



# Un robot de colaboración más amable y gentil.

Una guía sobre tecnología, casos de uso y validación.

# Resumen Ejecutivo.

Como parte integral de la fuerza laboral, los robots industriales están transformando fábricas y plantas de fabricación en todo el mundo. Estos robots están tomando en una amplia gama de tareas, de la monótona, a la peligrosa para el complejo, en apoyo de sus homólogos humanos.

Con unas 2,6 millones de unidades previstas para su despliegue en todo el mundo en 2019 (World Robotics Report 2016, IFR), se prevé un mayor uso de la robótica en los principales mercados incluidos, Europa, China, Corea, Japón y América del Norte.

Este crecimiento, en parte, se alimenta de los avances e innovaciones que están haciendo los robots más seguros, más inteligentes y más colaborativos en el lugar de trabajo. La incorporación de nuevos robots de colaboración o cobots ha permitido a las empresas de todo el mundo

para aumentar la productividad y mejorar la calidad de sus operaciones de fabricación a la vez que se reducen los costos operativos.

Si bien los robots se están convirtiendo en participantes clave en el lugar de trabajo, es imperativo recordar que tener humanos y robots trabajando en las proximidades no está exento de desafíos, ya que la seguridad es primordial entre ellos. Con ese fin, la comunidad internacional ha establecido ISO / TS 15066, las primeras especificaciones de requisitos de seguridad para aplicaciones de robots colaborativos con el objetivo de garantizar que si se produce contacto entre humanos y robots, nadie se lastima. Las especificaciones fueron desarrolladas durante un período de seis años por representantes de 24 países.

Si bien los robots se están convirtiendo en participantes clave en el lugar de trabajo, es imperativo recordar que tener humanos y robots trabajando en las proximidades no está exento de desafíos, ya que la seguridad es primordial entre ellos. Con ese fin, la comunidad internacional ha establecido ISO / TS 15066, las primeras especificaciones de requisitos de seguridad para aplicaciones de robots colaborativos con el objetivo de garantizar que si se produce contacto entre humanos y robots, nadie se lastima. Las especificaciones fueron desarrolladas durante un período de seis años por representantes de 24 países.

A medida que los robots se vuelven más inteligentes, más rápidos y más baratos, se volverán omnipresentes, integrándose sin problemas en un amplio espectro de procesos y sistemas. Los sensores, las tecnologías inteligentes y las cámaras facilitan la conectividad cobot a Industrial Internet of Things (IIoT) y sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP), por ejemplo, sistemas de gestión de almacenes, consolidando aún más su papel en el proceso de fabricación. Garantizar que estos nuevos socios en el lugar de trabajo sean seguros será de vital importancia para que las empresas obtengan el máximo beneficio de su potencial.

# El ascenso de la Cobot.

Los robots colaborativos (cobots) surgieron a mediados de la década de 1990 y avanzaron a lo largo de la década de 2000; están diseñados para trabajar con humanos en un espacio de trabajo compartido que realiza tareas peligrosas, sensibles o mundanas, mientras que sus contrapartes humanas se centran en actividades de mayor valor agregado.

Al unir la funcionalidad del robot con el potencial humano, las empresas obtienen enormes ganancias financieras y de productividad.

Grandes, imponentes y a menudo peligrosas máquinas, los primeros robots industriales se utilizaban para tareas específicas y se guardaban en áreas cercadas o en jaulas para mantener seguros a los empleados. Sujeto únicamente a su programación, estos robots no eran capaces de aprender o interactuar con los humanos.

Los cobots de hoy tienen la capacidad de integrarse en espacios de trabajo compartidos donde el sistema de robot puede realizar tareas al mismo tiempo que un operador humano. Las tareas pueden incluir la asistencia de elevación, el ensamblaje de la pieza, la inspección y el embalaje, así como el trabajo con materiales peligrosos o pesados. Estos cobots son más livianos que sus predecesores y se pueden mover más fácilmente entre tareas.

Sin embargo, es importante recordar que, aunque un robot puede diseñarse para una operación colaborativa, eso por sí solo no significa que se pueda instalar sin más consideraciones. Un robot no es intrínsecamente seguro para el funcionamiento en colaboración: la aplicación determina si el sistema del robot puede colaborar de forma segura.

El tipo más popular de cobot hoy en día es uno en el que la fuerza y la potencia del robot están limitadas por el diseño o el control inherente, comúnmente conocido como un Robot de Fuerza y Poder Limitado. El riesgo asociado con estos robots se reduce al limitar la velocidad y la fuerza del robot a través del diseño inherente o el uso de un controlador de seguridad. A diferencia de los diseños de robots anteriores, el Force and Power Limited Robot reconoce que el contacto entre un robot en movimiento y un humano puede ocurrir intencionalmente o no intencionalmente y se planifica en consecuencia. Las normas ISO / TS 15066 recientemente aceptadas proporcionan pautas muy específicas con respecto a los criterios de límite de carga mecánica para contactos transitorios y cuasi estáticos para garantizar la seguridad de los empleados.

## CASOS DE USO

### Contribuciones de Cobot:

Los cobots están transformando la fabricación, expandiendo sus roles y convirtiéndose en socios con sus contrapartes humanas que los entrenan y los operan.



#### PONER EN SU LUGAR:

Los robots colaborativos se hacen cargo de la tarea monótona de recoger los artículos y cargarlos en paletas, y luego moverlos en camiones o en diferentes partes de un almacén.



#### LINEA DE ENSAMBLAJE

Los robots colaborativos tienen la tarea de montar piezas pequeñas, ya que los robots pueden programarse para realizar la misma tarea, de la misma manera, colocando los artículos en el mismo lugar exacto.



#### AMBIENTES HOSTILES:

Los robots colaborativos se utilizan en entornos hostiles, como lugares que experimentan calor extremo, radiación y "aire malo".

# Evaluar la seguridad de Cobot.

La seguridad es primordial en la introducción de cobots al ambiente de trabajo. Se requiere una evaluación integral de riesgos para evaluar no sólo la COBOT, sino también el entorno en el que se coloca, es decir, el lugar de trabajo compartido.

Al implementar aplicaciones en las que las personas y los sistemas de robots colaboran, es importante identificar tanto las oportunidades potenciales, por ejemplo, ventajas ergonómicas como la postura mejorada de los trabajadores, así como los riesgos, por ejemplo, el contacto accidental o colisiones.

ISO / TS 15066 (Robots y dispositivos robóticos - Robots colaborativos) especifica que una evaluación de riesgos debe llevarse a cabo de acuerdo con EN / ISO12100. Otros estándares proporcionan especificaciones útiles sobre los peligros que existen en los sistemas cobot, que incluyen: UL 1740 (Equipos de robótica y robótica), ANSI RIA R15.06 (Robots industriales y sistemas de robots, CAN / CSA Z434 (Robots industriales y sistemas de robots), EN / ISO 10218-1 y EN / ISO 10218-2 (Requisitos de seguridad para robots y sistemas de robots). Es imperativo que la verificación adecuada

de la seguridad de un robot limitado por fuerza y potencia antes de la implementación. La operación colaborativa limitada de fuerza y potencia requiere sistemas de robot diseñados específicamente para este tipo particular de operación. La reducción del riesgo se logra, ya sea a través de medios intrínsecamente seguros en el robot o mediante un sistema de control relacionado con la seguridad, al mantener los riesgos asociados con el sistema del robot por debajo de los valores límite establecidos durante la evaluación del riesgo.

Durante la evaluación, todas las situaciones de contacto deben evaluarse por riesgo. La verificación debe incluir no solo la gobernanza sobre la fuerza y la potencia, sino también la integridad eléctrica, la evaluación del espacio de trabajo, el rendimiento del software y la ciberseguridad.

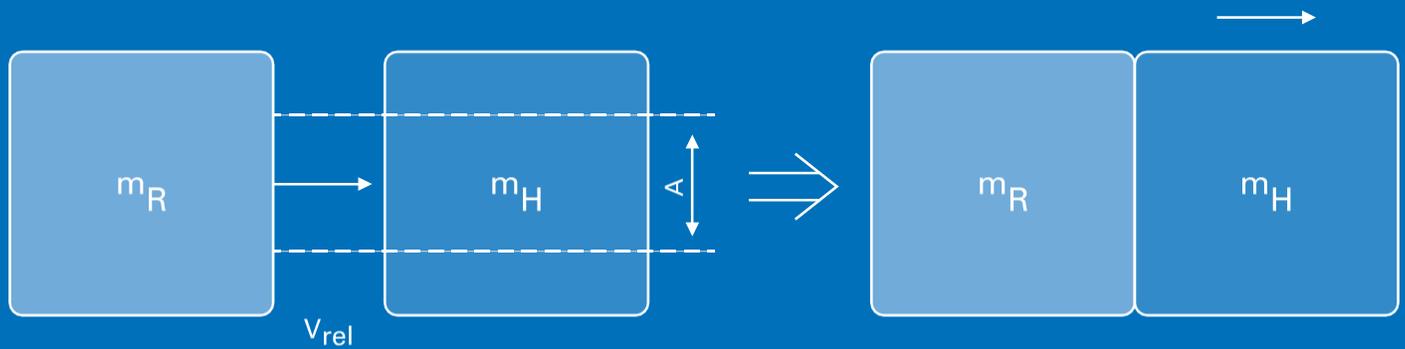
La prueba de un cobot no solo es extremadamente importante para la seguridad,

también protege al comprador. Si un fabricante de robots anuncia un cobot como velocidad y fuerza limitada, ya sea por diseño o control inherentes, la verificación y las pruebas garantizarán el cumplimiento total por parte del comprador. Sin embargo, esta verificación y prueba deben extenderse más allá de las necesidades de la célula de trabajo una vez desplegada en el sitio. Se necesita un análisis completo para proteger tanto al empleado (s) como a la inversión.



## Prueba adecuada de un robot limitado por fuerza y potencia.

La prueba adecuada de un Robot de Fuerza y Potencia Limitada comienza con los valores límite de umbral recientemente establecidos para contacto transitorio y cuasi estático en ISO / TS 15066. Estos límites se definirían durante la evaluación de riesgos.



Key			
A –	area of contact between robot and body region	$m_R$ –	effective mass of robot as a function of robot posture and motion
$m_H$ –	effective mass of human body region	$v_{rel}$ –	relative speed between robot and human body region

Fig 1. Modelo de dos cuerpos que simula eventos de contacto transitorio.

Los valores biomecánicos son el resultado de un estudio de prueba realizado por la Universidad de Mainz sobre los niveles de inicio del dolor. Los valores para la fuerza máxima permisible se derivaron de un estudio BG / BIGA con más de 188 fuentes.

La premisa subyacente detrás de esta guía es que los límites en el sistema de robot colaborativo se pueden calcular en función de los umbrales de sensibilidad al dolor en la interfaz hombre-máquina en situaciones donde se produce dicho contacto. Estos valores límite de umbral se pueden usar para establecer valores límite de presión y fuerza para varias áreas del cuerpo usando un modelo de cuerpo. Estos datos luego pueden extrapolarse para establecer los límites de transferencia de energía en la interfaz hombre / máquina. Los límites de velocidad se pueden prescribir para un robot que se mueve a través de un espacio de trabajo colaborativo. Los valores límite de velocidad mantendrían valores de fuerza y presión por debajo del dolor

umbral de sensibilidad si ocurriera el contacto con un operador y un robot.

- **Contacto casi estático:** contacto entre un operador y parte de un sistema de robot, donde la parte del cuerpo del operador se puede sujetar entre una parte móvil de un sistema de robot y otra parte fija o móvil de la célula del robot. Tanto la fuerza de contacto como la presión deben considerarse en esta situación.
- **Contacto transitorio:** contacto entre un operador y parte de un sistema de robot, donde la parte del cuerpo del operador no está sujeta y puede retroceder o retraerse de la parte móvil del sistema de robot. El contacto transitorio depende de la inercia del robot (y de la pieza de trabajo en algunas situaciones), la inercia de la parte del cuerpo contactada y la masa relativa de cada uno.

Existen varios métodos para verificar la fuerza y la presión en situaciones de contacto cuasi estáticas. La forma más efectiva es usar un instrumento de prueba apropiado que simule la región del cuerpo humano en cuestión y muestre tanto la fuerza de contacto como la presión.

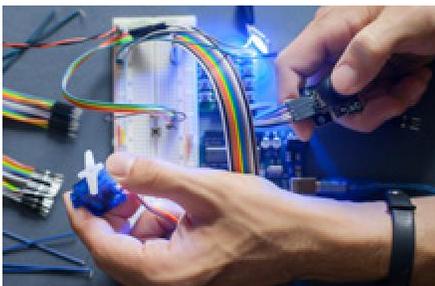
Los eventos de contacto transitorio se pueden simular utilizando un modelo de dos cuerpos. Se asume una colisión totalmente inelástica ya que es la condición de peor caso [Fig 1].

Con la región de contacto con el cuerpo y el punto de contacto y el área conocida (se requiere medición), la transferencia de energía es una función de la velocidad en el punto de contacto. La velocidad máxima debe establecerse como una guía.

Actualmente se están desarrollando equipos de medición que se pueden usar para probar este escenario.

# Mitigar el riesgo de los robots de fuerza y potencia.

Una vez finalizadas las pruebas, mitigación de riesgos se convierte en la tarea primaria. Con un diseño inherente, la reducción del riesgo asociado con el contacto transitorio podría implicar la limitación de la velocidad de las piezas móviles y un diseño apropiado de las características físicas tales como el área superficial de la parte móvil que podría ponerse en contacto con el operador.



La reducción del riesgo asociada con cuasi-estática podría incluir límites de velocidad y características físicas, similares al contacto transitorio, más características de diseño de las partes del sistema de robot que involucran la posible captura o sujeción de un operador o área del cuerpo. Un rediseño del área del operador, que incluye un reposicionamiento del área de trabajo, también puede cambiar los posibles puntos de contacto.

Los valores límite para los eventos de contacto relevantes en las regiones corporales expuestas se deben analizar para los límites más estrictos. Estos "peor de los casos" valores límite de umbral para el transitorio y eventos cuasi-estáticas se utilizarán para determinar el nivel apropiado de reducción de riesgos. El diseño o las medidas se implementan para que los efectos de los contactos identificados permanezcan por debajo de estos valores límite.

Cuando no está limitado por el diseño inherente, un robot de potencia y fuerza limitada debe estar limitado por el control. Este control establecería un límite de velocidad o potencia que daría como resultado que las situaciones de contacto transitorio y cuasi estático se encuentren dentro de los límites establecidos. Los estándares robóticos de seguridad mencionados en este artículo requieren un sistema de control de seguridad diseñado para que cumplan con PL d (Nivel de rendimiento "d"); con la categoría de estructura 3 como se describe en ISO 13849-1; o para que cumplan con SIL 2 (Nivel de Integridad de Seguridad 2) con una tolerancia de falla de hardware de 1 con un intervalo de prueba de no menos de 20 años como se describe en IEC 62061. Un reclamo de un fabricante no es suficiente para determinar el cumplimiento. Una evaluación de seguridad funcional es extremadamente compleja y un sistema de control de seguridad debe ser evaluado y aprobado por una agencia de pruebas calificada.

# Más allá de la fuerza y el poder: pruebas adicionales requeridas.

Además de probar y verificar la gobernanza sobre la fuerza y la potencia, las empresas deben evaluar la integridad eléctrica, el espacio de trabajo, el software y la ciberseguridad para garantizar el cumplimiento total y proteger sus inversiones.

## CONSTRUCCIÓN UNA LEVALUACIÓN

Debe garantizarse la seguridad eléctrica y mecánica del manipulador cobot y su controlador asociado. Para este propósito, UL 1740, EN 60204-1 y NFPA 79 están especificados para ser utilizados. La seguridad eléctrica se evalúa para garantizar que se brinde protección contra incendios y riesgos de descargas eléctricas. El sistema también se evalúa para garantizar la protección contra riesgos como partes móviles, presión, baterías y que se proporcionan los dispositivos de control adecuados. Por último, se realizan pruebas exhaustivas para garantizar la seguridad eléctrica, la resistencia adecuada, la seguridad mecánica, la función de los dispositivos de seguridad y el funcionamiento en condiciones anormales, entre muchos otros.

## EVALUACIÓN DEL ESPACIO DE TRABAJO.

La temperatura, la altitud, la humedad y la compatibilidad electromagnética pueden afectar a los cobots. Para garantizar que el cobot pueda funcionar correctamente en un entorno determinado, se debe probar para verificar que pueda funcionar con seguridad en el entorno previsto. Esto puede incluir pruebas para uso en exteriores, temperaturas extremas o ubicaciones peligrosas (clasificadas). Además, se deben realizar pruebas de compatibilidad electromagnética (EMC).

## SEGURIDAD FUNCIONAL

Los términos "calificación de seguridad", "falla segura" o "análisis de seguridad funcional" en las normas de seguridad robótica se utilizan en referencia a un sistema de control destinado a proteger a los empleados u otros operadores de los riesgos de los peligros. Estos sistemas de control pueden incluir topes de seguridad de parada y protección, funciones de velocidad lenta, funciones de fuerza limitadas, detección de personas, etc. La aparición de cobots ha requerido que los fabricantes ahora

debe desarrollar su propio software y controlador de seguridad. Ya sea que la tecnología se base en piezas ya aprobadas o en tecnología personalizada, se debe realizar una evaluación de seguridad funcional. Como requisito general, los sistemas de control de seguridad deben diseñarse de modo que cumplan con PL d (Nivel de rendimiento "d" o 4to nivel); con una estructura de categoría 3 como se describe en ISO 13849-1: 2006; o para que cumplan con SIL 2 (Nivel de Integridad de Seguridad 2) con una tolerancia de falla de hardware de 1 con un intervalo de prueba de prueba de no menos de 20 años como se describe en IEC 62061: 2005. Un controlador de seguridad personalizado puede ser increíblemente complejo, por lo que es imprescindible que un tercero calificado lleve a cabo la evaluación de seguridad funcional.

## SEGURIDAD CIBERNÉTICA

La eficiencia, la automatización y el mantenimiento de los cobots se monitorean o manipulan con mayor frecuencia a través de sistemas de control en red, exponiéndolos a la red corporativa o incluso a Internet. Esta conectividad plantea un problema de seguridad ya que estos cobots rara vez, si acaso, se desarrollan teniendo en cuenta la ciberseguridad. El sabotaje industrial así como la infección accidental de cobots están aumentando, por lo que los sistemas de prueba para garantizar su seguridad son importantes.

Según IEC 61508: "Si el análisis de peligros identifica que la acción malévola o no autorizada, que constituye una amenaza a la seguridad, es razonablemente previsible, entonces se debe llevar a cabo un análisis de amenazas de seguridad. Si se identifican las amenazas de seguridad, entonces se debe realizar un análisis de vulnerabilidad para especificar los requisitos de seguridad." La norma también recomienda el uso de la guía dada en la serie IEC 62443.

# TÜV Rheinland

El floreciente campo de la robótica se basa en los rápidos avances en tecnología, innovación y una visión para el futuro. Además de estos desafíos, las empresas deben garantizar que sus productos sean seguros, confiables y sostenibles para llegar a los mercados globales. Los expertos de TÜV entienden los factores que operan en la industria de la robótica y brindan servicios que pueden impulsar la ventaja competitiva de su empresa. Con laboratorios de vanguardia ubicados en todo el mundo y una reputación internacional por su excelencia, TÜV Rheinland respalda sus objetivos de cumplimiento, seguridad y funcionalidad en una industria acelerada.



# Apéndice I

A continuación, se incluye una lista de las principales autoridades regionales que los operadores de robots de fuerza y potencia deberán poner en su radar para garantizar un entorno seguro para las personas que trabajarán codo a codo con los robots.

(Nota: Consulte TUV Rheinland North America para obtener una lista completa de los requisitos de certificación de la autoridad regional en todo el mundo).

- US - UL 1740 (Robots y equipos robóticos)
- US - ANSI RIA R15.06 (Robots industriales y sistemas de robots)  
Estándar de seguridad industrial de robots, ANSI / RIA R15.06-2012, es una adopción nacional de EE. UU. de ISO 10218-2011, Parte 1, Robots y Parte 2, Sistemas robóticos
- Canadá - CAN / CSA Z434 (Robots industriales y sistemas de robots)
- Internacional - ISO / TS 15066 (Robots y dispositivos robóticos - Robots colaborativos)

PAÍS.	RELEVANT AUTHORITY (IES)
Estados Unidos	ANSI RIA R15.06 (Estándar de seguridad de robots industriales) Aprende más: <a href="http://webstore.ansi.org/RecordDetail.aspx?sku=ANSI%2FR15.06-2012">http://webstore.ansi.org/RecordDetail.aspx?sku=ANSI%2FR15.06-2012</a>
Estados Unidos	UL 1740 (Robots y equipos robóticos) Aprende más: <a href="https://standardscatalog.ul.com/standards/en/standard_1740">https://standardscatalog.ul.com/standards/en/standard_1740</a>
Estados Unidos	Estándares que cubren el bloqueo / etiquetado y la seguridad de los sistemas integrados de fabricación de OSHA Aprende más: <a href="https://www.osha.gov/SLTC/robotics/">https://www.osha.gov/SLTC/robotics/</a>
Canadá	CAN / CSA Z434 (Robots industriales y sistemas robóticos) Aprende más: <a href="http://shop.csa.ca/en/restofworld/industrial-robotics/canrsa-z434-14/inv/27017992014">http://shop.csa.ca/en/restofworld/industrial-robotics/canrsa-z434-14/inv/27017992014</a>
Internacional	ISO/TS 15066 Aprende más: <a href="https://www.iso.org/standard/62996.html">https://www.iso.org/standard/62996.html</a>
Internacional	ISO 10218, Partes 1 y 2 (Robots y sistemas robóticos) Aprende más: <a href="https://www.iso.org/standard/51330.html">https://www.iso.org/standard/51330.html</a>
Internacional	ISO 13849-1 Aprende más: <a href="https://www.iso.org/standard/69883.html">https://www.iso.org/standard/69883.html</a>
Internacional	IEC 62061 Aprende más : <a href="https://webstore.iec.ch/publication/6426">https://webstore.iec.ch/publication/6426</a>

TÜV Rheinland de México S.A. de C.V.  
Ave. Santa FE 170 Of. 2-4-14  
Ciudad de México, 01210  
[ventas@mex.tuv.com](mailto:ventas@mex.tuv.com)

[www.tuv.com/mex](http://www.tuv.com/mex)

