

Proceso de evaluación y reducción de riesgos en el diseño de máquinas

José Ramón Martín Usabiaga y Jorge Cortés Cecilia

Centro Nacional de Verificación de Maquinaria. INSHT

El alto porcentaje de accidentes en los cuales el agente causante está relacionado con una máquina, además de que muchos de ellos representan casos graves, ha motivado a la Unión Europea para generar un doble planteamiento: por un lado, asegurar la comercialización de maquinaria segura y, por otro, promover una adecuada utilización de la misma por parte de los trabajadores, dotándoles de las herramientas informativas necesarias y de una correcta formación sobre su uso. Todo esto, generando un proceso de evaluación de riesgos tanto por parte de los fabricantes como por los empresarios que las adquieran.

1. Presentación

Las estadísticas de accidentes de trabajo correspondientes al año 2008¹ indican que en un 14,66% de los accidentes con baja, el agente material asociado a la forma o contacto que ocasionó la lesión fue una máquina. Es un porcentaje importante, que va unido a otra característica asociada a estos accidentes, como es su gravedad, ya que representan el 23,05% del total de los accidentes graves.

Para enfrentarse a este problema la Unión Europea puso en marcha un planteamiento doble, que trata, por un lado,

de asegurar la comercialización y puesta en servicio de máquinas seguras mediante una normativa dirigida a los fabricantes de máquinas², y, por otro, la utilización segura por los trabajadores de los equipos de trabajo puestos a su disposición por el empresario³.

Los destinatarios de dichas reglamentaciones, fabricantes de máquinas y empresarios utilizadores de las mismas, deben realizar una evaluación de riesgos, aunque sus características sean diferentes, como lo son sus obligaciones.

El fabricante debe asegurarse de que lo que fabrica cumple los requisitos de

salud y seguridad que le son aplicables y para ello debe efectuar una evaluación de riesgos que le permitirá definir las medidas de eliminación de peligros o de reducción de riesgos necesarias. Por otra parte, el empresario debe seguir las instrucciones dadas por el fabricante a través del Manual de Instrucciones que debe acompañar a la máquina, y realizar la evaluación de riesgos correspondiente a las condiciones de utilización concretas que tenga en su empresa.

Sin duda, entre ambas evaluaciones, la del fabricante es la que tiene mayor potencia preventiva, pues se realiza desde el inicio del proceso de diseño, pudiendo aplicar los principios de integración de la seguridad establecidos en la normativa, desde el diseño y fabricación de la máquina inherentemente seguros, hasta la definición de las medidas a establecer para el caso de existencia de riesgos residuales.

El empresario, utilizador de máquinas, tiene una capacidad preventiva menor,

¹ M^o de Trabajo e Inmigración. Estadísticas de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales. Avance enero-diciembre 2008. Cuadro 2.5. Accidentes en jornada de trabajo con baja, según gravedad, por agente de la forma o contacto que ocasionó la lesión. (Elaboración propia. Para obtener los datos de accidentes producidos por máquinas, se ha hecho una agrupación de los grupos de agentes materiales teniendo en cuenta la definición de máquina incluida en la Directiva de Máquinas 2006/42/CE).

² Dentro del marco de la "Seguridad de los productos", este tema se desarrolla a través de la Directiva de Máquinas, cuya última versión, la 2006/42/CE, transpuesta en España por el R D 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las Máquinas, entra en vigor el 29/12/2009.

³ R D 1215/97, de 18 de julio, y sus modificaciones posteriores, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

puesto que el diseño de la máquina y las condiciones de uso establecidas en el Manual de Instrucciones le limitan considerablemente su margen de actuación, y porque saltárselo puede representar pasar a asumir la responsabilidad del fabricante.

Por todo lo anterior, aunque la evaluación de riesgos es una obligación para ambos, en el caso del fabricante se trata de una fase decisiva del proceso de diseño y construcción de la máquina.

Para ayudarle en esa tarea, en el ámbito de la normalización técnica en apoyo de la Directiva de Máquinas se vienen desarrollando, desde hace años varios, documentos encaminados a proporcionarle criterios homogéneos sobre la metodología y los principios técnicos aplicables.

Así, la vieja norma armonizada europea EN 292-1 "Seguridad de las máquinas. Conceptos básicos, principios generales para el diseño. Parte 1: Terminología básica, metodología", publicada en el año 1991, y adoptada por ISO en 1992 como informe técnico, con la referencia ISO/TR 12100-1, ya contemplaba la evaluación de riesgos dentro de una estrategia general para seleccionar las medidas preventivas apropiadas y desarrollaba en un capítulo específico los aspectos fundamentales de la evaluación de riesgos (la parte 2 de dicha norma, adoptada como ISO/TR 12100-2, cubre los "Principios y especificaciones técnicas").

No obstante, dada la repercusión de los resultados de dicha evaluación sobre el objetivo de lograr máquinas seguras, se consideró necesario que tanto los fabricantes de maquinaria como los normalizadores pudieran disponer de un



documento específico que expusiera los principios de un procedimiento sistemático y coherente de evaluación de riesgos. En consecuencia, la Comisión Europea (CE) y la Asociación Europea de Libre Comercio (AELC) encomendaron al CEN (Comité Europeo de Normalización) la elaboración de una norma sobre la materia. En 1996 se publicó la norma armonizada europea EN 1050 "Seguridad de las máquinas. Principios para la evaluación del riesgo", que en 1999 fue adoptada por ISO, con la referencia ISO 14121.

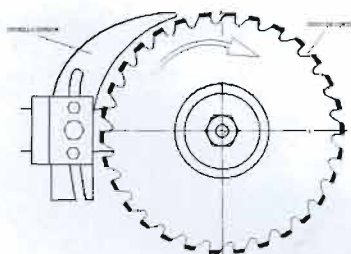
Tanto la norma EN 292 (partes 1 y 2) como la EN 1050 fueron revisadas posteriormente bajo el acuerdo de Viena, que regula la cooperación entre el CEN e ISO, de modo que, manteniendo el rango de normas armonizadas europeas, tomaron la referencia de los correspondientes documentos internacionales. Así, como resultado de la revisión de la norma EN 292, en el año 2003, se aprobó la norma EN ISO 12100 (partes 1 y 2). En la parte 1 se reforzaron algunos aspectos del proceso de evaluación de riesgos. Además, en el año 2009, se ha aprobado la modificación A1 de esta norma, que introduce

ligeros retoques motivados por la nueva Directiva de Máquinas 2006/42/CE.

En cuanto a la revisión de la norma EN 1050, se decidió dividirla en dos partes, una normativa y otra informativa, dedicada esta última a ofrecer una guía práctica sobre el proceso de evaluación de riesgos y ejemplos de métodos para cada uno de los pasos de dicho proceso. En consecuencia, como resultado de esta revisión, se aprobó, en el año 2007, la norma armonizada EN ISO 14121-1, así como la publicación del informe técnico ISO/TR 14121-2.

Teniendo en cuenta que la estrategia indicada por la norma EN ISO 12100-1 para la integración de la seguridad en el diseño de las máquinas requiere seguir un proceso iterativo de evaluación y de reducción de riesgos, es decir, aplicar simultáneamente las normas indicadas anteriormente y, considerando que, a pesar de que a lo largo de la evolución de dichas normas se han seguido de cerca la una a la otra, los contenidos sobre el proceso de evaluación de riesgos no son totalmente coincidentes, o incluso, en

■ Figura 1 ■ Sierra circular



■ Tabla 1 ■ Ejemplo de identificación de un peligro en una sierra circular

PELIGRO	SITUACIÓN PELIGROSA	SUCESO PELIGROSO
Impacto con la pieza	Corte longitudinal de piezas de madera	<ol style="list-style-type: none"> 1. Proyección de objetos debido a la inexistencia de un cuchillo divisor 2. Proyección de objetos debido a un diseño inadecuado del cuchillo divisor 3. Proyección de objetos debido a un ajuste incorrecto del cuchillo divisor

algunos aspectos, son complementarios, los comités de normalización responsables, el CEN/TC114 y el ISO/TC199, acordaron poner en marcha un proyecto para refundir en un solo texto, sin introducir cambios técnicos, las normas EN ISO 12100-1 y 2, y EN ISO 14121-1. Este nuevo proyecto tiene la referencia prEN ISO 12100 "Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño, la evaluación del riesgo y la reducción del riesgo" y en la reunión del grupo de trabajo encargado del mismo, celebrada en los primeros días del mes de septiembre de 2009, se han resuelto los comentarios recibidos durante la encuesta pública, por lo que en breve se someterá a voto formal.

Por otra parte, la publicación del informe técnico ISO/TR 14121-2 se acordó por una razón de oportunidad con la norma EN ISO 14121-1, dejando pendiente para una posterior revisión la decisión sobre numerosos comentarios que recibió el proyecto correspondiente. En la reunión indicada anteriormente se ha confirmado la necesidad de dicha revisión, que se realizará en la próxima reunión del grupo, a celebrar en el mes de mayo de 2010.

2. Evaluación y reducción de riesgos en el diseño de máquinas

Con el fin de ayudar a realizar adecuadamente el proceso de evaluación y reducción de riesgos en el diseño de

máquinas, se han elaborado dos Notas Técnicas de Prevención (NTP) de próxima publicación, una de carácter general, de la que este artículo es un resumen, y otra dedicada a exponer un ejemplo de aplicación a una máquina concreta.

Terminología

Muchas veces la terminología utilizada en los diversos textos, artículos y documentos sobre evaluaciones de riesgos que pueden leerse manejan los términos de una forma poco homogénea y a veces poco rigurosa. La terminología indicada en este artículo es la manejada en las normas UNE-EN ISO 12100-1 y UNE-EN ISO 14121-1, normas europeas armonizadas publicadas en apoyo a la Directiva Máquinas. Por tanto, son los utilizados y reconocidos en todo el ámbito europeo e internacional transcribiéndose sus definiciones literalmente y añadiendo algunas aclaraciones que se consideran de ayuda para su interpretación.

Daño: lesión física o daño a la salud.

Peligro: fuente de posible daño.

El peligro puede ser cualificado con el fin de definir su origen, por ejemplo: peligro eléctrico, peligro mecánico, o la naturaleza del posible daño, por ejemplo: peligro de choque eléctrico, peligro de corte, peligro de aplastamiento, peligro de intoxicación, peligro de incendio.

Un peligro puede aparecer de forma imprevista como sería el caso de

una explosión o estar presente de forma permanente durante el uso previsto de la máquina como sería el caso de ruido.

Zona peligrosa: cualquier espacio dentro y/o alrededor de una máquina en el cual una persona puede estar expuesta a un peligro.

Situación peligrosa: circunstancia en la que una o varias personas están expuestas a un peligro.

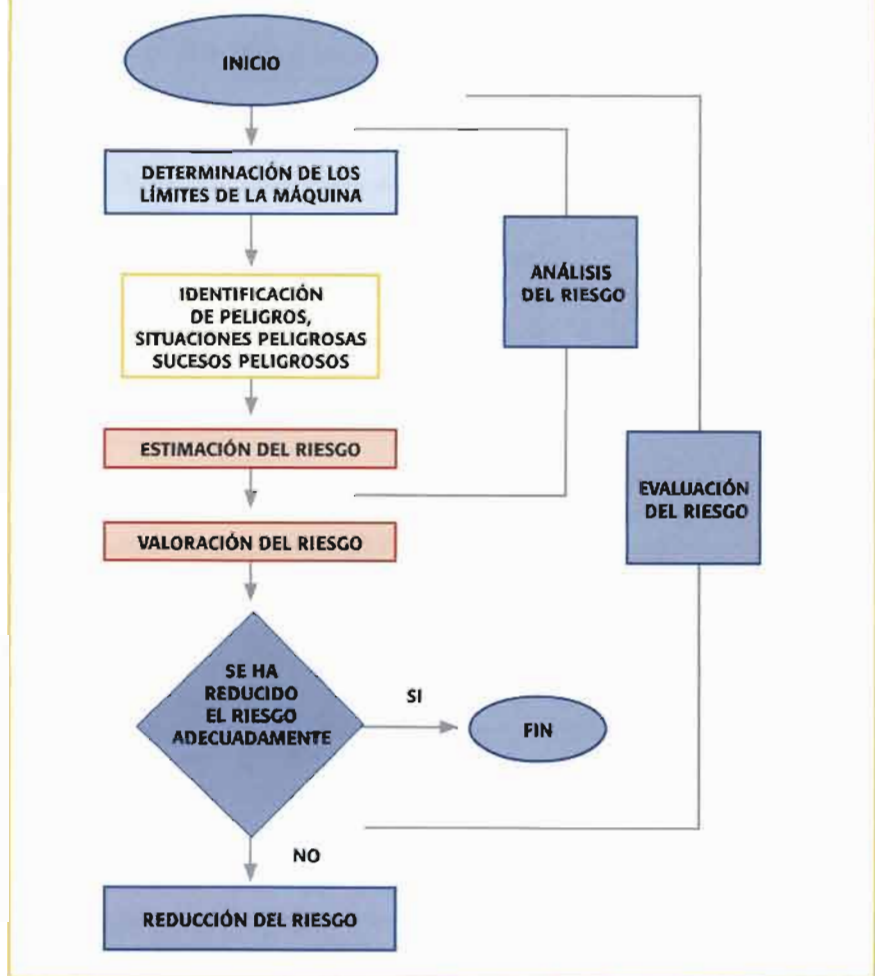
En general, las exposiciones al peligro aparecen ligadas a las operaciones o tareas que el operario debe realizar en la máquina y que hacen que éste, al acceder a una zona peligrosa, se exponga a un peligro.

No obstante, en la identificación se debería también tener en cuenta que pueden existir otras personas expuestas aunque no desempeñen ninguna tarea en la máquina (operarios situados en las proximidades, visitas...).

Suceso peligroso: suceso que puede causar un daño.

Los sucesos peligrosos pueden tener dos orígenes. Puede tratarse de sucesos de origen técnico (la rotura de algún elemento de la máquina, un fallo en el sistema de mando, una variación de tensión...) o de sucesos de origen humano (errores humanos) que originan que la secuencia del posible accidente se desarrolle.

■ Figura 2 ■ Proceso iterativo para reducir el riesgo



Riesgo: es la combinación de la probabilidad de que se produzca un daño y la gravedad de dicho daño.

Evaluación de riesgos: proceso global que comprende el análisis de riesgos y la valoración de riesgos.

Estimación de riesgos: definición de la gravedad más probable del daño y de la probabilidad de que este ocurra.

Valoración del riesgo: juzgar conforme al resultado del análisis del riesgo si los objetivos de reducción del riesgo se han alcanzado.

Con el fin de aclarar los conceptos de "peligro", "situación peligrosa" y "suceso peligroso" se indica a modo de ejemplo la identificación de estos en el caso de una máquina de uso muy extendido como es la sierra circular.

Durante el corte de madera por parte del operario de la máquina se identifica el peligro de impacto con la pieza que sale rechazada de la máquina.

En el ejemplo mostrado en la tabla 1, el peligro se ha descrito por la naturaleza del posible daño; la situación peligrosa por la operación o tarea que el operario está realizando en la máquina que le expone al peligro y los sucesos peligrosos como los sucesos que hacen que el posible accidente se desarrolle. En el caso de un fabricante de la máquina, los dos primeros sucesos peligrosos tendrían un origen técnico mientras que el tercero tendría un origen humano.

2.1. Evaluación de riesgos

Determinado el objeto o alcance de la evaluación, los objetivos de seguridad a alcanzar, generalmente derivados de la normativa legal, y recopilada la informa-

ción previa disponible en relación con la normativa legal y técnica, publicaciones, estadísticas de accidentes en máquinas, manual de instrucciones, experiencias de los usuarios y especificaciones del cliente, el diseñador o fabricante debe emprender el proceso de evaluación de riesgos de su máquina.

Este proceso constituye una serie de pasos lógicos que van a permitir de una forma sistemática el análisis y la valoración de riesgos. Por tanto, la evaluación comprende dos etapas: el análisis del riesgo y la valoración del riesgo.

En la etapa de análisis del riesgo se determinan los límites de la máquina, se identifican los posibles escenarios de ac-

cidente, es decir, todos los peligros, situaciones peligrosas y sucesos peligrosos, y, por último, para cada escenario se realiza la estimación del riesgo.

El proceso acabaría con la Valoración del riesgo en el que se realiza una toma de decisión de si se requiere o no reducir el riesgo.

Estrictamente hablando, el proceso de evaluación de riesgos finalizaría en esta etapa. Sin embargo, normalmente, la valoración de riesgos va a requerir una reducción del riesgo mediante la aplicación de medidas preventivas apropiadas, por lo que se deberá analizar el impacto de estas medidas nuevamente para determinar la reducción

■ Figura 3 ■ Elementos del riesgo



del nivel de riesgo alcanzado y a su vez el estudio de si la medida preventiva introduce un nuevo peligro que no había sido considerado anteriormente o incrementa un riesgo ya existente. Con este planteamiento queda claro el carácter iterativo del proceso de evaluación de riesgos - reducción de riesgos hasta finalizar en el momento que se determine que los objetivos de reducción de riesgos establecidos han sido alcanzados.

El proceso descrito anteriormente se encuentra representado en la figura 2.

2.2. Determinación de los límites de la máquina

En esta primera etapa de la evaluación de riesgos se trata de disponer de la descripción de las características y prestaciones de la máquina (potencias, velocidades, energías utilizadas, materiales manejados, sustancias emitidas...). Se debe definir el uso previsto y el mal uso razonablemente previsible, así como las personas que van a estar implicadas y el medio ambiente en que se prevé que se utilice.

Para determinar los límites de la máquina, deberían tenerse en cuenta todas las fases del ciclo de vida de la máquina. Estas son: fabricación, transporte, puesta en servicio, utilización, puesta fuera de servicio, desmontaje,

retirada. Se deberían establecer los **límites de uso** (modos de funcionamiento, intervenciones necesarias, uso que se va a dar a la máquina, nivel de formación, experiencia o aptitud requerida para los usuarios...); los **límites en el espacio** (amplitud de los movimientos de la máquina, las exigencias dimensionales para las personas que van a interactuar con la máquina...); los **límites en el tiempo** (vida límite de la máquina y de sus componentes, frecuencias de las revisiones recomendadas); los **límites medioambientales** en los que va a utilizarse (rangos de temperaturas, uso interior o al aire libre, tolerancias al polvo...), etc

2.3. Identificación de peligros, situaciones peligrosas y sucesos peligrosos

Esta etapa de la evaluación tiene por objeto la identificación, de una manera sistemática, de todos los peligros, situaciones peligrosas y sucesos peligrosos razonablemente previsible que pueden estar presentes durante todas las fases del ciclo de vida de la máquina, con el fin de describir los escenarios de los posibles accidentes en términos de cómo y cuándo esas situaciones peligrosas pueden conducir a un daño.

Es la etapa esencial de la Evaluación de riesgos. Sólo cuando se identifica un peligro es posible adoptar las medidas

preventivas apropiadas para reducir los riesgos asociados al mismo.

Al identificar los peligros, se deben considerar los límites de la máquina anteriormente determinados para tener en cuenta las operaciones que realiza la máquina y las tareas que las personas que interactúan con ella deben realizar, las diferentes partes, mecanismos o funciones de la máquina, los materiales a procesar y el medio ambiente en que se va a utilizar. Así mismo deben identificarse los peligros, situaciones peligrosas y sucesos peligrosos que no están directamente relacionados con las tareas (por ejemplo, ruido, estallidos de mangueras hidráulicas, desplome de la máquina...).

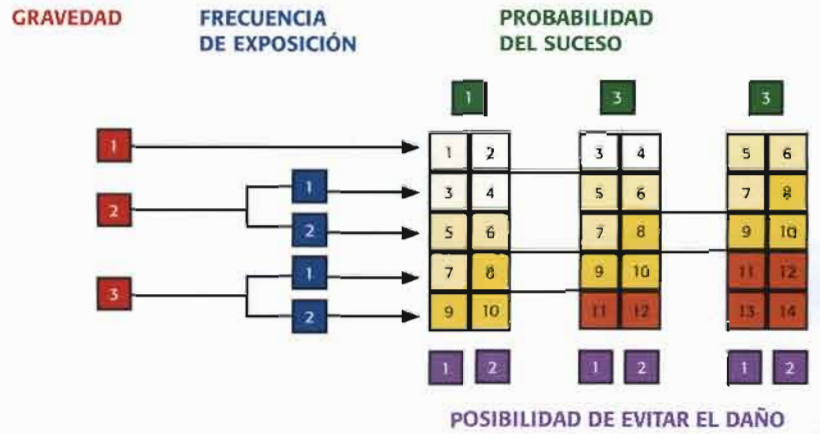
Los métodos para identificar peligros, en general, siguen uno de los dos siguientes enfoques. Un enfoque inductivo en el que, partiendo de los peligros, se consideran todos los modos posibles de que algo vaya mal en una situación peligrosa definida y como ello puede conducir a un daño. Un enfoque deductivo en el que se comienza considerando la posibles consecuencias (daño) y se establece qué puede causarlo retrocediendo desde el suceso peligroso a la situación peligrosa y desde ahí al peligro mismo.

2.4. Estimación de riesgos

En esta etapa se trata de asignar una magnitud al riesgo (índice, número o nivel) para cada escenario identificado en la etapa anterior para lo cual habrá que realizar una estimación de los **elementos del riesgo**, es decir, de la gravedad del daño y de la probabilidad de que se produzca dicho daño, como se muestra en la figura 3.

Para estimar la gravedad del daño los factores a tener en cuenta son la

Figura 4 Ejemplo de un método gráfico de estimación de riesgos



- GRAVEDAD**
- LIGERA LESIÓN O DAÑO A LA SALUD (NORMALMENTE REVERSIBLE)
 - GRAVE LESIÓN O DAÑO A LA SALUD (NORMALMENTE IRREVERSIBLE)
 - MUERTE
- FRECUENCIA**
- RARO A BASTANTE FRECUENTE Y/O TIEMPO DE EXPOSICIÓN CORTO
 - FRECUENTE A CONTINUO Y/O TIEMPO DE EXPOSICIÓN LARGO
- PROBABILIDAD**
- BAJA (TAN IMPROBABLE QUE SE PUEDE SUPONER QUE NO VA A OCURRIR)
 - MEDIA (ES PROBABLE QUE OCURRA A VECES DURANTE LA VIDA DEL PRODUCTO)
 - ALTA (ES PROBABLE QUE OCURRA FRECUENTEMENTE)
- POSIBILIDAD**
- POSIBLE EN CONDICIONES ESPECÍFICAS
 - REMOTAMENTE POSIBLE

gravedad de las lesiones o de los daños a la salud que puedan producirse y la extensión de los mismos (una persona, varias personas...).

En cada escenario de accidente, un peligro determinado tiene la capacidad potencial de dar lugar a daños de diferente gravedad por lo que a la hora de estimar un riesgo debería considerarse el daño más grave que, de una forma realista, pueda producirse. Ahora bien, también deberían ser consideradas otras posibles consecuencias menos graves pero más probables con el fin de averiguar si originarían un riesgo más alto.

El segundo elemento del riesgo, la probabilidad de que se produzca un determinado daño, depende de varios factores.

- La exposición de las personas al peligro.
- La probabilidad de que ocurra el suceso peligroso.
- La posibilidad de evitar o limitar el daño.

a) Exposición de las personas al peligro.

Este factor está influenciado por la necesidad de acceso a las zonas peligrosas (frecuencia de exposición) y del tiempo de permanencia en ellas (duración de la exposición) tanto en funcionamiento normal como en caso de disfuncionamiento, mantenimiento o reparación de la máquina.

b) Probabilidad de que ocurra el suceso peligroso.

Los sucesos peligrosos pueden tener un origen técnico o humano. En el primer caso, se deberían identificar las diversas formas de fallo y los orígenes

de éstos. En el caso de los sucesos de origen humano, se deberán considerar los conocimientos y experiencia de los operadores tanto de la máquina como de los riesgos asociados a ella, la interacción entre las personas así como los aspectos ergonómicos.

Para todo ello se tendrán en cuenta si están disponibles, los datos de fiabilidad, el historial de accidentes y de daños a la salud producidos.

c) Posibilidad de evitar o limitar el daño.

Una vez iniciada la secuencia que puede dar lugar al accidente o al daño a la salud, la posibilidad que la persona expuesta tiene para evitar o limitar los daños está influenciada fundamental-

mente por la formación, su experiencia en el manejo o conocimiento que tiene de la máquina, la aptitud física para evitar o limitar el daño, la forma en que tiene conocimiento del riesgo y la rapidez con la que se puede producir el daño.

Los métodos de estimación de riesgos que pueden encontrarse pueden ser cualitativos, como es el caso de las matrices de riesgo, o los gráficos de riesgos como se muestra en la figura 4; cuantitativos, en los que se manejan datos numéricos de probabilidades; y, por último, métodos que combinan datos cuantitativos con estimaciones cualitativas. En todos ellos, los elementos del riesgo se dividen en distintos valores y, según la combinación elegida para un escenario concreto, se obtiene un índice, valor o nivel de riesgo.



Es recomendable aplicar el mismo método de estimación durante todo el proceso ya que diferentes métodos darán lugar a resultados generalmente no comparables.

La selección de un método específico de estimación de riesgos es menos importante que el proceso en sí mismo. La utilidad de la evaluación de riesgos proviene de la disciplina del proceso más que de los resultados, siempre que se hayan considerado a fondo todos los elementos y factores del riesgo descritos anteriormente.

2.5. Valoración de riesgos

Constituye la última etapa del proceso de evaluación de riesgos. En esta etapa se decide si es necesario o no reducir el riesgo que se está analizando, ya sea éste el riesgo inicial o se trate del riesgo residual en la máquina después de una determinada iteración

Si se requiere reducir el riesgo, se deben seleccionar y aplicar las medidas preventivas apropiadas. También debe considerarse el impacto de dicha medida en la reducción del riesgo, lo cual se realiza después de aplicar cada uno de los tres pasos de la reducción de riesgos indicados en el siguiente capítulo.

Así mismo, como parte de este proceso iterativo se debe comprobar que al implantar una medida preventiva no se generan nuevos peligros, ni se incrementan otros riesgos. En caso de generarse nuevos peligros, habría que incorporarlos al proceso de evaluación de riesgos.

El proceso finaliza cuando, teniendo en cuenta los objetivos de reducción de riesgos y, si ha lugar, los resultados de la comparación de riesgos con los de una máquina similar, se considere que todos los riesgos de la máquina se han reducido adecuadamente.

2.6. Reducción de riesgos

La reducción de riesgos consiste en la aplicación de medidas preventivas con el objetivo de eliminar los peligros o reducir los riesgos. El riesgo se puede reducir actuando por separado o simultáneamente sobre cada uno de los dos elementos que lo componen, es decir, la gravedad del daño y la probabilidad de que se produzca dicho daño.

Las medidas preventivas han de aplicarse de acuerdo con el orden de prioridad establecido en los principios de integración de la seguridad del apartado 1.1.2 del Anexo I de la Directiva Máquinas 98/37/CE (Directiva 2006/42/CE), es decir:

1º Medidas de diseño inherentemente seguro.

Con estas medidas se eliminan los peligros y, si esto no es posible, se reducen los riesgos asociados a dichos peligros mediante una selección apropiada de las características de diseño (físicas o funcionales) de la propia máquina y/o de la interacción entre las personas expuestas y la máquina.

La eliminación de peligros constituye la forma más eficaz de reducir el riesgo ya que se elimina la fuente de daño y con ello la necesidad de aplicar otras medidas preventivas.

Si no es posible eliminar el peligro, se deberían reducir los riesgos aplicando medidas de diseño inherentemente seguro encaminadas a incidir sobre la gravedad del daño (por ejemplo: disminución de velocidades, fuerzas...), la exposición al peligro (por ejemplo: alimentaciones automáticas en vez de manuales, sacar los puntos de engrase de las zonas peligrosas...) y/o la probabilidad de que ocurra el suceso peligroso

(utilización de sistemas de mando más fiables..)

2º Medidas de protección y otras medidas preventivas complementarias.

Cuando no se han podido eliminar los peligros ni reducir los riesgos mediante la aplicación de medidas de diseño inherentemente seguro, se deberían reducir los riesgos mediante la aplicación de medidas de protección, es decir, resguardos, dispositivos de protección y otras medidas preventivas complementarias.

La aplicación de **resguardos**, ya sean fijos, móviles con enclavamiento o con enclavamiento y bloqueo, incide principalmente en la exposición al peligro.

La aplicación de **dispositivos de protección**, tales como barreras fotoeléctricas, alfombras y otros dispositivos sensibles a la presión, dispositivos limitadores, así como dispositivos asociados a las funciones relativas a la seguridad de los sistemas de mando, tales como dispositivos de validación, dispositivos de mando sensitivo, etc., inciden principalmente en la probabilidad de que ocurra el suceso peligroso.

La aplicación de **medidas preventivas complementarias**, tales como paradas de emergencia, medidas para la

liberación y el rescate de personas atrapadas, inciden principalmente sobre la posibilidad de limitar el daño; mientras que medidas aplicadas para la consignación de la máquina inciden principalmente sobre la exposición al peligro.

3º Información para la utilización.

El usuario debe ser informado sobre los riesgos residuales que permanezcan en la máquina después de haber aplicado las medidas preventivas descritas en las dos etapas precedentes.

La información se puede suministrar mediante marcas, pictogramas, dispositivos de advertencia, advertencias escritas, señales, etc., colocadas sobre la propia máquina y los embalajes, y mediante la documentación que se suministra acompañando a la máquina tal como el manual de instrucciones, fichas técnicas, etc.

Si se considera necesario, en el manual de instrucciones se indicará la formación requerida para la utilización correcta de la máquina y de las medidas preventivas implantadas. Dicha formación es de gran importancia cuando la eficacia de una medida preventiva depende del factor humano.

Si para la protección contra los riesgos residuales se considera necesaria

la utilización de equipos de protección individual (EPI) en el manual de instrucciones se deberán dar las indicaciones pertinentes.

La información tiene incidencia principalmente sobre la posibilidad de evitar el daño aunque también puede incidir sobre la exposición al peligro y sobre la probabilidad de que ocurra el suceso peligroso que tenga un origen humano.

2.7. Documentación

Todo el proceso de evaluación y reducción de riesgos deberá estar adecuadamente documentado dada su utilidad para la redacción de las instrucciones de utilización de la máquina así como para posteriores revisiones.

La documentación deberá poder demostrar el proceso seguido y los resultados obtenidos. Deberá además incluir la información manejada, los métodos utilizados así como los planos, dibujos, cálculos e hipótesis realizadas.

Deberá contener asimismo la lista de los peligros, situaciones peligrosas y sucesos peligrosos considerados, las medidas preventivas introducidas y los riesgos residuales que permanecen en la máquina y que el usuario debe conocer con el fin de que tome las medidas preventivas necesarias. ●

■ Bibliografía ■

Real Decreto 1435/1992, de 27 de noviembre, modificado por el Real Decreto 56/1995, de 20 de enero, por el que se transponen al derecho español la Directiva "Máquinas" 89/392/CEE y sus modificaciones 91/368/CEE, 93/44/CEE y 93/68/CEE (refundidas en un solo texto por la Directiva "Máquinas" 98/37/CE).

Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se transpone la Directiva de Máquinas 2006/42/CE. Nueva Directiva que deroga la Directiva de Máquinas 98/37/CE, con entrada en vigor a partir del 29 de diciembre de 2009.

UNE-EN ISO 14121-1:2008. Seguridad de las máquinas. Evaluación del riesgo. Parte 1. Principios.

ISO/TR 14121-2:2007 Safety of machinery. Risk assessment. Part 2: Practical guidance and examples of methods.

UNE-EN ISO 12100-1:2004. Seguridad de las máquinas. Conceptos básicos, principios generales para el diseño. Parte 1: Terminología básica, metodología.

UNE-EN ISO 12100-2:2004. Seguridad de las máquinas. Conceptos básicos, principios generales para el diseño. Parte 2: Principios técnicos.