

Los costes de los accidentes industriales

Cesáreo Hernández Iglesias
 Doctor Ingeniero Industrial
Miguel A. Manzanedo del Campo
 Doctor Ingeniero Industrial
María Lourdes Sáiz Bárcena
 Economista

El conocimiento de los complejos y variados componentes de los costes de los accidentes de trabajo ha originado, por parte de diferentes autores, la elaboración de modelos de cálculo y predicción para intentar determinar su cuantía exacta.

En este artículo se describe el proceso seguido para el diseño de modelos que sirvan para calcular el coste de los accidentes, desarrollando una metodología que permite obtener estos costes en cualquier tipo de industria. Esta metodología nos llevó a obtener el modelo final siguiente:

Costes no asegurados = 7,11 + 0,40
 Costes asegurados = 0,17
 Esfuerzo de seguridad.

Con la información obtenida, finalmente, se interpreta el impacto económico del esfuerzo de seguridad, aplicando la técnica de análisis coste-beneficio.

ANÁLISIS DE LAS DIFERENTES INVESTIGACIONES

En el inicio del estudio se investigó en diferentes bases de datos toda aquella información referente estudios y modelos de cálculo de costes de accidentes de trabajo, a nivel mundial, referente a las empresas industriales. Esta información (recopilación de 31 estudios) se comparó, analizó y valoró, reflejándose sus resultados en dos tablas.

En una primera tabla se

observaron como resultados más significativos los siguientes:

- Que, desde 1950, se han venido realizando estudios.
- Existe gran diversidad en cuanto a componentes de costes.
- La mayoría de los autores realiza el estudio en una población muy baja, analizando, por tanto, un número de accidentes inferior a 100.
- El tiempo del estudio es inferior a un año, en gran parte de los mismos.
- La mitad de los estudios utiliza cuestionario.

En una segunda tabla se clasificaron porcentualmente los resultados obtenidos, en cada uno de los estudios, en seis bloques de costes, observándose gran diversidad porcentual tal y como

se puede apreciar en la *tabla 1*, donde se han incluido solamente los estudios más significativos.

Estos estudios y los modelos de predicción investigados nos acercaron al conocimiento de los costes de los accidentes en diferentes países y, dado que en España apenas se habían analizado, se pensó que sería interesante realizar un análisis empírico en la empresa industrial española. El objetivo de la investigación sería, por tanto, conocer los costes de los accidentes en nuestras empresas industriales para, después de analizarlos, definir uno o varios modelos que permitieran calcular estos costes de forma sencilla y, a su vez, que pudieran ser utilizados por la gran mayoría de las empresas. Bajo esta idea se diseñó un sistema de obtención de costes

Tabla 1
COMPARACION DE RESULTADOS DE ESTUDIOS DE COSTES

	Howard	Ross	Freeman	Van Dyke	Simonds	Imre
Fijos	31,10 %	5,80 %	-	0,70 %	5,00 %	7,00 %
Laborales	41,80 %	89,40 %	71,80 %	58,40 %	57,00 %	55,00 %
Daños	4,60 %	2,10 %	0,30 %	-	6,00 %	10,00 %
Administ.	-	0,40 %	3,20 %	5,70 %	16,00 %	9,00 %
Médicos	22,50 %	2,30 %	0,50 %	-	16,00 %	19,00 %
Otros	-	-	24,20 %	35,20 %		

a través de cuestionario desarrollado en tres partes.

METODOLOGIA DE OBTENCION DE COSTES

En un primer cuestionario C.M.1, se reflejaron todos los pagos que realizaba la empresa mensualmente, entre otros, los Seguros, gastos de personal sanitario y de seguridad y complementos a trabajadores accidentados. En otro cuestionario C.1.1, se anotaban los costes de los accidentes sin baja, acaecidos durante un mes, bajo dos epígrafes: costes de horas

perdidas y otros costes. Por último en el cuestionario C.2, y para cada accidente con baja, se anotaban hasta 21 costes diferentes, utilizándose un impreso para cada accidente.

Este cuestionario se aplicó durante dos años en diferentes empresas industriales de Burgos de los grupos 2, 3 y 4 de la C.N.A.E. de más de 50 trabajadores, siendo la población muestral cercana a los 6.000 trabajadores, lo que suponía más del 30 % de los trabajadores de las empresas industriales. Durante este período acaecieron 757 accidentes con baja y 2.217 sin baja.

Los datos obtenidos se depuraron y ordenaron para, posteriormente, realizar una provechosa captura y almacenamiento informático de los mismos que nos permitiera agrupar y estudiar los datos de diferentes formas en las tablas que se iban generando. Los datos de las tablas fueron procesados obteniéndose diferentes resultados estadísticos.

En primer lugar, se realizó un análisis descriptivo, tanto para cada uno de los costes parciales definidos en el cuestionario, como para los costes agrupados bajo los epígrafes indicados en la *tabla 1*.

HUMOS DE SOLDADURA

Conocemos
las consecuencias ...



... y tenemos
la solución



- Equipos para aspiración localizada
- Equipos de aspiración y filtración

**Aire
limpio**

PRAXAIR

Orense, 11 - 28020 Madrid
Teléfono 556 11 00. Telex 22585. Telefax 555 26 92

ASPIRACION LOCALIZADA DE HUMOS DE SOLDADURA

PRAXAIR dispone de una amplia gama de captadores fabricados en Alemania por su representada Kemper. Brazos posicionables de diferentes alcances (hasta 8 m) pueden ser conectados a motores individuales, o canalizaciones centralizadas para lanzar el humo al exterior o conectarse a filtros mecánicos electrostáticos o autolimpiables, que permiten que el aire limpio retorne a la nave.

La gama Kemper cumple la estricta normativa alemana sobre construcción y eficacia en materia de aspiración y filtración, así como la normativa CE 96

Dentro de los métodos para prevenir riesgos por alta concentración de humos, la aspiración localizada destaca por su eficacia.

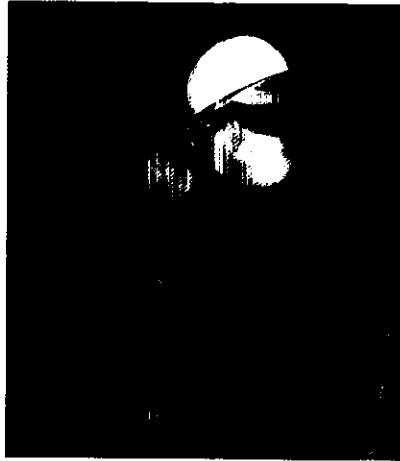
Las diferencias encontradas en este análisis descriptivo nos indicaron la necesidad de proceder a estudiar el impacto de los costes en las empresas mediante técnicas tipo análisis de la varianza, al objeto de saber definitivamente si los costes eran homogéneos o no. Por ello, y en primer lugar, se analizaron las diferencias de los costes entre sectores y empresas.

Los resultados del análisis de diferencias confirmaron la existencia de diferencias en pares de empresas y sectores, por lo que se procedió, por tanto, a analizar el efecto de los sectores, empresas y período temporal mediante la metodología de análisis de la varianza, construyendo la tabla de análisis de varianza (ADEVA).

Como resumen de este análisis, podemos indicar que, al considerar como factores explicativos del coste de accidentes, las empresas y sectores, se llegó a que eran altamente influyentes, lo cual se esperaba una vez confirmada la existencia de diferencias entre pares de empresas y sectores. Por otra parte, el período del año en que se realiza la observación no influyó a la hora de explicar la variabilidad del coste de accidente por empleado, confirmándonos la ausencia de periodicidad. Por tanto y como conclusión final, el resultado del análisis de estos costes agrupados nos llevó a que dichos costes eran heterogéneos.

Para estudiar el comportamiento e impacto de los costes en las empresas se utilizaron técnicas de reducción de datos. En primer lugar, se aplicó el análisis factorial, observándose que los tres primeros autovalores explicaban el 80 % de la varianza total, mientras que el cuarto autovalor explicaba por debajo del 9 %. Para la interpretación de los pesos de cada variable se aplicó el procedimiento de rotación varimax, indicándonos estos factores de rotación la influencia de los costes en las diferentes empresas.

Mediante el análisis *cluster*, utilizando el método de máxima verosimilitud, se formaron grupos de empresas muy semejantes en cuanto a costes. El resultado fue que siempre permanecían en el grupo primero ocho empresas, mientras que las otras seis se



repartían en el resto de los grupos a medida que aumentábamos la base del *cluster* desde dos a cinco. Al final, se tomó como agrupación más correcta la formada en base a tres *clusters* ya que el *test* de la pseudo-F tomaba el valor máximo de verosimilitud para esta agrupación.

Con objeto de contrastar, a *posteriori*, la consistencia de la agrupación en tres *clusters* se realizó un análisis discriminante, para lo cual se calcularon las funciones discriminantes y se analizó la bondad del análisis, observándose que dichas funciones asignaban correctamente las empresas a los grupos formados en el análisis *cluster* y que, por tanto, la agrupación realizada podía considerarse correcta.

DISEÑO DE LOS MODELOS PREDICTIVOS

Con los datos de los accidentes obtenidos de los cuestionarios y con los aportados por las empresas al finalizar cada año como, costes de prevención, costes de formación en seguridad y coste de las amortizaciones del inmovilizado referido a seguridad, se trató de estimar modelos de predicción de costes.

Dado que en España es obligatorio asegurar determinadas consecuencias de los accidentes, nos ha parecido correcto y lógico predecir los costes no asegurados en función de los costes asegurados, ya que estos últimos son fácilmente identificables.

Así, en primer lugar, se siguió, básicamente, el método de *Henrich*

para encontrar la relación costes asegurados/costes no asegurados en la muestra de empresas, efectuando la regresión: Costes no asegurados = b (costes asegurados), obteniendo la relación de 1 a 1,53, con un intervalo de confianza de $2,16 \times 0,3$, donde 2,16 corresponde a una «t Student» con 13 grados de libertad al 0,05.

Pero las empresas informaron de otros costes anuales que, en parte, inciden en que se produzcan más o menos accidentes y en que los mismos sean más o menos graves. Así pues, se debía analizar el esfuerzo de seguridad que realizan las empresas sin olvidar este tipo de coste al definir la estructura de los modelos, que será el resultado de estos tres componentes: los costes de prevención, de amortización del inmovilizado y de formación.

Con las indicaciones apuntadas, la estructura del modelo se planteó de la siguiente manera:

Coste no asegurado = $b_0 + b_1$ coste asegurado + b_2 esfuerzo de seguridad + u.

Donde:

b_0 = Constante.

b_1 = Coeficiente del coste asegurado.

b_2 = Coeficiente del esfuerzo de seguridad.

u = Error experimental cometido al predecir el coste no asegurado, vía las otras dos variables, asegurado y esfuerzo de seguridad.

Definido el modelo, se estimó (según el método de los mínimos cuadrados ordinarios) cada uno de los ocho grupos de costes en las 14 empresas, desglosando, a su vez, el esfuerzo de seguridad en prevención (b_{21}), amortización (b_{22}) y formación (b_{23}). Estos ocho grupos son los cinco primeros de la *tabla 1* en accidentes con baja, los costes de horas perdidas y otros costes en accidentes sin baja y, por último, el grupo de costes totales.

En principio, era de esperar que, mayores costes asegurados, mayores costes no asegurados y que la relación entre el esfuerzo de seguridad y el coste no asegurado sea inversa, porque al aumentar los gastos en seguridad, en teoría, debe descender el coste

de los accidentes. Por tanto, el coeficiente b_1 debe tener signo positivo y el b_2 , negativo.

Esta relación inversa entre el esfuerzo de seguridad y el coste asegurado, analizada parcialmente en los tres componentes del esfuerzo de seguridad, se verificó en los costes administrativos, laborales, daños, horas perdidas y otros costes. Mientras que si el estudio es global, el esfuerzo de seguridad deja de cumplirse en los costes administrativos con un coeficiente muy bajo, de 0,006, es decir, prácticamente nulo. Por contra, en los costes fijos no se cumple ni global ni parcialmente. Este comportamiento para los costes fijos era el esperado, pues, como hemos indicado, las exigencias legales les imponen a las empresas tener en sus plantilla personal sanitario y de seguridad. En los costes médicos, los componentes del esfuerzo de seguridad tienen un valor muy próximo a cero, de ahí que estadísticamente se considere nulo.

No se consideraron los resultados de estos modelos ya que los valores que tomaba el coeficiente de determinación R^2 aconsejaba su desestimación. Por ello, se procedió a elaborar otros modelos teniendo solamente en cuenta las ocho empresas del grupo primero, por su homogeneidad.

Analizando estos nuevos modelos, se observó el importante aumento experimentado por el coeficiente de determinación R^2 llegando en algún caso a superar el 80 %, aunque sigue siendo bajo

para los costes administrativos y para los médicos.

Por último, se procedió a incluir una *dummy* con objeto de obtener el efecto incremental de las empresas del *cluster* uno respecto a las restantes. Para ello se tomó el grupo de empresas no perteneciente al *cluster* uno como referencia y se compararon las del *cluster* uno respecto de ellas. Este fenómeno queda recogido definiendo una variable cualitativa que toma el valor 1 cuando la empresa observada es del *cluster* uno y el valor 0 en otro caso.

Una vez realizada la estimación indicada, se obtuvieron nuevos modelos para cada uno de los ocho grupos de costes, ofreciendo estos mejores coeficientes de determinación, lo que significa que son más satisfactorios y, por tanto, se proponen como los modelos predictivos finales de costes de accidentes de trabajo.

Como modelo más significativo y de mejor aplicación en las empresas para el cálculo de los costes de los accidentes se indica el siguiente:

Costes no asegurados = $7,11 + 0,40$
Costes asegurados - $0,17$ Esfuerzo de seguridad.

Así, con este modelo, pueden resolver, algunas empresas, el problema de cálculo de los costes no asegurados de los accidentes, una vez conocidos datos que fácilmente pueden disponer como son, por una parte, los costes de aseguramiento de sus trabajadores y, por otra parte, los costes derivados de la formación, prevención y amortizaciones

referidas a seguridad, es decir, lo que hemos denominado esfuerzo de seguridad.

INTERPRETACION COSTE-BENEFICIO

Bajo la técnica del análisis coste-beneficio se hizo una interpretación del impacto económico que tiene el esfuerzo de seguridad en cada uno de los costes no asegurados considerados.

Dado que las variables explicadas y explicativas venían expresadas en términos logarítmicos, el coeficiente asociado al esfuerzo seguridad coincide con la elasticidad del esfuerzo de seguridad respecto del coste no asegurado considerado, es decir, nos da el incremento porcentual que experimentaría el coste no asegurado cuando se disminuye el esfuerzo de seguridad.

Todos estos resultados nos llevaron a reflejar los costes de los accidentes y el esfuerzo de seguridad en una nueva tabla, la 2, en cuya primera columna se indican las empresas, en la segunda la accidentabilidad, definida como número de accidentes entre número de trabajadores; en la tercera, el coste total de los accidentes; en la cuarta, los costes variables no asegurados, que se obtienen restando del coste total el coste asegurado y el coste fijo y en quinta, el esfuerzo de seguridad. Para que los datos sean homogéneos, se dividen, también, los costes y el esfuerzo entre el número de trabajadores de cada empresa.

Los resultados más llamativos se producen en dos empresas cuyo esfuerzo de seguridad supera al coste de los accidentes, mientras que en el resto, el esfuerzo de seguridad es inferior al coste de los accidentes.

Estos datos nos llevaron a investigar lo ocurrido en estas empresas durante los dos años siguientes a través de información relativa al número de accidentes, número de trabajadores, costes asegurados, costes no asegurados y esfuerzo de seguridad. El resultado fue un descenso drástico de la accidentabilidad, en concreto

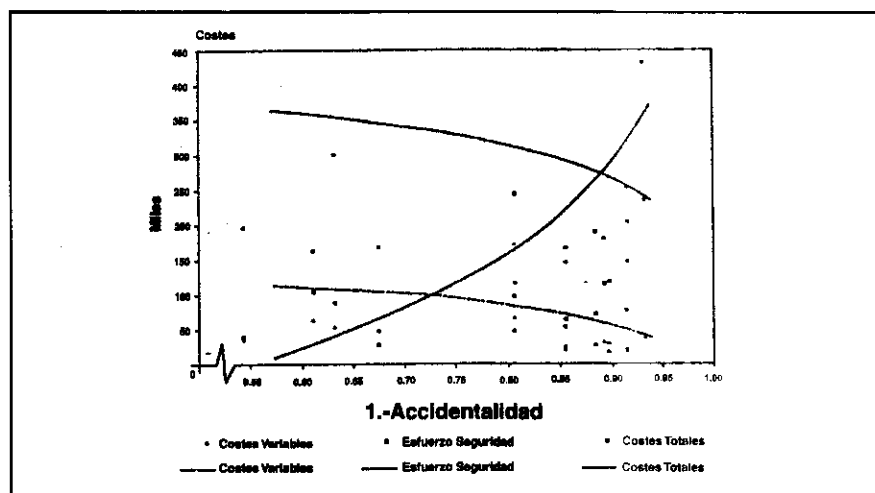


Gráfico 1. Ajuste exponencial de costes variables, costes totales y esfuerzo de seguridad. (Fuente propia).

Tabla 2
RELACION ENTRE COSTES DE ACCIDENTES Y ESFUERZO DE SEGURIDAD

Empresas	Accidentabilidad	Coste total de los accidentes	Coste variable no asegurado	Esfuerzo de Seguridad
22	0,06862	232.242	36.069	433.119
34	0,08577	203.403	21.019	251.870
43	0,08638	147.413	18.996	82.115
21	0,10526	119.011	15.929	28.038
35	0,10909	178.252	29.722	115.860
42	0,11757	186.880	25.772	75.582
32	0,14286	143.352	25.746	62.346
36	0,14286	164.460	26.996	54.437
33	0,19065	241.984	172.712	44.664
45	0,19697	114.649	64.201	95.816
44	0,32464	165.885	44.490	27.692
31	0,36842	299.119	52.356	86.967
41	0,38961	160.141	61.053	102.403
37	0,45556	191.292	33.463	34.112

en la empresa 34 se pasó de 0,08 a 0,05, mientras la empresa 22 pasó de 0,06 a cero al no registrarse ningún accidente con baja.

Por tanto, los esfuerzos que realizan las empresas para mejorar su seguridad, son recompensados ampliamente con un descenso importante en el número de accidentes y, por tanto, en el coste de los mismos. Aunque este descenso no es tan acusado como sería deseable por la incidencia de los costes asegurados, que son fijados por la Administración en función del número de trabajadores y apenas se reducen por disminuir la accidentabilidad. Además, los costes fijos tampoco entran en esa relación inversa con los accidentes ocurridos, ya que, obviamente, las empresas deben tener, en plantilla, los mismos médicos, asistentes técnicos sanitarios y técnicos de seguridad, con independencia del número de accidentes.

Estos dos costes parciales, asegurados y fijos, fijados por normativa legal, hacen, como se ha apuntado que no disminuya el coste total de los accidentes, en la misma proporción en la que descienden el resto de sus componentes, lo que nos hace reflexionar sobre la conveniencia de estudiar una compensación, por parte de la Administración, a las empresas que tuvieran una menor accidentabilidad. Evidentemente, aun siendo atractivo e interesante este tema se sale de los límites de este estudio.

Sin embargo, se avanzó, un

poco más, ajustando exponencialmente los resultados anteriores a unas funciones continuas, que nos podrían servir, también, como modelos de relación entre costes de accidentes y esfuerzo de seguridad, observándose perfectamente, que las empresas con menor accidentabilidad son las que tienen menores costes de accidentes y mayores esfuerzos de seguridad. No obstante, con la incorporación de los datos de los dos años siguientes, las dos empresas citadas descendieron sus costes de los accidentes manteniendo el mismo esfuerzo de seguridad iniciado cinco años antes, mientras que en el resto de las empresas se siguieron manteniendo ambos.

Se observó que en la curva de costes totales existe una fuerte influencia de los costes fijos y de los asegurados y, por ello, se procedió a estudiar el esfuerzo de seguridad con relación a los costes de los accidentes, pero sin tener en cuenta los costes fijos y los costes asegurados, ya que poco o nada pueden hacer las empresas para reducirlos.

Con los datos obtenidos en las columnas dos, cuatro y cinco de la tabla 2, se realizó un nuevo ajuste exponencial. En el gráfico se observó el punto de coste de ambas curvas situado, como era lógico, en los lugares de accidentabilidad mayor y que la importante disminución de los costes hizo descender la curva hasta acercarse al eje de la accidentalidad.

Todas estas consideraciones se

han reflejado en el gráfico 1, donde se puede observar la gran diferencia entre los costes totales y los variables, lo que indica que la mayor parte de los costes que soportan las empresas son fijos y no pueden hacer prácticamente nada para reducirlos, porque están ya fijados de antemano por la Administración.

Pero, a pesar de todas estas consideraciones, la diferencia de costes entre el valor inicial y el final de la curva, permite indicar que las inversiones en seguridad están plenamente justificadas como lo confirma la estrategia iniciada por las empresas japonesas de «cero accidentes», aunque desgraciadamente la Administración no permita reducir los costes fijos del personal de seguridad, ni establezca compensaciones por menor accidentabilidad.

Por último, y como matizaciones y reflexiones a considerar, indicamos:

1.-Que existe una fuerte implantación de costes fijos de los accidentes en la empresa industrial.

2.-Que esta situación debiera corregirse estableciendo una prima por la disminución de accidentes.

3.-Que se confirman con este estudio las investigaciones de tests de contraste realizadas por Rinefort, entre otros, en lo referente a la agrupación de empresas en función de su tamaño, medido por el número de trabajadores.

4.-Este trabajo indica que se debe continuar investigando en esta línea, llegando, si es posible, a establecer convenios con Mutuas de Accidentes de Trabajo o con Asociaciones de Prevención de Accidentes, para, así, tener mayores facilidades en la obtención de datos en las empresas. Con esto se conseguiría perfeccionar y actualizar el modelo y, a la vez, analizar la evolución de los costes de los accidentes y el esfuerzo de seguridad en cada empresa o grupos de empresas. Como la metodología ya está creada, continuar avanzando en la línea iniciada, no debe suponer esfuerzos importantes.

(Publicado en DYNA, n.º 8/96)