación sea segura, aunque cada pieza sea segura en sí misma.

2.2 ¿Por qué hacer una evaluación de riesgos?

Garantizar la seguridad del trabajador es una responsabilidad que le corresponde a usted. La evaluación de riesgos es una herramienta para lograr la seguridad de los trabajadores. En algunas zonas del mundo, las leyes y los reglamentos locales obligan a hacer una evaluación de riesgos para cualquier maquinaria instalada en una planta de producción. No todas las regiones reguladoras requerirán que se respeten las normas, pero la mayoría de las instituciones de seguridad tendrán leyes que incorporen o se refieran a las normas de seguridad. Esto también rige para las grandes empresas que, por lo general, tienen sus propias normas de seguridad. Así que lo más probable es que tenga que cumplir con alguna norma, ISO u otra, cuando integre y diseñe su célula robótica para respetar las leyes de su región y garantizar la seguridad de los trabajadores. La evaluación de riesgos se basa entonces en cualquier norma que usted haya elegido; ya sea para su región o tal vez incluso una norma más alta para asegurar la seguridad en el trabajo. Si desea garantizar la seguridad de su célula robótica, tendrá que realizar pruebas y ajustar su célula de acuerdo con todos los puntos exigidos por las normas que haya elegido. También deberá documentar las prestaciones de su célula de acuerdo con esta norma. Para obtener información más detallada y específica, póngase en contacto con el integrador local del robot o diríjase a su organismo local de seguridad de los trabajadores.

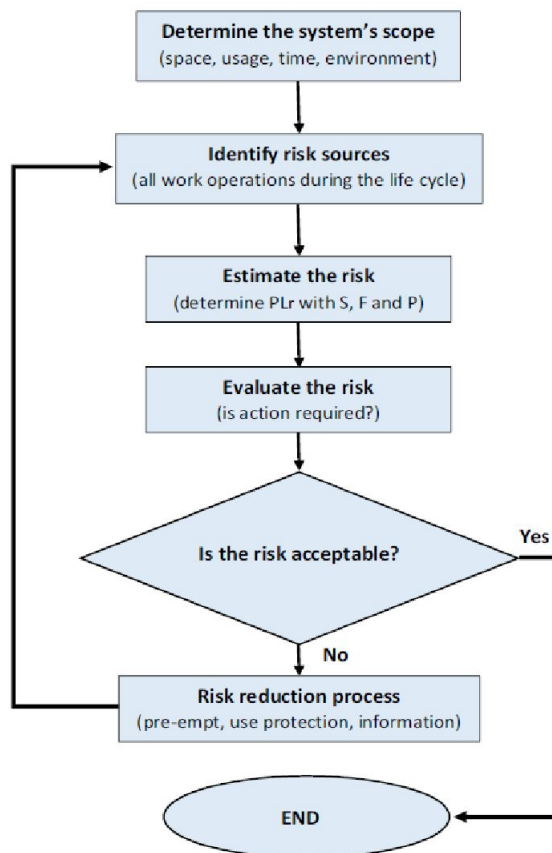


2.3 Proceso de evaluación de riesgos

Dado que la mayoría de los dispositivos que se utilizan en las células robóticas ya tendrán un nivel de prestaciones determinado, la evaluación de riesgos para el usuario final o el integrador será principalmente sobre la propia aplicación. Para tener una visión general del proceso de evaluación de riesgos, siga el siguiente diagrama.

Determinar el ámbito

Esta parte de la evaluación de riesgos es una descripción del contexto del uso de la máquina. ¿Dónde se utilizará el robot? ¿Qué herramientas se utilizarán? ¿Qué piezas formarán parte de la operación? También tendrá que hacer una lista de datos como la velocidad y la aceleración máximas del robot, la masa efectiva (carga útil del robot), peso de la pieza, etc. Esto le dará toda la información que necesitará más adelante en su evaluación de riesgos.



Identificar riesgos

A continuación, deberá identificar todas las operaciones que impliquen cualquier tipo de peligro. Estas operaciones incluyen no sólo el funcionamiento del robot, sino todo, desde el momento en que se entrega el robot hasta el momento en que se desmonta. Esta parte del análisis puede parecer un poco excesiva, pero a veces también puede ser subestimada. A principios del año pasado, los medios de comunicación hablaron mucho de un trágico suceso en el que un robot mató a un trabajador aplastándolo durante el proceso de instalación. Estos pasos/tareas analizan los diferentes movimientos y acciones del robot y simplemente dividen cada paso para su posterior análisis. Este proceso se denomina evaluación de riesgos basada en tareas.

Estimación del riesgo

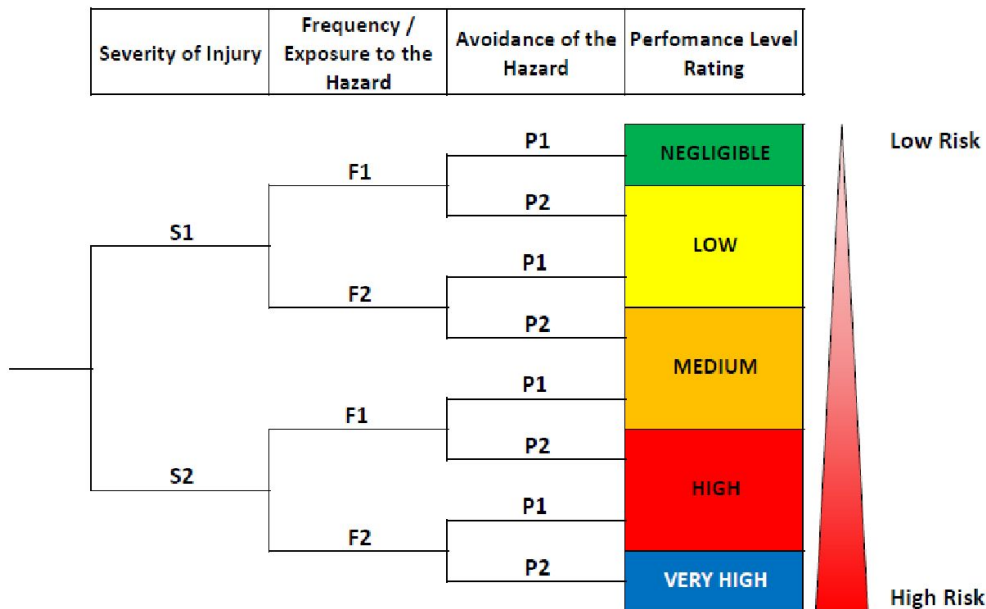
A partir de las observaciones que ha realizado durante su análisis de identificación de riesgos, necesita clasificar el riesgo de determinados movimientos. Hay varias maneras de controlar o clasificar un riesgo. Para simplificar la explicación voy a utilizar el mismo ejemplo utilizado en ISO 13849-1: 2006.

El riesgo se estima utilizando la nomenclatura de Nivel de Prestaciones Requerido (PLr). Este



análisis utiliza tres parámetros diferentes: Gravedad de la lesión (S), frecuencia de la exposición al peligro (F) y posibilidad de evitar el peligro (P). Para simplificar la lectura, voy a utilizar la nomenclatura S, F y P.

De modo que la forma básica para estimar el riesgo sería clasificar cada parámetro y utilizar un árbol de estimación de riesgos para ver cuál es el nivel de riesgo. En el árbol de evaluación de riesgos, la casilla superior representa el riesgo más bajo y la casilla inferior representa el riesgo más alto.



Para cuantificar el PLr, tienen que evaluarse los siguientes parámetros.

S: Gravedad de la lesión

- S1: Leve (lesión normalmente reversible)
- S2: Grave (lesión normalmente irreversible o mortal)

F: Frecuencia y/o exposición al peligro

- F1: Raro a bastante frecuente y/o tiempo de exposición corto
- F2: Frecuente a continuo y/o tiempo de exposición largo

P: Posibilidad de evitar el peligro o de limitar el daño

- P1: Posible bajo determinadas circunstancias
- P2: Apenas posible

Tenga en cuenta que algunos árboles de evaluación de riesgos tendrán más opciones para elegir. Algunas nomenclaturas dividirán los parámetros en tres o más intensidades diferentes en lugar de dos. Esto ofrecerá una estimación más precisa del riesgo. En cualquier caso, el objetivo es identificar si el riesgo es demasiado alto para la célula robótica. Lo cual nos lleva al



siguiente paso de la evaluación de riesgos: valoración del riesgo.

Valorar el riesgo

¿Cuáles son las acciones necesarias para reducir el riesgo? Observe que hay una correspondencia entre el Nivel de Prestaciones Requerido (PLr) y el PL explicado en la sección 2.1. Para reiterarlo, si estima que su célula o aplicación tiene un alto riesgo (PLr = alto) necesitará garantizar que las características de seguridad de esta aplicación tendrán un Nivel de Prestaciones igual o mayor que d ($PL \geq d$). En este caso d o e. Esto garantiza que el riesgo será controlado o asegurado por un dispositivo que podrá aceptar el nivel de riesgo actual.

PLr	PL
NEGLIGIBLE	a
LOW	b
MEDIUM	c
HIGH	d
VERY HIGH	e

¿Es esto aceptable?

La importancia de este paso es hacer la pregunta: ¿Es aceptable este riesgo? En la mayoría de los casos conviene estar en la categoría de **baja a insignificante** para garantizar que sus empleados están a salvo. Si se encuentra en esta categoría, entonces está bien. Si no lo está, entonces se requieren medidas adicionales. Así que si su evaluación de riesgos le da un riesgo potencialmente alto, tiene que centrarse en estos riesgos y reducirlos o eliminarlos. A medida que se reducen los riesgos, es necesario volver a subir en la cadena de identificación de riesgos para la evaluación de los mismos y completar de nuevo todo el proceso para asegurarse de que el riesgo que acaba de ser reducido no crea otro riesgo.

Digamos que usted está integrando una protección para evitar colisiones, pero esta protección aumenta la gravedad y la posibilidad de aplastar a un empleado durante las operaciones de mantenimiento, entonces usted tiene que evaluar la configuración de esta protección y es posible que tenga que reubicar o cambiar la configuración de esta protección. Y de nuevo, después de cualquier cambio realizado en su aplicación, tiene que volver a evaluarla.

Proceso de reducción de riesgos

Tal como se menciona en la sección anterior, es necesario asegurarse de que la eliminación, reducción o evitación de riesgos no entra en conflicto con otros aspectos de la célula robótica o no crea un riesgo mayor para los trabajadores en otro lugar a lo largo de la aplicación de la célula robótica. Este proceso es muy iterativo y hay que hacerlo con mucho cuidado considerando y reconsiderando cada riesgo potencial a medida que se vuelve a subir por la cadena.



2.4 ¿Qué es una evaluación de riesgos para aplicaciones colaborativas?

Hay cuatro tipos de aplicaciones colaborativas: parada controlada de seguridad, guía manual, control de separación y velocidad y limitación de potencia y fuerza. Para aclarar las cosas, no es porque el robot es colaborativo que la aplicación es colaborativa y viceversa. De hecho, para muchas aplicaciones colaborativas se pueden utilizar los robots habituales (industriales) (sólo si cumplen con la Parte 1 de la norma ISO-10218-1: 2011).

Parada controlada de seguridad

En otras palabras, el robot se detiene cuando el operario entra en el espacio de colaboración. Así pues, digamos que el robot es controlado mediante un escáner láser, conmutadores de seguridad o un sistema de visión que detecta la presencia de un ser humano. El sistema entonces desconectará todo el movimiento del robot para garantizar que el ser humano no pueda ser lesionado. Observe que el robot no se desconecta por completo. De hecho, se trata simplemente de frenar todos los motores del robot y seguir controlando todas sus posiciones. Con el fin de evitar un accidente, un procesador analiza si el robot está donde debe estar (Nivel de Seguridad 3). Este tipo de colaboración puede ser utilizada si el robot tiene que estar muy cerca de un trabajador, por ejemplo si un robot tiene que levantar algo pesado y un trabajador tiene que hacer una segunda operación en la pieza. Observe que el robot está por lo general parado antes de que el operario entre en el espacio de trabajo colaborativo.

Guía manual

En este caso, los movimientos del robot sólo son posibles utilizando el input directo del operario. Así que, literalmente, usted enseña al robot a dónde debe ir. Observe que todos los robots que utilizan este tipo de colaboración necesitan un dispositivo que permita sentir la fuerza ejercida sobre la herramienta del robot. Se pueden utilizar sensores de par de fuerza en la muñeca del robot o en el accionador del robot para lograr estas aplicaciones.



Control de separación y velocidad

Este tipo de colaboración se logra cuando las diferentes zonas de seguridad están delimitadas en el espacio de trabajo del robot. Determinadas zonas permitirán la máxima velocidad del robot, pero algunas zonas requerirán velocidades más reducidas, debido a la posible [proximidad](#) del trabajador. Otras zonas detendrá totalmente el robot, debido a que el trabajador se encuentra muy cerca del robot. El control de la zona de seguridad se realiza mediante diferentes sistemas de supervisión que en su mayoría utilizan visión. La zona de seguridad puede ser de cualquier tamaño y geometría. El usuario tendrá que establecer



diferentes zonas y asociará diferentes ajustes de aceleración y velocidad para garantizar que el trabajador no se vea perjudicado por el robot en ningún escenario. Esto puede ocurrir en los casos en que la colaboración entre el ser humano y el robot no es constante y en que el robot va a trabajar él solo y a toda velocidad la mayor parte del tiempo. Haciéndolo de esta manera se puede acelerar el proceso y seguir permitiendo la colaboración entre el trabajador y el robot. Por ejemplo, en el caso de una máquina herramienta, donde los contenedores tienen que ser llenados por un trabajador mientras que el robot sigue haciendo funcionar otra máquina.

Limitación de potencia y fuerza

Por diseño y control inherentes, el robot es capaz de sentir una fuerza anormal ejercida sobre su cuerpo. De modo que en caso de contacto, el robot sólo imparte fuerzas estáticas y dinámicas limitadas. En otras palabras, cuando el robot tropieza con algo, los accionadores y los frenos actúan para proporcionar menos energía (inercia) en la dirección del impacto. Algunos robots simplemente se paran y otros responden moviéndose en la dirección opuesta al impacto. Estos robots se utilizan para una amplia gama de aplicaciones. De ahí viene el nombre de "robot colaborativo" o "robot ligero".



He aquí una breve lista de robots de potencia y fuerza limitadas:

- [ABB YUMI](#)
- [Kuka LBR IIWA](#)
- [Rethink Robotics Baxter](#)
- [Universal Robots](#)

2.5 Detalles de la evaluación de riesgos del robot colaborativo

La norma ISO/TS 15066 aumenta las características de seguridad del cobot exponiendo cuatro aspectos diferentes de la colaboración del robot con el ser humano. La **distancia antes de que el robot se pare** (especialmente utilizada en el modo de velocidad y separación), la **velocidad permitida** que se traduce directamente en **fuerza** y **presión** que puede aplicarse en un ser humano antes de sentir dolor y/o dañar al trabajador.

Distancia antes de la parada completa

Este parámetro se utiliza especialmente en el modo colaborativo de control de parada y velocidad. El TS proporciona un cálculo completo de la distancia (y tiempo) requeridos para que un robot se pare. Este parámetro tiene que ser ajustado y aprobado para limitar la velocidad del robot cuando trabaja junto a un ser humano. Este cálculo incluye las diferentes



velocidades implicadas (robot y ser humano) y la distancia que los separa y un par de otros parámetros que le permitirán a usted calcular el tiempo de parada, la distancia y la velocidad requeridas para la aplicación.

Condiciones de velocidad

Esta parte de la TS se utiliza generalmente para el control de la parada de seguridad. De hecho, mostrará las diferentes condiciones en que se puede hacer funcionar o no el robot. Así, en determinados tipos de condiciones usted podrá hacer funcionar el robot a toda velocidad y en otra situación el robot deberá pararse (y todavía permanecer accionado).



Fuerza

Dado que la colaboración ser humano-robot incluirá el contacto ser humano-robot, es previsible tener datos sobre cuál es el límite que un robot puede alcanzar sin hacer daño al ser humano. La especificación técnica utiliza un estudio sobre la sensación de dolor humano y utiliza los diferentes datos de este estudio para establecer el umbral de fuerza aceptable que el ser humano puede soportar sin un daño permanente. Esta tabla enumera todas las partes del cuerpo y da un umbral de fuerza precisa que no debe ser alcanzado en ningún momento durante la operación de colaboración. Tenga en cuenta que esta información sólo es válida en el uso de robots de potencia y fuerza limitadas. De hecho, el otro modo de colaboración nunca debe estar en contacto con los seres humanos a la velocidad de funcionamiento.

Presión

La presión es la fuerza aplicada dividida por el área de la superficie. Dado que el robot puede crear determinada fuerza sobre el trabajador humano (únicamente en aplicaciones de potencia y fuerza limitadas) la zona de presión tiene que ser incrementada para garantizar que el robot no sobrepasa la presión aceptable. Esto significa que el área de la superficie necesita ser incrementada y (a veces) acolchada o adaptada para garantizar que no se alcanza una cantidad demasiado grande de presión.

Fuerzas transitorias y cuasiestáticas

La nueva especificación técnica enumera las fuerzas máximas (por lo tanto la presión) que no se debe alcanzar en el uso de robots. Sin embargo hay una ligera diferencia entre una fuerza estática y una dinámica. De hecho, un impacto se calcula por la velocidad relativa de cada objeto. Si usted corre en la misma dirección que el robot, el impacto no será tan fuerte como si el robot está corriendo directamente hacia usted mientras usted está detenido. Aquí tiene una breve definición de cada tipo de contacto.

- **Contacto cuasi-estático:** Este tipo de impacto incluye situaciones de atrapamiento o aplastamiento en que una parte del cuerpo queda atrapada entre una parte móvil del robot y una parte fija o móvil de la célula robótica. En esta situación precisa, el robot aplicará una fuerza/presión sobre el cuerpo atrapado durante un largo periodo de tiempo hasta que se retire el robot. Este tipo de contacto requiere una fuerza más pequeña para alcanzar el umbral del dolor.
- **Contacto transitorio:** Este tipo de impacto se refiere al "impacto dinámico" y describe una situación en la que el robot en movimiento impacta en una parte del cuerpo humano con la posibilidad de retraerse o retroceder sin sujeción o atrapamiento entre el robot y la parte del cuerpo humano. A este tipo de impacto se le considera corto. Un contacto transitorio depende de la inercia de los robots, la inercia de la parte del cuerpo y la velocidad relativa entre ellos.



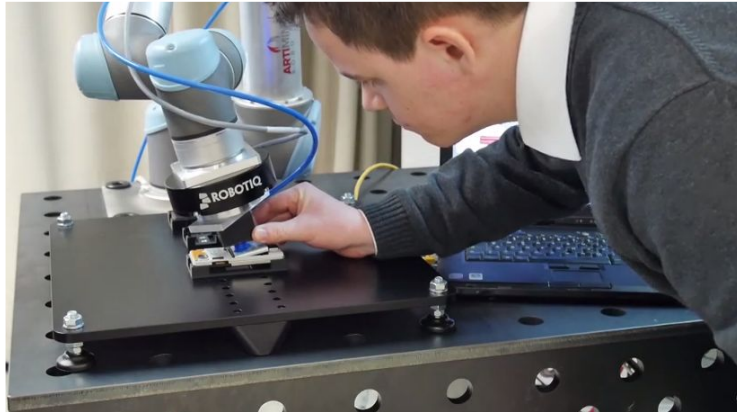
2.6 ¿Quién debe realizar la evaluación de riesgos?

No hay una respuesta absoluta a esta pregunta. De hecho, los usuarios finales pueden realizar evaluaciones de riesgos en su propia planta. Sin embargo, los integradores están acostumbrados a hacer estas evaluaciones y son en general más rápidos que lo que sería tener que aprender todo el proceso desde el principio. Los integradores tendrán plantillas y sabrán exactamente qué hacer primero para reducir un riesgo en la etapa de diseño. Hacerlo uno mismo sigue siendo factible, pero implica más tiempo. Lo positivo es que usted obtendrá los conocimientos internos sobre cómo realizar una evaluación de riesgos. Lo negativo es que usted tendrá también toda la responsabilidad interna.



3 Certificación Del Fabricante

Se requiere una evaluación de riesgos para toda la célula robótica. En este entorno, el robot desempeñará un papel importante, pero todos los demás dispositivos estarán también implicados en el cálculo de riesgos. Esta es la razón por la cual cada fabricante debe proporcionar una certificación mínima de su producto, de modo que el usuario final no tenga que repetir toda la evaluación de riesgos hasta la saciedad.



Fuente de la foto [HYPERLINK](http://www.artiminds.com/)
"http://www.artiminds.com/" [Artiminds](http://www.artiminds.com/)

Tomemos el ejemplo de una tostadora. Puede ser una herramienta un poco peligrosa si no se utiliza de manera correcta. El fabricante de la tostadora tiene que hacer la evaluación inicial de riesgos para ver cuáles son los peligros potenciales en relación con el uso de la tostadora. Esta es una de las razones por las que la tostadora viene con un montón de mensajes de precaución, tales como: "No haga funcionar la tostadora en un

horno caliente o en el microondas". Parece bastante evidente, pero el fabricante ha identificado esto como un peligro potencial al hacer su evaluación de riesgos y, por lo tanto, da una advertencia general al usuario para que sea consciente de este posible peligro.

Los fabricantes que venden en los países europeos tendrán que respetar los requisitos de la CE. Estos requisitos están certificados por el mismo fabricante y no por un tercero. Estas normas son las mínimas para ser utilizadas en los países europeos. Sin embargo, si usted desea que su producto respete una norma determinada, puede que quiera utilizar a un tercero para aprobar su producto.

El caso del [Robot colaborativo de Bosch, APAS](#) es un gran ejemplo de acreditación de terceros. De hecho, antes de su lanzamiento el robot fue certificado por la asociación alemana para la prevención y el seguro de accidentes laborales como "intrínsecamente seguro" para su uso en la colaboración entre seres humanos y robots. Dado que este organismo probablemente aplicó las normas más severas en términos de seguridad, Bosch garantizó así que tenía una certificación de seguridad creíble y de nivel superior para su robot. Luego se puede utilizar en diferentes países, aunque todavía debe ser aprobado por las normas locales, que sin duda cumplirá. En otras palabras, el fabricante se aseguró de que su robot fuera certificado por la certificación más estricta del mercado para asegurarse de que podía ser aprobado como "seguro" en cualquier otro sitio.



3.1 Requisitos de prestaciones

Si profundizamos en lo que se considera como aceptablemente seguro en una célula robótica, tenemos que hacer referencia a la sección 5.4.2 Requisitos de prestaciones de ISO 10218-1:2011 que establece:

Las partes relacionadas con la seguridad de los sistemas de control deberán diseñarse de forma que cumplan con PL "d" con categoría de estructura 3 tal como se describe en la norma ISO 13849-1:2006 (Seguridad de las máquinas) ...

Esto significa en particular:

- Un solo defecto en cualquiera de estas partes no debe conducir a la pérdida de la función de seguridad;
- Siempre que sea razonablemente factible, dicho defecto deberá detectarse en el momento o antes de la siguiente solicitud de la función de seguridad;
- Cuando se produzca el defecto, la función de seguridad se realizará siempre y se mantendrá un estado de seguridad hasta que se corrija el defecto detectado; y
- se detectarán todos los defectos razonablemente previsibles.

Entonces, ¿qué significa esto realmente? Pues bien, con el fin de respetar las normas ISO, todo el equipo o la maquinaria deberán respetar un determinado nivel de seguridad. Este nivel, el nivel de prestaciones, se establece con respecto a la probabilidad de fallo de los equipos que se están probando. La Tabla 2 describe los diferentes niveles de prestaciones establecidos en la norma ISO 13849-1.

Tabla 2: Nivel de prestaciones (PL)

PL	Tiempo medio hasta el fallo peligroso por hora 1/h
a	$\geq 10^{-5}$ to $< 10^{-4}$
b	$\geq 3 \times 10^{-6}$ to $< 10^{-5}$
c	$\geq 10^{-6}$ to $< 3 \times 10^{-6}$
d	$\geq 10^{-7}$ to $< 10^{-6}$
e	$\geq 10^{-8}$ to $< 10^{-7}$

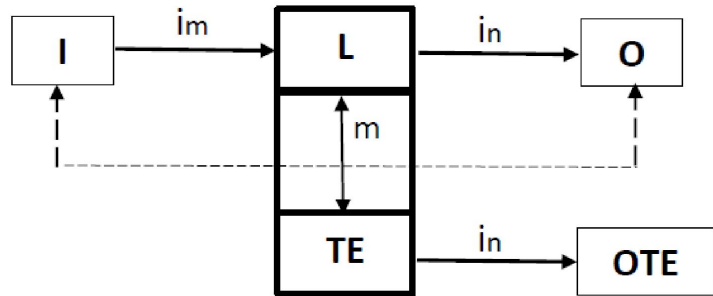


La categoría estructural depende de la cantidad de redundancia que utiliza el dispositivo. Por decirlo de otro modo, si usted tiene un hardware de un solo canal (codificador, por ejemplo) tendrá un menor nivel de redundancia que un sistema que utilice codificadores dobles que vuelvan a comprobarse entre sí para asegurar que la posición del robot es correcta donde debería estar. El siguiente diagrama muestra los diferentes niveles de categoría.

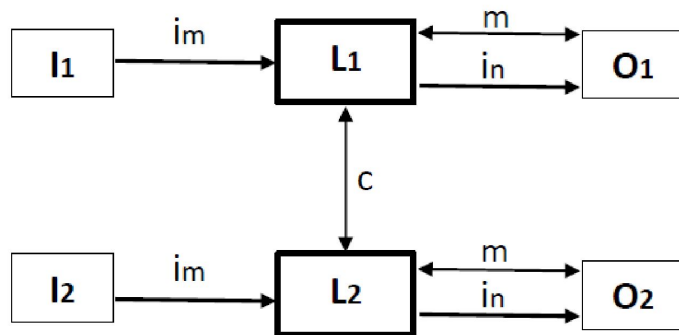
Categoría 1



Categoría 2



Categoría 3-4



Sin entrar en el detalle completo en relación con las normas, la Categoría 1 incluiría un hardware de seguridad de un solo canal simple. Así, por ejemplo, un conmutador (entrada o **I**) que esté apagado será tratado por el dispositivo lógico (**L**) y dará lugar a una parada (salida u **O**).

Un dispositivo de la categoría 2 incluirá un segundo dispositivo (TE o Equipo de prueba) que siempre verificará la validez de la entrada y salida (OTE Salida de equipo de prueba) para el sistema principal y reaccionará cuando se produzca un fallo. Digamos que un dispositivo con una parada de emergencia se puede considerar como un dispositivo de seguridad de categoría 2.

Un dispositivo de categoría 3 o 4 incorpora dos dispositivos paralelos que actuarán de forma independiente, pero siempre se volverán a comprobar entre sí para asegurar que tienen la misma señal. De esta manera, se puede producir un solo fallo y el segundo canal todavía será capaz de ver que hay un fallo. Esto garantiza que el sistema todavía pueda leer un defecto si un canal ha fallado.

Como usted puede haber visto la diferente nomenclatura en otro lugar, PL=d categoría 3; ahora sabe qué significa todo esto. La mayoría de los dispositivos de seguridad (relés de seguridad, conmutadores de llave, paradas de emergencia, etc.) serán clasificados en esta nomenclatura. Tal como se ha mencionado antes, todos los dispositivos que participen en la célula del robot colaborativo deberán ser al menos PL=d categoría 3 para respetar las normas ISO.



CONCLUSIÓN

El proceso de evaluación de riesgos está diseñado para proteger a los trabajadores que están utilizando maquinaria industrial. En el caso de la robótica, se implementa para garantizar que los usuarios de células robóticas estén seguros mientras realizan una operación con el robot y sus accesorios. Las evaluaciones de riesgos también se aplican para estandarizar la integración del robot y para garantizar que se alcanza un determinado nivel de seguridad por la célula robótica. El proceso de evaluación de riesgos debe hacerse de acuerdo con las leyes y la legislación vigente allí donde se integra la célula.

Aunque los fabricantes de robots y dispositivos robóticos hayan establecido requisitos de seguridad (PL=d categoría 3) para sus dispositivos, **todavía hay una gran parte del proceso de evaluación de riesgos que tiene que hacerse teniendo en cuenta la aplicación y el propio entorno**. Las aplicaciones de colaboración tienen que tomarse muy en serio, ya que se produce un contacto directo o cercano entre robots y seres humanos.

Finalmente, recuerde que nosotros no somos una empresa de evaluación de riesgos y que esta información se proporciona como una guía y para abrir la discusión. Para más información específica para su situación particular, deberá ponerse en contacto con su integrador local del robot que podrá orientarle.

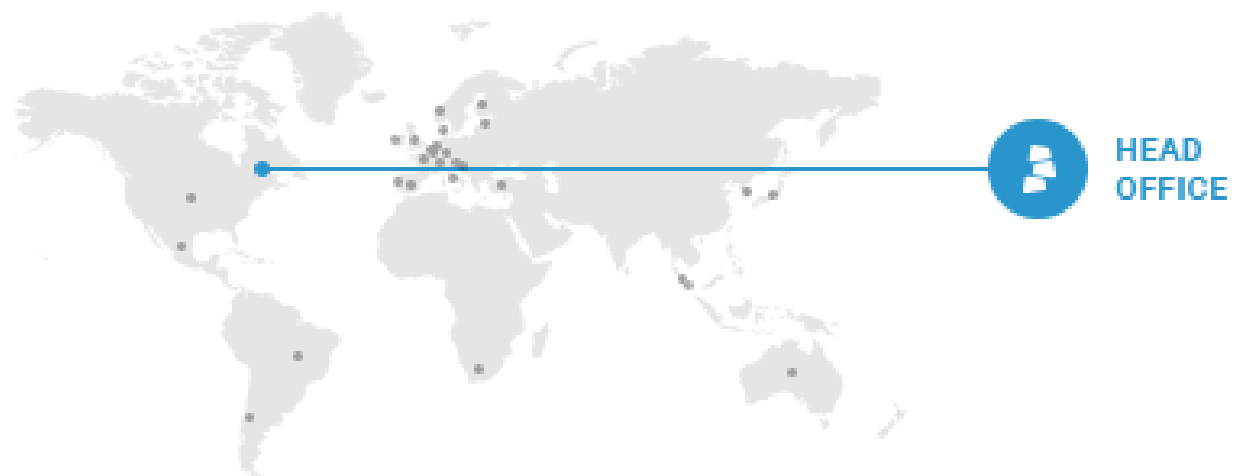


ACERCA DE ROBOTIQ

En Robotiq, liberamos las manos del ser humano de las tareas repetitivas.

Ayudamos a los fabricantes a superar sus problemas de mano de obra permitiéndoles instalar robots por su propia cuenta. Lo logran con nuestras herramientas robóticas plug + play y el apoyo de nuestra comunidad de expertos en automatización.

Robotiq son los seres humanos detrás de los robots: un negocio de propiedad de los empleados con un equipo apasionado y una red de colaboradores internacionales.



MANTENGÁMONOS EN CONTACTO

Para cualquier duda respecto a la manipulación robotizada y automatizada o si desea obtener más información sobre las ventajas del uso de herramientas eléctricas flexibles de manejo, [póngase en contacto con nosotros](#).



[Blog de Robotiq](#)



[Página de Facebook de Robotiq](#)



[Página de LinkedIn](#)



[TV Robotiq](#)



[Página de Google+ de Robotiq](#)



[Cuenta de Twitter de Robotiq](#)



Eche un vistazo a DoF donde los profesionales de la **automatización industrial** comparten su **know-how** y **obtienen respuestas**

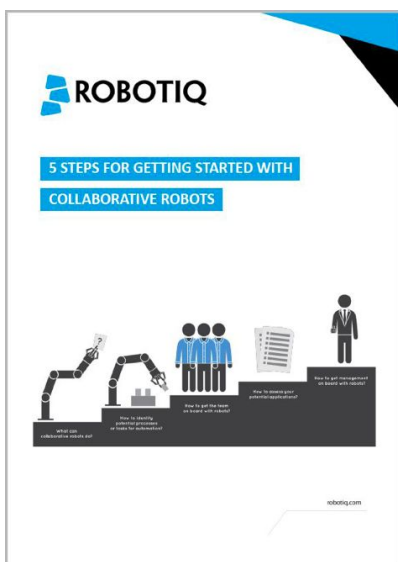
[¡Plantee su pregunta!](#)



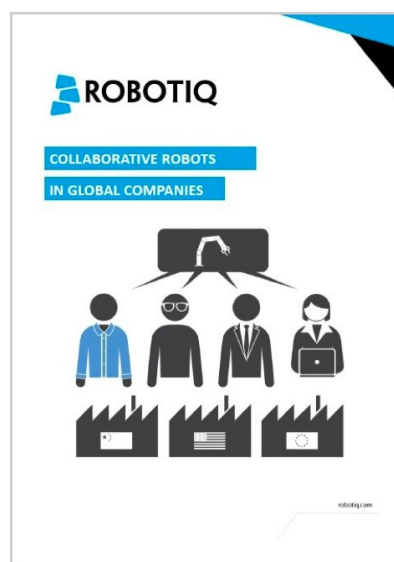
Otros libros electrónicos de interés



[Introducción a los robots colaborativos](#)



[Los robots colaborativos en las compañías globales](#)



APRENDE MÁS

robotiq.com

