

GESTIÓN EFICIENTE DE RIESGOS LABORALES: APLICACIÓN DEL CRITERIO TOR (TOLERABILITY OF RISK) A LA FASE DE CONSTRUCCION DE LOS PROYECTOS

Javier Conesa; M. Socorro García-Cascales

*Dpto Electrónica, Tecnología de Computadoras y Proyectos. Universidad Politécnica de
Cartagena. Murcia. Spain*

M. Teresa Lamata

*Dpto Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial. Universidad de Granada.
18071 Granada Spain*

Abstract

Decisions concerning the management of occupational risks are ones of the many decisions that face Project Managers. These decisions will be based on company policies and regulations, and will materialize thought qualitative risk assessments. These risk assessments will indicate the necessaries measures to manage occupational hazards during the construction activity. The effectiveness of measures taken, as well as the objectively safety level achieved, can be evaluated according the ToR framework, used by the Health & Safety Executive (HSE). The ToR framework defines quantitatively three level of risk in terms of the current state of technology and society's perception on workplace accidents.

Keywords: *risk management; construction safety; ALARP (As Low as Reasonably Practicable); risk acceptable criteria; risk tolerable criteria*

Resumen

Entre las múltiples decisiones a las que se enfrentan los responsables de las Direcciones de Proyectos, están aquellas relacionadas con la gestión de los riesgos laborales. Estas decisiones estarán fundamentadas sobre las políticas de empresa, las normativas vigentes, y se materializarán a través de los estudios cualitativos de riesgos. Dichos estudios establecen las medidas a emplear para la gestión de los riesgos laborales durante las actividades de construcción. La eficacia de estas medidas, así como el nivel objetivo de seguridad alcanzado en la obra, puede evaluarse mediante el criterio ToR, utilizado por el Health & Safety Executive (HSE), que establece tres niveles de riesgo, delimitados cuantitativamente en función del estado actual de la tecnología y de la percepción social sobre los accidentes laborales.

Palabras clave: *gestión de riesgos; seguridad en construcción; ALARP (As Low as Reasonably Practicable); riesgo aceptable; riesgo tolerable*

1. Introducción

“Si la eterna vigilancia es el precio de la libertad, entonces la inquietud crónica es el precio de la Seguridad” Reason (1997)

Seguridad y Riesgo se comportan como dos caras de la misma moneda, yendo en todo momento la una con la otra, y no existiendo ninguna de ellas en términos absolutos. Así, no se podría hablar de un nivel de seguridad total o de la inexistencia de cierto nivel de riesgo asociado a las actividades que diariamente se realizan.

Una persona que sienta aversión a los riesgos podría optar por quedarse en casa, placidamente en la cama, para de esta forma evitar los riesgos que puede acarrear la realización de un trabajo, una actividad deportiva o el uso de los medios de transporte. No obstante esta opción más sedentaria no esta exenta de cierto nivel de riesgo, ya que podría incrementarse el riesgo de sufrir enfermedades cardiacas debido a la inactividad, o enfermedades psíquicas por una menor actividad social. Así, la vida diaria se convierte en una elección entre el riesgo y el beneficio esperado de cada alternativa. Una prueba de ello lo constituyen los deportes de riesgo, en los que se asume un riesgo de manera voluntaria, por el deseo de dar un toque de emoción a la vida (The British Medical Association [BMA], 1987).

Este proceso de búsqueda de un balance entre el nivel de riesgo asumido y su coste o beneficio, se realiza de igual forma en el seno de las organizaciones. En el caso de los proyectos, la gestión de riesgos implica una elección entre las alternativas disponibles en función de su nivel de riesgos, así como la identificación de medidas correctoras para reducir y controlar los riesgos residuales de la alternativa seleccionada.

Habitualmente, la valoración de los riesgos de cada una de las alternativas se hace en función de evaluaciones de riesgos que se realizan de manera cualitativa. Estos estudios cualitativos presentan numerosas ventajas como la facilidad de uso, la flexibilidad o un bajo consumo de tiempo para su realización, no obstante el resultado final de estos estudios se ve influenciado por las características específicas del grupo de trabajo (conocimiento, experiencias previas,...). Por lo tanto la consistencia de estos estudios es limitada, pudiendo variar su resultado en función del grupo de trabajo, e incluso mediante el mismo grupo, en el caso de realizar el estudio en periodos distintos de tiempo (Center for Process Safety [CCPS], 2009).

Así, es fácil que las Direcciones de los Proyectos se vean abordadas por incertidumbres relacionadas con la elección de la mejor alternativa, o por la efectividad de los esfuerzos empleados en la reducción y contención de riesgos. El presente artículo propondrá un modelo que despeje estas incertidumbres, y ayude a entender el grado de seguridad real obtenido durante la fase de construcción de un proyecto. Para ello se describirán las características de la gestión de riesgos y del modelo ToR en los apartados 2 y 3, sintetizándose ambos conceptos en el apartado 4, donde se presenta la aplicación del modelo ToR a los proyectos de construcción.

2. Gestión de Riesgos

La fase de construcción es la actividad que finalizará con la puesta en utilización del Proyecto que se ha diseñado. Como se ha dicho anteriormente esta actividad no esta exenta de cierto nivel de riesgo, que variará en función de los procedimientos empleados, la tecnología utilizada, y de los recursos disponibles.

Controlar y reducir el nivel de riesgo, se convierte por tanto en una actividad que la Dirección de Proyectos debe afrontar, para ello se realizan estudios que permiten evaluar las distintas

alternativas de ejecución disponibles. La elección de la mejor alternativa se basa en la búsqueda del punto óptimo entre las variables nivel de riesgo, coste y beneficios.

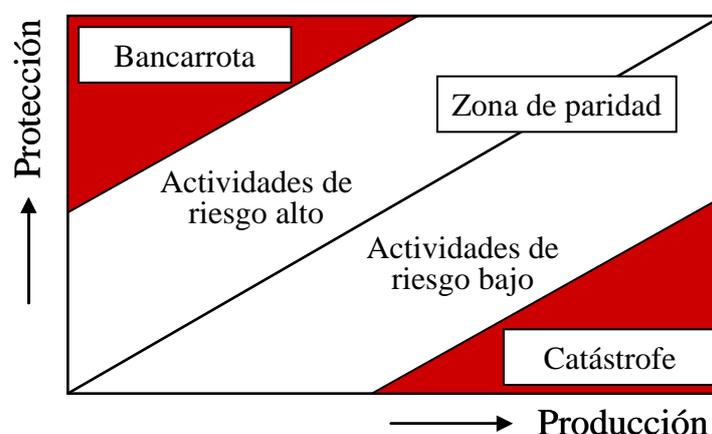
El concepto de riesgo hay que comprenderlo el sentido más amplio de la palabra, y extenderlo al entorno de influencia del Proyecto. Bird y Germain (1986) proponen el paso del control de accidentes laborales al control de pérdidas, ampliando el espectro de gestión de accidentes a todo evento no deseado que pueda desencadenar en una pérdida para los intereses de la organización.

Las consecuencias de un accidente no terminan en los límites del área de construcción, cada vez es más influyente la opinión pública sobre los resultados en seguridad de las organizaciones. Wiegmann y Shappell (2003) ilustran este concepto con el ejemplo de la aviación comercial. La aviación comercial ha ido constantemente reduciendo sus tasas de accidentalidad llegando a ser uno de los medios de transporte más seguros. Paralelamente se han incrementado el número de vuelos que se realizan, por lo que si la tasa de accidentalidad en aviación disminuyera a menor proporción que aumentase el número de vuelos, el número de accidentes aéreos en valor absoluto crecería. Dada la cobertura que tiene un accidente de este tipo en los medios de comunicación, y el gran impacto que supone un accidente de esta categoría para la población, el incremento de accidentes en términos absolutos podría provocar sobre la sociedad la percepción de que la aviación es un medio de transporte no seguro, lo que reduciría el número de personas que optan por el uso del avión.

Por tanto, cobertura de los medios e impacto social son variables que variarán conforme el proyecto sea más o menos emblemático para la sociedad.

Reason (1997), modeliza la gestión de riesgos dentro de las organizaciones como una relación entre producción y protección. La figura 1 muestra las variables involucradas en esta compleja relación. En un proceso ideal las medidas de protección se ajustan a los riesgos derivados de las actividades de producción, hecho que se representa por la zona de paridad. Cuanto más amplias sean las actividades de producción, mayor será la exposición al riesgo y por consiguiente la necesidad de medidas de protección. El margen de operación estable de las organizaciones se moverá entre las regiones de Bancarrota y Catástrofe, que exponen las consecuencias de primar excesivamente protección sobre producción, o producción sobre protección. Por otra parte, no todas las organizaciones están sometidas al mismo nivel de riesgos, las empresas que realicen actividades de alto riesgo necesitarán un mayor esfuerzo en protección por unidad de producto, que las empresas que desarrollen actividades de riesgo menor.

Figura 1: Relación entre Producción y Protección (Reason, 1997)



2.1 Riesgo Real y Riesgo Percibido

El Center for Chemical Process Safety (2009) define el riesgo como la capacidad con la que se puede producir una lesión personal, un daño ambiental o una pérdida económica, en función de la probabilidad del incidente y de la magnitud del daño o pérdida.

Así de una manera algebraica se podría representar el riesgo según la fórmula 1.

$$\text{Riesgo} = f(\text{probabilidad}, \text{consecuencia}) \quad (1)$$

En 1981 Slovic, Fischhoff y Lichtenstein realizaron un estudio para entender la relación entre el valor real de los riesgos, y la percepción que tenía la sociedad sobre los mismos. En este estudio se les preguntó a los participantes que estimasen el número anual de muertos en los Estados Unidos en función de 40 causas dadas. Este estudio además de mostrar la diferencia entre el valor percibido y real de los riesgos, mostró las tendencias de la sociedad a subestimar los riesgos asociados a causas comunes de fallecimientos, y sobreestimar los riesgos asociados a causas poco frecuentes o raras.

La percepción pública sobre los riesgos se basa en la imagen mental que tiene la sociedad con respecto a dichos riesgos. Esta percepción se ve afectada por aspectos como la magnitud de las consecuencias (individuales, catastróficas,...), el grado de información que se posee sobre el riesgo, el grado de control que se posee sobre los riesgos, y de si es un riesgo que se asume de manera voluntaria o involuntaria (CCPS, 2009). La fórmula 2 ilustra los factores que influyen sobre la percepción de los riesgos.

$$\text{Riesgo Percibido} = f(\text{magnitud}, \text{conocimiento}, \text{control}, \text{voluntariedad}) \quad (2)$$

2.2 Estudios Cualitativos y Cuantitativos de Riesgos

El nivel de riesgo se puede estimar mediante aproximaciones cualitativas o cuantitativas.

Las aproximaciones cualitativas establecen etiquetas lingüísticas para valorar probabilidades (baja, media, alta), consecuencia (ligeramente dañina, dañina, extremadamente dañina), y niveles de riesgo (trivial, tolerable, moderado, importante, intolerable)¹. Estas etiquetas lingüísticas están relacionadas a través de una matriz que indica el riesgo en función de su probabilidad y consecuencia. Los estudios cualitativos son una herramienta sencilla, rápida y flexible para realizar las evaluaciones de riesgos. Como limitación presentan un grado elevado de subjetividad, ya que se ven influenciadas por la experiencia y conocimientos de las personas que realizan el estudio.

Los estudios cuantitativos se basan en la ciencia y la tecnología para estimar el valor numérico de los riesgos, en este sentido estos estudios convergen plenamente con la definición técnica de riesgo. Al arrojar estos estudios valores numéricos, permiten realizar una comparación más precisa entre distintas alternativas, así como agrupar subsistemas o sistemas para conocer los valores de riesgo del conjunto. Dado el carácter más técnico de estos estudios, se hace preciso contar con un equipo más especializado, son más dependientes de la información disponible, y requieren una disponibilidad de tiempo mayor.

3. El Modelo ToR (Tolerability of Risk)

El modelo ToR tiene sus orígenes en la búsqueda del organismo regulador de Reino Unido, para establecer un criterio que permita valorar y limitar los riesgos que las industrias introducen en la sociedad. Este modelo, originario del Heath and Safety Executive (HSE),

¹ Como ejemplo se exponen las etiquetas lingüísticas para la evaluación de riesgos, que se indican en la guía "Evaluaciones de Riesgos Laborales", 2ª ed. publicada por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

esta siendo ampliamente adoptado por organismos y compañías más allá de las fronteras de Reino Unido (CCPS, 2009).

El modelo ToR se representa a través de un triángulo invertido, con el vértice en la parte inferior representando el riesgo más bajo, y su base en la parte superior representando el riesgo más alto. De esta forma se relaciona visualmente el nivel de riesgo con el espesor del triángulo. Para representar los niveles de riesgo se utiliza una escala logarítmica.

Dentro de este modelo se distinguen tres regiones en función de la valoración de su riesgo: Inaceptable, Tolerable y Aceptable.

La valoración de los riesgos depende en gran medida de la percepción y opinión pública sobre los mismos (BMA, 1987), en este artículo se seguirá la taxonomía expuesta a continuación (HSE, 2001).

- Riesgo Inaceptable. Riesgo que no es aceptable para la sociedad.
- Riesgo Tolerable. Es el riesgo con el que la sociedad está dispuesta a convivir a cambio de unos beneficios determinados, siempre que se considere que el riesgo está bajo control.
- Riesgo Aceptable. Es el riesgo que se entiende como trivial o insignificante para la sociedad.

Establecer los niveles de riesgo entre las distintas regiones se destaca como una de las decisiones más importantes, ya que de ella dependerán las actuaciones posteriores en materia de gestión de riesgos. El proceso seguido por el HSE para estimar dichos valores ha sido la comparación de riesgos. Así, se ha analizado como la población tolera, acepta o no acepta los riesgos a los que se enfrenta de manera cotidiana (Bouder, Slavin & Lofstedt, 2007).

La frontera entre las Regiones Inaceptable y Tolerable se ha establecido considerando un valor que englobe el riesgo de la gran mayoría de los trabajos que se realizan por cuenta ajena, y por lo tanto que las personas toleran a cambio de unos beneficios. Este límite se fija en un valor de $1 \cdot 10^{-3}$ muertes/año. En el caso de los miembros del público, que se encuentran sometidos a un riesgo impuesto por otros en función de unos beneficios para la comunidad, se limita el riesgo tolerable a un nivel de orden mayor, $1 \cdot 10^{-4}$ muertes/año (CCPS, 2009).

El límite entre la Región Tolerable y Aceptable se fija en el valor de $1 \cdot 10^{-6}$ muertes/año, valor que se considera insignificante comparado con los riesgos cotidianos a los que está expuesta la sociedad. Este valor coincide con el límite de riesgo máximo para la población que estableció el Gobierno Holandés para la construcción de los diques de contención, tras las inundaciones de 1953 que acabaron con la vida de más de 2000 personas (CCPS, 2009).

La Región Tolerable se subdivide en dos a partir de la línea de benchmarking $1 \cdot 10^{-5}$. Esta región está gobernada por el criterio ALARP (tan bajo como sea razonablemente factible [As Low As Reasonable Practicable]). Dicho criterio indica que se deben realizar esfuerzos encaminados a la reducción de riesgos, hasta que se alcance un nivel de riesgo en el que ya no sea razonablemente factible una reducción mayor.

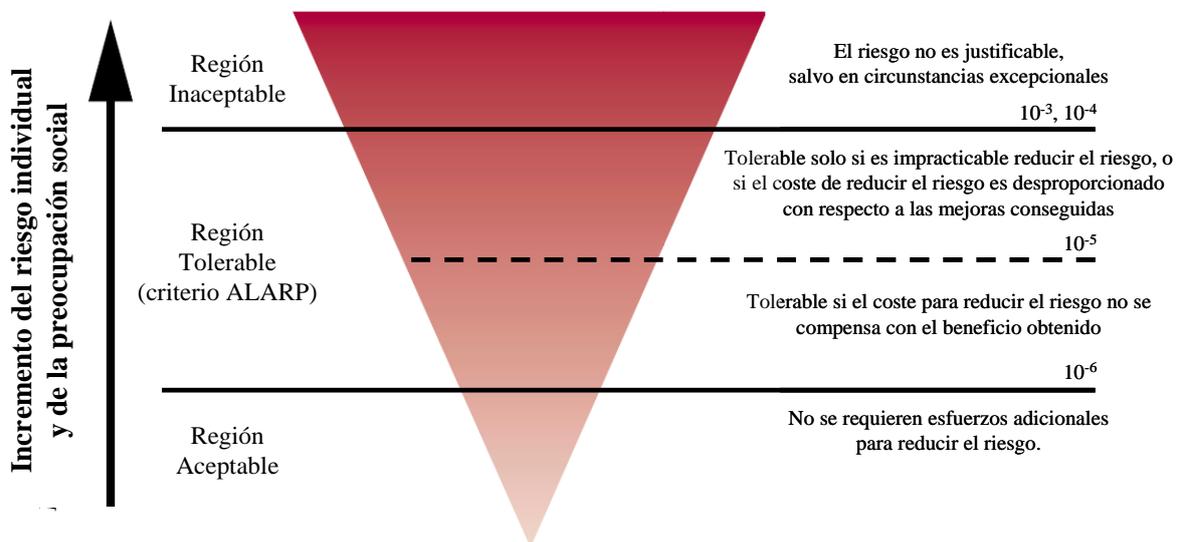
Según el criterio ALARP, los riesgos que queden en la parte superior de la Región Tolerable (riesgo $> 1 \cdot 10^{-5}$) se considerarán tolerables, cuando la reducción del nivel de riesgo tenga un coste desproporcionado con respecto a la mejora conseguida. Los riesgos que caigan en la parte inferior de esta región (riesgo $< 1 \cdot 10^{-5}$) serán tolerables, cuando el coste necesario para su reducción no se compense con los beneficios obtenidos. Las actividades que se realizan según las regulaciones o normas de buena práctica existentes, se considera de por sí, que siguen el criterio ALARP.

Una vez definidas las regiones y establecidos los límites entre ellas, se describen los criterios de funcionamiento en cada región.

- Región Inaceptable. Los valores de riesgo que se den dentro de esta región se consideran, salvo excepciones, inaceptables. Se deberán tomar medidas para reducir estos niveles, o desestimar la realización de la actividad.
- Región Tolerable. Los riesgos que se den dentro de esta región se consideran tolerables si siguen el criterio ALARP.
- Región Aceptable. No es necesaria ninguna actuación encaminada a reducir los riesgos que se den en esta región, más allá que las iniciativas propias de cada organización.

La figura 2 muestra el modelo ToR con la definición de las regiones y sus límites.

Figura 2: Modelo ToR (HSE, 2001)



3.1 Aplicación del modelo ToR

El funcionamiento del modelo ToR, se puede ilustrar con un sencillo estudio cuantitativo sobre un sistema de seguridad para la apertura automática de las compuertas de una presa hidráulica. Dicho sistema posee un equipo de detección del nivel de agua en el embalse, que en caso de riesgo acciona el mecanismo de apertura de compuertas para aliviar la presión sobre la presa, y así evitar el desbordamiento del embalse.

La tasa de fallo del equipo de detección del nivel es de $1 \cdot 10^{-3}$ fallos/año, y del mecanismo de apertura de compuertas de $1 \cdot 10^{-6}$ fallos/año. A lo largo del año existen dos situaciones que obligarán a desembalsar agua (deshielo y periodo de lluvias de primavera). En caso de fallo de la presa la consecuencia sería el fallecimiento de una persona por la inundación provocada.

Con estos datos se obtiene el árbol de fallos de la figura 3, para el sistema de apertura automática de compuertas puesto a modo de ejemplo.

Según los cálculos indicados en la figura 3, se dan tres situaciones posibles para el caso de que sea necesario desembalsar agua:

- El sistema de detección y el mecanismo de apertura funcionan, por lo que no se dan consecuencias mortales (frecuencia $5.47 \cdot 10^{-3}$).

- El sistema de detección funciona y el mecanismo de apertura falla, con lo que se produciría el desbordamiento del embalse provocando una victima mortal (frecuencia $5.47 \cdot 10^{-9}$, riesgo $5.47 \cdot 10^{-9}$)
- El sistema de detección falla, con lo que se produciría el desbordamiento del embalse provocando una victima mortal (frecuencia $5.48 \cdot 10^{-6}$, riesgo $5.48 \cdot 10^{-6}$)

Con estos datos el nivel de riesgo estaría en la mitad inferior de la Región Tolerable, con un valor de $5.48 \cdot 10^{-6}$ muertes/año ($5.47 \cdot 10^{-9} + 5.48 \cdot 10^{-6}$)

Figura 3: Árbol de Fallos para el Sistema de Apertura Automática de Compuertas (Elaboración propia)

	Sistema de Detección Automática	Mecanismo de Apertura de Compuertas	Frecuencia eventos/año	Severidad muertes	Riesgo muertes/año
Necesidad de desembalsar	funciona	funciona	$5.47 \cdot 10^{-3}$	sin consecuencias	
		falla	$5.47 \cdot 10^{-9}$	1	$5.47 \cdot 10^{-9}$
	falla		$5.48 \cdot 10^{-6}$	1	$5.48 \cdot 10^{-6}$
Riesgo del sistema					$5.48 \cdot 10^{-6}$

Aplicando el criterio ALARP se realizaría un análisis coste-beneficio para determinar si es posible reducir los riesgos (el beneficio por salvar una vida se estima en £1,000,000, valor del 2001 [HSE 2001]). En este caso se observa que el equipo de detección influye de manera significativa sobre el resultado, por tanto el uso de una redundancia en este equipo conseguiría reducir su tasa de fallo desde $1 \cdot 10^{-3}$ fallos/año a $1 \cdot 10^{-6}$ fallos/año, a un coste despreciable respecto al valor del beneficio. Con esta redundancia el nivel de riesgo total del sistema se reduce a $5.48 \cdot 10^{-9}$ muertes/año, con lo que se alcanzaría la Región Aceptable.

4. Aplicación del Modelo ToR a los Proyectos de Construcción

La gran variedad de actividades y personas que se concentran para llevar a cabo la fase de construcción de un proyecto, crea un sistema altamente heterogéneo y dinámico que dificulta el estudio a priori del nivel de riesgos de una manera cuantitativa. Es por ello que se opta por los estudios cualitativos para evaluar los riesgos asociados a las actividades de construcción. Esto a priori presenta un gran inconveniente para la aplicación del modelo ToR, ya que la utilización de esta potente herramienta requiere conocer el valor cuantitativo del nivel de riesgo, con objeto de poder compararlo con las regiones del modelo, y de esta forma poder valorar las distintas alternativas.

Por tanto, será necesario encontrar una función de transformación que permita la convergencia entre el modelo ToR y la fase de construcción.

4.1 Relación entre Severidad y Frecuencia

H. W. Heinrich (1881-1962), se puede considerar como un pionero en el mundo de la Prevención de Accidentes, durante 70 años sus trabajos han inspirado e influenciado multitud de manuales y legislaciones en esta materia (Petersen, 2005).

Heinrich (1951) exponía la existencia de una relación entre el número de accidentes graves, accidentes leves y casi accidentes. En particular consideraba que por cada 330 fallos que una misma persona cometa, 300 de ellos serán casi accidentes, 29 accidentes sin baja laboral, y 1 accidente con baja laboral. Esta relación 1-29-300 se conoce como el triángulo de Heinrich.

Diversos autores posteriores como Petersen (2005) o Manuelle (2003) entre otros, han manifestado su discrepancia con el valor obtenido por Heinrich para este ratio, estos autores exponen que no existe la certeza de que Heinrich se basara en estudios técnicos para llegar a este valor.

No obstante, la existencia de una relación entre los valores de los distintos tipos de accidentes sí ha sido un concepto aceptado por la comunidad científica. Bird y Germain (1996) realizaron un estudio sobre 1,753,498 accidentes, llegando a la conclusión de que la proporción entre accidentes se rige por un ratio 1-10-30-600 (lesión seria o grave - lesión menor - accidente con daño a la propiedad - incidente sin lesión o daño visible)

4.2 Dificultades en la Comparación Transversal de Datos

Comúnmente el nivel de riesgo de una actividad o peligro se expresa en términos de personas fallecidas, esta nomenclatura parece inducir al temor, sin embargo la razón tiene poco que ver con el temor y mucho con aspectos histórico-técnicos (BMA, 1987).

Históricamente las primeras estadísticas sobre salud pública se exponían en términos de personas fallecidas, por entonces la prioridad de las administraciones era la prevención de muertes, y por tanto esta era la forma en la que se cuantificaban las amenazas hacia la población por enfermedades o accidentes. Con el paso de los tiempos la esperanza de vida de la población ha ido creciendo, permitiendo a las administraciones profundizar más en las consecuencias de los accidentes, y por tanto crear estadísticas más amplias que contemplen los accidentes graves y leves. Estas clasificaciones más detalladas presentan inconvenientes que no tenían las primeras, debidos a la subjetividad médica para clasificar las lesiones y la falta de comunicación o registro de lesiones menores (BMA, 1987).

Otra variable a tener en cuenta, es la diferencia entre las clasificaciones de accidentes en los distintos países, así en EEUU siguen la reglamentación OSHA que presenta cuatro clasificaciones para diferenciar las consecuencias de los accidentes (con pérdida de días de trabajo, con restricción de trabajo, con tratamiento médico, primeras curas). Otros países como España diferencian básicamente entre accidentes con baja laboral o sin baja laboral, y hay países que entienden que un accidente con baja laboral se produce cuando el trabajador no puede volver al trabajo en los 3 primeros días tras el accidente.

Todo ello parece indicar que las estadísticas de fallecimientos generalmente se pueden entender como una medida internacional, mientras que las estadísticas del resto de lesiones se encuentran sometidas a criterios subjetivos y locales.

4.3 Ajuste del Modelo ToR a la Fase de Construcción de los Proyectos

El modelo ToR se presenta como una herramienta muy potente a la hora gestionar los riesgos, además de ser muy útil para entender la efectividad de los esfuerzos realizados en el control de riesgos.

Para la adaptación del modelo ToR a los proyectos de construcción, será preciso realizar una doble transformación que permita su ajuste tanto a la escala de los proyectos, como a su proceso.

La escala del modelo ToR es muy amplia para las condiciones de un proyecto. Teniendo en cuenta el límite para el riesgo tolerable en trabajadores, se estaría hablando de un accidente mortal cada 1,000 años/persona. Estos órdenes de magnitud son difíciles de entender en el espacio temporal en el que se realizan los proyectos, por lo que es necesario transformar estos límites en variables significativas a escala de proyecto.

En el apartado 4.1, se expuso la falta de consenso sobre el ratio frecuencia/severidad existente entre la comunidad científica. Petersen (2005) indica que esta relación no es un dato constante aplicable a todas las actividades, sino que se ve influenciado por el tipo de riesgos que conllevan las actividades que se realizan.

En España, las estadísticas de accidentalidad contemplan accidentes graves (accidentes con baja), accidentes leves (accidentes con baja) y accidentes sin baja. Teniendo en cuenta, como se comentó en el apartado 4.2, que la clasificación de accidentes está sometida a cierto grado de subjetividad, y que existe el riesgo de no conocer el valor real de accidentes sin baja, se entiende que el dato global de accidentes con baja laboral (accidentes graves más accidentes leves) está menos afectado por las variaciones comentadas, y por tanto presenta más consistencia para su utilización como variable de referencia. Este variable, además cuenta con gran aceptación en el sector de los proyectos de construcción.

Acotando el campo de estudio a los proyectos de construcción en España, las estadísticas de accidentes de trabajo para el sector de la construcción pueden arrojar el valor del ratio existente entre el número de accidentes mortales y accidentes con baja.

La tabla 1, muestra las estadísticas de accidentes laborales para el sector de la construcción en España entre los años 1999 y 2008 (Observatorio Estatal de Condiciones de Trabajo, 2010), así como la relación existente entre los datos de accidentes mortales y accidentes que tengan como consecuencia la baja laboral del trabajador.

Los datos de la tabla 1, indican una relación de 1 a 818.1 entre accidentes mortales y accidentes con baja. Con este dato, a partir de la fórmula 3 se pueden transformar los límites de riesgo para las regiones del modelo ToR, desde el valor de accidentes mortales por año, al valor de accidentes con baja laboral por cada millón de horas trabajadas (Índice de Frecuencia), para ello se consideraran 2,000 horas de trabajo por año y persona.

$$\text{Riesgo (IF)} = \frac{\text{riesgo} [\text{muertes} / \text{año}] \cdot 818 [\text{a. con baja} / \text{a. mortales}] \cdot 1,000,000}{2,000 [\text{horas de trabajo} / \text{año}]} \quad (3)$$

La tabla 2 indica las diferentes expresiones para los límites de las regiones del modelo ToR.

Una última consideración para adaptar el modelo consiste en fijar el límite entre las regiones de riesgo inaceptable y tolerable. El modelo ToR diferencia entre trabajadores o miembros del público, aunque también se reconoce que el valor indicado para los trabajadores raramente marca una limitación en la actualidad, ya que el nivel de riesgo de las actividades más peligrosas que se realizan están en torno al riesgo de 10^{-4} muertes/año (HSE, 2001). Teniendo en cuenta este dato, y considerando que en España el trabajo es un derecho constitucional, no parece coherente realizar una distinción entre trabajadores y miembros del público, por tanto se establece un único valor de IF=40 para el límite de la zona tolerable. Este valor de IF=40 coincide con el criterio máximo para la certificación de empresas contratistas según la norma Holandesa SCC (Central Committee of Experts SCC, 2004)

Tabla 1: Estadísticas de Accidentes Laborales para el Sector de la Construcción en España (Observatorio Estatal de Condiciones de Trabajo)

Año de Estudio	Accidentes con Baja Laboral (graves + leves)	Accidentes Mortales	Ratio <i>accidentes con baja /mortales</i>
2008	186,402	253	736.8
2007	250,046	278	899.4
2006	250,017	296	844.7
2005	238,185	310	768.3
2004	223,821	262	854.3
2003	230,437	298	773.3
2002	250,110	304	822.7
2001	250,008	269	929.4
2000	238,952	292	818.3
1999	215,751	294	733.8
		Media	818.1
		Desviación tipo	66.0
		P-valor	0.8

Tabla 2: Límites de las Regiones del Modelo ToR Aplicados a los Proyectos de Construcción en España (Elaboración propia)

Riesgo <i>muertes/año</i>	Riesgo <i>muertes/horas de trabajo</i>	Riesgo <i>IF (intervalo 95%)</i>	Riesgo <i>representativo IF</i>
10^{-3}	1 cada 2,000,000	409.0 ± 66	400.0
10^{-4}	1 cada 20,000,000	40.9 ± 6.6	40.0
10^{-5}	1 cada 200,000,000	4.0 ± 0.6	4.0
10^{-6}	1 cada 2,000,000,000	0.4 ± 0.0	0.4

De esta forma la propuesta para los proyectos de construcción en España se representaría según la figura 4.

El segundo aspecto del modelo ToR que diverge con la fase de construcción es su procedimiento de uso. El criterio ToR sigue un proceso que requiere comparar los valores del estudio cuantitativo con los del modelo ToR, y tomar una decisión en función de la región en la que se encuentre el valor del riesgo, como se indico en la figura 2.

Para que el modelo se adapte a la fase de construcción de los proyectos, el procedimiento debe de basarse en un proceso de prueba y error, más que en una aproximación a priori.

Así el procedimiento se basará en el análisis del IF del proyecto anterior, o del proyecto en el que se esta trabajando (en el caso de disponer de datos representativos), para decidir si son necesarias medidas adicionales para la reducción de riesgos. La figura 5 representa este diagrama de funcionamiento.

Figura 4: Modelo ToR Adaptado a Proyectos de Construcción en España (Elaboración propia)

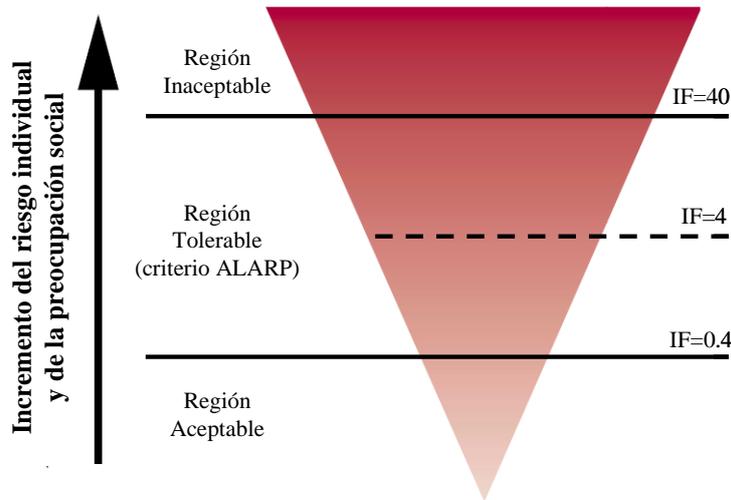
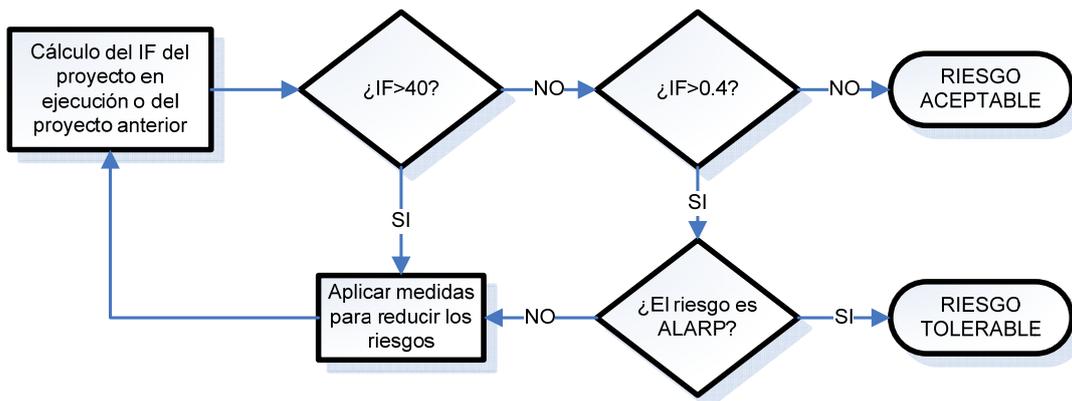


Figura 5: Diagrama de Funcionamiento del Modelo ToR Aplicado a Proyectos de Construcción en España (Elaboración propia)



5. Conclusiones

La adaptación del modelo ToR a la fase de construcción de los proyectos, se manifiesta como una herramienta muy útil para la gestión de riesgos, al establecer un criterio que ayuda a las Direcciones de los Proyectos a entender el resultado de seguridad de la fase de construcción, y por tanto la efectividad de las medidas empleadas en materia de reducción y control de riesgos. Con ello se puede dar respuesta a la pregunta ¿Cuánta Seguridad es Suficiente?

La franja entre el IF=4 y IF=0.4 en la que se encuentra el balance entre el coste de la reducción marginal de riesgos y su beneficio, se propone como el objetivo en primera instancia al que deberían aspirar los proyectos, en particular los significativos y/o emblemáticos.

Esta primera aproximación para adaptar el modelo ToR a los proyectos de construcción en España, muestra el camino a seguir para profundizar más en la utilización de este método. Siguiendo una metodología como la expuesta en este artículo se puede ajustar el modelo ToR al desarrollo específico de cada organización, para ello será preciso transformar los límites iniciales del modelo ToR en variables que se ajusten al desempeño concreto de cada empresa en Seguridad.

Agradecimientos

Este artículo se ha elaborado bajo los proyectos, TIN2008 - 06872 - C04-04, que están financiados por la DGICYT, así como por el de referencia (P07-TIC02970) de la Junta de Andalucía.

Referencias

- Bird, F. E., & Germain, G. L. (1986). *Practical loss control leadership*. International Loss Control Institute.
- Bouder, F., Slavin, D. & Lofstedt, R. E., (2007). *The tolerability of risk: a new framework for risk management*. Earthscan.
- Center for Chemical Process Safety (2009). *Guidelines for developing quantitative safety risk criteria*. John Wiley & Sons, Inc.
- Central Committee of Experts SCC (2004). *Procedure for the certification of contractors' SHE management systems*. <http://www.vca.nl>.
- Health & Safety Executive (2001). *Reducing risks, protecting people*. <http://www.hse.gov.uk>
- Heinrich, H. W. (1950). *Industrial accident prevention (3 ed.)*. McGraw Hill.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (1998). *Evaluación de Riesgos Laborales (2 ed.)*. <http://www.insht.es>
- Manuele, F. A. (2003). *On the practice of safety*. Wiley-Interscience.
- Observatorio Estatal de Condiciones de Trabajo (2010). Informe anual sobre daños a la salud en el trabajo. <http://www.oect.es>
- Petersen, D. (2005, Diciembre). Setting goals measuring performance: Frequency versus severity. *Professional Safety*,43-48.
- Reason, J. (1997). *Managing the risks of organizational accidents*. Ashgate Publishing Limited.
- Slovic, P., Fischhoff, B. & Lichtenstein, S. (1981). Facts and fears: understanding perceived risk. In Richard C. Schwing & Walker A. Albers (Eds), *Societal risk assessment: How safe is safe enough?* (pp. 181-216). New York: Plenum Press.
- The British Medical Association (1987). *Living with risk*. A Wiley Medical Publication.
- Wiegmann, D. A. & Shappell, S. A. (2003). *A human error approach to aviation accident analysis: the human factors analysis and classification system*. 2003.

Correspondencia (Para más información contacte con):

M^a del Socorro García-Cascales
Dpto Electrónica, Tecnología de Computadoras y Proyectos
Universidad Politécnica de Cartagena
C/Dr Fleming s/n 30201 Cartagena (Murcia)
Teléfono +34 968 326574
FAX +34 924 32 65 00
E-mail: socorro.garcia@upct.es