

# **Fire Risk Assessment Method for Engineering**

Manual para  
FRAME 2.0 para Windows

© Erik De Smet

D/1996/ De Smet Erik, autor

Edición 2001

## F.R.A.M.E. : Fire Risk Assessment Method for Engineering

### ¿QUE ES F.R.A.M.E.?

F.R.A.M.E. Es un método muy COMPLETO, TRANSPARENTE y PRACTICO para calcular el riesgo de incendios en edificios. Permite a las autoridades, directivos de industria y a los consejeros en materia de prevención de incendios, examinar las construcciones existentes o futuras, bajo el ángulo del peligro de incendio y de las medidas de protección adecuadas a prescribir o cuando menos a recomendar.

Diferente de los códigos de construcción y de los preceptos de la ley que son orientados hacia la seguridad de las personas, F.R.A.M.E. Busca también la protección del patrimonio y de las actividades. Este método permite juzgar de manera uniforme diferentes casos, constituya una guía práctica para examinar riesgos y conceptos de protección, y ayuda a comparar soluciones alternativas.

El método F.R.A.M.E. Calcula el riesgo de incendios en edificios para el patrimonio (contenidos y contenido), para las personas y para las actividades. Se efectúa una evaluación sistemática de varios factores de influencia para obtener en final una serie de valores que expresan en cifras, lo que en otro caso se expresará en una descripción extensa de aspectos positivos y negativos. El método no puede servir para instalaciones al aire libre.

F.R.A.M.E. Es desarrollado del método establecido por M. Gretener, ingeniero suizo, en los años 60, y de otros métodos similares: ERIC (Evaluation du Riesgo d'Incendie par le Calcul), un método desarrollado en Francia por SARAT y CLUZEL ; las normas alemanas DIN 18230 y austriacos TRBV100 ; las tarifas de los aseguradores contra el incendio, y otros.

El método de M. Gretener es ante todo aplicable a las construcciones industriales, artesanales, especiales y también en gran número de casos a los edificios de viviendas y administrativos, y se aplicaba solamente al riesgo para el patrimonio. Ampliado con un cálculo del riesgo para las personas y del riesgo de pérdidas económicas se construyó el planteamiento más completo de F.R.A.M.E.. Aunque empírico, su aplicación a casos reales a permitido controlar que es una guía fiable. El control ha sido realizado en dos sentidos:

- a) para una serie de edificios consideradas por los expertos como bien protegidos, se obtiene valores calculados que confirman este juicio.
- b) para una serie de edificios destruidos por incendios, se obtiene valores calculados que confirman los defectos comprobados.

Actualmente, unos cientos cálculos prácticos son disponibles para ilustrar que el método F.R.A.M.E. Es digno de confianza.

## USOS POSIBLES DEL MÉTODO F.R.A.M.E.

### Determinar protecciones contra incendios eficaces.

El primer objetivo de F.R.A.M.E. Es ayudar los prevencionistas en la determinación de una protección eficaz y equilibrada. El profesional experto sentirá de por sí las debilidades de un riesgo, pero el detalle del cálculo muestra donde se debe mejorar la situación y el resultado final confirmará precisamente sus proposiciones.

### Verificar situaciones existentes.

F.R.A.M.E. Se practica fácilmente para verificar situaciones existentes, también cuando se intenta mejorar el caso. El cálculo indicará la magnitud del riesgo tratado así como las disposiciones deseables. F.R.A.M.E. Sirve también para demostrar que una situación legalmente conforma protege la gente pero no significa siempre que el patrimonio o las actividades son también lejos de un catástrofe.

### Estimaciones de daños previsibles.

La experiencia ha probado que existe una relación directa entre el riesgo calculado R y los daños previsibles en caso de un incendio importante. F.R.A.M.E. Puede emplearse para calcular una estimación del daño razonablemente previsible. En el caso que el daño verdadero es muy superior al daño calculado, se encuentra con una indicación fuerte de una acción incendiaria. Pues que una “ayuda exterior” es la explicación la mas probable para la diferencia.

### Comparación del método con los códigos de seguridad de incendios.

El planteamiento de F.R.A.M.E. difiere algo de lo códigos. El método dirige el diseñador primeramente hacia la protección del patrimonio, antes de tratar la seguridad de las personas. De esta manera , llega primera la protección adecuada del edificio, y en seguida se controla si se necesita medidas complementarias para asegurar las personas y las actividades. Sin embargo, los códigos y reglamentos prefieren muchas veces las medidas preventivas y pasivas. La estabilidad al fuego de la construcción será impuesta a menudo, pero las instalaciones de rociadores son raras veces obligatorias. Aunque F.R.A.M.E. Permita mas libertad para poder elegir las medidas de protección, el equilibrio entre riesgos y protecciones es igual a lo que requieren los reglamentos de la mayoría de los países industrializados.

### Alternativas

Gracias a esto equilibrio incorporado, F.R.A.M.E. Puede también servir para verificar conceptos alternativos, cuando la aplicación de reglamentos y prescripciones demasiado explícitas implica s modificaciones muy costosas en edificios existentes. Un primer cálculo, según el reglamentó, dará el nivel de seguridad fijado, y un segundo cálculo demostrará que la alternativa propuesta logrará al mismo objetivo.

### Control de calidad para el ingeniero de seguridad.

El método F.R.A.M.E. No puede ni debe suplantar el razonamiento, pero puede servir de sistema de auto-control y de guía para el examen de los diferentes casos y para limitar interpretaciones y apreciaciones subjetivas.

## PRINCIPIOS DE BASE

F.R.A.M.E. Se apoya en cinco principios de base.

1)El método parte de la consideración básica de que en un edificio bien protegido existe un equilibrio entre el peligro de incendios y la protección.

Medido por números se puede decir que en este caso, el cociente “peligro: protección = riesgo” es inferior a 1, y que por consiguiente un valor mas grande refleja una situación peor.

El equilibrio entre riesgo de incendio y la protección que se encuentra en F.R.A.M.E. Es comparable a lo que existe “en casa” cuando uno vive en una construcción incombustible moderna en zona urbana: Los daños causados por un incendio serán limitados al cuarto de origen, no habrá víctimas y la casa será otra vez habitable después de unos trabajos de limpieza y reparaciones.

2)Se puede calcular el peligro por tres series de factores. La primera serie mide el caso lo mas desfavorable a considerar, la segunda serie mide la magnitud posible de las consecuencias. El peligro es de esta manera definido por dos valores: “el riesgo potencial P” y “el riesgo admisible A”.

3)Se puede calcular la protección a partir de valores específicas para las diferentes técnicas de protección.

El peligro de incendio se puede reducir por la previsión de medios y medidas de protección adecuados, como: - El medio de extinción lo mas corriente : agua - Medidas constructivas para garantizar la evacuación. - La resistencia al fuego del edificio - Extintores portátiles, hidrantes interiores - Instalaciones automáticas - Grupos de extinción y bomberos públicos. - La separación física de riesgos

4)Hay que efectuar tres cálculos, correspondientes a tres guiones de incendio : Un primer cálculo para el edificio y su contenido, un segundo para las personas presentes, y un tercero cálculo para la actividad (económica) que tiene lugar en el edificio. Los factores no afectan de la misma manera el riesgo para el patrimonio, el riesgo para las personas o el riesgo para las actividades. En realidad el riesgo potencial y el riesgo admisible no son los mismos y los medios de protección actúan diferente por cada tipo de riesgo.

5)La unidad de cálculo es un compartimento de un piso.

Cuando hay varios compartimentos, o mas que un piso, se necesita una serie de cálculos por compartimento y por piso, o por lo menos un juego de cálculos por los compartimentos mas representativos o peligrosos.

## DEFINICIONES Y FORMULAS.

1)Para el patrimonio

El riesgo para el patrimonio R es por definición :

$$R = P / ( A * D )$$

P = Riesgo Potencial

A = Riesgo Admisible

D = Nivel de Protección

El Riesgo Potencial P es por definición :

$$P = q * i * g * e * v * z$$

En eso es q el factor de carga calorífica, i es el factor de propagación, g es el factor de geometría, e es el factor de plantas, v es el factor de ventilación, z es el factor de acceso.

El Riesgo Admisible es por definición :

$$\mathbf{A = 1.6 - a - t - c}$$

En eso es 1.6 el valor máximo de A, a es el factor de activación, t es el factor de tiempo de evacuación, c es el factor de contenido.

El nivel de protección D es por definición  $D = W * N * S * F$

En eso es W el factor de los recursos de agua, N es el factor de protección normal, S es el factor de protección especial, F es el factor de resistencia al fuego.

2)Para las personas :

El riesgo para las personas R1 es por definición :

$$\mathbf{R_1 = P_1 / ( A_1 * D_1)}$$

$P_1$  = Riesgo Potencial

$A_1$  = Riesgo Admisible

$D_1$  = Nivel de Protección

El Riesgo Potencial  $P_1$  es por definición :

$$\mathbf{P_1 = q * i * e * v * z}$$

En eso es q el factor de carga calorífica, i es el factor de propagación, e es el factor de plantas, v es el factor de ventilación, z es el factor de acceso.

El Riesgo Admisible  $A_1$  es por definición:

$$\mathbf{A_1 = 1.6 - a - t - r}$$

En eso es 1.6 el valor máximo de  $A_1$ , a es el factor de activación, t es el factor de tiempo de evacuación, r es el factor de ambiente.

El nivel de protección  $D_1$  es por definición:

$$\mathbf{D_1 = N * U}$$

En eso es N el factor de protección normal y U es el factor de escape.

3)Para las actividades :

El riesgo para las actividades  $R_2$  es por definición :

$$\mathbf{R_2 = P_2 / ( A_2 * D_2)}$$

$R_2$  = Riesgo Potencial

$A_2$  = Riesgo Admisible

$D_2$  = Nivel de Protección

El Riesgo Potencial  $P_2$  es por definición :

$$P_2 = i * g * e * v * z$$

En eso  $i$  el factor de propagación,  $g$  es el factor de geometría,  $e$  es el factor de plantas,  $v$  es el factor de ventilación,  $z$  es el factor de acceso.

El Riesgo Admisible  $A_2$  es por definición:

$$A_2 = 1.6 - a - c - d$$

En eso es 1.6 el valor máximo de  $A_2$ ,  $a$  es el factor de activación,  $c$  es el factor de contenido,  $d$  es el factor de dependencia.

El nivel de protección  $D_2$  es por definición :

$$D_2 = W * N * S * Y$$

En eso es  $W$  el factor de los recursos de agua,  $N$  es el factor de protección normal,  $S$  es el factor de protección especial,  $Y$  es el factor de salvamento.

## CÁLCULO DE LOS RIESGOS POTENCIALES

Los Riesgos Potenciales  $P$ ,  $P_1$  y  $P_2$  son definidos como productos de los factores  $q$ , factor de carga calorífica;  $i$ , factor de propagación;  $g$ , factor de geometría;  $e$ , factor de plantas;  $v$ , factor de ventilación y  $z$ , factor de acceso.

El **factor de carga calorífica  $q$**  se calcula con la cantidad de calor por unidad de superficie desprendida por la combustión completa de los materiales combustibles que se encuentren en el lugar considerado; por un lado la carga inmobiliaria del edificio (representado por  $Q_i$ ) y por otro la carga mobiliaria de los materiales y mercancías combustibles que se encuentran en el interior del edificio (representado por  $Q_m$ ).

El **factor de propagación  $i$**  indica la facilidad con que las materias pueden inflamarse y su rapidez en consumirse. Los valores son calculados con  $T$ , el aumento de temperatura necesario para encender o dañar las cosas presentes; de  $m$ , la dimensión media (en metros) del contenido; y de  $M$ , la clase de reacción al fuego de las superficies.

El **factor de geometría  $g$**  del compartimento mide el espacio en el que el fuego es susceptible de desarrollarse. Se calcula con  $l$ , la longitud teórica del compartimento y con  $b$ , la anchura equivalente.

El **factor de plantas  $e$**  mide el desarrollo vertical del incendio. Se calcula con  $E$ , el número de plantas del edificio, sobre el nivel del suelo o bajo el nivel del suelo.

El **factor de ventilación  $v$**  indica la influencia de humos que, propagadores del calor y frecuentemente nocivos, comprometen la seguridad de los ocupantes y entorpecen las operaciones de salvamento y extinción. Esta calculado con  $h$ , la altura del techo del compartimento; con la relación entre la superficie total y la superficie de ventilación, expresado por el coeficiente de ventilación,  $k$ ; y con  $Q_m$ , la carga calorífica "inmueble".

Le **factor de acceso  $z$**  indica la influencia de las posibilidades de acceso. Se calcula con  $b$ , la anchura del compartimento; con  $H$ , el desnivel entre el compartimento y el nivel del suelo, y con  $Z$ , el numero de direcciones de acceso.

## CÁLCULO DE LOS RIESGOS ADMISIBLES

Los Riesgos Admisibles reflejan que se acepta un riesgo de incendio por lo tanto que no pase de un límite fijado convencionalmente, y que las consecuencias no sean irreversibles. Son calculados con  $a$ , el factor de activación;  $t$ , el factor del tiempo de evacuación;  $c$ , el factor del contenido;  $r$ , el factor del ambiente y  $d$ , el factor de dependencia.

El **factor de activación  $a$**  representa las fuentes de ignición existentes. Se rige en función de las actividades, de las instalaciones y de los procesos de fabricación, del modo de calefacción, de las instalaciones eléctricas, del uso de productos inflamables.

El **factor de tiempo de evacuación t** mide el tiempo requerido para evacuar el compartimento. Se calcula en función del número y de la movilidad de las personas, de las dimensiones del compartimento, y de las características de los recorridos de evacuación.

El **factor de contenido c**: El valor y la importancia funcional de los riesgos amenazados, expresadas en valor monetaria y las posibilidades de reemplazo.

El **factor del ambiente r** indica de que manera el interior del edificio puede entorpecer la evacuación. Se calcula en función de la carga calorífica “inmobiliaria”  $Q_i$ ; y de M, la combustibilidad de las superficies.

El **factor de dependencia d** indica la vulnerabilidad de la actividad económica. Es la relación entre el valor añadido y la cifra de ventas.

Para escoger la protección la mas indicada, F.R.A.M.E. Calcula un valor de orientación, el **Riesgo Inicial R<sub>o</sub>**. El valor obtenido para R<sub>o</sub> permita orientarse para escoger la protección incendio en una escala de riesgo.

## CÁLCULO DE los NIVELES de PROTECCIÓN

Los Niveles de Protección son calculados con el factor W, el factor de los recursos de agua; N, el factor de protección normal; S, el factor de protección especial; F, el factor de resistencia al fuego; U, el factor de escape y Y, el factor de salvamento.

El **factor W, recursos de agua** indica la calidad de estos recursos. Se cuenta con la cantidad de agua disponible, de la presión y de las características del sistema de distribución y del número de hidrantes.

El **factor N, protección normal** indica la calidad de los medios normales de protección. Se verifica la cadena descubrimiento- aviso- primera intervención- socorro publico.

El **factor S, protección especial**: Son las medidas especiales de protección que tiendan a una acción más rápida, más segura y más eficaz. Tienden al descubrimiento del incendio, a los medios de extinción automática y la calidad de los cuerpos de bomberos.

El **factor de resistencia al fuego F** : El aumento de la resistencia al fuego de las partes estructurales y de las compartimentaciones son consideradas como una medida de protección que trata de evitar las perdidas y volver eficaz la intervención de los socorros.

El **factor de escape U** indica de que manera los recorridos de evacuación son mejorados, protegidos y multiplicados.

El **factor de salvamento Y** evalúa la protección de los partes sensibles y de los datos de base de las cadenas de producción.

## USO DEL PROGRAMA.

El programa ejecuta paso a paso todas las operaciones para el cálculo del riesgo de incendio según el método F.R.A.M.E. Un cálculo vale para un solo compartimento, por lo tanto, en el caso de aplicar el método a un edificio, éste tendrá que ser dividido en distintos compartimentos, lo que nos obliga a efectuar un cálculo individual para cada compartimento del edificio.

Puede que ocurran dos cosas al comienzo del programa, que solicite los valores iniciales o que muestren los datos de algún cálculo anteriormente realizado. Es aconsejable la utilización por parte del usuario de una pequeña calculadora para definir algunos datos antes de introducirlos en el programa. Finalmente los datos pueden ser salvados en un fichero; además el programa también permite generar un informe en formato txt, rtf o html.

Se puede cambiar todos los datos, saltar ciertos pasos, o volver a ventanas anteriores para corregir datos introducidos. Es importante introducir los datos correctos en cada paso y confirmar con 'OK'. Con 'VOLVER' se vuelve al paso anterior sin cambiar los datos existentes.

Existen para la mayoría de los pasos, ventanas de ayuda con información complementaria sobre el factor o los datos correspondientes. Este programa está diseñado para usuarios con una mínima formación en protección contra incendios. Se aconseja que se utilice el programa como un complemento a la experiencia y juicio personal.

### Cálculo del factor de carga calorífica q.

El factor q se calcula con la carga calorífica, que es la cantidad de calor por unidad de superficie desprendida por la combustión completa de los materiales combustibles que se encuentren en el lugar considerado; está compuesta por la carga térmica inmobiliaria del edificio ( $Q_i$ ) y la carga térmica mobiliaria ( $Q_m$ ) de los materiales del contenido.

$$q = 2/3 * \log (Q_i + Q_m) - 0.55$$

Aunque en teoría  $Q_m$  se calcula con la cantidad de calor por unidad de superficie desprendida por la combustión completa de los materiales combustibles que se encuentren en el lugar considerado, es más práctico emplear la siguiente tabla. Basándose en la clasificación de los riesgos practicada para el diseño de instalaciones de rociadores, (como en UNE 23-592 o la RT1 de CEPREVEN) se puede fijar una carga calorífica típica para cada grupo, que es la que se indica en la siguiente en la tabla.

<i>Tipo de riesgo</i>	<i>Carga calorífica típica en MJ/m<sup>2</sup></i>
Riesgo Ligero clase L	200
Riesgo ordinario con carga calorífica baja (ROI)	600
Riesgo ordinario con carga calorífica mediana (ROII)	1500
Riesgo ordinario con carga calorífica alta (ROIII)	2000
Riesgo ordinario con carga calorífica muy alta (ROIV)	2500
Riesgo extraordinario (REA)	2500
Riesgo extraordinario (REB)	3000
Riesgo extraordinario (REC)	3750
Riesgos de almacenamiento. Para almacenamiento en estanterías con rociadores de techo e intermedio hay que calcular la densidad total, añadiendo una densidad de 12.5 l/min.m <sup>2</sup> por cada nivel intermedio de rociadores a la densidad de la red al techo.	300 x la densidad de aplicación total de los rociadores en litros/min.m <sup>2</sup> .
Rociadores 'Large drop'	7000
el tipo ESFR a 50 psi (3.4 bar)	12000
el tipo ESFR a 75 psi (5.2 bar)	15000

La carga calorífica inmobiliaria proviene de los elementos combustibles de las partes constructivas del edificio: la estructura, las paredes, ventanas, la decoración, etc. En la práctica se puede clasificar las construcciones en

algunos grupos, donde existen pocas diferencias de carga calorífica entre ellas. La siguiente tabla nos muestra los valores más representativos.

<i>Tipo de construcción</i>	<i>Carga calorífica típica</i>
construcción totalmente incombustible, como hormigón o acero.	0
construcción similar con max. 10% de materiales combustibles para ventanas, aislamiento y cobertura del techo, etc.	100
construcción con estructura de madera y acabado con materiales incombustibles, o construcción tradicional de piedra con pisos y estructura del techo de madera.	300
construcción incombustible con acabado combustibles, p.e. una estructura de acero con cobertura de plástico.	1000
construcción totalmente combustible.	1500

### Cálculo del factor de propagación *i*.

El factor *i* indica la facilidad con que las materias pueden inflamarse y su rapidez en consumirse. Los valores son calculados con *T*, el aumento de temperatura necesario para encender o dañar las cosas presentes; de *m*, la dimensión media (en metros) del contenido; y de *M*, la clase de reacción al fuego de las superficies.

$$i = 1 - \frac{T}{1000} - 0.1 * \log m + \frac{M}{10}$$

El valor de *T* es en °C, el valor de *m* es en metros y el valor de *M* es adimensional ) El valor calculado del factor *i* es:

### Factor *t* : Aumento de temperatura.

Se pueden ustedes imaginar que el contenido de un compartimento puede sufrir una cierta elevación de temperatura antes de que se produzca la ignición del contenido. Por otro lado, si las personas formaran parte del 'contenido', la temperatura del ambiente no podrá sobrepasar ciertamente los 100°C.

Por lo tanto es necesario fijar la subida de temperatura necesaria para dañar el contenido del compartimento. La siguiente serie indica los valores corrientes.

<i>Tipo de contenido</i>	<i>T</i>
Para líquidos inflamables	0
Para personas, plásticos, o electrónica	100
Para textiles, madera, papel, alimentos	200
Para máquinas, aparatos electrodomésticos, etc.	300
Para objetos metálicos	400
Para otros materiales incombustibles, p.e. hormigón	500

### Factor de dimensión media *m*.

El fuego se propaga principalmente por la superficie de los objetos. Cuanta mayor superficie disponible haya, más fácil será el desarrollo del fuego. La dimensión media del contenido se refleja en el ratio, que es la relación entre el volumen total (en m<sup>3</sup>) y la superficie total (en m<sup>2</sup>) del contenido.

Para obtener la dimensión media, se toma *n* medidas de los objetos principales del contenido, y se calcula la raíz del producto de estas medidas. La dimensión media se sitúa en una escala que puede oscilar entre 2 m. Hasta 0.001 m. Por ejemplo: En una oficina la dimensión media es 0.3 m, en un almacén de cargas, es 1 m, en un taller de fabricación de objetos pequeños es 0.1 m

### Factor de inflamabilidad *M*.

La velocidad del desarrollo de un incendio depende de las características de los materiales, estos se relacionan con el grado de inflamabilidad y propagación de la llama. Por lo tanto hay que conocer las características, con

relación a la combustión, que poseen los materiales.

Aceite lubricante en latas metálicas tendrá un valor de M= 0, mientras que electromotores en espuma de plástico tendrán un valor de M= 4. La CEA, Comité Europeo de Seguros, ha clasificado la mayoría de los productos de acuerdo con su combustibilidad Para los materiales utilizados en la decoración existen varios tipos de test tales como ISO 1182, ASTM E-84.

Los siguientes valores además de típicos son valores intermedios aceptables.

<i>Materiales (revestimiento)</i>	<i>M</i>
Materiales incombustible (CEA-clase 6)	0
Materiales poco combustible (CEA-clase 5)	1
Materiales que se queman lentamente (CEA-clase 4)	2
Materiales combustible (papel) (CEA-clase 3)	3
Materiales fácilmente combustible (plástico) (CEA-clase 2)	4
Materiales altamente combustible (CEA-clase 1)	5

Se puede emplear un valor intermedio si se te presenta varios tipos de materiales p.e. 2.3

Cálculo del factor de superficie g.

$$g = \frac{b + 5 * \sqrt[3]{l * b^2}}{200}$$

Determina la distancia más larga entre los centros de las dos paredes del compartimento. Esta distancia es la longitud teórica l. Luego determina la superficie total del compartimento. Divide esta área por la longitud teórica para obtener la anchura equivalente b. De esta manera se determina un rectángulo del mismo tamaño que el compartimento.

Cálculo del factor de plantas e.

$$e = \frac{|( |E | + 3 )^{0.7 |E |}|}{|( |E | + 2 ) |}$$

Enumera todo los pisos de la siguiente manera: E =0 para la planta de acceso principal (rasante). Sigue para las plantas sobre el rasante con E= 1,2,3, etc. Las plantas bajo rasante reciben un valor E= -1, -2, -3, etc.

Para galerías y pisos intermedios se puede añadir una fracción decimal, p.e un primer piso con una galería que cubre 40 % de la superficie del suelo, le será asignado un valor de 1.4 como número de piso.

Cálculo del factor de ventilación v.

Para el cálculo del factor de ventilación v se sirve de los valores de Q<sub>m</sub>, k y h. La carga calorífica mobiliaria Q<sub>m</sub> determina en mayor parte la cantidad de humo que puede presentarse.

$$v = 0.84 + 0.1 * \log Q_m - \sqrt{k * h}$$

Se determina la altura h en metros entre el suelo y el techo. Para un techo inclinado se toma la altura media.

El coeficiente de ventilación k es la relación entre la superficie disponible para evacuar los humos calientes y la superficie total del compartimento. Se calcula k de la siguiente manera:

Se supone que el 30 % de las ventanas con vidrio sencillo y de los plásticos traslúcidos en el techo y en el tercio superior de las paredes serán destruidas por el fuego y luego disponibles para el escape de los humos. NO se cuenta con el vidrio doble ya que no quiebra fácilmente.

También se incluye la superficie aerodinámica de los sistemas de extracción natural de humos, si existen. Para sistemas mecánicos de ventilación se acepta que una capacidad de 10.000 m³/h corresponda con una abertura ficticia de 1 m² en el techo.

La suma de las superficies de las aberturas es dividida por la superficie al suelo para obtener k. Su valor se sitúa entre 0 y 0.1, o entre 0 y 10 %.

Cálculo del factor de acceso z.

$$z = 1 + 0.05 \cdot \text{INT} \left[ \frac{b}{20 \cdot Z} + \frac{H^+}{25} \setminus \frac{H^-}{3} \right]$$

Para el cálculo del factor de acceso z se necesita los valores de b, H+, H- y Z.

Para determinar Z, el número de direcciones de acceso, se imagina la entrada principal al norte, y luego se verifica si el edificio es accesible para los vehículos de los bomberos según las cuatro direcciones de viento principales. Para un edificio accesible de todos lados Z = 4. Si hay direcciones inaccesibles Z = 3, 2, 1. Cuando un edificio es dividido por muros cortafuego, los lados de estos muros son forzosamente considerados como inaccesibles.

El valor de b, la anchura del compartimento, ya quedó definido.

Para determinar H, hay que medir la diferencia de altura entre el nivel del rasante y el piso del compartimento. El efecto es diferente para las plantas superiores (H+) y para los sótanos (H-). Eso se justifica por el hecho que extinguir un incendio en mucho más difícil en lugares que se encuentran bajo el suelo.

### Calculo del Riesgo Admisible.

El Riesgo Admisible para el patrimonio A es:  $A = 1.6 - a - t - c$

El Riesgo Admisible para las personas A<sub>1</sub> es:  $A_1 = 1.6 - a - t - r$

El Riesgo Admisible para las actividades A<sub>2</sub> es:  $A_2 = 1.6 - a - c - d$

a es el factor de activación, t es el factor del tiempo de evacuación, c es el factor de contenido, r el factor del ambiente, d es el factor de dependencia

Un valor de A o A<sub>1</sub> o A<sub>2</sub> inferior a 0.2 o tal vez negativo, indica una situación totalmente inaceptable.

### Cálculo de a, factor de activación.

Considerando que hay una gran variedad de causas de incendios, nos servimos de una tabla, en la que divide estas causas en las siguientes categorías: actividad principal, calefacción, instalaciones eléctricas, actividades secundarias, zonas con riesgo de explosión. El valor del factor de activación a es la suma de la serie de factores a<sub>i</sub> con el valor indicado en la tabla.

<b>ACTIVIDAD PRINCIPAL</b>	
Actividades no industriales (viviendas, oficinas, etc.)	0
Industria de productos incombustibles (Riesgo ordinario ROI)	0
La mayoría de las industrias (Riesgo ordinario ROII y ROIII)	0,2
Industria de productos combustibles como madera, papel, petroquímica (Riesgo ordinario ROIV y riesgos extraordinarios)	0,4
Almacenes	0
<b>PROCESOS Y LUGARES CON SISTEMAS DE CALEFACCIÓN</b>	
Sin calefacción: sin riesgo	0
Transmisión por sólidos o por agua	0
Transmisión por aire pulsado o por aceite	0,05
Generador en un local cortafuego	0
Generador en el compartimento mismo, p.e. convectores eléctricos, radiadores con gas, estufas.	0,1
Fuente de energía: electricidad, carbón, aceite combustible	0
Fuente de energía: gas	0,1
Fuente de energía: residuos combustibles (madera)	0,15
<b>INSTALACIONES ELÉCTRICAS.</b>	
Conforme y con inspección regular	0
Conforme pero sin inspección regular	0,1
No conforme a las reglas	0,2
<b>RIESGO DE EXPLOSIONES.</b>	
Sin riesgo de explosión	0
Riesgo de explosión por funcionamiento anormal (Zona tipo Ex-2)	0,1
Riesgo de explosión por funcionamiento normal (Zona tipo Ex-1)	0,2
Riesgo de explosión permanente (Zona tipo Ex-0)	0,3
Riesgo de explosión de polvos	0,2
Producción de polvos combustibles sin extracción	0,1
<b>ACTIVIDADES SECUNDARIAS</b>	
Trabajos secundarios de soldadura	0,1
Trabajo mecánico secundario de madera o de plásticos	0,1
Revestimiento de superficies con productos combustibles: como ser pintar, barnizar, por proyección, uso de colas a base de disolventes y procesos similares.	
En un lugar separado con ventilación adecuada	0,05
En un lugar separado sin ventilación	0,1
Sin separación de la actividad principal	0,2
Riesgos particulares, p.e. fumadores incontrolables	0,1

### Cálculo del factor del tiempo de evacuación t

El factor t indica el tiempo de evacuación. Se calcula con la cantidad y la movilidad de las personas presentes, con las dimensiones del edificio, y con las características de los recorridos de salida.

$$t = \frac{p \cdot x \cdot [(b+l) + (X/x) + 1.25 \cdot H^+ + 2 \cdot H^-] \cdot (b+l)}{800 \cdot K \cdot [1.4 \cdot x \cdot (b+l) - 0.44 \cdot X]}$$

X es el número de personas que deben evacuar el compartimento; x es el número de unidades de paso según las exigencias legales y las circunstancias prácticas; K es el número de direcciones de salida; p es el coeficiente de movilidad, y la distancia total a recorrer es calculada con los factores b, l, H<sup>+</sup> o H<sup>-</sup>.

En la primera versión de F.R.A.M.E. (1988) se utilizaba una fórmula diferente para el cálculo del tiempo de evacuación. Esta fórmula no tenía en cuenta el tiempo que las personas tardaban en alcanzar la salida, y no era válida para locales con muchas personas. FRAME versión 2 para WINDOWS se sirve de una fórmula mejorada, que calcula con las exigencias más rigurosas para el tiempo de evacuación, con el efecto de retraso de una multitud de personas en movimiento, y de la necesidad de salidas múltiples.

### Cálculo de las salidas.

X es la cantidad de unidades de paso. La anchura efectiva de un paso es 60 cm, (comprobar norma), pero en la práctica se debe considerar las condiciones locales, p.e. En una clínica es la anchura de las camas móviles la que determina el espacio necesario. Hay que contar con 20 cm de anchura perdida. Una puerta de 80 cm de ancho, es un paso efectivo de 60 cm. Un corredor de 2 m de anchura es un paso efectivo de 180 cm

Para calcular x, se observa todas las salidas del compartimento y los recorridos para llegar a ellas. Fijar por cada salida la anchura mínima en cm, subtrae 20 cm, y divide el resultado por 60 cm. Suma los cocientes para obtener el valor de x, la cantidad de unidades de paso. Puertas corredizas, telones metálicos y puertas volcantes no valen como salidas.

### Cálculo del número de personas.

X es el número máximo de personas a evacuar del compartimento en caso de incendio. Cuando este número es desconocido se puede estimar con la dimensión del compartimento y las densidades indicadas en la siguiente tabla (NFPA 101):

El número estimado de personas es:	Por m <sup>2</sup>	Por sq.ft
1. Salas de espera, andenes de estaciones	5	0.3
2. Lugares públicos con ocupación alta	0.6	0.1
3. Lugares públicos con ocupación normal	0.5	0.05
4. Aulas de escuelas	0.3	0.04
5. Parvularios	0.2	0.03
6. Laboratorios y talleres de escuelas	0.1	0.02
7. Instituciones medicas	0.1	0.01
8. Prisiones	0.05	0.01
9. Edificios residenciales, habitaciones, hoteles, pensiones	0.4	0.005
10. Lugares comerciales, rasante y sótanos	0.2	0.04
11. Lugares comerciales, pisos superiores	0.1	0.02
12. Oficinas	0.03	0.01
13. Fábricas	0.003	0.003
14. Almacenes		0.0003

No se permite más de 120 personas por unidad de paso. Un número demasiado alto no es aceptado. Cambia primeramente el valor de x, la cantidad de las unidades de paso.

### Número de las direcciones de evacuación.

K es el número de las distintas direcciones posibles para evacuar el compartimento. Se consideran dos direcciones distintas cuando una persona debe girar al menos 90° para ir de una salida a una otra. Por lo tanto el n° máximo de direcciones de evacuación es de cuatro.

Toma la salida con la mayor cantidad de unidades de paso como salida principal. Para considerar una dirección suplementaria como valida, tiene que tener más de la mitad de las unidades de paso de la salida principal. Cuando la salida principal cuenta con 3 unidades de paso, una suplementaria debe tener por lo menos dos.

### Factor p : Movilidad de las personas

Aquellas personas que no se encuentran impedidas para caminar sin ningún tipo de ayuda y que conocen el edificio donde se encuentran, pueden evacuarlo fácilmente. Pero en el caso de personas con movilidad limitada o que desconocen las salidas, éstas necesitarán más tiempo. El factor p toma en cuenta una evacuación demorada.

El valor de p es:	p
Personas móviles e independientes (p.e. Obreros)	1
Personas móviles pero dependientes (p.e. Alumnos)	2
Personas con movilidad limitada (p.e. Enfermos, ancianos)	8
No hay un plan de evacuación claro	+2
Existe peligro de pánico	+2
Para personas con capacidad de percepción limitada como enfermos, ancianos, personas con limitaciones físicas o psíquicas, huéspedes (hoteles)	+2

### Factor de contenido c.

El factor c es fijado por el valor del contenido del compartimento. Se cuenta con la importancia funcional de los riesgos amenazados, expresados en valor monetario y las posibilidades de reemplazo. 'Contenido' significa también el valor del compartimento mismo, de los bienes presentes, y de los usuarios.

Escoge el valor de  $c_1$  en función de las posibilidades de reemplazo:

= 0 para un contenido sustituible

= 0.1 para un contenido difícilmente sustituible, por ejemplo: maquinas con largo plazo de entrega, instalaciones complejas = 0.2 para un contenido único en su género, por ejemplo: obras de arte, edificios históricos, maquinas únicas

El valor monetario del 'contenido' viene determinado por  $c_2$ . Estima el valor en millones de EUROS o en dólares US, y corrige el valor para la inflación desde el año 2000.

### Factor de dependencia.

La actividad económica que ocurre en el compartimento puede ser interrumpida o paralizada por un incendio. El valor añadido es una buena referencia para la sensibilidad de las interrupciones de una actividad. El valor añadido es la suma de los gastos de personal, los gastos financieros, las amortizaciones y los resultados económicos. La cifra de ventas es el total de los ingresos que resultan de las actividades económicas. Cuanto mayor es la relación entre valor añadido y la cifra de ventas, peor es la sensibilidad de la actividad para pérdidas indirectas. Esta relación es el valor de d.

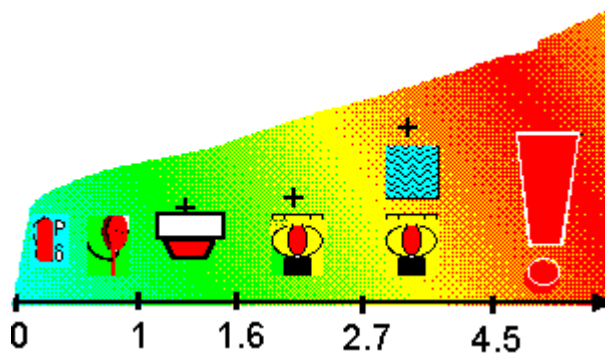
Algunos valores indicativos para d son:	
Industria de alta tecnología: (p.e. construcción de aviones):	0,7 hasta 0,9
Industria de tecnología fina: (p.e. electrónica):	0,45 hasta 0,7
Industria manufacturera:	0,25 hasta 0,45
Empresas comerciales, depósitos	0,05 hasta 0,15
Servicios administrativos:	0,8

Nota: Tome  $d = 0.3$  si no conoce el valor exacto

## Riesgo inicial.

Ya están calculados los siguientes valores: Los riesgos potenciales  $P$ ,  $P_1$ ,  $P_2$  y los riesgos admisibles  $A$ ,  $A_1$  y  $A_2$ .

Para buscar la protección más indicada, lo más fácil es proveer en primer lugar una protección adecuada para el patrimonio, y luego verificar si se necesitan medidas complementarias para proteger a las personas y finalmente a las actividades. Para facilitar esta selección, se puede calcular un valor de orientación,  $R_0$ , Riesgo Inicial, con los valores de  $P$ ,  $A$ , y la resistencia al fuego estructural  $F_0$ . La selección de la protección adecuada del compartimento se puede fijar en función del valor de  $R_0$ .



Cuando el valor de  $R_0$  es más alto que 4.5, es muy difícil proteger el edificio, hay que tomar antes de todo medidas preventivas, como reducir el tamaño del compartimento con muros cortafuego, eliminar riesgos, mejorar la ventilación de los humos, mejorar los accesos. Hay que repasar el cálculo de los valores de  $P$  y  $A$ .

Cuando el valor de  $R_0$  se sitúa entre 1.6 y 4.5, se aconseja proteger con un sistema de rociadores, sostenido con recursos de agua de alta calidad si  $R_0$  sobrepasa el valor de 2.7.

Cuando el valor de  $R_0$  se sitúa entre 1 y 1.6, se aconseja instalar un sistema automático de detección y alarma, para asegurar una llegada acelerada de los bomberos.

Cuando el valor de  $R_0$  es inferior a 1, basta con una protección manual, extintores o hidrantes.

## Cálculo de W, factor de los recursos de agua.

$$W = 0.95^w \text{ y } w = \sum w_i$$

El factor w es definido como la suma de una serie de factores (adversos)  $w_i$  con el valor indicado en la tabla siguiente.

TIPO DE RESERVA DE AGUA Y CANTIDAD DISPONIBLE.	$w_i$
Reserva de agua para uso general, relleno automático	0
Reserva de agua para uso general, relleno manual	4
CANTIDAD : $m^3 = 1/4$ Carga calorífica en MJ/m <sup>2</sup>	
La cantidad de la reserva es suficiente	0
Falta hasta el 10 % de la cantidad	1
Falta hasta el 20 % de la cantidad	2
Falta hasta el 30 % de la cantidad	3
Falta más del 30 % de la cantidad	4
No hay reserva de agua para extinción	10
RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA	
La red es adaptada a la reserva	0
Diámetro demasiado pequeño	2
No hay red de distribución	6
CONEXIONES	
Hay bastante conexiones	0
Una conexión por 50 hasta 100 m de perímetro	1
Menos que 1 conexión por 100 m de perímetro	3
Presión estática en la red = H + 35 m	
La presión es adecuada	0
La presión es menor	3

Se necesita también una red adecuada para distribuir el agua para la extinción. La tubería tiene un diámetro adecuado cuando responde a los criterios siguientes, con respecto al tamaño de la reserva: DN80 (3") para 70 m<sup>3</sup>; DN100 (4") hasta 125 m<sup>3</sup>; DN150 (6") hasta 250 m<sup>3</sup>; DN200 (8") hasta 450 m<sup>3</sup>; DN300 (12") cuando la reserva es mas que 450 m<sup>3</sup>. Las redes cercadas pueden servir el doble de estas cantidades.

Se necesita también un número suficiente de conexiones (hidrantes) Como norma, se cuenta con 1 conexión de 65 mm por 50 m de perímetro. Una conexión de 80 mm vale 2 x 65 , una conexión de 100 mm vale 3 x 65.

La presión estática en la red (en metros de columna de agua) debe alcanzar para llegar a cualquier punto del compartimento. Se necesita una presión por lo menos igual a la altura + 35 m

Calculo de la protección normal

$$N = 0.95^n \text{ y } n = S \text{ ni}$$

La protección normal esta constituida por la cadena descubrimiento- señalización - intervención manual.

<b>Señalización</b>	
Todos los elementos de la cadena de señalización existen.	0
No hay un servicio de guardia	2
No hay (tampoco) un sistema de aviso	2
No hay (tampoco) una permanencia o llamamiento automático.	2
No hay (tampoco) señal de alarma interior	2
<b>MEDIOS DE EXTINCIÓN MANUALES</b>	
Los extintores son adecuados	0
El tipo o el número de los extintores no es el adecuado	2
Las bocas de incendio son adecuadas	0
El número de bocas de incendio es insuficiente	2
No hay bocas de incendio previstas	4
<b>INTERVENCIÓN DE LOS BOMBEROS</b>	
Ilegada en menos de 10 min.	0
Ilegada entre 10 y 15 min.	2
Ilegada entre 15 y 30 min.	5
Más de 30 minutos	10
<b>FORMACIÓN PROPIA</b>	
Todos los presentes saben manejar los medios manuales	0
Hay solamente un equipo de primer intervención	2
No hay personas formadas	4

Para una señalización efectiva se necesita un servicio de guardia, un sistema manual de aviso para indicar el incendio a un responsable o a los bomberos, y una señal de alarma interior a los usuarios del edificio para indicar la existencia del fuego.

Una ocupación continua es equivalente a un servicio de guardia; una red general de teléfonos con número único puede servir como sistema de aviso; En lugar de un responsable, se puede hacer un llamamiento automático a los bomberos.

Los medios de extinción clásicos son los extintores portátiles y las bocas de incendio. El número de aparatos debe ser adaptado al riesgo. Cada país tiene sus propias reglas de instalación. Como ejemplo, se puede proveer un extintor de 6 kg de polvo (ABC) por 150 m<sup>2</sup> de superficie, y asegurar que el chorro de una manguera de incendios llega al cualquier punto del edificio. Las bocas del tipo 45 mm son preferidas cuando la carga calorífica es alta.

## Cálculo de S, FACTOR de PROTECCIÓN ESPECIAL

$$S = 1.05^s \text{ y } s = S \text{ si}$$

La protección especial está compuesta de los sistemas de detección automática, de extinción automática (rociadores) y de todos los medios complementarios que aumentan la fiabilidad de la protección anti-incendios.

<b>DETECCIÓN AUTOMÁTICA</b>	
Detección por la acción de un rociador	4
Detección por detector térmico	5
Detección por detector de humos o llamas	8
con supervisión de los circuitos electrónicos	2
con identificación del detector	2
<b>RECURSOS DE AGUA</b>	
Reserva de agua inagotable ( por lo menos 4x la reserva mínima)	3
Reserva de agua destinada a la extinción de incendios	2
Reserva de agua independiente (= en propiedad)	2
Recurso de alta fiabilidad	5
Dos recursos de alta fiabilidad	12
<b>PROTECCIÓN AUTOMÁTICA</b>	
Rociadores sin recurso de agua propio (p.e. conectado a la red de agua potable)	11
Rociadores con recurso de agua propio	14
Rociadores con dos recursos de agua propios	20
Otros sistemas de extinción automáticas ( espuma, polvo, CO <sub>2</sub> , gas inerte)	11
<b>CUERPOS DE BOMBEROS</b>	
Cuerpo de profesionales disponible 24 h/24h	8
Cuerpo mixto con permanencia :con un núcleo de profesionales disponible 24h/24 y completado con voluntarios cuando sea necesario.	6
Cuerpo de voluntarios con permanencia :que puede intervenir 24h/ 24 con un primer grupo y luego con otros voluntarios convocados	5
Cuerpo de voluntarios que es llamado por una guardia, sistema de sirenas o otro sistema de alarma.	2
Bomberos de empresa temporales	6
Bomberos de empresa permanentes	14

Los sistemas de detección automática aceleran el descubrimiento del incendio y la intervención de los bomberos. Pueden ser considerados solamente cuando la cadena de señalización es completa, es decir que la detección del inicio de incendio es transmitida a los bomberos que responden sin demora.

Sistemas de rociadores equipados con un indicador de flujo y conectados a una central de alarma, sirven como un sistema de detección térmica (lento). Detectores de humo y de llama responden mas rápido que detectores térmicos y los sistemas modernos de supervisión continua e identificación individual del detector aún son más eficaces, por contra esta eficacia está estrechamente relacionada con el alto coste de este último.

La fiabilidad de los recursos en agua y su tamaño permiten con mas seguridad una lucha efectiva contra el incendio. Una reserva inagotable es una reserva de agua tan grande que no hay riesgo de falta de agua, como lagunas, ríos navegables, grandes depósitos de agua. Un recurso de alta fiabilidad está equipado de una

alimentación energética doble para el mantenimiento de la presión en la red.

Se examina las intervenciones por bomberos formados, ya sean profesionales o voluntarios. Para los cuerpos de bomberos de empresas se toma en cuenta las horas de trabajo. Cuando el equipo de bomberos está presente fuera de las horas de trabajo, se considera como permanente. P

### Cálculo del factor de resistencia al fuego F.

El factor F es definido por los valores de la resistencia al fuego de los elementos constructivos, pero corregido para la presencia de protección especial (factor S), porque en un edificio con mucha protección activa, la resistencia al fuego juega un papel menos importante en total.

Se calcula primeramente la resistencia al fuego media f en minutos, a partir de las resistencias de la estructura, de los muros exteriores y de las paredes interiores y del techo. La paredes interiores solamente están consideradas si dividen el compartimento en sectores menores de 1000 m<sup>2</sup>.

$$f = 1/2 f_s + 1/4 f_f + 1/8 f_d + 1/8 f_w$$

$$F = [ 1 + ( f/100) - ( f^{2.5} / 10^6 ) ] * [ 1 - 0.025 (S-1) ]$$

La resistencia al fuego de los elementos constructivos está fijada en muchos países por pruebas a base de la norma ISO R 834.2. No obstante, existen varias diferencias en los certificados porque los criterios decisivos no son los mismos en todos los países.

Para los elementos constructivos, el criterio principal es siempre la estabilidad al fuego, pero otras características como el poder aislante, y la estanqueidad a los humos y las llamas- intervenían para otorgar un certificado.

Para FRAME cuenta solamente la estabilidad al fuego para los elementos constructivos portadores como columnas, vigas y techos. Para paredes cuentan la estabilidad al fuego y la conservación de la función separativa.

Las restricciones siguientes tienen que ser respetadas:

1. Para evitar valores irreales, no se indicará resistencias mayores de 120 min.
2. No se aceptan valores para los muros, el techo y las paredes que sobrepasan el valor de la estructura.
3. Para construcciones mixtas, vale la resistencia del elemento mas débil.
4. Ventanas en muros exteriores no cuentan si no sobrepasan el 5 % de la superficie.
- 5.. Para los techos cuentan las características del lado inferior.
6. Para edificios con una estructura sin resistencia al fuego propia, pero con sistema de rociadores, se puede contar con una resistencia al fuego de 30 hasta 60 minutos, si los recursos de agua son adecuados.
7. Paredes interiores solamente cuentan si dividen el compartimento por lo menos en cuatro sectores no mas grandes de 1000 m<sup>2</sup>.

## Cálculo de U, el factor de escape

Para el cálculo del factor de escape U se consideran las medidas de protección especial que aceleran la evacuación o retrasan el desarrollo del fuego, las particiones cortafuego, y la protección de los recorridos de escape.

$$U = 1.05^u \text{ y } u = \sum u_i$$

<b>DETECCIÓN AUTOMÁTICA.</b>	
Detección por la acción de un rociador	4
por detector térmico	5
por detector de humos	8
con supervisión de los circuitos electrónicos	2
con identificación del detector	2
detección parcial en zona de alto riesgo	2
información simultánea de max. 300 personas	2
<b>recorridos de evacuación</b>	
Escaleras interiores cortafuego	2
Escaleras interiores protegidos de los humos	4
Escaleras exteriores	8
evacuación horizontal para 50% al compartimento vecino	2
evacuación horizontal para 100% al compartimento vecino	8
toboganes (solamente para los dos primeros pisos)	2
señalización completa de los recorridos	4
Compartimentación EI30min de max. 1000 m <sup>2</sup> por zona	2
Compartimentación EI60min de max. 1000 m <sup>2</sup> por zona	4
<b>PROTECCIONES</b>	
Rociadores en todo el edificio	10
Otro sistema de extinción automática	4
Rociadores en zonas de alto riesgo	5
Evacuación de humos accionado por la detección	3
Bomberos públicos profesionales 24h/24	8
Cuerpo de bomberos mixto con permanencia	6
Cuerpo de bomberos voluntarios con permanencia	4
Cuerpo voluntario con guardia	2
Cuerpo de empresa	5

### Cálculo de Y, factor de salvamento

Para el cálculo del factor de salvamento Y se examina las disposiciones que protegen los elementos críticos de la actividad contra las consecuencias de un incendio y las medidas que permiten reanudar la actividad en poco tiempo en el mismo lugar o en otra parte.

$$Y = 1.05^y \quad y = \sum y_i$$

PROTECCIÓN DE LAS ACTIVIDADES	$y_i$
Compartimentación EI30min de max. 1000 m <sup>2</sup> por zona	2
Compartimentación EI60min de max. 1000 m <sup>2</sup> por zona	4
detección parcial en zona de alto riesgo	3
Rociadores locales en zonas críticas	5
Otra sistema de extinción automático en zonas críticas	4
ORGANIZACIÓN	
Datos financieros protegidos	2
Repuestos protegidos	4
Reparaciones inmediatas posibles con medios propios	2
Traslado inmediato de la actividad posible	3
Acuerdos de cooperación con otras empresas	3
Distribución de la actividad en varios centros de producción	4

### Resultados

Para un compartimento bien protegido son los valores de R, R<sub>1</sub> y R<sub>2</sub> menor o igual a 1