

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

Facultad de Ciencias Ambientales

Tesis de Grado previa a la obtención del Título de Magister en Gestión Ambiental en la Industria

EVALUACION DE RIESGOS DE INCENDIO PARA EDIFICIOS DE VIVIENDAS EN PROPIEDAD HORIZONTAL EN EL DMQ USANDOSE EL PROGRAMA COMPUTACIONAL DEL METODO F.R.A.M.E.

ESTUDIO DE CASO EN UN EDIFICIO HABITACIONAL EN PROPIEDAD HORIZONTAL

Autor:

Radha Namdev Dávila Moya

Director de Tesis:

Ing. Fabio Villalba

Quito-Ecuador

2011

DEDICATORIA

A nuestra querida hija Rafaelita, ángel y tesoro del cielo con la que Dios nos bendijo

TE AMAMOS PRINCESITA!

INDICE GENERAL

SUBTÍTULO	Página
1.-INTRODUCCIÓN GENERAL	19
1.1.-INTRODUCCIÓN	19
1.2.-OBJETIVO GENERAL	20
1.3.-OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
2. MARCO TEÓRICO DEL MÉTODO F.R.A.M.E	20
2.1 EVALUANDO LOS PELIGROS Y RIESGOS	23
2.1.1 Niveles de Riesgo Aceptables	24
2.1.2 Exposición continua	25
2.1.3 Exposición discontinua	26
2.1.4 El método Kinney	27
2.1.5 Aproximación a la seguridad de las máquinas	31
2.1.6 El nivel existente de riesgo de incendio aceptable	36
2.1.7 Métodos de evaluación de riesgo de incendio	38
2.1.8 Usos y ventajas de los métodos de clasificación	38
2.1.9 Sistemas de punto	39
2.1.10 Métodos Cuantitativos	40
2.1.11 Análisis de un árbol de sucesos	41
2.2 REDES DE EVENTOS EN F.R.A.M.E	47
2.2.1 Riesgo a la propiedad	48
2.2.2 Subsistema A: Descubrimiento / Notificación	52
2.2.3 Subsistema B: Ataque al fuego por ocupantes / empleados	53
2.2.4 Subsistema C: Sistemas de extinción automática	54
2.2.5 Subsistema D: Cuerpo de bomberos en la escena de fuego	55

2.2.6 Subsistema E: Prioridad de rescate / tiempo de evacuación	56
2.2.7 Subsistema F: Provisión de agua	57
2.2.8 Subsistema A1: Descubrimiento / notificación	61
2.2.9 Subsistema B1: Ataque al fuego por ocupantes / empleados	62
2.2.10 Subsistema C1: sistemas de extinción automática	63
2.2.11 Subsistema D1: Cuerpo de bomberos en la escena de fuego	64
2.2.12 Subsistema E1: Periodo de evacuación	65
2.2.13 Subsistema F1: Exposición reducida	67
2.2.14 Subsistemas A, B, C y D de la red para el riesgo de las actividades	67
2.3 FÓRMULAS BÁSICAS USADAS EN EL MÉTODO F.R.A.M.E	75
2.3.1 CÁLCULO DE LOS RIESGOS POTENCIALES	76
2.3.1.1 Factor de carga calorífica (q)	77
2.3.1.2 Factor de propagación (i)	78
2.3.1.3 Factor aumento de temperatura (T)	78
2.3.1.4 Factor de dimensión media (m)	79
2.3.1.5 Factor de inflamabilidad (M)	79
2.3.1.6 Factor de geometría (g)	79
2.3.1.7 Factor de plantas (e)	80
2.3.1.8 Factor de ventilación (V)	81
2.3.1.9 Factor de acceso (Z)	82
2.3.2 CÁLCULO DE LOS RIESGOS ADMISIBLES	83
2.3.2.1 Factor de activación (a)	84
2.3.2.2 Factor de tiempo de evacuación (t)	85
2.3.2.3 Cálculo del factor número de personas (X)	85
2.3.2.4 Calculo del factor de las salidas (x)	86

2.3.2.5	Calculo del factor número de las direcciones de evacuación (K)	87
2.3.2.6	Cálculo del factor Movilidad de las personas (p)	88
2.3.2.7	Factor de contenido (c)	89
2.3.2.8	Factor de ambiente (r)	89
2.3.2.9	Factor de dependencia (d)	90
2.3.2.10	Riesgo inicial (Ro)	90
2.3.3	CÁLCULO DE LOS NIVELES DE PROTECCIÓN	92
2.3.3.1	Factor de los recursos de agua (W)	92
2.3.3.2	Factor de protección normal (N)	93
2.3.3.3	Factor de protección especial (S)	94
2.3.3.4	Factor de resistencia al fuego (F)	96
2.3.3.5	Factor de escape (U)	97
2.3.3.6	Factor de salvamento (Y)	99
3.	METODOLOGÍA	100
4.	IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO Y COMPARTIMENTO A EVALUARSE CON EL METODO F.R.A.M.E	100
4.1.-	Ubicación general del edificio	100
4.2.-	Características generales y de protección contra incendios del Edificio Vista Verde	102
4.2.1.-	Acceso Principal.-	102
4.2.2.-	Acceso Vehicular a parqueaderos.-	102
4.2.3.-	Boca de impulsión.-	104
4.2.4.-	Tubería y gabinetes del sistema contra incendios.-	104
4.2.5.	Sistema de gas.-	105
4.2.6.-	Escaleras de evacuación.	107
4.2.7.-	Generador de emergencia	108
4.3.-	Características generales y de protección contra	109

incendios del departamento S2

5.- HOJA DE CÁLCULO RESUMEN DEL MÉTODO F.R.A.M.E.	112
6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	114
6.1.-Conclusiones y recomendaciones referentes a la metodología empleada	115
6.2.-Conclusiones y recomendaciones referentes al modelo informático utilizado	115
6.3.-.Conclusiones y recomendaciones referentes a los resultados obtenidos	116
7. - REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.	118
8. ANEXOS	120

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	IDENTIFICACIÓN	página
FIGURA 1	Zonas en un perfil de riesgo	26
FIGURA 2	Campo tridimensional parabólico de la probabilidad, severidad y exposición	30
FIGURA 3	Ejemplo de un simple árbol de sucesos	42
FIGURA 4	Flujograma de la red del riesgo a la propiedad	51
FIGURA 5	Flujograma de la red del riesgo a la propiedad. Continuación	52
FIGURA 6	Flujograma del Subsistema A. Descubrimiento y Notificación	53
FIGURA 7	Flujograma del Subsistema B. Ataque al fuego por ocupantes / empleados	54
FIGURA 8	Flujograma del Subsistema C. Sistemas de extinción automática.	55
FIGURA 9	Flujograma del Subsistema D. Cuerpo de bomberos en la escena de fuego.	56
FIGURA 10	Flujograma del Subsistema E. Prioridad de rescate / tiempo de evacuación.	57
FIGURA 11	Flujograma del Subsistema F. Provisión de agua.	58
FIGURA 12	Flujograma de la red del riesgo de los ocupantes.	60
FIGURA 13	Flujograma de la red del riesgo de los ocupantes. Continuación.	61
FIGURA 14	Flujograma del Subsistema A1. Descubrimiento y Notificación.	62
FIGURA 15	Flujograma del Subsistema B1. Ataque al	63

	fuego por ocupantes / empleados.	
FIGURA 16	Flujograma del Subsistema C1. Sistemas de extinción Automática.	64
FIGURA 17	Flujograma del Subsistema D1. Cuerpo de bomberos en la escena de fuego.	65
FIGURA 18	Flujograma del Subsistema E1. Período de evacuación.	66
FIGURA 19	Flujograma del Subsistema F1. Exposición reducida.	67
FIGURA 20	Flujograma de la red para el riesgo de las actividades.	68
FIGURA 21	Flujograma de la red para el riesgo de las actividades. Continuación.	70
FIGURA 22	Factor de geometría (g)	80
FIGURA 23	Factor de plantas (e).	81
FIGURA 24	Factor de ventilación (V)	82
FIGURA 25	Factor de acceso (Z)	83
FIGURA 26	Factor de las salidas (x)	87
FIGURA 27	Factor número de las direcciones de evacuación (K).	88
FIGURA 28	Escala de riesgo grafica (Ro)	91

LISTA DE CUADROS

CUADRO	IDENTIFICACIÓN	página
CUADRO 1	Valores de probabilidad	28
CUADRO 2	Valores de severidad	28
CUADRO 3	Valores de Exposición	29
CUADRO 4	Valores del factor de riesgo Vs. Decisión	30
CUADRO 5	Clases de riesgo Vs. Categoría de protección	33
CUADRO 6	Clasificación de riesgos Vs. Niveles de seguridad aceptados socialmente.	35
CUADRO 7	Diagrama de frecuencia – severidad	44
CUADRO 8	Comparativo de métodos de evaluación de riesgo de incendios	44
CUADRO 9	Carga Calorífica mobiliaria (Qm)	77
CUADRO 10	Carga Calorífica Inmobiliaria (Qi)	78
CUADRO 11	Factor T de aumento de temperatura.	79
CUADRO 12	Factor de inflamabilidad (M).	79
CUADRO 13	Factor de activación (a)	84
CUADRO 14	Número de personas (X) (NFPA 101)	86
CUADRO 15	Factor de movilidad de las personas (p)	89
CUADRO 16	Factor de dependencia (d)	90
CUADRO 17	Escala de riesgos grafica Ro.	91
CUADRO 18	Factores para el cálculo de los recursos de agua (w)	93
CUADRO 19	Factor de protección normal, cadena descubrimiento, señalización, intervención.	94
CUADRO 20	Factor de protección especial, sistemas e detección automática, extinción automática y	95

medios complementarios de detección contra incendios.

CUADRO 21	Factor de escape U, detección automática, recorridos para evacuación, protecciones.	98
CUADRO 22	Factor de salvamento y protección de las actividades y organización.	99
CUADRO 23	Áreas y alícuotas	109

GLOSARIO. *ECUADOR, MIES (2009, p.50)*

Aislante Térmico.

Toda materia sólida, líquida o gaseosa, capaz de limitar o impedir la propagación de calor.

Amenaza.

Factor externo de riesgo, representado por un fenómeno de origen natural o antrópico, que puede manifestarse en un sitio específico y en un tiempo determinado.

Auto inflamable.

Se conoce también como calentamiento espontáneo

Gabinete de incendio equipado.

Es una instalación de extinción constituida por una serie de elementos acoplados entre sí y conectados a la red de abastecimiento de agua que cumple las condiciones de presión y caudal necesarios.

Boquilla o pitón

Dispositivo o tobera que sirve para regular un caudal de agua y el tipo de chorro

Calor.

Forma de energía asociada al movimiento molecular – energía cinética.

Carga de fuego.

Es el poder calorífico total de las sustancias combustibles por unidad de superficie del sector de incendio considerado. Se expresa en mega calorías por metro cuadrado; $\text{Mcal} / \text{m}^2 = 1000$

Kcal / m^2

Caloría.

Cantidad necesaria de energía térmica para elevar la temperatura de un gramo de agua en un grado centígrado.

Caudal.

Es la cantidad de agua que pasa a través de una sección de su curso en la unidad de tiempo. Se expresa en l/s, l/min, m^3 / h

Causa de incendio.

La fuente de ignición que suministra la energía suficiente para la iniciación del proceso de combustión.

Células Cortafuegos

Compartimentos cuya superficie no excede de 200m^2 y tiene una resistencia al fuego de al menos F30/T30 (F para paredes y T para cerramiento de huecos, puertas).

Columna húmeda.

Red de tubería con carga de agua permanente y preparada para la utilización inmediata en caso de incendio.

Combustibilidad.

Propiedad que tienen los cuerpos en general, de seguir quemando después de ser encendidos, sin que para ello sea necesario, la adición de más calor.

Combustible.

Cualquier material capaz de experimentar combustión en su masa.

Combustión.

Fenómeno producido por la combinación de un material combustible con el oxígeno u otro gas comburente.

Compartimentación cortafuego

Sistema de limitación de zonas en espacios de gran superficie, con la finalidad de evitar la propagación del fuego, en caso de incendio. Los tipos principales de compartimentación; son los muros resistentes al fuego y los sistemas de rociado por cortinas de agua.

Conducción.

Transmisión de energía calórica punto a punto.

Detección de incendio.

Instalación fija, manual o automática, que localiza un fuego incipiente por sus fenómenos propios (gases de combustión, humo, llama y calor).

Estabilidad al fuego (EF).

La facultad que tiene un elemento de edificación para mantener la capacidad portante para la que ha sido instalado, durante el tiempo que se especifica, bajo la acción de un RF-120.

Explosión.

Potente expansión de los gases producidos por una reacción química muy rápida, que es seguida de fenómenos acústicos, térmicos y mecánicos.

Exposición al riesgo de incendio.

- Relación entre los peligros potenciales y las medidas de protección tomadas.
- La exposición al riesgo se refiere a un compartimento o al conjunto de un edificio.

Extintor.

Aparato utilizado para apagar incendios de limitada extensión. Hay extintores de diversos tipos y dimensiones.

Fuego.

Proceso de oxidación rápida con producción de luz y calor de distinta densidad.

Fuego clase A.

Fuegos de materiales sólidos, generalmente de naturaleza orgánica, en los que la combustión se presenta generalmente con formación de llamas.

Fuego clase B

Fuegos de gases, líquidos o sólidos licuables.

Fuego clase C.

Fuegos en equipos o instalaciones eléctricas vivas (con circulación de fluido eléctrico)

Fuego clase D.

Fuegos de metales: cloratos, percloratos, en general de peróxidos y todos aquellos elementos que al entrar en combustión generan oxígeno propio para su autoabastecimiento o similares

Fuego clase K.

Grasas y aceites saturados (animal vegetal)

Gases asfixiantes.

Con excepción del aire atmosférico, todos los gases que existen pueden actuar como asfixiantes en atmósferas enriquecidas de ellos, después de desplazar el oxígeno.

Grado de resistencia al fuego (RF).

Periodo del tiempo medido en minutos, durante el cual los elementos de construcción en edificios, o que se encuentren situados en un determinado sector de incendio, deben ser estables o retardantes del fuego.

Humo.

Residuos gaseosos que se desprenden durante la combustión y que arrastran también partículas sólidas y líquidas, las cuales dan a los humos opacidad y color. El humo se produce generalmente en las combustiones no completas (CO). En combustiones completas se produce dióxido de carbono (CO²).

Incendio.

Fuego no controlado que causa daños a personas, edificios, mercancías, bosques, etc.

Incombustible.

Es la cualidad que presentan los materiales que no arden ni pueden ser quemados.

Instalación de rociadores (sprinklers).

Sistema fijo de extinción. Consta de una red de cabezas rociadoras conectadas a un circuito de alimentación de agua. El agua sale de las cabezas formando lluvia por un disparo individual automático.

Muro cortafuego.

Paredes que sirven como barreras contra el fuego.

NFPA.

Asociación Nacional de Protección Contra el Fuego (National Fire Protection Association).

Pánico.

Es el miedo grande o temor excesivo a veces fatal, que aumenta el peligro para la persona o grupo humano (estado contagioso).

Perdida de carga.

Disminución de la presión de un fluido a lo largo de la canalización que lo aleja de su depósito o hidrante. Las pérdidas de carga se deben al roce de las moléculas del fluido contra las paredes de las canalizaciones. Son agravadas por codos, empalmes defectuosos, variaciones de diámetro, etc.

Potencial Calórico.

Cantidad de calor generado, tomado por unidad de superficie y medido en Kc/m². Se clasifica en tres categorías: potencial calórico alto (850.000 a 1'500.000 Kcal), medio (250.000 a 850.000 Kcal) y bajo hasta 250.000 Kcal.

Propagación del fuego.

En la mecánica del incendio, la transmisión se efectúa de tres formas distintas: conducción, convección y radiación.

Protección preventiva o prevención.

Tiene por objetivo evitar la gestación de incendios. Para lograrlo se efectúa el estudio y reglamentación de todo tipo de sustancias, elementos o instalaciones susceptibles de originar directa o indirectamente un incendio.

Protección pasiva o estructural.

Tiene por objeto impedir o limitar la propagación de incendios, se ocupa de las estructuras del edificio, tratando de conferirles el máximo de protección contra incendios y de posibilitar el escape de las personas

Protección activa o extinción.

Tiene por objeto apagar los incendios, a diferencia de las anteriores ramas de la protección contra incendios, no actúa independientemente, sino que en gran parte se maneja con sus resultados; vale decir, que las medidas de extinción necesarias para un riesgo determinado, guardan relación directa con las ya adoptadas desde los puntos de vista preventivo y estructural.

Recorrido de evacuación.

Camino a recorrer desde un lugar de incendio, hasta alcanzar la zona de vía pública o cielo abierto, por el camino más corto.

Resistencia al fuego.

Propiedad que ofrecen algunos materiales sometidos a temperaturas elevadas, su resistencia no es alterada durante un tiempo determinado, curva de fuego. No presentan deformaciones ni otras alteraciones físicas.

Retardancia al fuego.

Se define como retardancia al fuego por un determinado período de tiempo en minutos, o grado, a aquellos elementos de la construcción que reúnan las siguientes condiciones:

Su resistencia durante tal período, aunque esté sometido a la acción del fuego, sea la necesaria y suficiente para seguir cumpliendo sin menoscabo alguno, la función que desempeña en la edificación.

Que no aparezcan en ningún momento, dentro del periodo correspondiente, llama alguna por la cara o superficie contraria a la expuesta al fuego, y, la temperatura de aquella permanezca siempre inferior a 180 grados C

Riesgo de incendio.

El término riesgo de incendio puede ser utilizado en un sentido específico para referirse a cosas materiales o condiciones dadas, susceptibles de originar directa o indirectamente un incendio o explosión.

Riesgo a las personas.

Es la posibilidad de daño a la salud y a la vida de las personas por lo que requiere la provisión de salidas o escapes normados, que faciliten la evacuación oportuna del edificio en el menor tiempo posible al suscitarse un incendio.

Rociadores automáticos.

Equipos para detección y extinción de incendio, a través de los cuales el agua es distribuida por una red especial de canalización o tuberías especialmente diseñadas. Estos rociadores

automáticos van provistos de unos pequeños mecanismos o cabezas que se abren automáticamente dando paso al agua en forma de lluvia.

Sector de incendio.

Está constituido por la parte del edificio, limitado por elementos resistentes a la carga de fuego existente, en el espacio que ellos delimiten. En su ausencia, el sector de incendio está constituido por todo el edificio.

Seguridad contra el incendio

La seguridad contra el incendio de un compartimento o de un edificio se considera suficiente, cuando el riesgo de incendio existente no sobrepasa el que se considera aceptable.

Siamesa.

Dos medios de conexión en una misma pieza de idénticas características y dimensiones.

Splinkers.

Significa rociador automático para extinción de incendios

Válvula.

Dispositivo regulador del paso y flujo del agua u otro fluido.

Ventilación.

Técnicas de construcción utilizada en locales o edificios, con el fin de evitar posibles concentraciones de gases, humo, y calor en un incendio, evitando de esta forma emergencias fatales que de ello podrían deducirse, pánico, mezclas tóxicas, explosiones, etc.

Vías de evacuación.

Son vías de evacuación, los caminos que a través de zonas de uso común o partes comunes de la edificación deben ser seguidos desde la puerta del local o alojamiento, en cualquiera de sus plantas, hasta la salida a la vía pública o a un patio abierto comunicado directamente con la calle; tales vías pueden ser verticales y horizontales, agrupando las primeras los pasos de una planta a las inmediatas superiores o inferiores y a las segundas los caminos a recorrer en cada planta; pudiendo ser además tales vías, de uso normal o de emergencia.

Compartimento Cortafuego.

Parte del edificio, separada del resto por medio de paredes, suelos, techos y cierres, de manera que, en caso de iniciarse en él un incendio, éste quede confinado impidiéndose su propagación a locales, pisos o partes de edificios vecinos.

Células Cortafuegos.

Compartimentos cuya superficie no excede de 200m^2 y tiene una resistencia al fuego de al menos F30/T30 (F para paredes y T para cerramiento de huecos, puertas).

RESUMEN

Se presenta un estudio para la evaluación de riesgo de incendio en edificios para viviendas en propiedad horizontal en el Distrito Metropolitano de Quito usando el programa del método de análisis F.R.A.M.E. que” significa: Fire Risk Assessment Method for Engineering. Es un método que combina la potencial severidad, la probabilidad y la exposición al riesgo de incendios y es desarrollado del método establecido por M. Gretener y a partir de otros métodos similares.

Para entender el funcionamiento y lógica del programa, se procedió a la revisión conceptual y teórica del análisis de riesgos, de las redes de eventos en los cuales el método se soporta y finalmente, de los aspectos y parámetros variables involucrados en los cálculos matemáticos.

El método “F.R.A.M.E” calcula el riesgo de incendios en construcciones existentes o proyectadas tomándose en cuenta al patrimonio, las personas y las actividades. Se efectúa una evaluación sistemática de varios factores de influencia para obtener al final una serie de valores, lo que permite conocer y tomar decisiones acerca del nivel de protección a incendios del sitio evaluado bajo la óptica del peligro de incendio y de las medidas de protección adecuada a prescribir o por lo menos recomendadas.

Finalmente, se aplica F.R.A.M.E en un estudio de caso, específicamente en un departamento para vivienda de propiedad horizontal.

Descriptor: nivel de riesgo, evaluación seguridad, situaciones de peligro, incendio

ABSTRACT

This thesis presents a study for fire risk assessment in housing buildings in horizontal property in The Metropolitan District of Quito, using the program of the method of analysis “F.R.A.M.E” (Fire Risk Assessment Method for Engineering).

“F.R.A.M.E” is developed from the method established by M. Gretener and other similar methods and combines the potential severity, the probability and exposure to risk of fire.

To understand the operation and logic of the program, I proceeded to the conceptual and theoretical risk analysis, networks of events in which the method is supported and finally, aspects and variable parameters involved in the math calculations.

The “F.R.A.M.E” method calculates the fire risk in existing or planned buildings, taking into account the assets, people and activities. It performed a systematic evaluation of several influencing factors to obtain finally, several values that provide insight and make decisions about fire protection at evaluated the site from the standpoint of fire hazards and prescribe or at least recommend protective measures.

Finally, applied “F.R.A.M.E” method in a study case, specifically in a housing department.

Key Words: risk level, assessment, safety hazards, fire

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1.-INTRODUCCIÓN

La Ciudad de San Francisco de Quito, ha tenido que afrontar desastres naturales y de origen antrópico, tales como sismos, deslizamientos, terremotos, incendios, atentados, explosiones, inseguridad ciudadana, entre otros, situaciones que hacen que la calidad de vida se vea afectada y sea por tanto necesaria una mejor organización y protección contra estos eventos no deseados, tanto desde los organismos de control como por los mismos núcleos familiares, es decir desde las propias casas o departamentos en los que se desarrollan las actividades familiares.

En la actualidad, se aplican diversas leyes y normativas para la prevención y defensa contra incendios que son controladas por el Ministerio de Inclusión Económica y Social a través de los cuerpos de bomberos locales, quienes tienen la potestad de concesión de permisos anuales y ocasionales como por ejemplo, ante espectáculos públicos, clausura de locales y todas las medidas necesarias para prevenir flagelos y sancionar las violaciones a la ley. Lamentablemente, es bien sabido que no existe un seguimiento inicial o periódico por diversas razones de las condiciones de habitabilidad, del control de riesgos en general o de planes preparativos de respuesta a emergencias en unidades habitacionales.

Los municipios aprueban los planos arquitectónicos de proyectos nuevos para remodelación y modificación que son presentados. Solamente una vez comprobado el cumplimiento de los requisitos que se contemplan en las Ordenanzas y Reglamentos correspondientes, sobretodo en cuanto se refiere a la seguridad de las instalaciones eléctricas, tal vez considerando que el riesgo de incendio en unidades habitacionales se produce mayoritariamente en el riesgo de incendio por causas eléctricas, sin dar la misma importancia a otras condiciones igualmente responsables de incendios.

En el caso de riesgos de incendios en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), el CBQ (Cuerpo de Bomberos del Distrito Metropolitano de Quito), recomienda utilizar el método NFPA que básicamente calcula las Kilocalorías en un área determinada (Kcal./m²) dependiendo del tamaño de la empresa u organización, aunque también permite utilizar cualquier otro método como alternativa al NFPA.

1.2.-OBJETIVO GENERAL

Evaluar el riesgo de incendio en edificios de viviendas de propiedad horizontal, en concordancia con las leyes, normativas y reglamentos del (DMQ), usando como herramienta de evaluación el software del método F.R.A.M.E

1.3.-OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Verificar la viabilidad y utilidad de aplicación del método F.R.A.M.E de gestión de riesgos de incendio en edificios ubicados en el DMQ.
- Utilizar este método para evaluar el riesgo de incendio y de las protecciones existentes no solamente desde el punto de vista de personas sino también del patrimonio y de las actividades.
- Aplicar este modelo en un estudio de caso, específicamente en un edificio de vivienda ubicado en el DMQ, en donde el área de estudio es un departamento considerada como una célula cortafuego, de manera de comprobar su protección actual al riesgo de incendio y proponer, si es el caso, posibles medidas complementarias para mejorar la protección a incendios.

2. MARCO TEÓRICO DEL MÉTODO F.R.A.M.E DE GESTIÓN DE INCENDIOS

Todo el ordenamiento jurídico ecuatoriano, inclusive la Constitución, los Tratados y Convenios Internacionales, las Leyes, Reglamentos, Decretos Ejecutivos, Ordenanzas Municipales, etc. citan en sus diversos artículos explícitamente o implícitamente el derecho de las personas a la vida y a su seguridad ante riesgos naturales o antrópicos, incluyendo al riesgo de incendio por los cuales el individuo pueda en algún momento ser afectado. Para que se pueda alcanzar los niveles de seguridad deseados, es necesario conocer estos riesgos en base a estudios o métodos que posibiliten identificar, evaluar y valorar estos riesgos.

Como ejemplo de estas normativas, citamos algunos artículos jurídicos internacionales y nacionales:

- Declaración Universal de los Derechos Humanos (ONU Diciembre 10 de 1948)

Artículo 3 “Todo individuo tiene derecho a la vida, a la libertad y a la seguridad de su Persona”.

• Nueva Constitución de la República del Ecuador. ECUADOR (2009,218p)

1. Art. 389.- El Estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad.
2. El Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgo está compuesto por las unidades de gestión de riesgo de todas las instituciones públicas y privadas en los ámbitos local, regional y nacional. El Estado ejercerá la rectoría a través del organismo técnico establecido en la ley. Tendrá como funciones principales, entre otras:
 - I. Identificar los riesgos existentes y potenciales, internos y externos que afecten al territorio ecuatoriano.
 - II. Generar, democratizar el acceso y difundir información suficiente y oportuna para gestionar adecuadamente el riesgo.
 - III. Asegurar que todas las instituciones públicas y privadas incorporen obligatoriamente, y en forma transversal, la gestión de riesgo en su planificación y gestión.
 - IV. Fortalecer en la ciudadanía y en las entidades públicas y privadas capacidades para identificar los riesgos inherentes a sus respectivos ámbitos de acción, informar sobre ellos, e incorporar acciones tendientes a reducirlos.
 - V. Articular las instituciones para que coordinen acciones a fin de prevenir y mitigar los riesgos, así como para enfrentarlos, recuperar y mejorar las condiciones anteriores a la ocurrencia de una emergencia o desastre.
 - VI. Realizar y coordinar las acciones necesarias para reducir vulnerabilidades y prevenir, mitigar, atender y recuperar eventuales efectos negativos derivados de desastres o emergencias en el territorio nacional.
 - VII. Garantizar financiamiento suficiente y oportuno para el funcionamiento del Sistema, y coordinar la cooperación internacional dirigida a la gestión de riesgo
3. Art. 390.- Los riesgos se gestionarán bajo el principio de descentralización subsidiaria, que implicará la responsabilidad directa de las instituciones dentro de su ámbito geográfico. Cuando sus capacidades para la gestión del riesgo sean insuficientes, las

instancias de mayor ámbito territorial y mayor capacidad técnica y financiera brindarán el apoyo necesario con respeto a su autoridad en el territorio y sin relevarlos de su responsabilidad.

Para que se pueda alcanzar los niveles de seguridad deseados, es necesario conocer estos riesgos en base a estudios o métodos que puedan identificar, evaluar y valorar estos riesgos, considerando la normativa vigente. Para el presente estudio de análisis de riesgo de incendio es un sitio habitable, en este caso un departamento familiar habitacional, se utilizará el método F.R.A.M.E.

“F.R.A.M.E” significa Fire Risk Assessment Method for Engineering. Es un método para calcular el riesgo de incendios en edificios, combinándose la potencial severidad, la probabilidad y la exposición al riesgo de incendios. (DE SMET, 2008, p.3)

“F.R.A.M.E” es desarrollado a partir del método establecido por M. Gretener, ingeniero suizo, en los años 70, 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; de los aseguradores contra el incendio, y otros. (DE SMET, 2008, p.3)

Este método permite a las autoridades, directivos de industria y a los técnicos en materia de prevención de incendios, examinar las construcciones existentes o futuras, bajo la óptica del peligro de incendio y de las medidas de protección adecuadas a prescribir o por lo 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, constituye 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, para las personas y para las actividades. Se efectúa una evaluación sistemática de varios factores involucrados para obtener al final una serie de valores que se muestran en cifras.

“F.R.A.M.E” usa modelos de incendios elementales y sigue el mismo planteamiento que la mayoría de los métodos de evaluación de riesgos. A partir de un número limitado de casos de incendios, se tienen en cuenta a la probabilidad de incendio, a la gravedad de las consecuencias y al nivel de exposición al riesgo.

2.1.- EVALUANDO LOS PELIGROS Y RIESGOS

F.R.A.M.E TRG (2008, p.08), los peligros por lo general son definidos como un escenario de incidente: " cuando esto y aquello fallan, el resultado será algún daño". Un riesgo es la "medición " del peligro.

Actualmente, en la práctica la evaluación de riesgo se realiza cada vez más debido al crecimiento de las disciplinas de seguridad relacionadas.

Hay varios métodos empleados para satisfacer las necesidades de los procesos de toma de decisiones, en donde es importante no solo saber que hacer, sino también y más importante es tener una idea razonable del costo/beneficio balanceado de una serie de propuestas de provisiones.

Todos los métodos para la evaluación de riesgo dan paso a la cuantificación de riesgos y en la mayor parte de ellos hay también las directrices para comparar el riesgo con ciertas referencias consideradas, llegando al " nivel aceptable " del riesgo. F.R.A.M.E TRG (2008, p.08)

Hay mucha literatura disponible sobre "riesgos aceptables". Una de las primeras publicaciones sobre el tema es el libro de Guillermo W. Lowrance " *Acerca del riesgo aceptable, la ciencia y la determinación de seguridad* " publicado en 1976. El autor analiza los problemas de la determinación de seguridad y el concepto subyacente de seguridad en sí mismo:

“Comenzando el libro, una de las intenciones era el de desarrollar una definición de riesgo aceptable que sea mundialmente aplicable en todas las situaciones de riesgo y sea más específico que las definiciones generalmente predominantes. Lamentablemente, la intención original demostró ser evasiva al riesgo aceptable en función de muchos factores y bastante variabilidad dependiendo del tipo de industrias (por Ej. minería vs. dispositivos médicos vs. Agricultura vs. Aviación vs. Petróleo). Las culturas locales también juegan un papel importante en la aceptabilidad de riesgo como ha sido experimentado por nuestros colegas que trabajan en empresas globales. La aceptabilidad de riesgo es también dependiente del tiempo. En lo que es aceptable hoy no podría ser aceptable mañana, el próximo año o la próxima década....

Por lo tanto, el desarrollo de una sola definición, distinta y común, aceptada desde un nivel de riesgo aceptable que sea mundialmente aplicable no es posible. En términos generales, todo lo que puede ser dicho es que el riesgo residual, después de la determinación de la severidad ,resultado de un acontecimiento, su probabilidad y finalmente, la toma de la acción preventiva, debe ser aceptable considerando un ajuste particular ... “(LAWRANCE, apud F.R.A.M.E, 2008, p.08)

2.1.1 Niveles de Riesgo Aceptables F.R.A.M.E TRG (2008, p.08-09)

Lowrance advirtió que “la gente acepta riesgos, aún con consecuencias mortales, si la combinación de probabilidad, exposición y severidad es bastante baja. Existe también un número de factores que influyen en el modo que el riesgo es aceptado o tolerado. A veces, la gente está obligada a aceptar un riesgo porque ellos no tienen el medio para protegerse o porque ellos consideran estos riesgos como inherente a la vida. De este modo, por ejemplo, la gente acepta en algunos países inundaciones o terremotos como parte de sus condiciones de vida.

Los riesgos son menos aceptables cuando las consecuencias son más severas, cuando más personas son expuestas al riesgo al mismo tiempo, cuando la duración de la exposición es muy larga y cuando las consecuencias son fácilmente visibles.

Un riesgo es más fácilmente aceptado cuando las consecuencias son reversibles, de duración corta o reparable, cuando hay una ventaja visible en el riesgo y cuando se piensa tener el control de las causas del acontecimiento indeseable.

Cuando todos estos elementos se tienen en cuenta se puede explicar por qué mucha gente prefiere viajes en su propio automóvil que un vuelo en avión: Un serio accidente de coche tarde o temprano podría ocasionar máximo 5 muertes, un choque de avión podría causar cien víctimas.

Durante un viaje de automóvil, el peligro sólo es percibido durante momentos cortos, pero uno temerá por una colisión durante el vuelo entero. En nuestro automóvil, pensamos que tenemos el control de la situación cuando escogemos la trayectoria de nuestro viaje. En tal situación, un viaje en el aire debe ser mucho más seguro que un viaje de automóvil para darnos la misma percepción de seguridad.

Un riesgo desconocido u ocultado será menos aceptable. De este modo, tenemos más miedo del fuego durante la noche que durante el día, aunque la probabilidad sea mucho más alta cuando estamos haciendo diversas actividades, que cuando estamos descansando.”

Hay mucha estadística disponible para indicarnos que nivel de frecuencia y severidad de accidentes existen y cuáles son los niveles socialmente aceptados de seguridad existentes en el trabajo, específicamente en la industria química, industria nuclear, industria aeronáutica, área industrial, área médica, en el tránsito vehicular, entre otros. Como ejemplo tenemos las estadísticas de los siguientes organismos internacionales: La asociación internacional de la seguridad social (ISSA), la OIT (Organización internacional del Trabajo), OSHA (Occupational Safety and Health Administration), ECRS (European commission of road safety, entre otros.

En el Ecuador la División de Riesgos del Trabajo del IESS (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social) dispone de los datos y de las estadísticas de accidentabilidad en el trabajo.

Es casi desconocido el conocimiento de la accidentabilidad a nivel doméstico o local aunque su ámbito es más amplio y disperso entre los distintos organismos oficiales de las administraciones públicas ya que reciben escasa consideración, poco análisis o clasificación a las diversas causas originales ocurridas. *Estudio del análisis de mortalidad por accidentes (II). España e Internacional (2009, Diciembre) Disponible en [www. Mapfre .com. /fundación/HTML/revistas/gerencia/n105/estud_02.html](http://www.Mapfre.com/fundación/HTML/revistas/gerencia/n105/estud_02.html)*

2.1.2.-Exposición continua

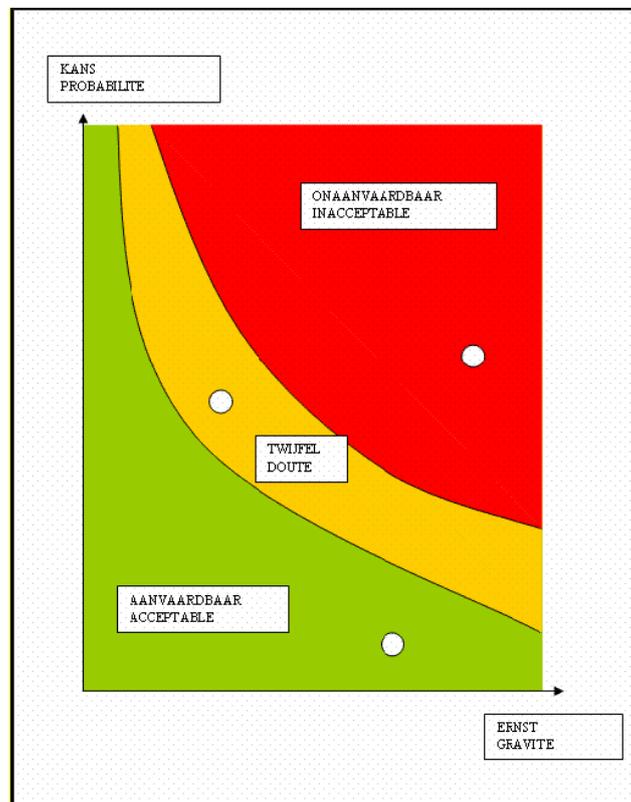
Cuando la exposición a un riesgo es continua o también identificada como de dos dimensiones, el riesgo puede ser expresado como una combinación de la probabilidad de acontecimiento o frecuencia y una magnitud de la pérdida o la severidad consiguiente.

Los métodos de dos dimensiones han sido desarrollados por la industria nuclear, química y de la aviación en donde la exposición al riesgo es continua o persiste durante largos años. *Calculo de riesgo y seguridad de incendios (2010, Septiembre) disponible en www.framemethod.net*

Un método simple para poder observar un perfil de riesgo, es un método gráfico donde se dan los niveles diferentes de probabilidad y severidad sobre el gráfico x/y, que indica niveles de

severidad del menor al catastrófico y niveles de probabilidad de frecuentes a con poca frecuencia.

Un punto mostrará a cada riesgo identificado sobre el perfil de riesgo. En el perfil del gráfico, tres zonas distintas pueden ser definidas, ver figura 1:



FUENTE: F.R.A.M.E.TRG (2008, p.09)

FIGURA 1- Zonas en un perfil de riesgos

La zona verde muestra los riesgos aceptables con un bajo valor para el producto severidad \times probabilidad, la zona roja son los riesgos inaceptables, y la zona amarilla aquellos riesgos que son de interés para la acción correctiva.

2.1.3.-Exposición discontinua

Uno de los métodos más viejos y extendidos para la evaluación de riesgo fue desarrollado en 1976 por Kinney que es extensamente usado para el análisis de los peligros en el lugar de trabajo. La evaluación de riesgos está incluida en las normas para la seguridad de las maquinarias, que consideran tres elementos o tres dimensiones: severidad, probabilidad de suceso y exposición, como el Método Kinney.

Este tipo de evaluación de riesgo también se practica en donde la exposición al riesgo no es continua, como por ejemplo en los defectos de maquinaria y los incendios. *Cálculo de riesgo y seguridad de incendios (2010, Septiembre) disponible en www.framemethod.net*

Ambas exposiciones, tanto la continua como la discontinua, usan aproximaciones cuando se usa el método de análisis denominado árbol de fallas, que también puede ser aplicado a los riesgos de incendio, tomándose en consideración los siguientes pasos:

Paso 1: Un posible accidente (fuego) es descrito por sus elementos de provocación y su desarrollo.

El daño resultante como muerte, heridas, destrucción, interrupción de trabajo, etc. es evaluado según un sistema de clasificación descriptivo (por Ej. daño menor, daño reparable, daño permanente, catástrofe) o tarde o temprano por su equivalente monetario.

Paso 2: Las posibles víctimas del daño así como la frecuencia son consideradas y la duración de su exposición a la situación donde el accidente pueda ocurrir. Los elementos temporales combinados también son evaluados durante una segunda escala (p.ej.: excepcional, ocasional, frecuente, permanente) o por el tiempo total de exposición.

Paso 3: La probabilidad de ocurrencia del posible accidente del paso 1 es considerada. Se acepta que el accidente no ocurrirá con el efecto indicado, mientras el sistema de protección disponible no falle. La probabilidad de ocurrencia es evaluada según un tercio de la escala (por .Ej. probable, improbable, casi imposible) o por un valor de frecuencia (10-n ocurrencias /año). (KINNEY G.F. & WIRUTH A.D *apud* F.R.A.M.E, 2008, p.10)

2.1.4 El método Kinney.

En el método Kinney, la expresión matemática del riesgo es la fórmula:

$$\text{Sev} \times \text{Poc} \times \text{Exp} \leq C \quad (1)$$

Donde:

Sev = la medida para la severidad (ver cuadro 2)

Poc = la medida de probabilidad de ocurrencia (ver cuadro 1)

Exp = la medida de exposición (ver cuadro 3)

C (constante) = la medida de riesgo aceptable

Los valores adimensionales usados por Kinney para la severidad, la probabilidad y la exposición son:

CUADRO 1

Valores de probabilidad

<i>VALORES DE Poc.</i>	<i>PROBABILIDAD DE OCURRENCIA</i>
10	Casi certero
6	Muy posible
3	Combinación de circunstancias inusuales
1	Posible a la larga
0.5	Concebible pero improbable
0.2	Altamente improbable
0.1	Prácticamente imposible

FUENTE: Kinney, apud F.R.A.M.E2008TRG(2008,p.10)

CUADRO 2

Valores de severidad

<i>VALORES DE Sev.</i>	<i>SEVERIDAD DE LAS CONSECUENCIAS</i>	<i>COSTO ESTIMADO (dólares)</i>
100	Catástrofe con algunas muertes	Mas de 10.000.000
40	Desastre, mas de una muerte	De 1 a 10 millones
15	Fatal, una muerte	De 100.000 a 1 millón
7	Heridas mayores	De 10.000 a 100.000
3	Heridas menores	De 1.000 a 10.000
1	Heridas insignificantes	Menos de 1.000

FUENTE: Kinney, apud F.R.A.M.E2008TRG(2008,p.11)

CUADRO 3

Valores de Exposición

<i>VALOR DE EXP.</i>	<i>EXPOSICION</i>	<i>ESCALA DE TIEMPO</i>
0.5	Muy raro	Una vez al año o menos
1	Raro	Algunas veces por año
2	Inusual	Una vez por mes
3	Ocasional	Una vez por semana
6	Frecuente	Diario
10	continuo	constante

FUENTE: Kinney, apud F.R.A.M.E2008TRG(2008,p.11)

Los valores propuestos para cada factor son situados en una escala no lineal (semilogarítmica), y el factor de riesgo calculado es comparado con la siguiente tabla de decisión". La escala no lineal representa el fenómeno de aversión o no aceptación al riesgo, por ejemplo. La actitud humana para rechazar la alta severidad vs. la baja probabilidad de riesgo más que la severidad baja vs. la alta probabilidad de riesgos, o explicando con otro ejemplo, la alta severidad y sus consecuencias ante un accidente de aviación versus la baja probabilidad de un accidente al caminar más que una baja severidad en las consecuencias del uso de un triciclo versus la alta probabilidad de sufrir un accidente al conducir una motocicleta de enduro en una pista

La tabla de decisión del cuadro 4 clasifica los riesgos identificados y permite establecer un programa para la reducción de riesgo.

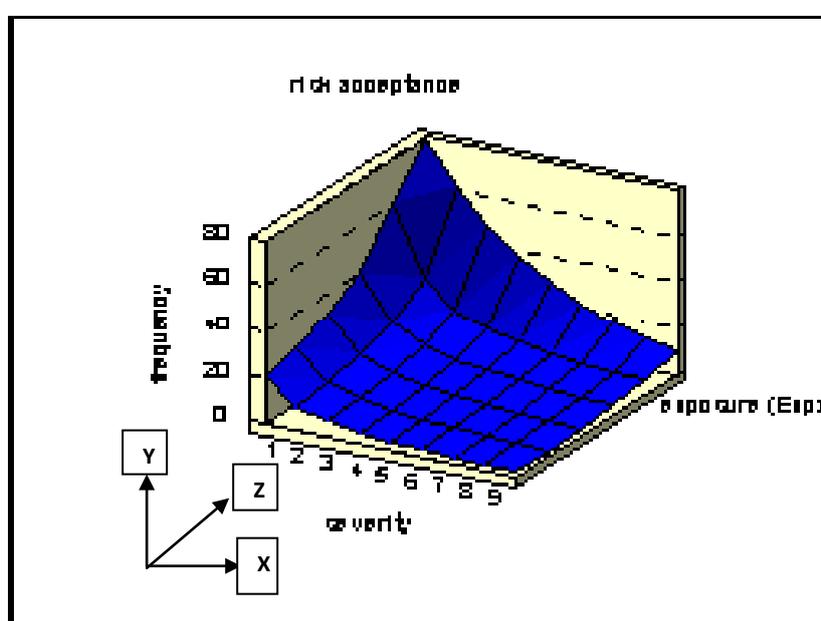
CUADRO 4

Valores del factor de riesgo Vs. Decisión

<i>FACTOR DE VALOR DE RIESGO</i>	<i>DECISION</i>
<20	No requiere atención
20 a 70	Atención requerida
70 a 160	Requiere acción correctiva
160 a 320	Requiere acción correctiva inmediata
>320	Detener actividades

FUENTE: F.R.A.M.E2008TRG (2008, p.11)

Debe notarse que la severidad, la probabilidad y la exposición están unidas por el mismo acontecimiento indeseable. El resultado puede ser visualizado como un campo tridimensional parabólico; todo riesgo localizado debajo de este límite es aceptable, aquellos por encima necesitan ser corregidos.



FUENTE: F.R.A.M.E2008TRG (2008, p.12)

FIGURA 2 - Campo tridimensional parabólico de la probabilidad (eje y), severidad (eje x) y exposición (eje z)

En el caso del fuego, que es también un riesgo no continuo, tales métodos ofrecen una mejor aproximación y F.R.A.M.E emplea una fórmula que es similar al del método Kinney:

$$R = \frac{P}{A * D} \leq 1$$

(2)

El riesgo potencial P es decisivo para la severidad.

1/D indica la probabilidad de ocurrencia, un alto nivel de protección causa un rango de falla baja p. Ej. Una baja probabilidad.

El riesgo aceptable A es una medida de la exposición. Mientras más exposición (a la propiedad, la gente, actividades), más bajo es el riesgo aceptable.

La semejanza entre las formulas básicas de "F.R.A.M.E" y la expresión usada en el método Kinney claramente muestran que "F.R.A.M.E" es considerado "un sistema discontinuo" o no continuo, basado en la probabilidad, la severidad y la exposición.

2.1.5.-Aproximación a la seguridad de las máquinas.

Para la seguridad de las máquinas, el modo de combinar la severidad, la probabilidad de ocurrencia y la exposición en un riesgo aceptable claramente ha sido definido y explicado en EN1050 (Norma europea de seguridad de las máquinas) y EN954-1 (Norma europea de seguridad de las máquinas relacionada a las partes del sistema de control, principios generales de diseño)

Aunque el EN 1050 estándar haya sido substituido recientemente por la EN-ISO 14121-1:2007 y el EN 954-1 por la ISO 13849-1, los principios permanecen válidos y también pueden ser usados para evaluar los riesgos de incendio con algunas modificaciones.

Para concluir que un cierto nivel de riesgo sea suficientemente bajo para ser aceptado, uno tiene que verificar la fiabilidad de la protección. Este razonamiento extensamente ha sido desarrollado y consolidado por la Directiva Europea 89-392 " o la Directiva de Maquinaria " y por las normas europeas EN1050 y EN 954-1, que indican cómo la seguridad de una máquina puede ser aplicada. Este acercamiento es también factible para la evaluación del riesgo de incendio en un edificio y merece ser revisado más detalladamente.

La norma EN 954-1 define cinco niveles de protección (B, 1, 2, 3, 4), relacionados con cinco clases de riesgo, relacionados con tres características del riesgo sin protección:

S: El grado de una posible herida:

S1: la herida reversible (puede ser curada)

S2: herida irreversible o muerte

F: frecuencia de peligro y exposición

F1: baja frecuencia y/o corta duración de exposición

F2: alta frecuencia, o exposición continua o larga

P: posibilidad de escaparse del riesgo

P1: la víctima puede identificar el riesgo y escaparse a tiempo

P2: no hay ninguna posibilidad de escape.

Estos criterios dan cinco clases de riesgo:

Clase I: S1

Clase II: S2 + F1 + P1

Clase III: S2 + F1 + P2

Clase IV: S2 + F2 + P1

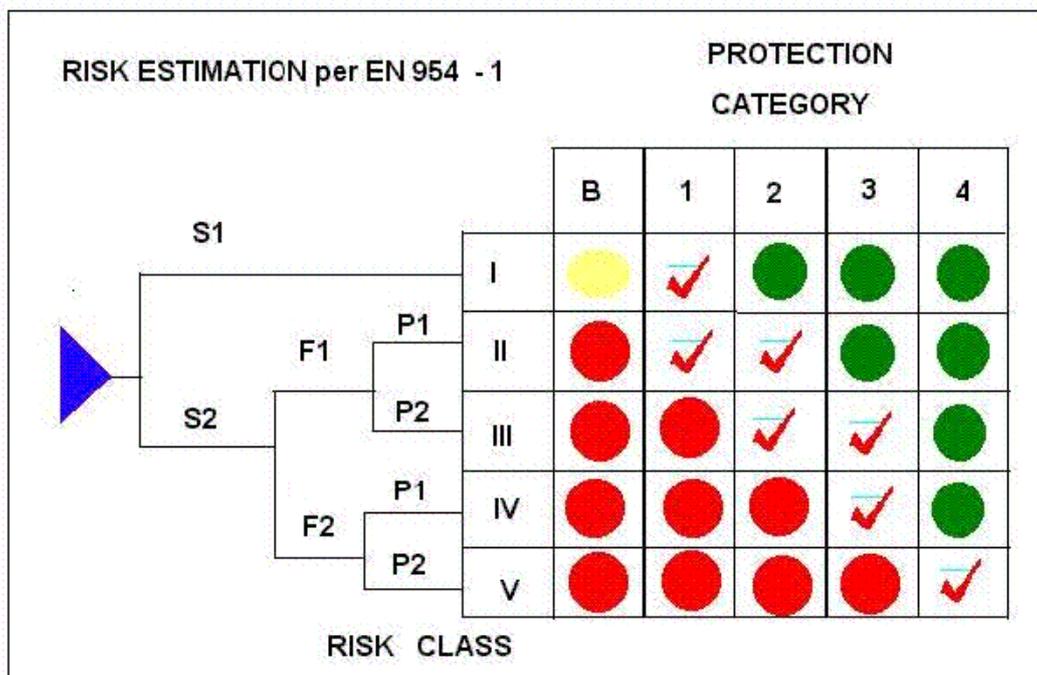
Clase V: S2 + F2 + P2

A esta clasificación de riesgos similarmente se ajusta la clasificación de protección: Ver cuadro 5

- La categoría B de protección quiere decir que la instalación es construida según los códigos de buena práctica con materiales de buena calidad. No hay ningún riesgo hasta que haya una falla de uno o varios elementos. Este es el mínimo nivel absoluto de seguridad, aceptable solo para la clase de riesgo I.

- La categoría de Protección 1 significa que la instalación es construida según los códigos de buena práctica con materiales de buena calidad y que la fiabilidad de los elementos de seguridad es garantizada por pruebas, sobre dimensionamiento o lógicas redundantes. Este grado de protección es aceptable para clases de riesgo I y II.
- La categoría de protección 2 significa que la instalación cumple con las exigencias de la categoría 1 y que el correcto funcionamiento de los sistemas de seguridad es comprobado con regularidad. Este grado de protección es aceptable para clases de riesgo II y III.
- La categoría de Protección 3 significa que la instalación cumple con las exigencias de la categoría 2 y que una simple falla en la función de seguridad no significa que esta función esta perjudicada ya que la falla rápidamente es descubierta. Este grado de protección es aceptable para clases de riesgo III y IV.
- La categoría de protección 4 significa que la instalación cumple con las exigencias de la categoría 3, que una simple falla de la función de seguridad inmediatamente es detectada y que múltiples fallas no perjudica la función de seguridad. Requieren este grado de protección para la clase de riesgo V.

CUADRO 5
Clases de riesgo Vs. Categoría de protección



FUENTE: EN 954-1, apud F.R.A.M.E2008TRG(2008,p.13)

Estas exigencias están basadas en varios axiomas y principios de diseño de máquinas:

- La probabilidad de ocurrencia del peligro es más o menos constante a la mayoría de las máquinas que es concebida para una cierta vida y tiene así una probabilidad de falla incluida.
- La fiabilidad de los elementos del sistema será mejorado por pruebas, supervisión y el diseño "de seguridad".
- Uno puede diferenciar la situación cuando la víctima puede escaparse o no del riesgo. Una advertencia rápida es esencial.
- Si la protección es confiable, la verdadera ocurrencia del accidente puede ser reducida.
- Las protecciones (sistemas de seguridad) puede ser confiables por comprobaciones, auto vigilancia y redundancias.

Cabe una observación importante en el sentido de que la protección solamente es la segunda defensa, la prevención es siempre primera.

La obligación de prevenir riesgos es una prioridad. Los riesgos deben ser reducidos en la fuente y las situaciones peligrosas substituidas donde sea posible por situaciones más seguras. El uso del principio de prevención generalmente quiere decir en la práctica que el riesgo residual será encontrado en las clases inferiores, que requieren medidas de protección menos elaboradas.

Comparando esta clasificación de riesgos con los niveles de seguridad que son generalmente aceptados por la sociedad, la siguiente relación puede ser establecida: La clase I corresponde con el nivel de daño reparable, clase III con el accidente mortal. Los niveles de tolerancia son de hecho idénticos a la probabilidad de falla de los sistemas de protección. Por ejemplo, una categoría 2 de protección podría tener un valor de fracaso de 1×10^{-6} . F.R.A.M.E TRG (2008, p.14)

CUADRO 6

Clasificación de Riesgos vs. Niveles de Seguridad aceptados socialmente

<i>Límite de tolerancia</i>	<i>Clase / categoría</i>	<i>PROTECCION BASICA</i>	<i>Categoría 1 protección</i>	<i>Categoría 2 protección</i>	<i>Categoría 3 protección</i>	<i>Categoría 1 protección</i>
<1.10-4	Clase I Nivel daño reparable	Mínima	recomendado	Más de lo requerido	Más de lo requerido	Más de lo requerido
<1.10-5	Clase II	Insuficiente	necesario	recomendado	Más de lo requerido	Más de lo requerido
<1.10-6	Clase III	Insuficiente	Insuficiente	necesario	recomendado	Más de lo requerido
<1.10-7	Clase IV	Insuficiente	Insuficiente	Insuficiente	necesario	Más de lo requerido
<1.10-8	Clase V	Insuficiente	Insuficiente	Insuficiente	Insuficiente	necesario

FUENTE: F.R.A.M.E2008TRG (2008, p.14)

Los mismos principios aplicados a las normas para las máquinas pueden también ser aplicados en la seguridad contra incendios, aunque, sin embargo, una sistemática aproximación a los riesgos de incendio no ha recibido mucha atención y las técnicas para hacer el sistema de protección contra incendios confiable a menudo son definidas al azar.

La construcción de los elementos estructurales de un edificio resistente al fuego es de hecho realizado con técnicas de sobre dimensionamiento, las exigencias a menudo se reducen a la redundancia. Para limitar la propagación de fuego, las exigencias a los materiales están basadas en pruebas, donde los sistemas de detección de fuego son confiables debido al auto vigilancia.

Los sistemas de regadera (sprinklers) son sujetos a inspecciones para asegurar su fiabilidad, pero para la provisión de agua, la redundancia es preferida. Los sistemas contra incendios son seguros por combinaciones de probar (a través de ejercicios), sobre dimensionamiento (dispersión) o por redundancia.

La clasificación de riesgos y protecciones en cinco clases y cinco categorías es un mero instrumento de decisión. En la práctica, hay una amplia variación de daño posible y un grande espectro de sistemas de protección disponibles. La variedad de factores que influyen es tan grande que un mayor acercamiento gradual a los riesgos y protecciones es aconsejable.

Estos detalles en la evaluación de un gran número de factores es que hace a F.R.A.M.E atractivo para la evaluación de riesgo de incendio, aunque F.R.A.M.E haya sido desarrollado en un período de tiempo cuando nadie en el campo de seguridad de fuego hablaba de probabilidades de falla y en categorías de protección.

2.1.6.-El nivel existente de riesgo de incendio aceptable.

Hay muy pocas personas que están preocupadas por los riesgos de incendio existentes en nuestra sociedad y como no hay ninguna discusión pública sobre situaciones inaceptables en este campo, uno puede suponer que el nivel presente en la seguridad de fuego cumple con las expectativas de la población.

Por lo general el nivel básico aceptable de riesgo es definido en una situación de exposición permanente. Por ejemplo, que el peligro y el riesgo estén siempre juntos. Tal riesgo es aceptado cuando la probabilidad de un accidente con una muerte es menos de uno por millón de personas por año, $o < 1 \times 10^{-6} / \text{personas} \times \text{año}$. (F.R.A.M.E TRG, 2008, p.15)

Varios estudios y métodos de evaluación indican que la aceptación de riesgo se reduce al cuadrado del número de víctimas posibles. Por ejemplo: para 3 muertes, la aceptabilidad es 10 o menos, para 10 víctimas, esto es 100 o menos y para 100 muertes, esto es 10.000 o menos. Esto explica fácilmente las exigencias mucho más altas de seguridad impuestas a la industria nuclear y la aviación, haciendo comprensible por qué las reglas de seguridad europeas son menos rigurosas para edificios bajos comparados a edificios altos, que son menos fáciles de evacuar. (F.R.A.M.E TRG, 2008, p.15)

Si la exposición no es permanente, el riesgo más fácilmente será aceptado. Este es el caso del riesgo de incendio: En la mayoría de los países europeos, el número de muertes por fuego está entre 4 y 15 por millón de habitantes por año. Este nivel de 5×10^{-6} muertes por año por persona es 5 veces más alto que el nivel básico de exposición permanente, pero más bajo que el riesgo de tráfico de carretera. (F.R.A.M.E TRG, 2008, p.15)

Como ejemplo, para el riesgo de daños en residencias de Bélgica, podemos hacer el cálculo siguiente: Del promedio de 13.000 fuegos por año en Bélgica, aproximadamente 10.000 son fuegos residenciales. Con una superficie media de casa de 160 m², y con 400 millones de m² de área total habitable en casas belgas, la probabilidad de un fuego residencial en Bélgica es $25 \times 10 \text{ exp.}-6 / \text{año.m}^2$. Estos números son también válidos en varios otros países europeos. Con un promedio de 4 personas por casa, la probabilidad de que una persona sea amenazada por un fuego de casa es = 1/1000 por persona por año. Con 5 víctimas por millón de habitantes, esto quiere decir que la probabilidad de que uno no pueda escapar de un fuego residencial es aproximadamente el 0.5 % de los incidentes. (F.R.A.M.E TRG, 2008, p.15)

En Berna, Suiza, el seguro de propiedad es obligatorio por el gobierno municipal, que colabora fuertemente con los bomberos. A causa de esta situación particular, la estadística detallada está disponible. Estos indican que en el 40 % de los casos de fuego ya es extinguido antes de la llegada del cuerpo de bomberos, para el 90 % de los casos el fuego es limitado en el cuarto de origen y sólo en el 8 % hay un fuego desarrollado (flash over), el cual todavía es controlado por el cuerpo de bomberos en 2/3 de los casos. Podemos estimar que la situación no sea considerablemente diferente en Bélgica, y por lo tanto concluir que el nivel aceptado de daño de una propiedad (la destrucción total de una casa de 160 m²) es aproximadamente $40 \times 10 \text{ exp.}-6 \text{ año/}$. Este nivel es equivalente al 40 % por lo general aceptado para un riesgo con consecuencias graves pero reparables (= $100 \times 10 \text{ exp.}-6$). Este nivel más alto de exigencias puede ser explicado por el trauma causado por un fuego residencial. (F.R.A.M.E TRG, 2008, p.15)

Según la NFPA, 412.000 fuegos residenciales ocurrieron en Estados Unidos en 2006 con 2.580 muertes civiles. La oficina de Censo de los Estados Unidos da aprox. 300, 000,000 de habitantes en 2006 y 126, 300,000 unidades de alojamiento. La comparación de estas cifras resulta en una probabilidad de muerte de $8.6 \times 10 \text{ exp.}-6 \text{ persona/ año}$ y 0.003 fuegos por año por unidad de vivienda. La probabilidad de que uno no pueda escapar de un fuego residencial es aproximadamente el 0.6 % de los incidentes. (F.R.A.M.E TRG, 2008, p.16)

En resumen, podemos concluir que usamos los siguientes niveles de seguridad para nuestras casas:

- la probabilidad de muerte será menos de $5 \times 10 \text{ exp.}-6 / \text{persona x año}$

- la probabilidad de destrucción total será menos de 40×10^{-6} /año. (F.R.A.M.E TRG, 2008, p.16)

En Ecuador o específicamente en Quito, lamentablemente no existe una estadística oficial acerca de incendios residenciales. El autor de esta tesis no encontró información específica en las páginas electrónicas oficiales del INEC- Ecuador en cifras, Cuerpo de Bomberos de Quito o del Distrito Metropolitano de Quito; sin embargo en el artículo de prensa del Diario HOY del día 16 de febrero del 2009 titulado “*La Cocina : allí suelen iniciar los incendios caseros*” se refiere a las causas y a la existencia de 256 incendios en viviendas ocurridas en el año 2008, siendo que las causas más comunes son cortocircuitos, fugas de gas y velas encendidas.

Los niveles de riesgo aceptable no son idénticos para la gente y para la propiedad, que fácilmente es explicada debido a que los impactos son diferentes.

2.1.7.-Métodos de evaluación de riesgo de incendio.

La evaluación del riesgo de incendio ha sido practicada durante muchos años. El desarrollo de mejoras de funcionamiento basados en códigos para el fuego y en la ingeniería de seguridad de fuego han aumentado el interés para las herramientas que pueden ser aplicadas en la seguridad contra el fuego. Los métodos existentes ampliamente pueden ser clasificados como métodos de gestión de riesgos y métodos basados en la probabilidad. F.R.A.M.E y Gretener, se mantienen en algún lugar en medio de esta clasificación, consiguiéndose una combinación entre la probabilidad y un valor índice de riesgo.

2.1.8.-Usos y ventajas de los métodos de clasificación.

Los métodos de clasificación o los sistemas discontinuos a seguir son descritos en la tecnología del fuego, en el informe FiRe-TECH (Evaluación de riesgos de incendios para el patrimonio cultural europeo y en el informe final WG6. (Métodos de evaluación de riesgos de incendio) en Septiembre del año 2003. (F.R.A.M.E TRG, 2008, p.17)

"Los Métodos de clasificación o los métodos semi cuantitativos son usados en una amplia gama de usos. Estos métodos a menudo eran desarrollados con el objetivo de simplificar el proceso de evaluación de riesgo para un tipo específico de edificio, proceso etc.

En general, los expertos primero tuvieron que identificar cada factor que afecta el nivel de seguridad o riesgo, que representan rasgos positivos (aumentar el nivel de seguridad) y rasgos negativos (disminuyen el nivel de seguridad). La importancia de cada factor tiene que ser

decidida asignándole un valor. Este valor está basado en el conocimiento y la experiencia de los expertos que provienen sobretodo del área de seguros, el cuerpo de bomberos, consultores en ingeniería de fuego, científicos, etc. Los valores asignados entonces son manejados por combinación de funciones aritméticas para alcanzar un solo valor. Se puede llamar al valor como " el índice de riesgo " y es una medida del nivel de seguridad/riesgo en el objeto y es posible compararla a otros objetos similares y a un mínimo valor estipulado.

No todos los métodos de clasificación incluyen un nivel básico para una protección satisfactoria, dando sólo una posición relativa, como la situación A es la mejor, peor o equivalente con la situación B. Esto puede ser una ventaja para el usuario que puede definir su propio nivel de protección, pero en la práctica, los usuarios sin experiencia quieren que un experto o un sistema especializado les muestren una pista sobre " qué es suficientemente bueno".

Una ventaja de los métodos de evaluación del fuego es su simplicidad, ellos son considerados como instrumentos muy manejables. Otra ventaja de este método es el camino estructurado por el cual la toma de decisiones es tratada. Esto facilita el entendimiento del sistema por personas no relacionadas en el desarrollo del proceso y se hace más fácil el poner en práctica el nuevo conocimiento y la tecnología del sistema.”

2.1.9.-Sistemas de punto.

Los métodos más elementales de clasificación son los sistemas de punto. El informe WG6 los menciona y otros métodos como la Matriz de Valor de Riesgo de la NFPA 909, el Código para la Protección de Recursos Culturales, el sistema de evaluación de seguridad de fuego (FSES) de la NFPA 101A, que es la guía sobre accesos alternativos a la seguridad de vida, el programa de la tasa del seguro de propiedad comercial americano ,XPS FUEGO de Munich, la aproximación jerárquica de clasificación de fuego emprendida por la Universidad de Edimburgo, método de Índice de Riesgo de incendio de los países nórdicos, entre otros.

La característica del sistema de punto es que poseen un mejor acercamiento del valor de una combinación de parámetros en una matriz con valores normalizados para una fácil manipulación matemática.

El resultado final de la manipulación de la matriz es un vector, que describe el nivel de seguridad de fuego total en términos de todos los parámetros. El índice de riesgo de incendio puede ser calculado según:

$$S = \sum_i^n w_i \cdot x_i \quad (3)$$

Donde:

S = índice de riesgo que expresa el nivel de seguridad de fuego

n = el número de Parámetros

w_i = el peso de Parámetro i

x_i = el grado para el Parámetro i.

F.R.A.M.E y Gretener también están clasificados en el informe de WG6 como sistemas de punto, pero esto no hace justicia a la base probabilística de estos métodos. Es verdad que F.R.A.M.E incluye un nivel básico de protección satisfactoria para usuarios inexpertos que esperan un acercamiento de valor para los números de factores considerados.

La diferencia esencial entre F.R.A.M.E y sistemas de punto es que aquellos sistemas de punto combinan los parámetros de peso en una *suma*, al contrario F.R.A.M.E (y Gretener) se combinan en un *producto* que corresponde con la base probabilística de redes de acontecimientos. (F.R.A.M.E TRG, 2008, p.18)

2.1.10.-Métodos Cuantitativos

El otro lado del espectro de instrumentos de evaluación de riesgo de incendio, son encontrados en los métodos cuantitativos unidos a modelos de simulación. A causa de la complejidad de los modelos de simulación de fuego, a menudo requieren mucha capacidad del ordenador para permitir múltiples escenarios a ser evaluados en relativamente un corto tiempo por F.R.A.M.E.

Los resultados de modelos de simulación de fuego dependen mucho del buen conocimiento de los expertos de los fenómenos de fuego y es requerida la precisión de los datos de entrada. Ellos usan complejos escenarios de fuegos múltiples y/o complejos, por lo general son limitados para un tipo específico de usos donde aquellos escenarios son relevantes.

Un método que está libremente disponible, es FiRECAM (Evaluación de Riesgo de incendio y el Modelo de Evaluación de Costo) desarrollado en Canadá por el Consejo de Investigación

Nacional, que también trabaja con FIERAsystem, un método similar para facilidades industriales ligeras.

FiRECAM calcula el riesgo esperado a la vida (ERL en inglés) de los ocupantes y la expectativa de Costo del incendio (FCE en inglés) en apartamentos de pisos altos o en edificios de oficinas como consecuencia de un juego de escenarios probables de fuego que pueden ocurrir en un edificio. Para realizar la evaluación de riesgos de vida y costos de fuego, FiRECAM simula la ignición de un fuego en varias ubicaciones en un edificio, el desarrollo del fuego, el humo y la extensión de fuego, la respuesta de los ocupantes, la evacuación, y la respuesta de cuerpo de bomberos. Estos cálculos son realizados por nueve submodelos que actúan recíprocamente el uno con el otro enlazados.

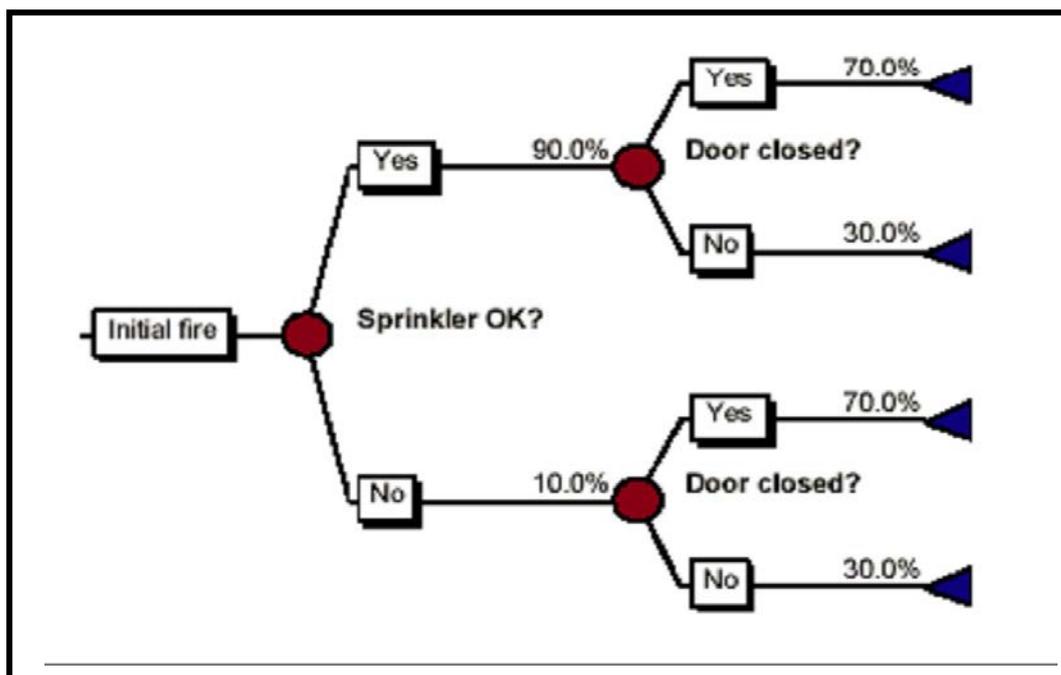
FiRECAM tiene algunos rasgos interesantes que no fueron incluidos en la versión 2 de F.R.A.M.E, como la posibilidad de definir una carga de ocupación mezclada, la presencia de alarmas de humo, estimaciones de los costos constructivos. Algunos de estos rasgos fueron añadidos en la versión de F.R.A.M.E 2008 usada en esta tesis.

El programa FiRECAM incluye una representación visual del edificio e informes gráficos, pero no da ninguna respuesta clara a la pregunta básica: ¿" es suficientemente buena? ". La principal desventaja es que su uso es limitado solamente para el mercado canadiense, debido a que es basado en datos canadienses, incluyendo el tiempo de respuesta para servicios de fuego y gastos constructivos. (F.R.A.M.E TRG, 2008, p.18-19)

2.1.11.-Análisis de un árbol de eventos.

El resultado de un acontecimiento peligroso a menudo depende de más de una condición. Esto puede ser observado y explicado con redes de eventos o árboles de eventos, que muestran la causa, el efecto y la interacción entre varios acontecimientos.

Un árbol de eventos es un modelo gráfico - lógico que identifica y cuantifica posibles resultados después de un acontecimiento inicial. La estructura del árbol es organizada sobre una escala de tiempo. Las probabilidades del árbol de eventos pueden ser calculadas y las consecuencias normalmente son asignadas a los estados finales, aunque pueden acumularse a lo largo del árbol. Ver figura 3



FUENTE: Kinney, apud F.R.A.M.E2008TRG(2008,p.19)

FIGURA 3- Ejemplo de un simple árbol de eventos

“La técnica de árbol de eventos puede ser usada para una evaluación cuantificada de riesgo de incendio, combinando los cálculos del desarrollo del fuego con los modelos de salida para cada escenario. El análisis de riesgo en sí mismo es cuantitativamente realizado evaluando un número de situaciones de fuego. La evaluación calcula el desarrollo del fuego y el proceso de evacuación para todos los escenarios en el árbol de eventos.

El riesgo para cada escenario es calculado multiplicando la probabilidad del escenario específico por su consecuencia. El riesgo total asociado con un edificio es la suma de los riesgos para todos los escenarios en el árbol de eventos. El propósito con un árbol de eventos es el de considerar tanto acciones acertadas como incorrectas de las medidas de seguridad de fuego en el edificio.

Para producir una medida definitiva del riesgo sería necesario considerar cada combinación de la fuente de fuego, el escenario de fuego y la posición del objetivo dentro del edificio. Sin embargo, el esfuerzo computacional requirió incrementar el número de fuentes, escenarios y objetivos considerados.

En general hay una gran incertidumbre creada en cuanto al número limitado de escenarios usados. Los números de escenarios están basados en la selección de acontecimientos para ser incluidos en el análisis. Los acontecimientos son escogidos dependiendo del foco del análisis.

En un análisis de seguridad de vida, los acontecimientos que son relacionados con el desarrollo de fuego y con la posibilidad de un escape acertado son de más interés que los acontecimientos relacionados con el desarrollo total del fuego y la integridad de los compartimentos de fuego.

Los métodos de análisis contra todo riesgo modelan el riesgo y un modelo es siempre una tentativa de describir y hacer la predicción sobre resultados verdaderos.

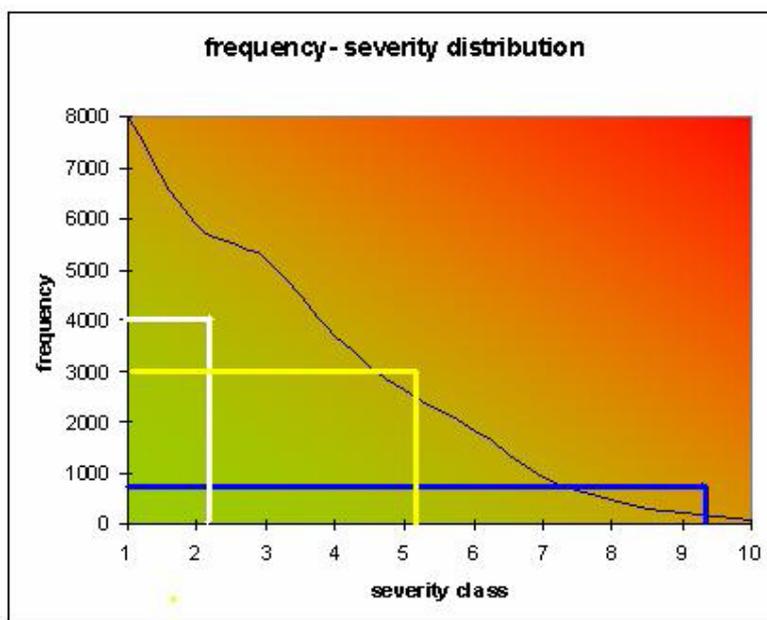
Los problemas de riesgo de incendio que se solucionan con técnicas especializadas realmente requieren capacidades profesionales en el modelaje del fuego y en el análisis del riesgo. Si esta habilidad no está disponible en la organización, la ayuda externa es apropiada.

Con estos métodos el analista tiene todo el control de los datos de entrada y salida, aunque no debe proporcionar tantos datos durante la entrega de resultados, a excepción cuando se necesite de una comprobación externa por una persona igualmente experta o de una organización.” (F.R.A.M.E TRG, 2008, p.18-20)

El resultado de un análisis de riesgo de incendio serán valores "de riesgos de incendio", identificados por una probabilidad y un valor de severidad o una posición en el perfil del diagrama frecuencia / severidad mostrados en el cuadro 7. Los riesgos de incendio localizados en la esquina inferior izquierda (el área verde) están debajo del promedio frecuencia / severidad y son considerados aceptables, que aquellos en la esquina superior derecha (área roja) que son inaceptablemente altos.

CUADRO 7

Diagrama de frecuencia - severidad



FUENTE: F.R.A.M.E2008TRG(2008,p.20)

El análisis en sí mismo no provee ninguna decisión, los especialistas tendrán que decidir la extensión de las zonas verdes y rojas sobre el diagrama de distribución.

A seguir se muestra un cuadro resumen (ver cuadro 8) de los principales métodos de análisis de riesgos de incendio usados actualmente y sus características principales:

CUADRO 8

Comparativo de métodos de evaluación de riesgo de incendios

METODO	Intrínseco	MESERI	G.PURT	GRETENER	E.R.I.C	F.R.A.M.E
Autor	M.I.N.E.R	MAPFRE	G. PURT	M. GRETENER	SARRAT Y CLUZEL	E. De SMET
año	1981	1978	1971	1965	1977	1988
país	España	España	Alemania	Suiza	Francia	Bélgica
Basado	Original	Original	Gretener Derivación Simplificada	Original	Gretener	Gretener y ERIC
Aplicación	Establecimie ntos de uso	Industrias de riesgo y	Edificios e industrias	Toda clase de edificaciones e	Toda clase de edificaciones e	Toda clase de

METODO	Intrínseco	MESERI	G.PURT	GREENER	E.R.I.C	F.R.A.M.E
	industrial	tamaño medio	medianas	industrias	industrias	edificaciones e industrias
Objetivo	Establecer un nivel de riesgo	Calculo del riesgo global simple y operativo	Calculo orientativo de las medidas de protección necesarias	Un grado de evaluación de riesgo de incendio	Un grado de evaluación de riesgo de incendio para cada vertiente	Un grado de evaluación de riesgo de incendio para cada uno de los guiones
Riesgo	Un solo riesgo global	Un solo riesgo global	Dos cálculos de riesgo, edificios y contenido	Un riesgo global y muy completo	Dos cálculos del riesgo, personas y bienes	Tres cálculos del riesgo, patrimonio personas, y actividades
Calculo	Numérico, mediante una ecuación	Numérico, mediante una ecuación	Introducimos los dos valores de riesgo en una grafica nos ofrece la protección	Numérico, mediante una ecuación compara el riesgo admisible con el efectivo	Introducimos los dos valores del riesgo en una grafica para averiguar si necesita más protección el sector	Numérico, mediante tres ecuaciones
Reducción del riesgo	No se reduce, se adecua el establecimiento en función del nivel de riesgo intrín. y del tipo de ubicación del establecimiento, mediante medidas constructivas y medios de	Mediante los factores que agravan el riesgo, orden y limpieza, y aumentando el grado de protección. Es suficiente con un servicio de vigilancia	No se reduce el riesgo, sino que el método propone unas medidas de protección especiales para tener un riesgo aceptable	El riesgo se reducirá con un aumento de las medidas de protección en el caso de que sea necesario o el riesgo no sea aceptable	El riesgo se reducirá con un aumento de las medidas de protección en el caso de que sea necesario o el riesgo no sea aceptable	El riesgo se reducirá con un aumento de las medidas de protección en el caso de que sea necesario o el riesgo no sea aceptable

METODO	Intrínseco	MESERI	G.PURT	GREENER	E.R.I.C	F.R.A.M.E
	prevención del reglamento					
Factores que agravan el riesgo de incendio	El riesgo de la actividad, coeficiente de combustibilidad y densidad de la carga de fuego	Construcción, situación, procesos, factores de contracción, propagabilidad y destructibilidad	Carga térmica, combustibilidad, carga térmica inmueble, sector cortafuego, peligro a las personas, bienes y humos	Carga de incendio mobiliaria, combustibilidad, humos toxicidad, carga inmobiliaria, nivel de planta y dimensión superficial	Las mismas que Greener mas opacidad de humos y tiempo de evacuación	Igual que ERIC y Greener mas un factor de dependencia, un factor de ambiente, acceso y ventilación
Factores que reducen el riesgo de incendio			No los tiene en cuenta, solamente el resultado del diagrama nos dirá el tipo especial de medida de protección	Normales (Extintores, bies, hidrantes,...), especiales (detección, transmisión...) y construcción (resistencia al fuego, portante, fachada,...)	Ídem Greener	Ídem Greener y ERIC mas unos factores de escape y salvamento
Observaciones	Método que viene respaldado por un reglamento en cuanto a las medidas constructivas y de protección	Método muy adecuado para las aseguradoras, ofrecen resultados demasiado estrictos	Método valido para las compañías que comercializan sistemas especiales de protección de incendios	Método completo y muy metódico, buena disposición del programa, facilita los cálculos y ofrece un informe al final	Método que tiene en cuenta a las personas independientemente, lo relaciona con los bienes para ver el riesgo final	Mejor método, veraz en sus resultados y muy completo. Dispone de tres vertientes de cálculo por separado, patrimonio, personas y actividades

(PEÑA et ali, 2003, p.05)

2.2.-REDES DE EVENTOS EN F.R.A.M.E.

"F.R.A.M.E" Se fundamenta en redes de eventos, que usan una combinación "de causa y efecto " relaciones y probabilidades de éxito o fracaso. Pero en vez de un número grande seleccionado de redes de eventos, se basa únicamente en tres escenarios del tipo " peor caso". Todos los otros escenarios son estadísticamente incluidos parcialmente como escenarios "peor caso " de la misma manera como los reclamos por pérdidas por incendio son efectivamente manejadas por las compañías aseguradoras.

Los siguientes flujogramas (Figuras 4 al 21) muestran las redes que son usadas para evaluar el riesgo de incendio para la propiedad, la gente y las actividades. Estas tres evaluaciones son independientes pero relacionadas.

Los factores principales en "F.R.A.M.E" evalúan los elementos que tienen e impactan sobre la probabilidad así como sobre la severidad de un incendio. En el cuadro 7, un aumento de la probabilidad quiere decir un movimiento hacia arriba sobre el eje de las ordenadas del perfil de riesgo, mientras que un aumento de severidad resulta en un movimiento a la derecha sobre el eje de las abscisas.

En ambos casos, esto quiere decir un cambio hacia riesgos menos aceptables.

Por lo general las probabilidades son escritas como un número de ocurrencias por período, como 10-5 ocurrencias /50 años de exposición. En " F.R.A.M.E", es usada una escala logarítmica. Esto corresponde con la integración de la curva probabilidad / severidad, por ejemplo. Incluye todos los incidentes con varias combinaciones de probabilidad y severidad. Esto tiene la ventaja adicional de producir resultados "fáciles de usar": Una reducción de riesgo de $R=2$ a $R=1$ es más fácil para entender para un administrador de decisión que " una probabilidad x la severidad x la reducción de 10-2 a 10-3 ocurrencias / 50 años. (F.R.A.M.E TRG, 2008, p.21)

En los siguientes flujogramas (Figuras 4 al 21), los campos en **naranja claro** y **grises** indican datos de entrada, a ser identificado para el compartimento que es evaluado. Los datos "naranja claros" tienen un impacto sobre la severidad de los daños ocasionados por un incendio y/o el número de las víctimas de un fuego en el compartimento afectado. Los datos "grises" en los campos tienen un efecto sobre la probabilidad de ocurrencia del fuego. Algunos datos de entrada tienen un efecto tanto sobre la severidad como sobre la probabilidad: estos son mostrados con fondos naranjas claros / grises.

Los campos **verdes** indican valores relacionados, llamados nodos o sub factores, los cuales son directamente calculados de los datos de entrada, sean estas de color naranjas claro y grises.

Los campos en **naranja oscuro** indican el posible resultado sobre una escala de tiempo.

Los campos **azules** indican subsistemas en donde varios sub. factores son combinados. Estas entradas son mejor detalladas en los subsistemas.

Las redes comienzan con la probabilidad básica de que el incendio comienza por "accidente": las huelgas relámpago, un error humano, el gato salta y vuelca una vela ardiente. Esta probabilidad básica tiene el valor de $A_o = 1.6 \times 10^{-6}$, semejante al nivel de riesgo aceptado, conforme lo indicado en la sección 2.1.6. Referente al nivel existente de riesgo de incendio aceptable

2.2.1.-Riesgo a la propiedad

Nodo 1. En varias situaciones, hay fuentes adicionales de ignición presentes, vinculadas a actividades principales y secundarias, por ejemplo, los sistemas de calefacción, el equipo eléctrico, el empleo de productos inflamables, etc. Estos artículos, químicos o dispositivos definen el valor del factor y aumentan la probabilidad de ocurrencia de fuego aumentando el valor del riesgo. Ver Figura 4

Nodo 2. Una fuente de ignición no es suficiente para un incendio, debe haber algo para quemarse: Esto es definido como la carga de fuego que puede darse al dispersar en una carga de fuego fija "inmóvil" cualquiera de los productos existentes en el edificio y una carga de fuego "móvil" al contenido. Las influencias de carga de fuego "inmóviles" también influye en el ambiente de evacuación (el factor r) y la carga de fuego "móvil" desempeñan un papel en el desarrollo de la capa de gases caliente (el factor v). El factor q representa la carga de fuego en el cálculo de riesgo. Ver Figura 4

Nodo 3. Una vez que un incendio ha comenzado, este crecerá con una cierta velocidad. Un incendio con rápido crecimiento aumentará el riesgo y el factor i se opone a esto. El crecimiento de fuego es definido por 3 sub. Factores:

- 1.-La inflamabilidad del contenido (sub. factor T),
- 2.-la reacción a las características del incendio (sub. factor M), y

3.- la superficie disponible para el crecimiento del incendio (sub. factor m). La reacción a las características del incendio también influye de cierta manera en el factor r. Ver Figura 4

Nodo 4. Cuando un incendio crece, una capa caliente de gas se acumula en el techo. La fuente para esta capa viene principalmente del contenido de la carga móvil del fuego y este desarrollo de la capa acumulada puede ser controlado por la ventilación del humo. La altura de techo define el espacio disponible para la capa caliente y fría. Esto es reflejado por el factor v. Ver Figura 4

Subsistema A. Este subsistema evalúa la probabilidad de una evacuación temprana y acertada así como la intervención. Se tiene en cuenta la presencia o ausencia de una detección de fuego, sea manual o automática, la fiabilidad y capacidad de los sistemas de notificación. Ver Figura 4

Subsistema B. El éxito de la primera intervención depende también de los medios disponibles así como del entrenamiento del personal. Esto es evaluado en el subsistema B, las tareas de extinción realizados por ocupantes y del personal. Ver Figura 4

Subsistema C. Cuando se instala sistemas de protección automáticas tales como las regaderas (sprinklers), el fuego es controlado rápidamente en la mayoría de los casos: La tasa de éxito de la protección automática es evaluada en el subsistema C.

Subsistema D. Si el fuego no es controlado aún por el personal y/o regaderas, atacarán el fuego creciente los bomberos. Tomará algún tiempo para que el cuerpo de bomberos pueda alcanzar la escena de fuego: Esto y la fuerza del cuerpo de bomberos son considerados en el subsistema D. Ver Figura 4

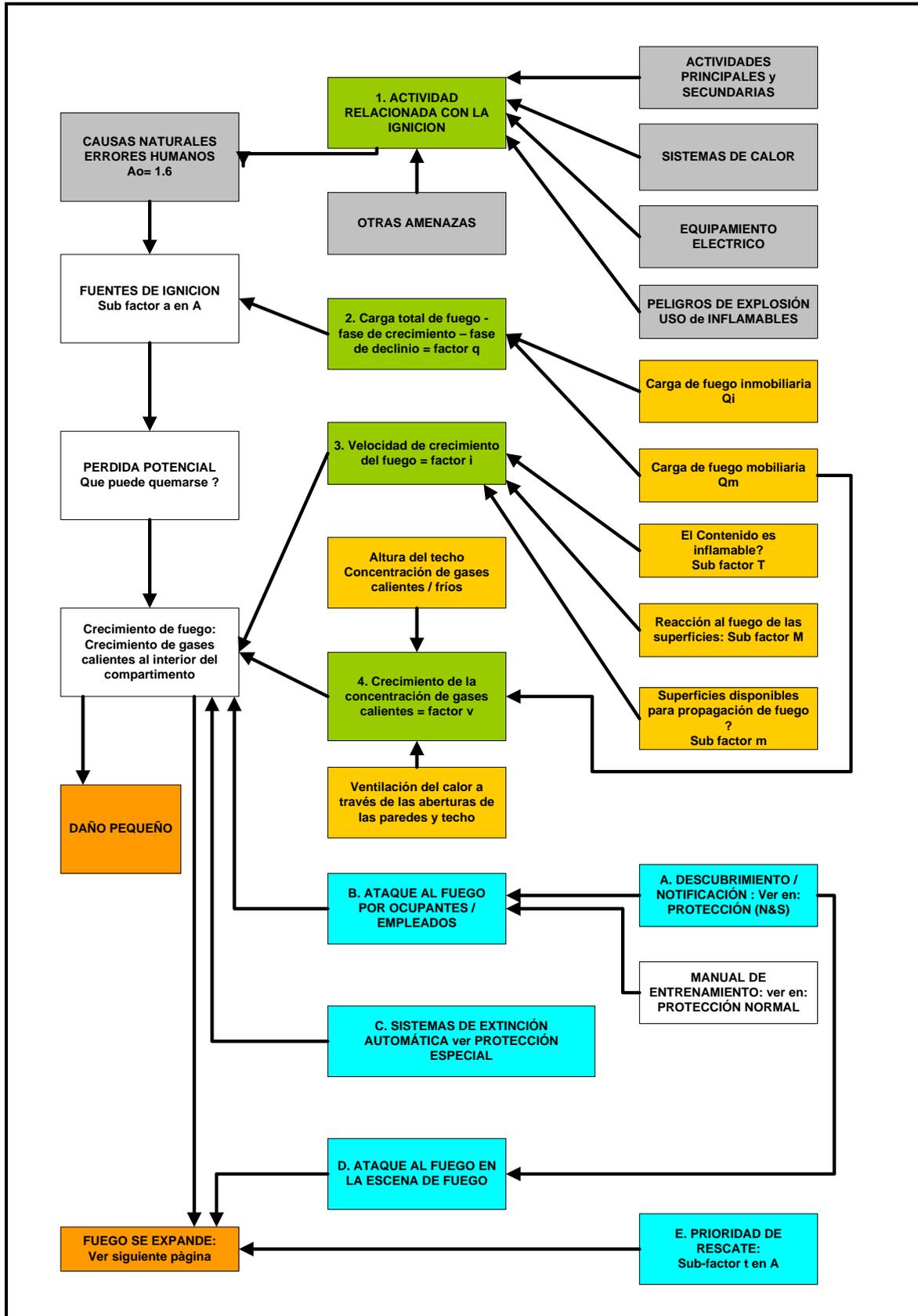
Subsistema E. En la escena del incendio, el cuerpo de bomberos debe dar prioridades en las operaciones de rescate, reduciendo la eficacia de las tareas de extinción: esta prioridad es medida por el subsistema E que incluye los elementos para calcular el factor t (el tiempo de evacuación). Ver Figura 4

Nodos 5, 6 y 7. El éxito de las operaciones contra incendios antes de que el flashover (explosión) ocurra depende mucho de las condiciones locales. El tamaño y la forma del compartimento, el nivel y la accesibilidad del compartimento de fuego: factores g, e y la z son utilizadas para evaluar esto. Ver Figura 5

Subsistema F. El éxito del ataque al incendio depende también de la disponibilidad y la fiabilidad de la provisión de agua: esto es considerado en el subsistema F, combinando el factor de provisión de agua W y los sub. Factores de S. Ver Figura 5

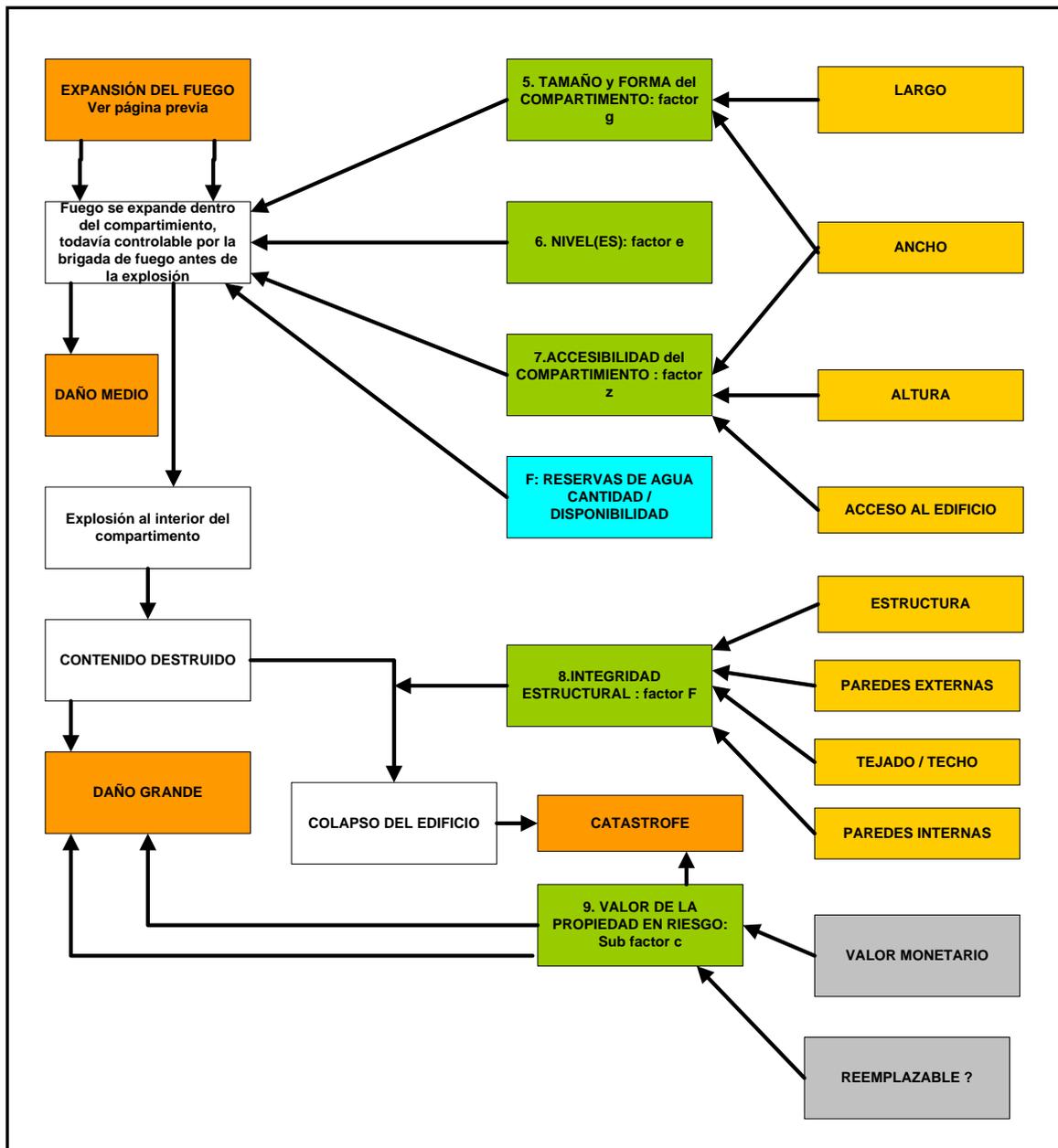
Nodo 8. Si ocurre el flashover (explosión), el contenido total del compartimento seguramente se perderá. Esto dependerá de la protección estructural contra incendios y si un edificio se derrumba después del flashover (explosión). El factor F considera la protección estructural contra incendios y la probabilidad de colapsar al edificio. Ver Figura 5

Nodo 9. Independientemente del tamaño de la pérdida, el costo real dependerá del valor del contenido, que es evaluado por el Sub. Factor c. Ver Figura 5



FUENTE: F.R.A.M.E2008TRG(2008,p.23)

FIGURA 4: Flujograma de la red del riesgo a la propiedad



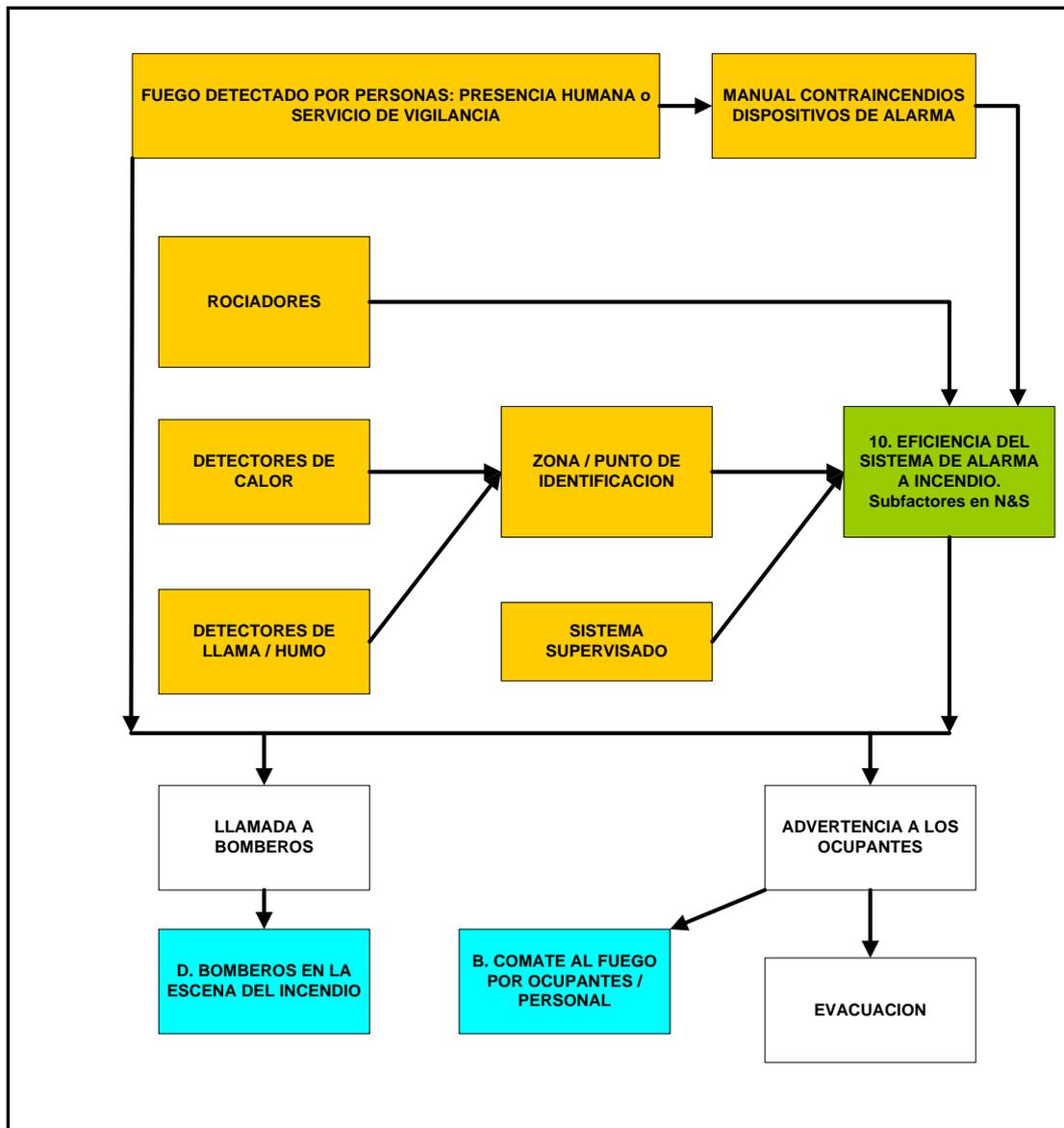
FUENTE: F.R.A.M.E2008TRG (2008, p.24)

FIGURA 5: Flujograma de la red del riesgo a la propiedad. Continuación

2.2.2.-Subsistema A: Descubrimiento / Notificación. Ver Figura 6

Este subsistema evalúa la probabilidad de una evacuación temprana y acertada, así como la intervención. Se tiene en cuenta la realización o ausencia de la detección de fuego, sea manual o automática, la fiabilidad y capacidad de los sistemas de notificación.

En el nodo 10, el resultado se reparte entre los sub. Factores de protección normal N y la protección especial S.

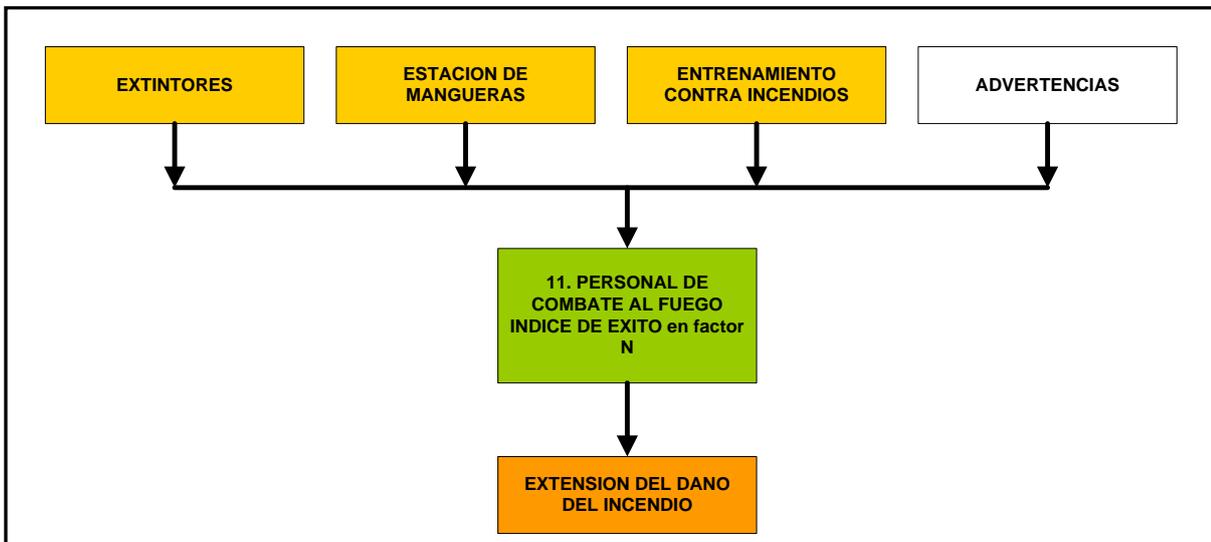


FUENTE: F.R.A.M.E2008TRG (2008, p.25)

FIGURA 6: Flujograma del Subsistema A: Descubrimiento y Notificación

2.2.3 Subsistema B: Ataque al fuego por ocupantes/empleados. Ver Figura 7

En el subsistema B, se toma en cuenta las tareas de extinción realizadas por los copropietarios y el personal, tiene en cuenta la presencia de extintores portátiles, carretes de mangueras y el entrenamiento del personal. En el nodo 11, esto da una combinación de los sub. factores N. La protección normal.

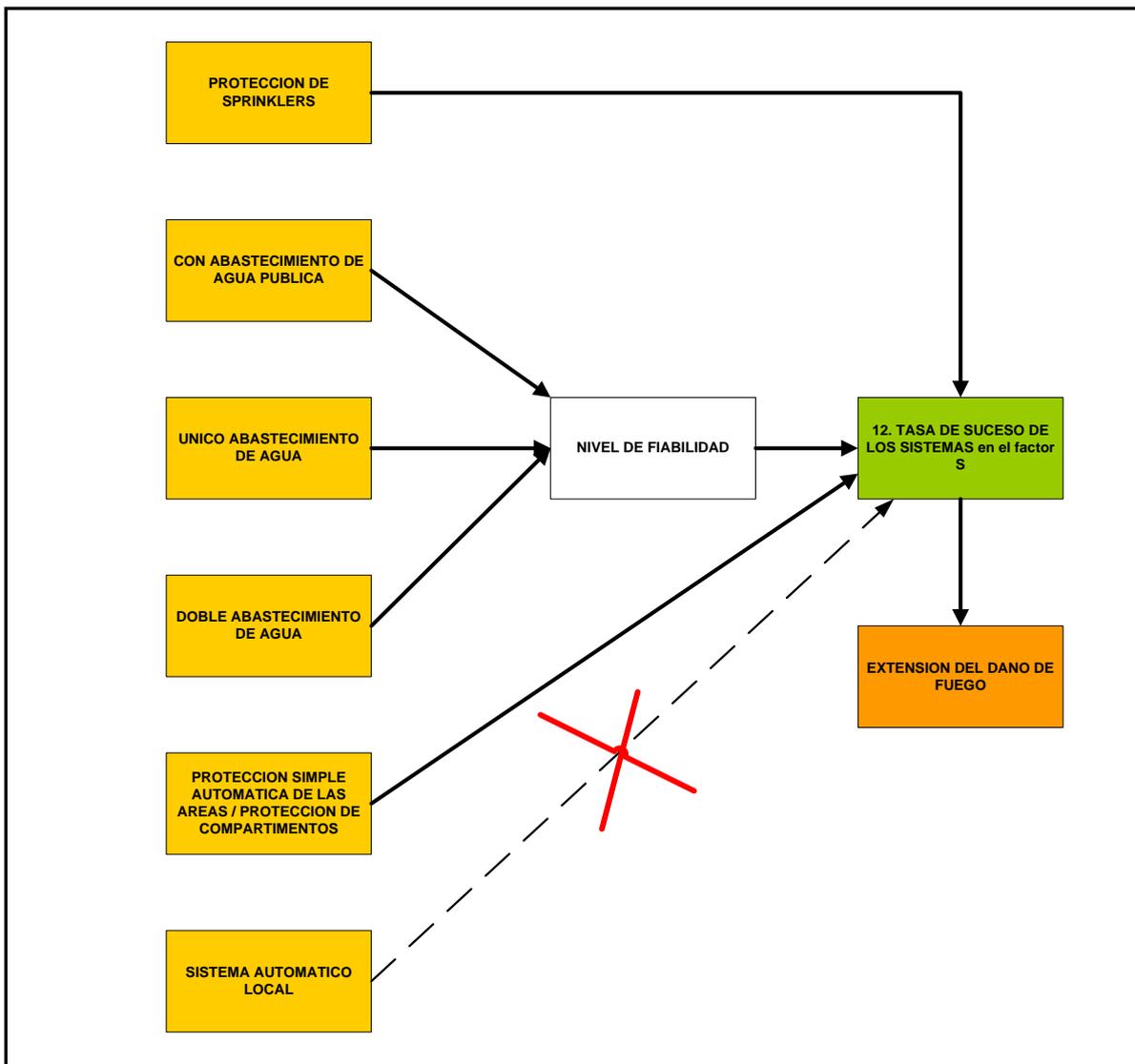


FUENTE: F.R.A.M.E2008TRG (2008, p.25)

FIGURA 7: Flujograma del Subsistema B: Ataque al fuego por ocupantes/empleados

2.2.4 Subsistema C: Sistemas de extinción automática. Ver Figura 8

En el Subsistema C, los sistemas de extinción automática. Toma en cuenta la presencia de sistemas de extinción automática como son la cobertura completa de sprinklers en el compartimento. En el nodo 12, se agrupan a aquellos sub. Factores de S que consideran la existencia y la fiabilidad de tales sistemas.

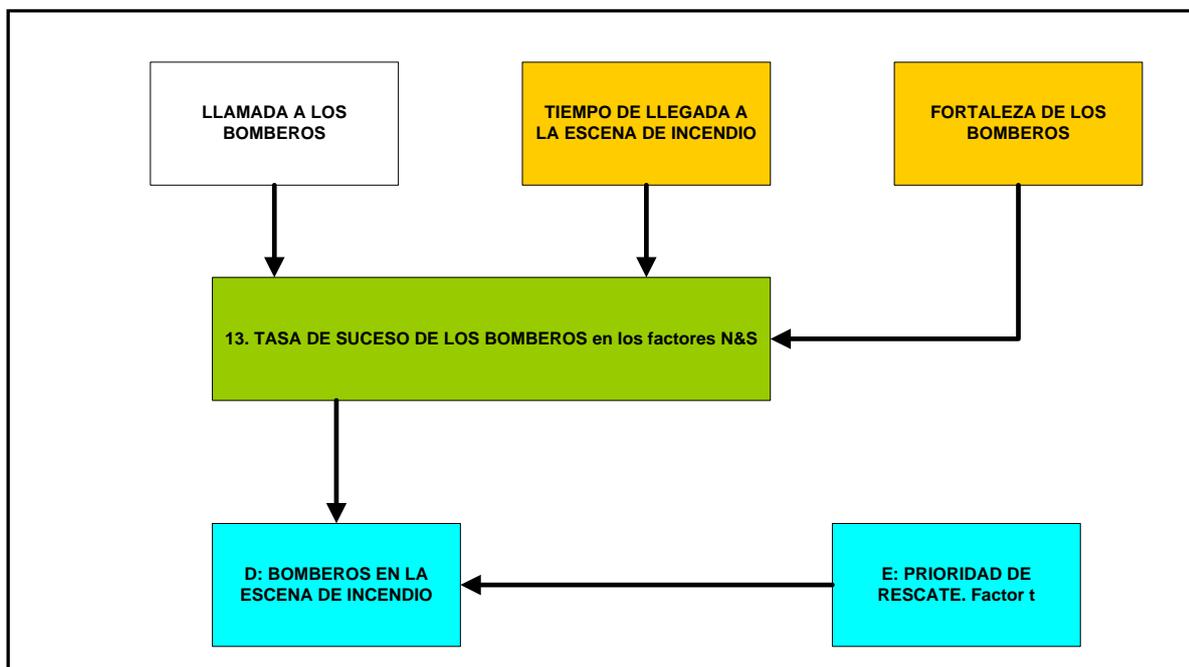


FUENTE: F.R.A.M.E2008TRG (2008, p.26)

FIGURA 8: Flujograma del Subsistema C: Sistemas de extinción automática

2.2.5 Subsistema D: Cuerpo de bomberos en la escena de fuego. Ver Figura 9

En el Subsistema D, se toma en cuenta al cuerpo de bomberos en la escena de fuego. El tiempo de llegada del cuerpo de bomberos, el tipo y la fuerza de la brigada. En el nodo 13, se divide entre los sub. Factores de N y S.



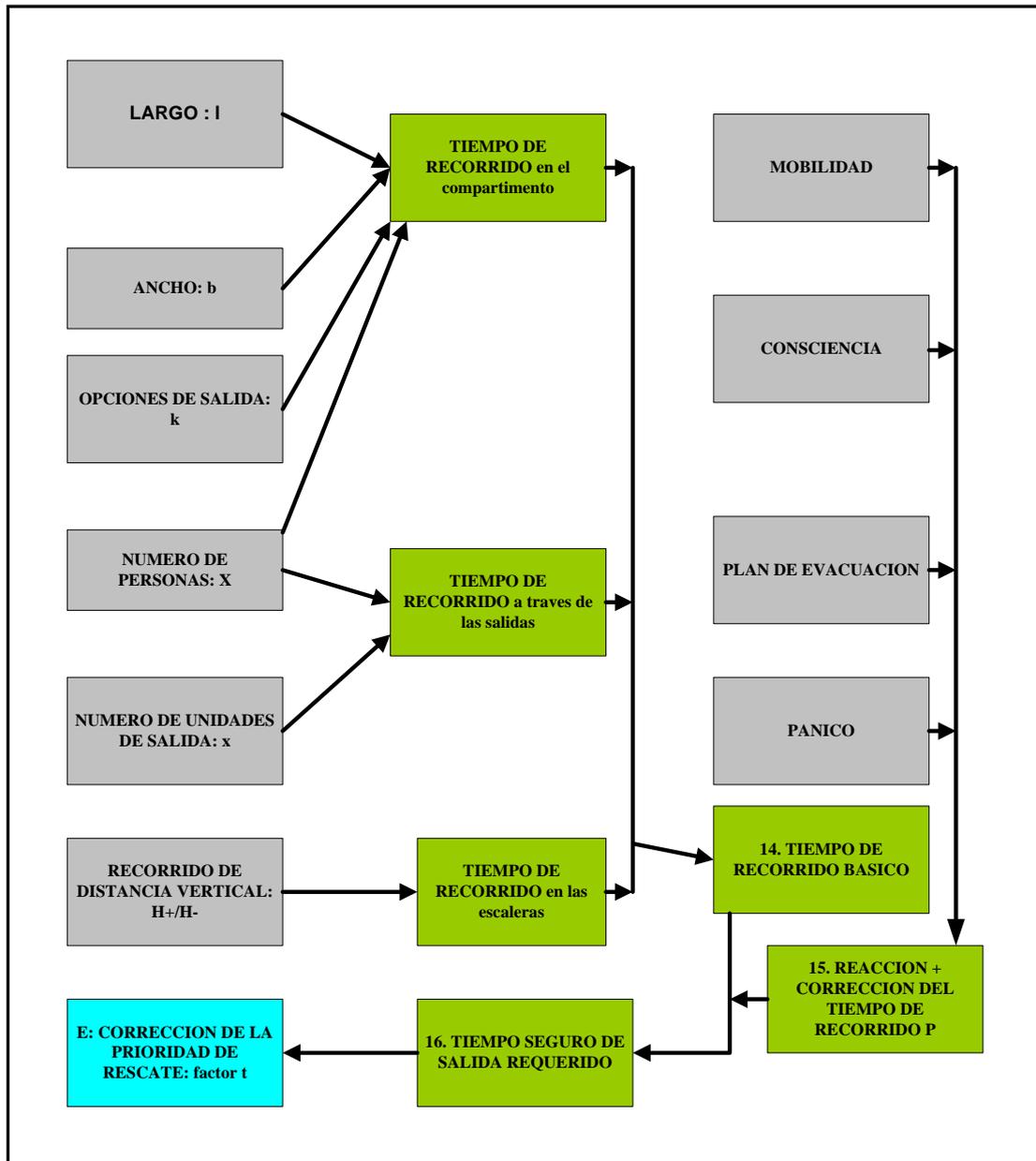
FUENTE: F.R.A.M.E2008TRG (2008, p.26)

FIGURA 9: Flujograma del Subsistema D: Cuerpo de bomberos en la escena de fuego.

2.2.6 Subsistema E: Prioridad de rescate / tiempo de evacuación. Ver Figura 10

En el Subsistema E, es calculado el tiempo de evacuación y en el nodo 14 el tiempo de viaje dentro del compartimiento a través de las salidas y las escaleras para personas independientes y móviles. El nodo 15 considera el sub. Factor p , que da una corrección para la movilidad, la organización y la conciencia de riesgo.

La combinación de ambos en el nodo 16 define el tiempo seguro de salida requerido para dejar el edificio. Si es mayor este tiempo de evacuación es mayor el riesgo de exposición a la seguridad de la vida, de ahí un aumento del riesgo. Igualmente, el cuerpo de bomberos utilizará más tiempo para operaciones de rescate, reduciendo la eficacia de tareas de extinción del fuego.

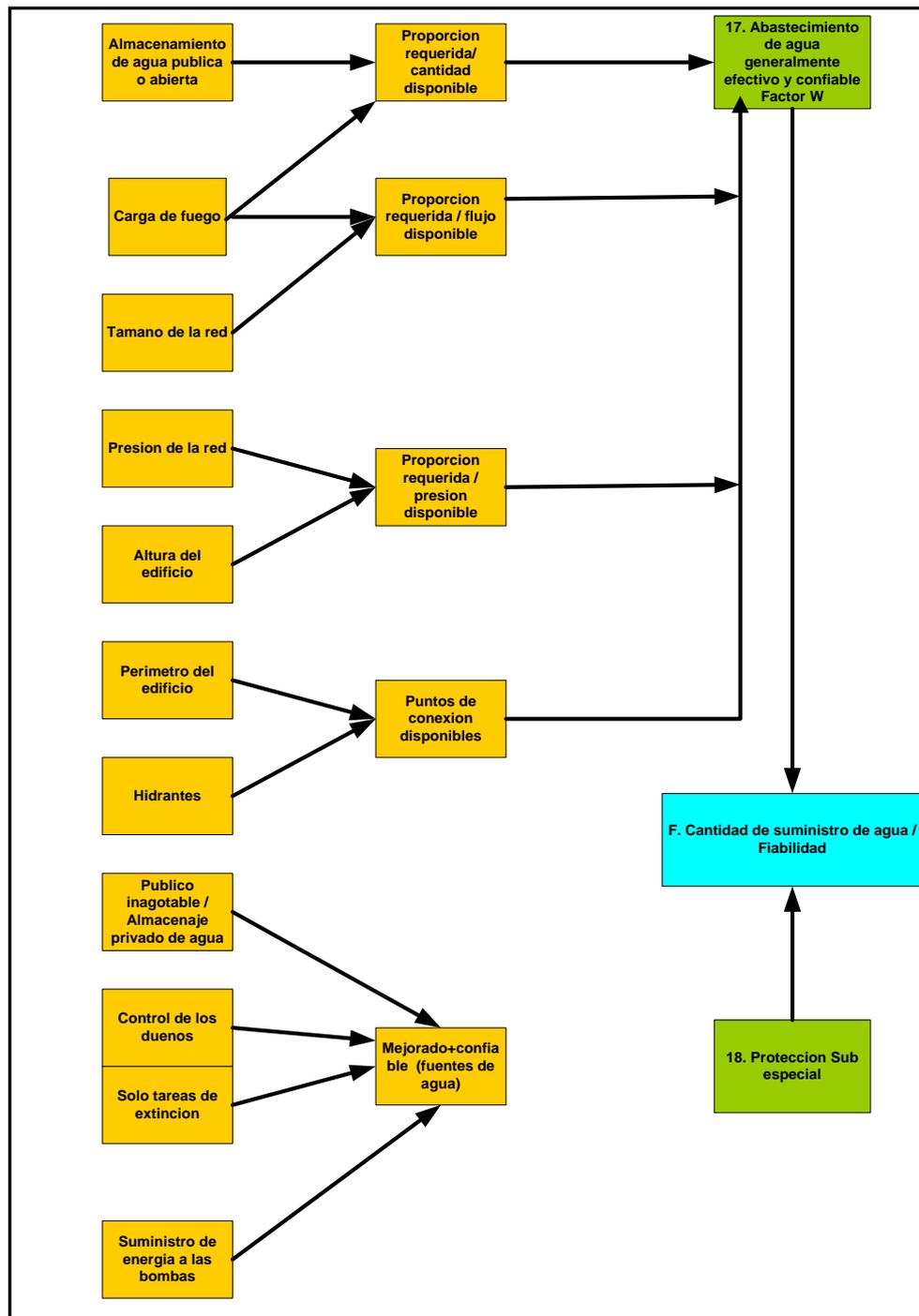


FUENTE: F.R.A.M.E2008TRG (2008, p.27)

FIGURA 10: Flujograma del Subsistema E: Prioridad de rescate / tiempo de evacuación.

2.2.7.-Subsistema F: Provisión de agua. Ver Figura 11

En el Subsistema F, en la provisión de agua, el nodo 17 considera el tipo de provisiones de agua disponibles para la lucha, la cantidad en comparación con la carga de fuego, el sistema de distribución, definido por el factor W. Grandes cantidades de agua, la fiabilidad, redundancia y provisión de energía son combinadas por el sub. Factor S en el nodo 18.



FUENTE: F.R.A.M.E2008TRG (2008, p.28)

FIGURA 11: Flujograma del Subsistema F: Provisión de agua

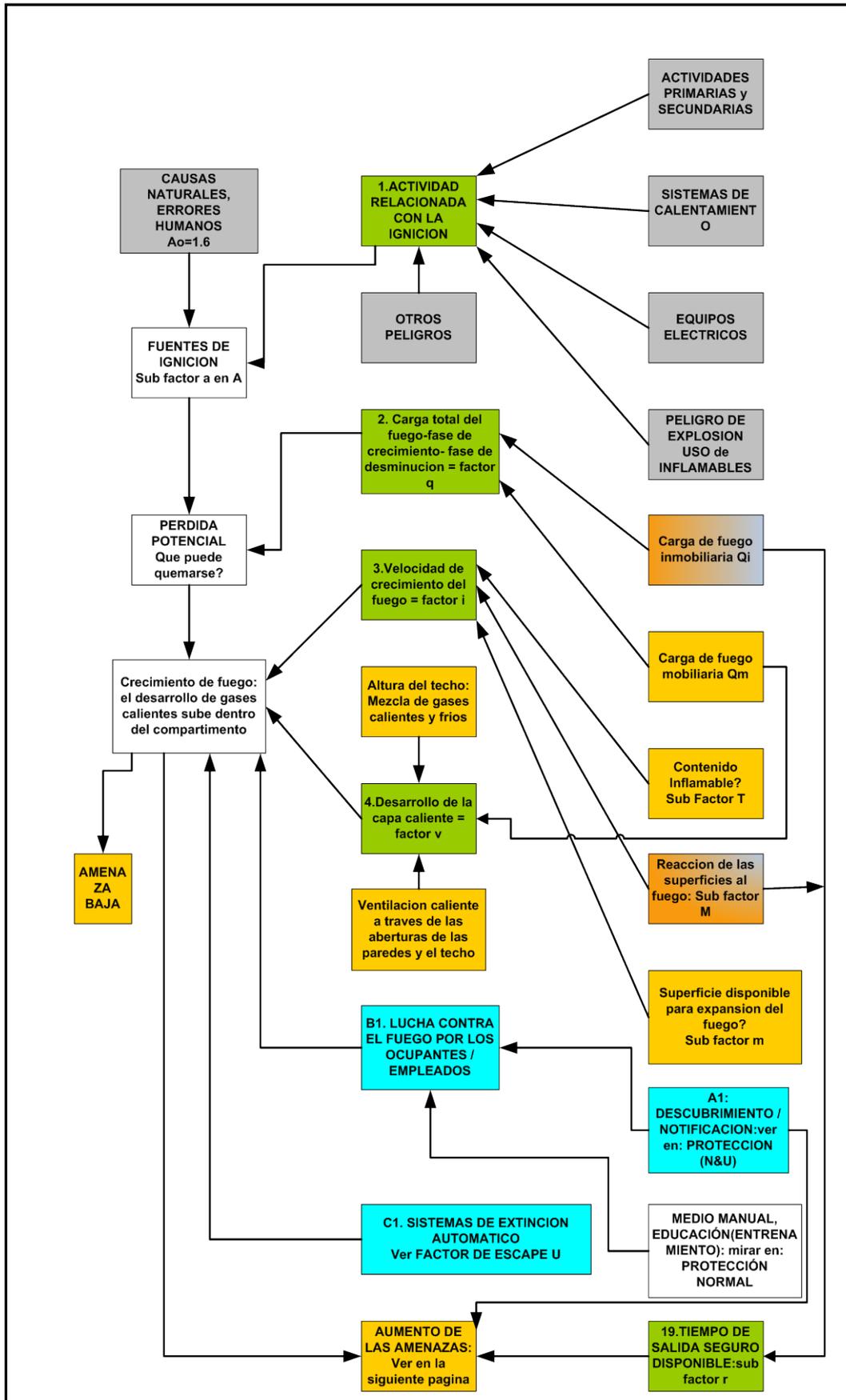
Con respecto a la seguridad de la vida humana (ver figuras 12 y 13), la red de los riesgos es diferentemente analizada. A seguir la explicación.

Los nodos 1, 2,3 y 4 vuelven a aparecer en la red, pero el impacto de los subsistemas, A1, B1 y C1 no es la misma para la seguridad de la vida así como a la protección de la propiedad, por lo tanto, se realiza un cálculo ligeramente diferente.

En el nodo 19, la carga de fuego “inmóvil” y la reacción a las características del fuego (Sub. factor M) son combinadas para evaluar el ASET (tiempo de salida seguro disponible en inglés). El Factor r, el medio ambiente considera que el factor de la velocidad de crecimiento del fuego y el humo y el efecto de ésta sobre el riesgo en la seguridad de vida.

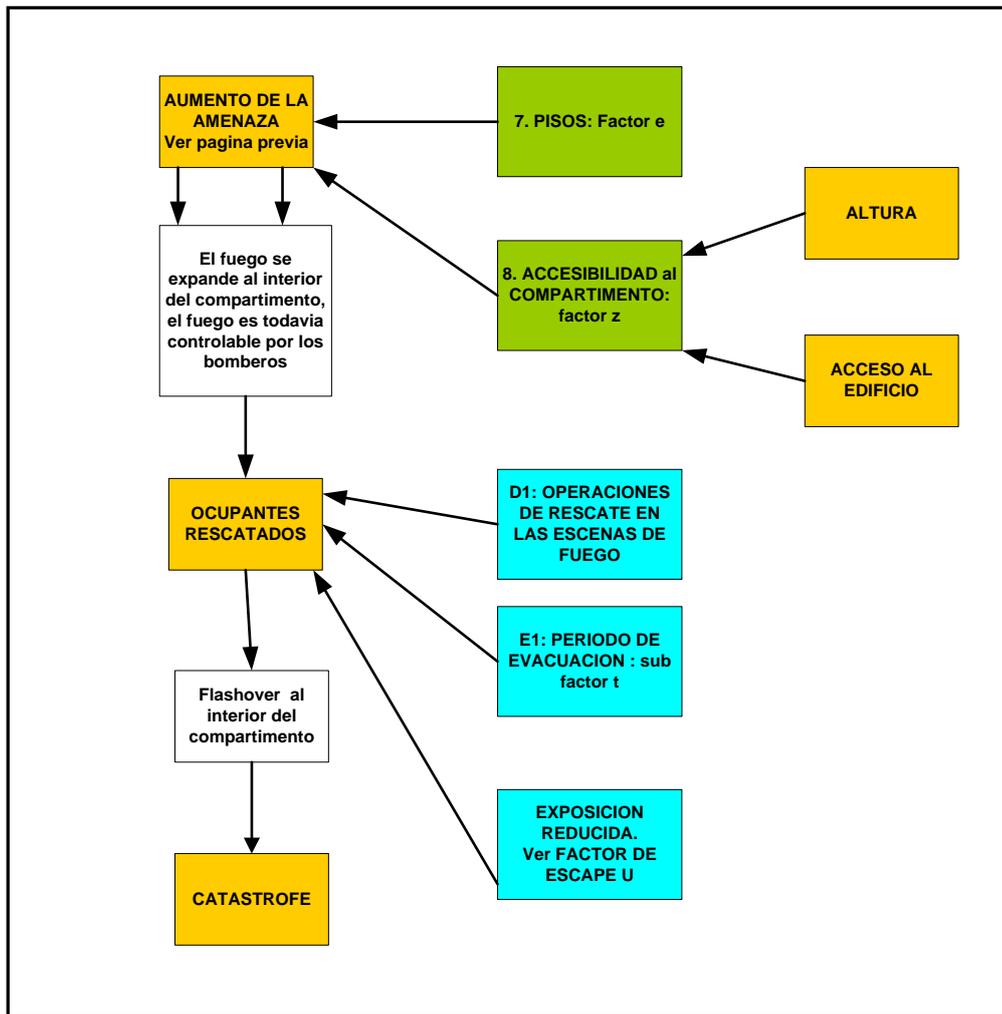
El nodo 5 no está presente en la red de seguridad de la vida: El tamaño y la forma del compartimiento es considerado en el cálculo del tiempo de evacuación.

Si se produce una combustión súbita generalizada en el compartimiento, todas las personas aún presentes perderán su vida. Por lo tanto, el compartimiento debe ser evacuado antes de la combustión súbita generalizada. Esto significa que la protección estructural contra el fuego no juega un papel importante para la seguridad de los ocupantes y no se considerará como beneficioso para la seguridad de la vida. El Factor F, que es la provisión y fiabilidad de agua también no es considerado, ya que el disponerlo, no garantiza la vida de los ocupantes



FUENTE: F.R.A.M.E2008TRG (2008, p.29)

FIGURA 12: Flujograma de la red de riesgo de los ocupantes.

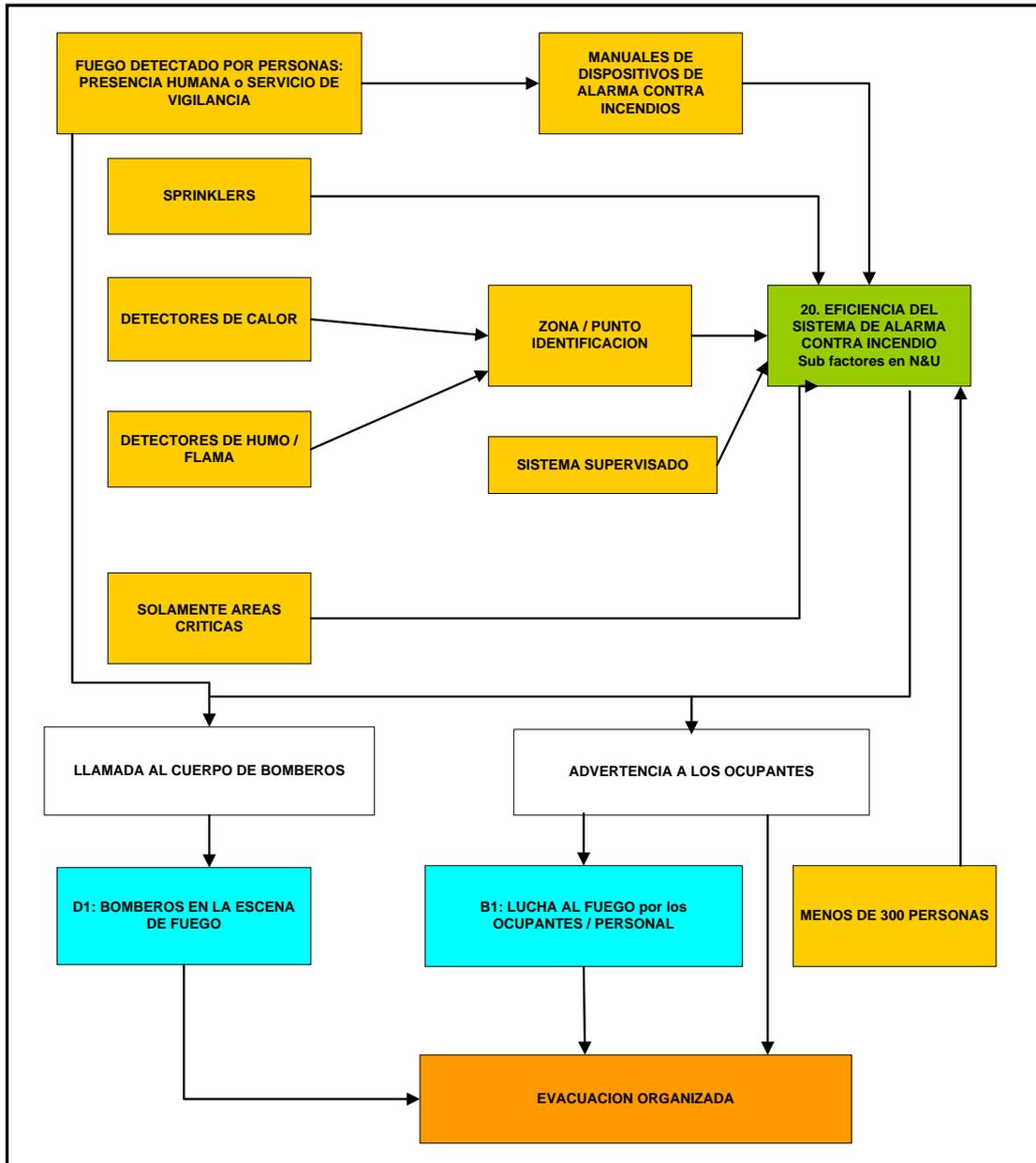


FUENTE: F.R.A.M.E2008TRG (2008, p.30)

FIGURA 13: Flujograma de la red del riesgo de los ocupantes. Continuación

2.2.8.-Subsistema A1: Descubrimiento / notificación. Ver Figura 14

Este subsistema evalúa la probabilidad del éxito de una evacuación temprana o intervención. Tiene en cuenta la presencia o ausencia de sistemas manuales o automáticas de detección de incendios y sistemas de notificación, así como la fiabilidad y la capacidad de dichos sistemas. El nodo 20 se divide en los Sub. Factores N, protección normal y U, el factor de escape.



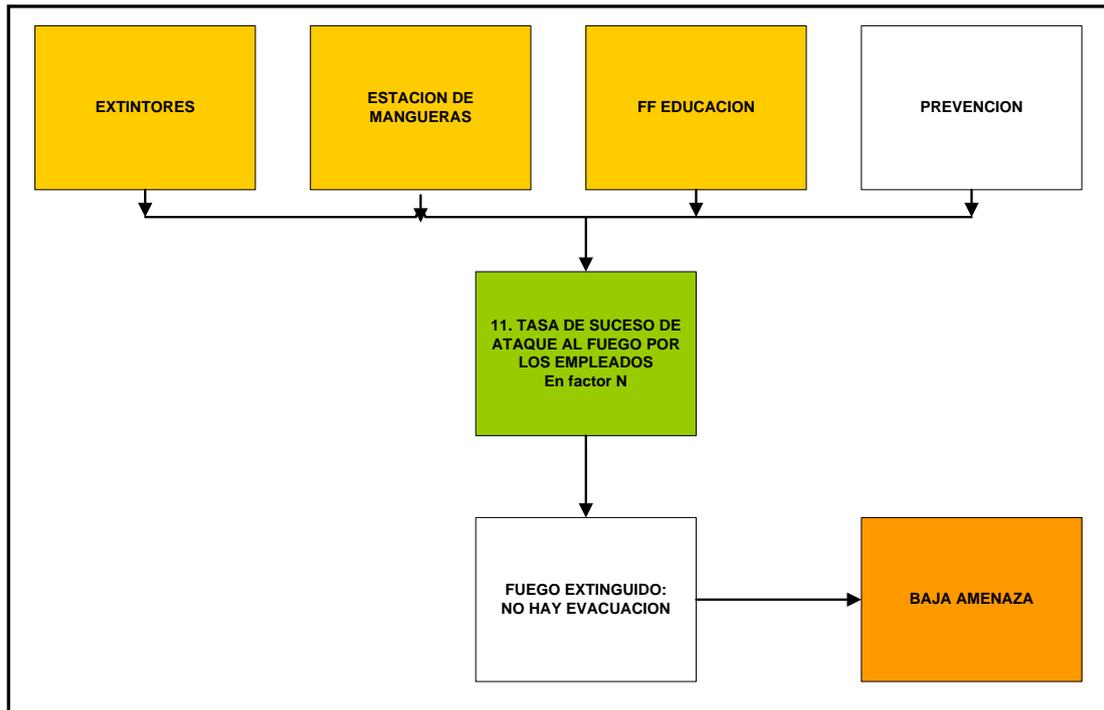
FUENTE: F.R.A.M.E2008TRG (2008, p.31)

FIGURA 14: Flujograma del Subsistema A1: Descubrimiento y Notificación

2.2.9.-Subsistema B1: Ataque al fuego por ocupantes / empleados. Ver Figura 15

Algunas veces, la evacuación puede que no sea necesaria, ya que el fuego es controlado en la primera intervención por el personal: esto es evaluado en el subsistema B1, que tiene los mismos componentes que el subsistema B.

Cuando es instalada la protección automática como los rociadores, el fuego se puede controlar muy rápido en la mayoría de los casos, reduciendo la necesidad de una evacuación total. La tasa de éxito de la protección automática es evaluada por el subsistema C1.

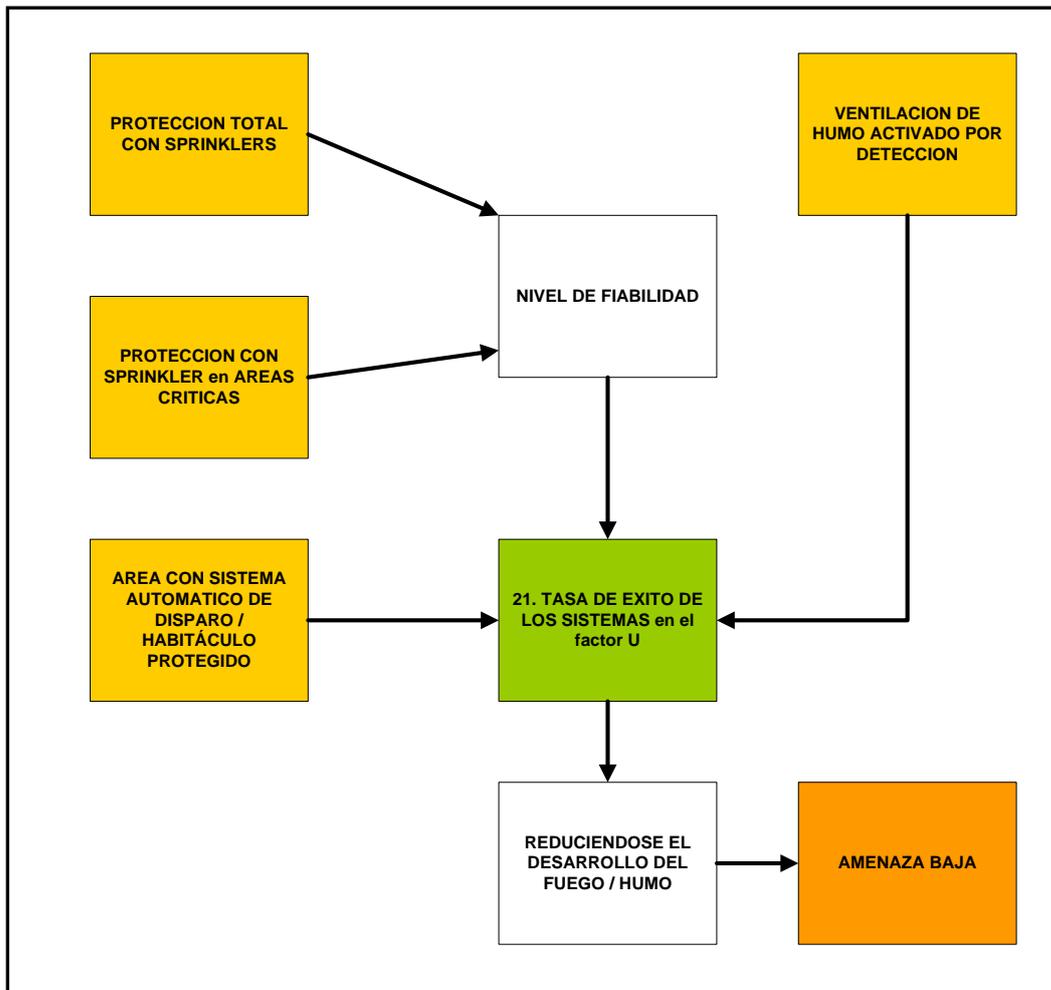


FUENTE: F.R.A.M.E2008TRG (2008, p.31)

FIGURA 15: Flujograma del Subsistema B1: Ataque al fuego por ocupantes / empleados.

2.2.10.-Subsistema C1: sistemas de extinción automática. Ver Figura 16

El Subsistema C1 tiene en cuenta la presencia de sistemas de extinción automática, para un compartimiento o local en una zona de alto riesgo. El nodo 21, contiene los sub. Factores de U que considera la existencia de tales sistemas. La fiabilidad de los suministros de agua no es un problema para la seguridad de vida y no es considerado.

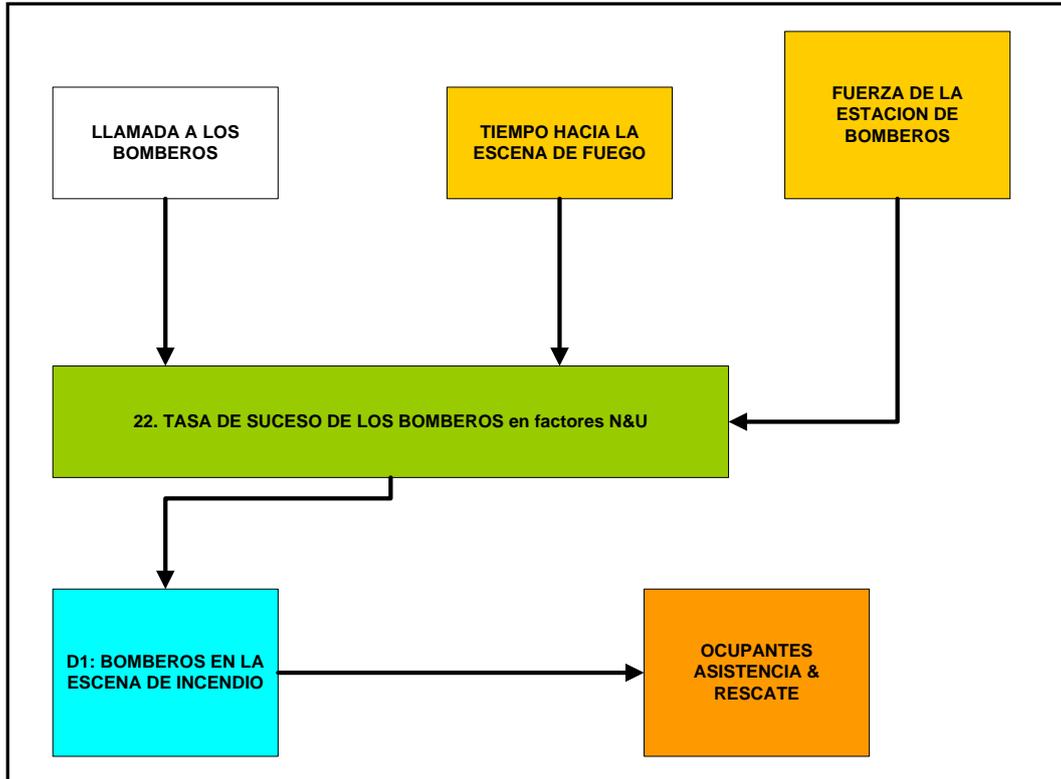


FUENTE: F.R.A.M.E2008TRG (2008, p.32)

FIGURA 16: Flujograma del Subsistema C1: Sistemas de extinción Automática.

2.2.11.-Subsistema D1: Cuerpo de bomberos en la escena de fuego. Ver Figura 17

Si el fuego no es controlado todavía por el personal y / o aspersores, el crecimiento del fuego será objetivo de la brigada de bomberos. Tomará algún tiempo para que el cuerpo de bomberos pueda llegar al lugar del incendio: este y la fuerza de la brigada de bomberos se consideran en el subsistema D1, los bomberos en el lugar del incendio. En el nodo 22, se divide entre los sub. Factores N y U.

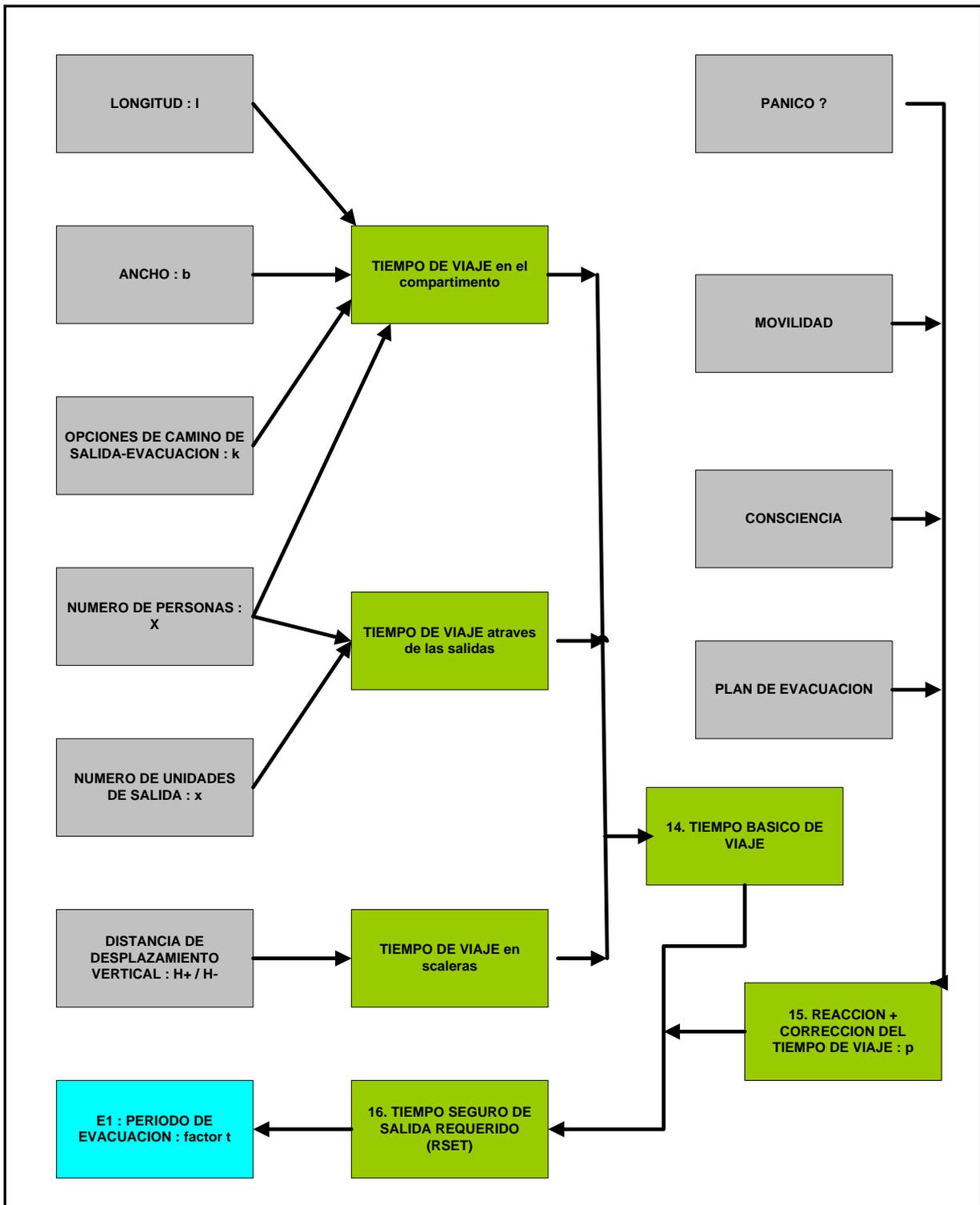


FUENTE: F.R.A.M.E2008TRG (2008, p.32)

FIGURA 17: Flujograma del Subsistema D1: Cuerpo de bomberos en la escena de fuego.

2.2.12 Subsistema E1: Periodo de evacuación. Ver figura 18

Las personas están en riesgo, siempre y cuando se encuentren en el edificio en llamas. Esto es analizado por el subsistema E1, que es idéntico al subsistema E.

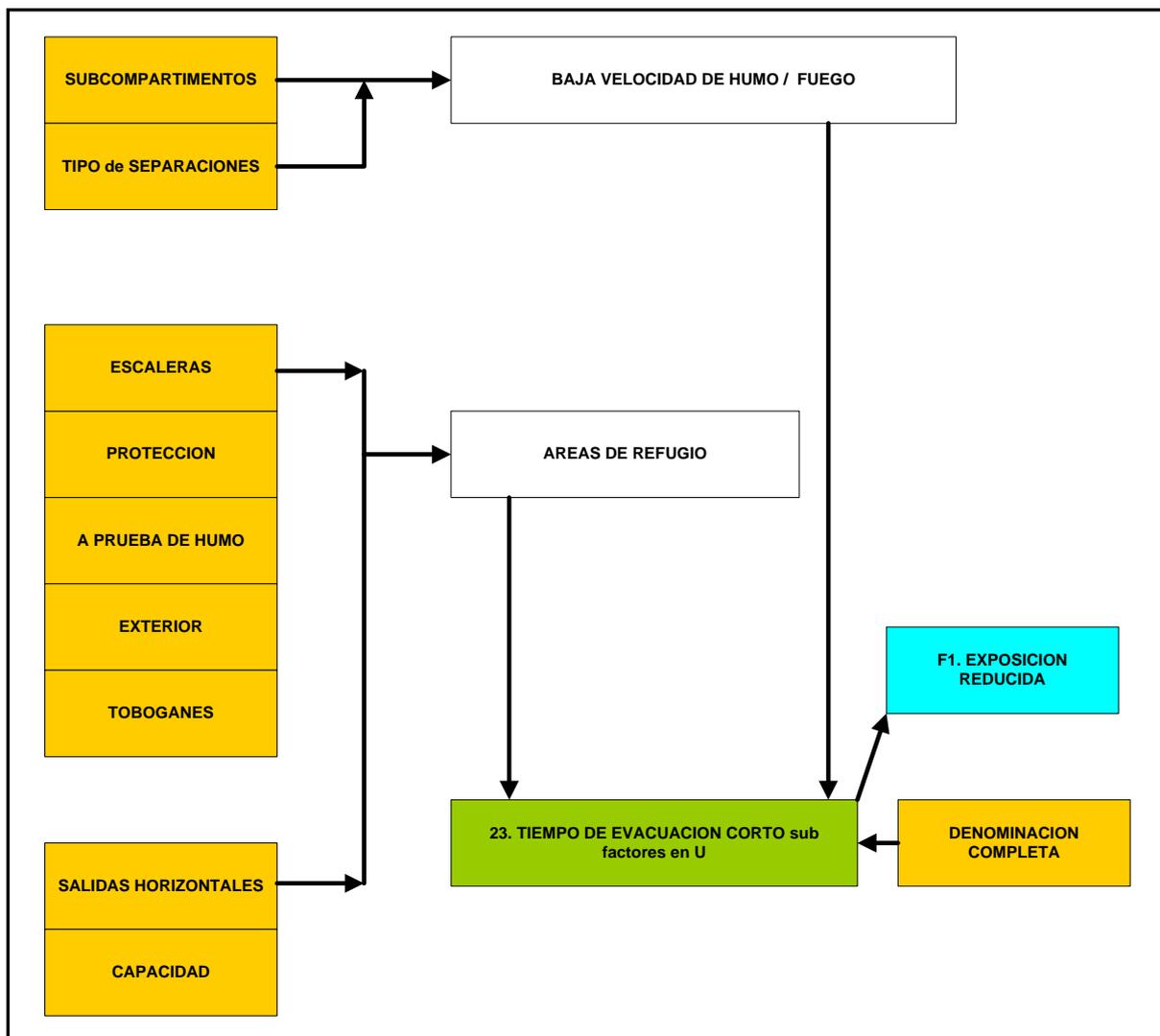


FUENTE: F.R.A.M.E2008TRG (2008, p.33)

FIGURA 18: Flujoograma del Subsistema E1: Periodo de evacuación.

2.2.13.-Subsistema F1: Exposición reducida. Ver Figura 19

Los ocupantes pueden estar a salvo en menor tiempo cuando se adopten medidas que acorten el tiempo de salida, por medio de técnicas de evacuación y salvamento con verificación redundante y por barreras adicionales para evitar la propagación de humo y calor. Esto se mide en el subsistema F1. En el nodo 23, esto es considerado por los sub. factores U.

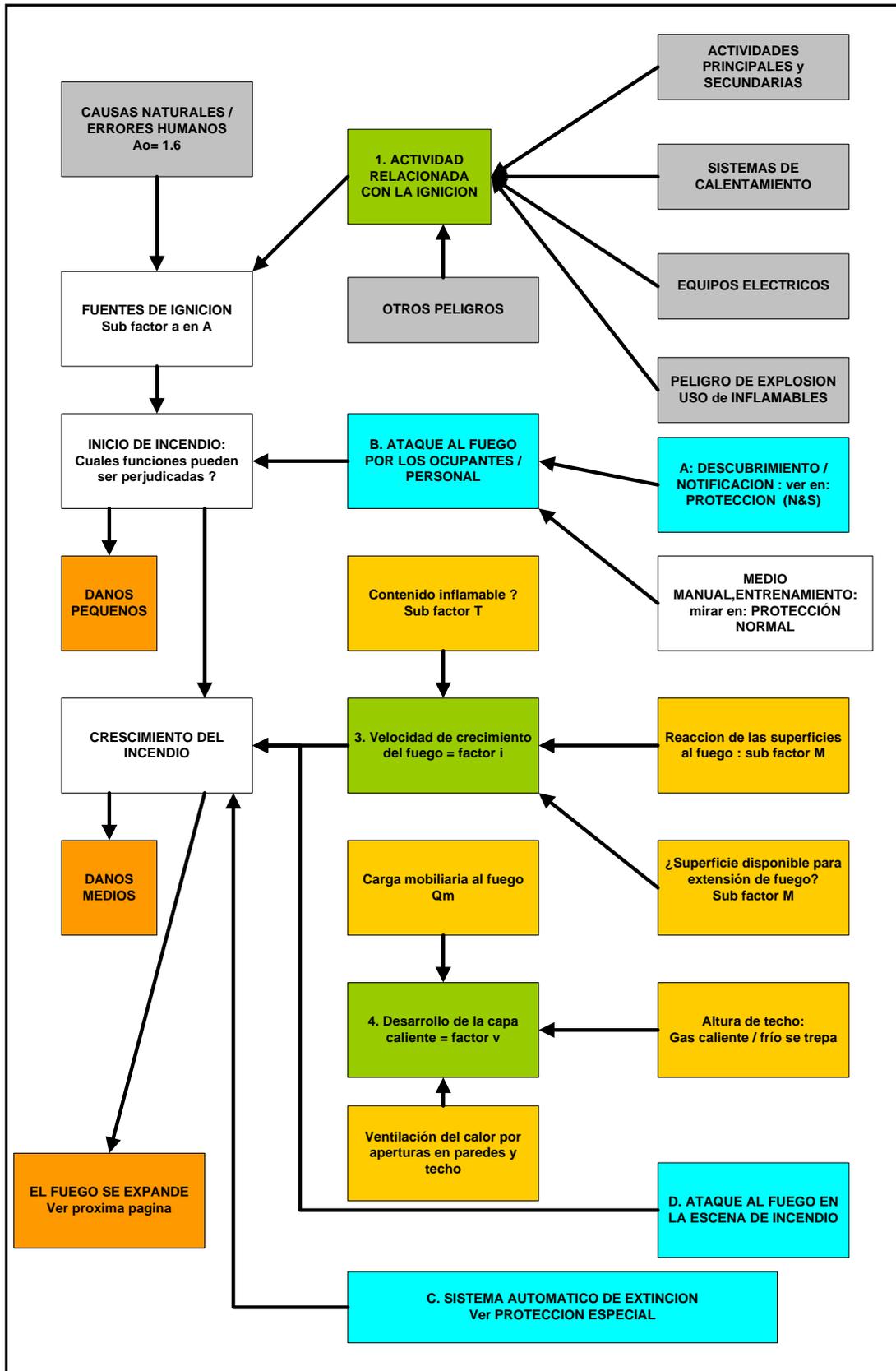


FUENTE: F.R.A.M.E2008TRG (2008, p.33)

FIGURA 19: Flujograma del Subsistema F1: Exposición reducida.

2.2.14 Subsistemas A, B, C y D de la red para el riesgo de las actividades. Ver Figura 20

Los subsistemas A, B, C y D juegan un papel similar al de la propiedad y vuelven a aparecer en esta red.



FUENTE: F.R.A.M.E2008TRG (2008, p.34)

FIGURA 20: Flujoograma de la red para el riesgo de las actividades.

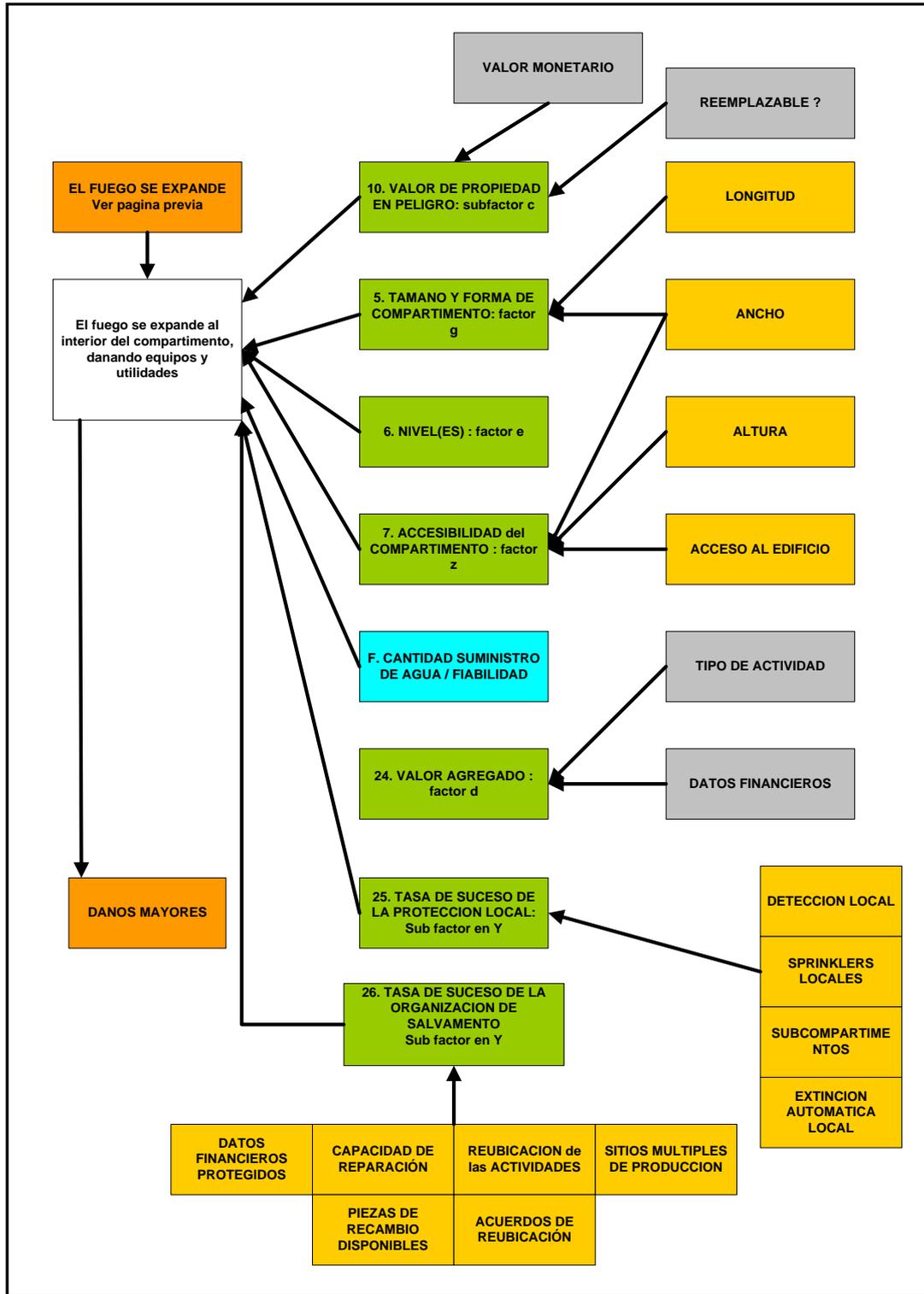
El Nodo 5 "forma y tamaño del compartimiento", 6 "niveles", y 7 "accesibilidad" define el crecimiento del daño por fuego desde los daños pequeños y medianos de una manera similar al del riesgo de la propiedad.

El Nodo 10 "valor de la propiedad en riesgo", define el tamaño de los costos de cualquier pérdida de fuego, mientras que el subsistema F "Los suministros de agua" se tendrá en cuenta para evaluar los recursos de abastecimiento de agua para los bomberos y los sistemas de rociadores.

El Nodo 24 evalúa la dependencia de las actividades en ese lugar en particular, considerando el valor agregado generado en ese lugar.

El nodo 25 considera la existencia y éxito de los sistemas locales que se instalan para proteger las áreas o equipos con un alto impacto en la continuidad del negocio.

Por último, el nodo 26 trae todas las medidas de la organización que pueden adoptarse para acelerar el reinicio después de un incendio, reduciendo así el impacto en las actividades. Ver Figura 21



FUENTE: F.R.A.M.E2008TRG (2008, p.35)

FIGURA 21: Flujograma de la red para el riesgo de las actividades. Continuación.

“F.R.A.M.E” usa modelos de incendios elementales y sigue el mismo planteamiento que la mayoría de los métodos de evaluación de riesgos. A partir de un número limitado de casos de

incendios, se tienen en cuenta la probabilidad de incendio, a la gravedad de las consecuencias y al nivel de exposición al riesgo.

Es importante indicar que el método “F.R.A.M.E” se apoya en cinco principios 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 su 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 más grande refleja una situación peor.

El equilibrio entre riesgo de incendio y la protección que se propone mediante “F.R.A.M.E” es situado al nivel donde los daños de un grave incendio serán inferiores al 10% del valor del compartimento o área analizada. Es el mismo nivel de protección para negociar una prima de seguro de aprox.1 % del valor asegurado.

Para la seguridad de los seres humanos, el nivel de protección adecuado se alcanza cuando no hay muertes, excepto para las personas que comienzan o están cerca del fuego. Corresponde con el nivel de seguridad aceptado socialmente en la mayoría de los países europeos de 5 víctimas por año por millón de habitantes.

Para la seguridad de las actividades, “F.R.A.M.E” dará una evaluación de la sensibilidad. La idea es que un nivel adecuado de protección es tal que las actividades sólo se interrumpan temporalmente, y que las actividades pueden “volver a la normalidad” tras un breve período, necesario para la limpieza y las reparaciones (temporales).

2) Se puede calcular el riesgo por tres series de factores.

La primera serie mide los casos más desfavorables a considerar y define la magnitud posible de las consecuencias. Los valores son los riesgos Potenciales P, P1 y P2.

La segunda serie mide la exposición al riesgo, los riesgos Admisible A, A1 y A2. Un riesgo es menos aceptable cuando la exposición es mayor. Los elementos que definen el nivel de exposición es la presencia de fuentes de ignición, el valor del edificio y su contenido, los medios de evacuación disponibles y la importancia de las consecuencias económicas.

La tercera serie de factores definen los niveles de protección D, D1, D2 .La probabilidad de un incendio mayor es el valor invertido del nivel de protección. Los factores representarán los medios y medidas de protección adecuados, como:

- El medio de extinción más 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.
- La separación física de los riesgos

3) El incendio serio se producirá solamente cuando todos los medios de protección han fallado.

4) Hay que efectuar tres cálculos, correspondientes a tres parámetros involucrados durante un 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 para cada tipo de riesgo.

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

Cuando hay varios compartimentos, o más 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 más representativos o peligrosos. (DE SMET, 2008, p.05)

LISTA DE VARIABLES DEL METODO F.R.A.M.E

VARIABLE	SIGNIFICADO	UNIDAD
P, P1, P2	Riesgos potenciales	adimensional
A, A1, A2	Riesgos admisibles	adimensional
D, D1, D2	Niveles de protección	adimensional
R	Riesgo al patrimonio	Adimensional
q	Factor de carga calorífica	Mj./m ²
i	Factor de propagación	adimensional
g	Factor de geometría	adimensional
e	Factor de plantas	adimensional
v	Factor de ventilación	adimensional
Z	Factor numero de acceso	adimensional
a	Factor de activación	adimensional
t	Factor de tiempo de evacuación	adimensional
c	Factor de contenido	adimensional
W	Factor de los recursos de agua	adimensional
N	Factor de protección normal	adimensional
S	Factor de protección especial	adimensional
F	Factor de resistencia al fuego	adimensional
R1	Riesgo para las personas	adimensional
r	Factor de ambiente	adimensional
N	Factor de protección normal	adimensional
U	Factor de escape	adimensional
d	Factor de dependencia	Adimensional
Y	Factor de salvamento	adimensional
Qi	Carga inmobiliaria del edificio	Mj./m ²
Qm	Carga calorífica mobiliaria de los materiales	Mj./m ²
T	Factor de aumento de temperatura	°C

m	Factor de dimensión media	m
M	Factor de inflamabilidad	adimensional
k	Coefficiente de ventilación	porcentual
h	altura	m
b	ancho del compartimento equivalente	m
X	Número de personas que deben evacuar el compartimento	Personas / m ²
x	Número de unidades de paso	# de unidades de paso
K	Factor de número de direcciones de evacuación	# de salidas distintas
O	Salidas al aire libre	# de salidas al aire libre
l	Longitud teórica del compartimento	m
Atot.	Superficie total del suelo	m ²
p	Factor de movilidad de las personas	adimensional
Ro	Riesgo inicial	adimensional
wi	Factores adversos de cálculo de los recursos agua	adimensional
n	Factor de protección normal, cadena descubrimiento, señalización, intervención.	adimensional
S	Factor de protección especial, sistemas de detección automática, extinción automática y medios de detección contra incendios	adimensional
c1	Importancia funcional del compartimento	adimensional

2.3.-FORMULAS BASICAS USADAS EN EL METODO F.R.A.M.E

Las Fórmulas básicas usadas en el método F.R.A.M.E de gestión de riesgos de incendios son:

1) Formulas para el cálculo de riesgo de incendio al patrimonio

El riesgo para el patrimonio R es por definición:

$$R = P / (A * D) \quad (3)$$

P = Riesgo Potencial

A = Riesgo Admisible

D = Nivel de Protección

El Riesgo Potencial P es por definición:

$$P = q * i * g * e * v * z \quad (4)$$

Siendo 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:

$$A = 1.6 - a - t - c \quad (5)$$

Siendo que, 1.6 es 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

$$D = W * N * S * F \quad (6)$$

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.

Sustituyendo las ecuaciones (6), (5), (4) en (3), se obtiene el riesgo para el patrimonio R

2) Riesgo para las personas.

El riesgo para las personas R1 es por definición:

$$R1 = P1 / (A1 * D1) \quad (7)$$

P1 = Riesgo Potencial

A1 = Riesgo Admisible

D1 = Nivel de Protección

El Riesgo Potencial P1 es por definición:

$$P1 = q * i * e * v * z \quad (8)$$

Siendo que 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 A1 es por definición:

$$A1 = 1.6 - a - t - r \quad (9)$$

1.6 es el valor máximo de A1, a es el factor de activación, t es el factor de tiempo de evacuación, r es el factor de ambiente.

El nivel de protección D1 es por definición:

$$D1 = N * U \quad (10)$$

Siendo que N el factor de protección normal y U es el factor de escape.

Sustituyendo las ecuaciones (10), (9), (8) en (7), se obtiene el riesgo para las personas R1

3) Riesgo para las actividades:

El riesgo para las actividades R2 es por definición:

$$R2 = P2 / (A2 * D2) \quad (11)$$

R2 = Riesgo Potencial

A2 = Riesgo Admisible

D2 = Nivel de Protección

El Riesgo Potencial P2 es por definición:

$$P2 = i * g * e * v * z \quad (12)$$

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 A2 es por definición:

$$A2 = 1.6 - a - c - d \quad (13)$$

1.6 es el valor máximo de A2, a es el factor de activación, c es el factor de contenido, d es el factor de dependencia.

El nivel de protección D2 es por definición:

$$D2 = W * N * S * Y \quad (14)$$

W es 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. (DE SMET, 2008, p.05 -06)

Sustituyendo las ecuaciones (14), (13), (12) en (11), se obtiene el riesgo para las actividades R2

2.3.1.-CÁLCULO DE LOS RIESGOS POTENCIALES

Los Riesgos Potenciales P, P1 y P2 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.

2.3.1.1.-Factor de carga calorífica (q)

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 Qi) y por otro la carga mobiliaria de los materiales y mercancías combustibles que se encuentran en el interior del edificio (representado por Qm).

El factor de carga calorífica q viene representada por la siguiente fórmula:

$$q = 2/3 * \log (Q_i + Q_m) - 0.55 \quad (15)$$

En teoría, Qm se calcula con la cantidad de calor por unidad de superficie desprendida por la combustión completa de los materiales combustibles que se encuentra en el lugar considerado; es posible usar la siguiente tabla que se basa en la clasificación de los riesgos practicada para el diseño de instalaciones de rociadores (UNE 23-592 o la R.T.1.-ROC: CEPREVEN "Regla técnica para la instalación de rociadores automáticos de agua".)

CUADRO 9

Carga Calorífica mobiliaria (Qm)

<i>Tipo de riesgo</i>	<i>Carga calorífica típica en MJ/m²</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 ² 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 ² .
Rociadores 'Large drop'	7000
el tipo ESFR a 50 psi (3.4 bar)	12000
el tipo ESFR a 75 psi (5.2 bar)	15000

FUENTE: De Smet Erik, (2001,p.8)

La carga calorífica inmobiliaria Qi proviene de los elementos combustibles de las partes constructivas del edificio tales como estructura, paredes, ventanas, decoración, etc. En la práctica se clasifican las construcciones en grupos, en donde existen pocas diferencias de

carga calorífica entre ellos. La siguiente tabla muestra los valores más representativos en MJ/m²:

CUADRO 10

Carga Calorífica Inmobiliaria (Qi)

<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

FUENTE: De Smet Erik, (2001,p.9)

2.3.1.2.-Factor de propagación (i)

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* (Centígrados), el aumento de temperatura necesario para encender o dañar las cosas presentes; de *m*, la dimensión media (en metros) del contenido; y de *M* (adimensional), la clase de reacción al fuego de las superficies.

El factor de propagación *i* viene representado por la siguiente fórmula:

$$i = 1 - T / 1000 - 0.1 * \log m + M / 10 \quad (16)$$

2.3.1.3.-Factor aumento de temperatura (T)

El factor *T*, aumento de Temperatura relaciona hasta cuanto el contenido de un compartimento puede sufrir una cierta elevación de temperatura antes de que se produzca la ignición del contenido.

Por lo tanto se hace necesario fijar estos valores de temperatura necesarios para dañar el contenido del compartimento. El siguiente cuadro indica los valores comunes

CUADRO 11

Factor T de aumento de temperatura

<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

FUENTE: De Smet Erik, (2001,p.9)

2.3.1.4.-Factor de dimensión media (m)

En el 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^3) y la superficie total (en m^2) del contenido.

2.3.1.5.-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

CUADRO 12

Factor de inflamabilidad (M)

<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

FUENTE:De Smet Erik, (2001,p.10)

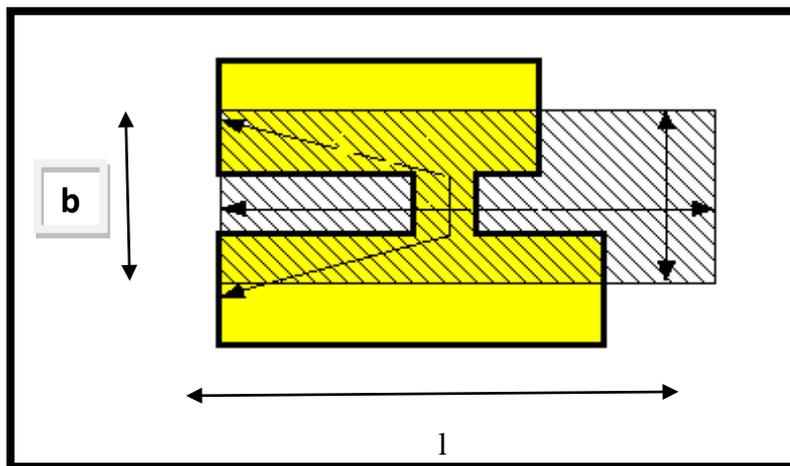
2.3.1.6 Factor de geometría (g)

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.

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. (De Smet Erik, 2008,19p.)

El factor de geometría g viene representada por la siguiente fórmula:

$$g = \frac{b + 5 * \sqrt[3]{l * b^2}}{200} \quad (17)$$



FUENTE: F.R.A.M.E.TRG(2008,p.58)

FIGURA 22: Factor de geometría (g)

2.3.1.7.- Factor de plantas (e)

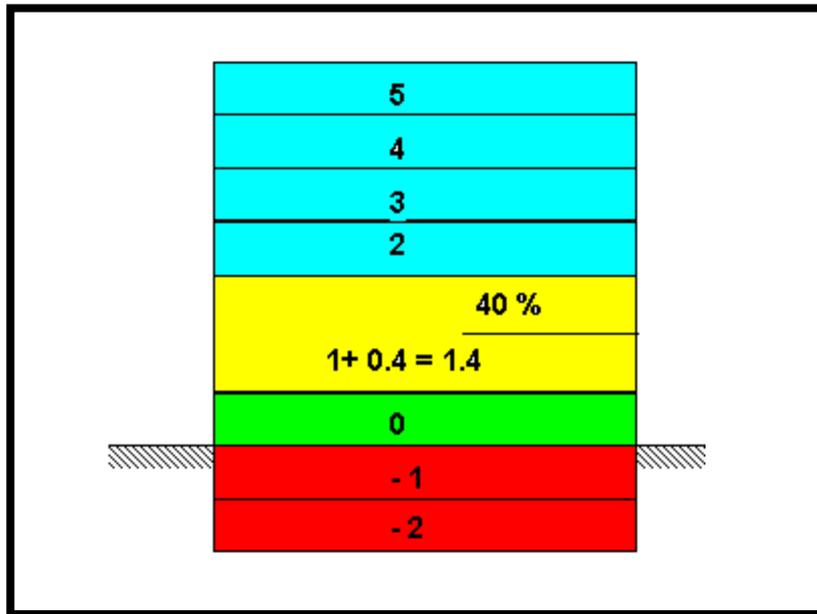
El factor de plantas e mide el desarrollo vertical del incendio. Se calcula con E , el número de plantas del edificio, sobre el nivel del suelo o bajo el nivel del suelo.

Se 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, por E_j . 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.

El factor de plantas e viene representada por la siguiente fórmula:

$$e = \frac{(|E| + 3) 0.7 |E|}{(|E| + 2)} \quad (18)$$



FUENTE: F.R.A.M.E.TRG(2008,p.60)

FIGURA 23: Factor de plantas (e).

2.3.1.8.- Factor de ventilación (V)

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

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:

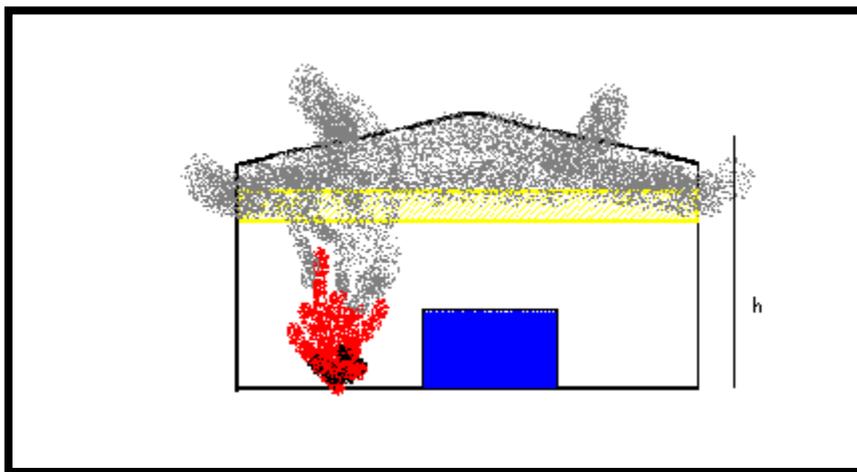
Se supone que el 30 % de las ventanas con vidrio sencillo y de los plásticos traslúcidos en el techo y en el tercio superior de las paredes serán destruidas por el fuego y luego disponibles para el escape de los humos. No se cuenta con el vidrio doble ya que no quiebra fácilmente.

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 para la superficie al suelo para obtener k. Su valor se sitúa entre 0 y 0.1, o entre 0 y 10 %.(De Smet Erik, 2001,11p.)

El factor de ventilación V viene representada por la siguiente ecuación:

$$v = 0.84 + 0.1 * \log Qm - \sqrt{k * \sqrt{h}} \quad (19)$$



FUENTE: F.R.A.M.E.TRG(2008,p.55)

FIGURA 24: Factor de ventilación (V)

2.3.1.9.-Factor de acceso (Z)

El 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 número de direcciones de acceso.

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

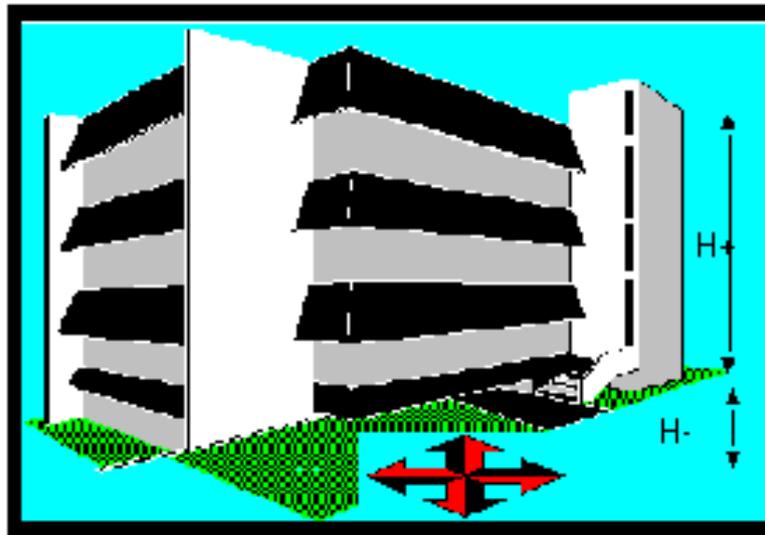
Para determinar Z, el número de direcciones de acceso, se imagina la entrada principal al norte, y luego se verifica si el edificio es accesible para los vehículos de los bomberos según las cuatro direcciones de viento principales. Para un edificio accesible de todos lados Z = 4. Si hay direcciones inaccesibles 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 previamente.

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. (De Smet Erik, 2001,11p.)

El factor de acceso Z, está representada por la siguiente ecuación.

$$Z= 1+ 0.05 \times \text{INT} \left(\frac{b}{20 \times Z} \right) + \frac{H+}{25} / \frac{H-}{3} \quad (20)$$



FUENTE: F.R.A.M.E.TRG(2008,p.62)

FIGURA 25: Factor de acceso (Z)

2.3.2.-CÁLCULO DE LOS RIESGOS ADMISIBLES

Los riesgos admisibles reflejan que se acepta cierto riesgo de incendio, pero que no pase de un límite fijado convencionalmente y que las consecuencias no sean irreversibles. Son calculados con el factor de activación a, el factor del tiempo de evacuación t, el factor del contenido c, el factor del ambiente r y el factor de dependencia d.

Un valor de A o A1 o A2 inferior a 0.2 o tal vez negativo, indica una situación totalmente inaceptable.

2.3.2.1.-Factor de activación (a)

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 tipo de calefacción, de las instalaciones eléctricas y del uso de productos inflamables.

Considerando que hay una gran variedad de causas de incendios, se usa 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_i con el valor indicado en el siguiente cuadro.

CUADRO 13
Factor de activación (a)

ACTIVIDAD PRINCIPAL	
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
PROCESOS Y LUGARES CON SISTEMAS DE CALEFACCIÓN	
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
INSTALACIONES ELÉCTRICAS.	
Conforme y con inspección regular	0
Conforme pero sin inspección regular	0,1
No conforme a las reglas	0,2
RIESGO DE EXPLOSIONES.	
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
ACTIVIDADES SECUNDARIAS	
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

FUENTE: De Smet Erik, (2001, p.12)

2.3.2.2.-Factor de tiempo de evacuación (t)

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 tiempo de evacuación t en s, viene representado por la siguiente ecuación:

$$t = \frac{p \cdot x \cdot [(b+l) + (X/x) + 1.25 \cdot H^+ + 2 \cdot H^-] \cdot (b+l)}{800 \cdot K \cdot [1.4 \cdot x \cdot (b+l) - 0.44 \cdot X]} \quad (21)$$

Siendo 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+ o H-.

2.3.2.3.-Cálculo del factor número de personas (X)

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).

CUADRO 14

Número de personas (X) (NFPA 101)

El número estimado de personas es:	Por m ²	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

FUENTE:De Smet Erik, (2001, p.14)

Para el uso de la ecuación, 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.

2.3.2.4.-Calculo del factor de las salidas (x)

El valor de 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, por ejemplo. En una clínica es el ancho de las camas móviles la que determina el espacio necesario. Hay que contar con 20 cm de ancho perdida. Una puerta de 80 cm de ancho, tiene un paso efectivo de 60 cm. Un corredor de 2 m de ancho tiene 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, substraer 20 cm y dividir el resultado por 60 cm. Sumar los cocientes para obtener el valor de x.



FUENTE: F.R.A.M.E.TRG(2008,p.72)

FIGURA 26: Factor de las salidas (x)

En el ejemplo del gráfico, el ancho de la puerta A determina el ancho de la salida A, mientras que para salida B, es el ancho del corredor C la que lo determina.

Observación: Puertas corredizas, telones metálicos y puertas batientes no valen como salidas, excepto cuando estén diseñados específicamente como salidas.

2.3.2.5.- Cálculo del factor número de las direcciones de evacuación (K)

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 número máximo de direcciones de evacuación es de cuatro.

Considera la salida con la mayor cantidad de unidades de paso como salida principal. Para considerar una dirección suplementaria como válida, 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.

Se pueden seguir los siguientes pasos para el cálculo práctico de K:

- 1.- Introducir el número de salidas al aire libre, básicamente, puertas exteriores y escaleras exteriores, pero no escaleras internas.
- 2.- Definir la capacidad máxima de todas las salidas juntas, multiplicando (automáticamente) la cantidad de unidades de salida por 120.

La capacidad máxima de una unidad de salida con un ancho útil de 60 cm (por ejemplo, una puerta de 80 cm) es de 120 personas por minuto. Si más personas tratan de utilizar esta salida, se presenta un “cuello de botella” en forma de cola, lo que ralentiza el movimiento de salida.

3.- Dividir esta capacidad por la cantidad de ocupantes presentes. Este cociente es el número teórico de rutas de salida "distintas". El número real de las rutas distintas no será superior a 4 (que implica un ángulo de 90 ° entre ellos).

Cuando todas las unidades de salida son necesarias para satisfacer las necesidades de evacuación de los ocupantes, se considerarán como una sola ruta de salida.

El número de las rutas disponibles y distintas "K", es el valor más pequeño de los pasos 1 y 3. (De Smet Erik, 2008,29p.)

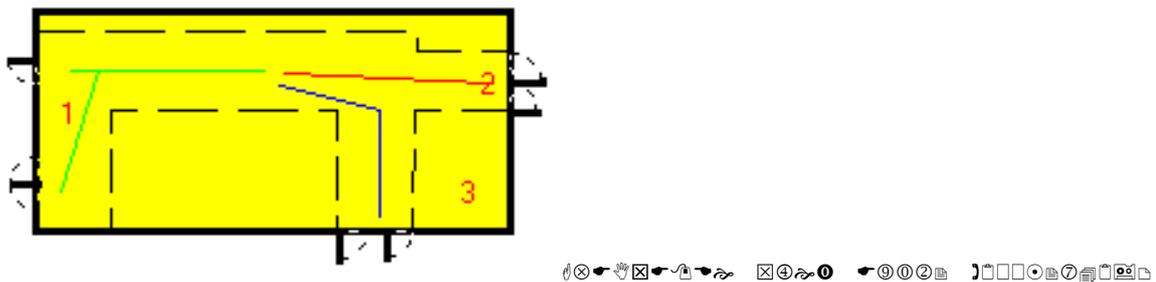


FIGURA 27: factor número de las direcciones de evacuación (K).

2.3.2.6.-Calculo del factor Movilidad de las personas (p)

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.

CUADRO 15
Factor de movilidad de las personas (p)

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

FUENTE: De Smet Erik, (2001, p.15)

2.3.2.7.-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.

Escoger el valor del factor c en función de las posibilidades de reemplazo:

- a. Para un contenido sustituible. 0
- b. Para un contenido difícilmente sustituible. 0.1
Ejemplo: maquinas con largo plazo de entrega, instalaciones complejas
- c. Para un contenido único en su género. 0.2
Ejemplo: obras de arte, edificios históricos, maquinas únicas

(De Smet Erik, 2008,29p.)

2.3.2.8.-Factor de ambiente (r)

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 “Qi; y de M, la combustibilidad de las superficies.

El factor de ambiente (r) viene representado por la siguiente ecuación:

$$r = 0.1 \log (Q_{i+1}) + M/100 \quad (22)$$

2.3.2.9.-Factor de dependencia (d)

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.

CUADRO 16

Factor de dependencia (d)

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

FUENTE:De Smet Erik, (2001, p.15)

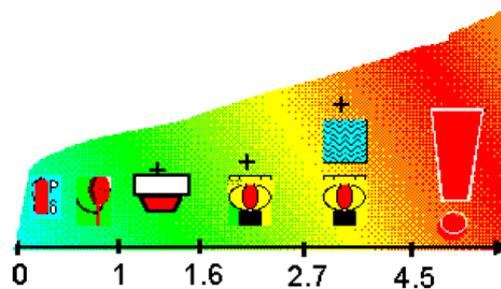
Nota: Tome d = 0.3 si no conoce el valor exacto.

2.3.2.10.-Riesgo inicial (Ro)

Con los cálculos de los parámetros anteriormente citados ya están calculados los siguientes valores: Los riesgos potenciales P, P1, P2 y los riesgos admisibles A, A1 y A2.

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, Ro, Riesgo Inicial, con los valores de P, A, y la resistencia al fuego estructural Fo. La selección de la protección adecuada del compartimento se puede fijar

en función del valor de R_o . El valor obtenido para R_o permite orientarse para escoger la protección incendio en una escala de riesgo.



FUENTE: F.R.A.M.E.TRG(2008,p95)

FIGURA 28: Escala de riesgo grafica (R_o)

CUADRO 17

Escala de riesgos grafica R_o

R_o de	hasta	
0	1	basta una protección manual
1	1.6	sistema automático de detección y alarma
1.6	2.7	proteger con un sistema de rociadores
2.7	4.5	rociadores con recursos de agua de alta calidad
4.5		Demasiado peligroso: reducir el riesgo

FUENTE:De Smet Erik, (2001, p.14)

Cuando el valor de R_o 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 revisar el cálculo de los valores de P y A .

Cuando el valor de R_o 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_o sobrepasa el valor de 2.7.

Cuando el valor de R_o 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_o es inferior a 1, basta con una protección manual, extintores o hidrantes.(De Smet Erik, 2001,16p.)

2.3.3.-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.

2.3.3.1.-Factor de los recursos de agua (W)

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

El factor de de los recursos de agua (W) viene representado por las siguientes ecuaciones:

$$W = 0.95 \exp. W \quad (23)$$

$$w = \sum w_i \quad (24)$$

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

CUADRO 18

Factores para el cálculo de los recursos de agua (w)

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 ²	
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

FUENTE: De Smet Erik, (2001, p.17)

2.3.3.2.-Factor de protección normal (N)

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

El factor de protección normal viene representado por las siguientes ecuaciones:

$$N = 0.95 \exp. n \quad (25)$$

$$n = \sum ni \quad (26)$$

CUADRO 19

Factor de protección normal, cadena descubrimiento, señalización, intervención

Señalización	
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
MEDIOS DE EXTINCIÓN MANUALES	
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
INTERVENCIÓN DE LOS BOMBEROS	
llegada en menos de 10 min.	0
llegada entre 10 y 15 min.	2
llegada entre 15 y 30 min.	5
Más de 30 minutos	10
FORMACIÓN PROPIA	
Todos los presentes saben manejar los medios manuales	0
Hay solamente un equipo de primer intervención	2
No hay personas formadas	4

FUENTE: De Smet Erik, (2001, p.18)

2.3.3.3.-Factor de protección especial (S)

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 protección especial viene representado por las siguientes ecuaciones:

$$S = 1.05 \exp. s \quad (27)$$

$$s = \sum s_i \quad (28)$$

CUADRO 20

Factor de protección especial, sistemas de detección automática, extinción automática y medios complementarios de detección contra incendios.

DETECCIÓN AUTOMÁTICA	
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
RECURSOS DE AGUA	
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
PROTECCIÓN AUTOMÁTICA	
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 ₂ , gas inerte)	11
CUERPOS DE BOMBEROS	
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

FUENTE:De Smet Erik, (2001, p.19)

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 más rápido que detectores térmicos y los sistemas modernos de supervisión continua e identificación individual del detector aún son más eficaces, en contraposición está estrechamente relacionada con el alto coste de este último.

La fiabilidad de los recursos en agua y su tamaño permiten con más 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.

2.3.3.4.-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 media al fuego, f, en minutos, a partir de las resistencias de la estructura, de los muros exteriores y de las paredes interiores y del techo. Las paredes interiores solamente están consideradas si dividen el compartimento en sectores menores de 1000 m².

El factor de resistencia al fuego viene representado por las siguientes ecuaciones:

$$f = \frac{1}{2} f_s + \frac{1}{4} f_f + \frac{1}{8} f_d + \frac{1}{8} f_w \quad (29)$$

$$F = [1 + (f/100) - (f \exp 2.5 / 10 \exp. 6)] * [1 - 0.025 (S-1)] \quad (30)$$

Donde:

fs es la Resistencia media al fuego de los elementos estructurales y separados

ff es la resistencia media al fuego media de las paredes exteriores

fd es la resistencia media al fuego del techo

fw es la resistencia media al fuego de las paredes interiores

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, intervienen para otorgar un certificado.

Para F.R.A.M.E 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 siguientes restricciones tienen que ser consideradas:

1. Para evitar valores irreales, no se indicará resistencias mayores a 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 más 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 propio, 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 más grandes de 1000 m².(De Smet Erik, 2001,20p.)

2.3.3.5.-Factor de escape (U)

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.

El factor de escape viene representado por las siguientes ecuaciones:

$$U = 1.05 \exp. u \quad (31)$$

$$u = \sum u_i \quad (32)$$

CUADRO 21

Factor de escape U, detección automática, recorridos para evacuación, protecciones

DETECCIÓN AUTOMÁTICA.	
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
recorridos de evacuación	
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 ² por zona	2
Compartimentación EI60min de max. 1000 m ² por zona	4
PROTECCIONES	
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

FUENTE: De Smet Erik, (2001, p.21)

2.3.3.6 Factor de salvamento (Y)

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.

El factor de salvamento viene representado por las siguientes ecuaciones:

$$Y = 1.05 \exp. y \quad (33)$$

$$y = \sum y_i \quad (34)$$

CUADRO 22

Factor de salvamento y protección de las actividades y organización

PROTECCIÓN DE LAS ACTIVIDADES	Y _i
Compartimentación EI30min de max. 1000 m ² por zona	2
Compartimentación EI60min de max. 1000 m ² 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

FUENTE:De Smet Erik, (2001, p.22)

3.- METODOLOGIA

Para que se pueda alcanzar los objetivos propuestos, el estudio puede dividirse en las siguientes etapas:

Etapas 1.- Revisión de Leyes, Normativas y Bibliográficas

Etapas 2.- Levantamiento e identificación de parámetros necesarios para la aplicación del método F.R.A.M.E de gestión de riesgo de incendio en el edificio de vivienda ubicado en el DMQ. Análisis sobre la viabilidad del método en las condiciones existentes. Generación de datos no disponibles en la forma requerida por el modelo.

Etapas 3.- Desarrollo de los cálculos y uso de los datos necesarios en el software del método F.R.A.M.E, con aplicación al caso del edificio de vivienda ubicado en el DMQ.

Etapas 4.- Evaluación de los resultados del modelo. Desarrollo de propuestas de mejoras en la protección de incendio no solamente desde el punto de vista de personas sino también del patrimonio y de las actividades.

Etapas 5.- Elaboración del documento final del proyecto.

4. IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO Y COMPARTIMENTO A EVALUARSE CON EL METODO F.R.A.M.E

4.1. Ubicación general del edificio.

El edificio Vista Verde se encuentra ubicada en la urbanización Las Bromelias, parroquia Chaupicruz al Nororiente de la ciudad de Quito, provincia de Pichincha. Se localiza específicamente en la intersección de las calles Uno al norte y De los Lirios al oeste.

Las coordenadas de acuerdo al Google Earth son las siguientes: 0°09' 40.32" S; 78°27' 45.24" W. Altura: 2867 msnm. Ver fotografía 1

Fotografía 1: Fotografía satelital del edificio Vista Verde



FUENTE: Google earth (31-07-2008)

El Edificio Vista Verde dispone de 18 unidades de vivienda en propiedad horizontal, repartidos en 4 pisos y 2 subsuelos siendo que el área total del terreno es de 927m² y un área total de construcción de 3284 m². Ver fotografía 2.

Fotografía 2: Vista general del Edificio Vista Verde.



4.2. Características generales y de protección contra incendios del Edificio Vista Verde

4.2.1. Acceso Principal.-

El ingreso principal al edificio Vista Verde se lo realiza por el lado de la calle Uno. La distancia desde la calle Uno hasta las gradas de emergencia es de 10.5 m. Dispone de una puerta giratoria de 1.6 m, la cual tiene funciones de seguridad de acceso. Sin embargo por su forma, estructura, material y baja resistencia mecánica a golpes solo cumple funciones decorativas lo que hace que fácilmente durante una evacuación de emergencia pueda ser abierta sin mayores contratiempos en el caso de estar cerrada. La RF para este tipo de puerta plana con doble tablero de 5 mm es de RF-8. Ver fotografía 3.

Fotografía 3: Acceso principal al edificio



4.2.2. Acceso Vehicular a parqueaderos.

Por el lado de la calle de los Lirios, el edificio dispone de dos accesos a diferente nivel a los estacionamientos vehiculares y bodegas. Las puertas son del tipo batiente metálicas de 4.5 m de ancho. Desde el interior del edificio, específicamente desde el compartimento cortafuego S2 estas puertas permiten alcanzar la calle al aire libre recorriendo 15 m con un tiempo de salida promedio de 20 s. a pie y sin apresuramientos para evitar riesgos innecesarios

El inconveniente para el uso de estas puertas como salidas peatonales en caso de emergencia es su peso debido a su estructura metálica y su funcionamiento del tipo batiente. Sin embargo para el estudio del calculo de K, del número de salidas

disponibles y distintas al aire libre, se toma en cuenta debido a que las puertas pueden ser levantadas con personal de seguridad disponible las 24 horas del día y el área cercana a las puertas en los parqueaderos presenta una buena ventilación debido a las ventoleras existente en el techo, en el caso de presencia de humo y gases. Ver fotografías 4 y 5.

Fotografía 4: Acceso parqueadero subsuelo 1



Fotografía 5: Vista interior de acceso a parqueadero subsuelo 1



4.2.3. Boca de impulsión.

En la fachada principal del edificio, en la calle Uno, se dispone de un hidrante de fachada del tipo siamesa con rosca estándar de bombero, fácilmente accesible en el caso de una emergencia.

Fotografía 6: Boca de impulsión del tipo siamesa



4.2.4.- Tubería y gabinetes del sistema contra incendios.

El sistema de gabinetes contra incendio están conectados por una tubería de hierro galvanizado de 38 mm (1 ½ in) de diámetro de uso exclusivo para incendios, que suministra el agua de la red pública y alternativamente por medio de una cisterna de 35 m³. para almacenamiento de agua que distribuye a todos los pisos del edificio por medio de una bomba. Dispone de una válvula del tipo “check” para evitar el retroceso de agua. De acuerdo a la norma DMQ 3746 se necesita 5 litros por cada m² de construcción, es decir, 5 litros x 3284 m² ≈ 16 m³. La capacidad de la cisterna cumple por lo tanto con la normativa.

El sistema de gabinetes contra incendio está localizado en cada área de descanso de los pisos del edificio disponiendo de cinco gabinetes en total en todo el edificio. Los gabinetes son metálicos empotradas en la pared y sus medidas son: 70 cm de largo, 60cm de ancho y 20 cm de profundidad, con puerta de vidrio y seguro.

Todo los gabinetes contienen un hacha, una llave de ajuste de mangueras, una manguera de 15 m de largo y 1.5 in. de diámetro con pitón regulable de chorro directo y disperso, conectada a una válvula de 90° de accionamiento manual. La

manguera cuelga en un porta mangueras giratorio. Todos los accesorios son de bronce. Ver fotografías 7 y 8.

Fotografía 7: Tubería de 38 in. de uso exclusivo para servicio contra incendios



Fotografía 8: Gabinete de incendios con todos los accesorios



4.2.5.- Sistema de gas.

Todos los departamentos del edificio disponen del servicio de GLP (Gas licuado de petróleo) centralizado por medio de tubería de cobre, que proveen de gas para uso en la cocina y en el área de máquinas. El GLP en las tuberías tiene una presión de 10 lb/in² (psi) .Existen válvulas del tipo check de seguridad y válvulas

del tipo globo para cerrado rápido, las cuales se encuentran antes del ingreso al compartimento y en la cocina. El gas se encuentra almacenado en un tanque del tipo salchicha de 1 m³ de capacidad, de 2.4 m de longitud y diámetro externo de 77 cm. Ver fotografías 9 y 10.

Fotografía 9: Sistema de gas entubado para uso domiciliario



Fotografía 10: Salchicha de gas



4.2.6.- Escaleras de evacuación.

El sistema de escaleras de evacuación es del tipo cajón cerrado de escalera, construido con bloques de hormigón armado con huecos de 15 cm con RF 60 min. Dispone de puertas de comunicación con los diferentes pisos. Estas puertas, las cuales tienen funciones de seguridad de acceso con un brazo dispositivo de cierre automático y cerradura de apertura rápida para emergencias. Sin embargo por su material y baja resistencia al fuego solo cumple funciones decorativas. La RF para este tipo de puerta plana con doble tablero de 5 mm es de RF-8. Las puertas disponen de cerraduras de apertura rápida de emergencia.

Estas escaleras se comunican con la terraza accesible por medio de una puerta que se abre hacia afuera y se encuentra sin llave.

Todas las áreas de descanso de las escaleras se encuentran provistas de lámparas de emergencia. Ver fotografías 11,12 ,13.

Fotografía 11: Escaleras internas de emergencia



Fotografía 12: Lámparas de emergencia



Fotografía 13: Puertas de salida a escaleras de emergencia



4.2.7.- Generador de emergencia

El generador de emergencia está disponible cuando por algún motivo el suministro público de energía eléctrica se interrumpe. Su activación es manual y provee de energía a las puertas de acceso principal y parqueaderos, al ascensor del edificio, a la bomba de impulsión de la cisterna y al hall principal de entrada.

Sus principales características son las siguientes:

Generador John Deere, 34 KVA, Voltaje: 127/220, amperaje: 89, frecuencia: 60 Hz, 1800 rpm. Ver fotografía 14

Fotografía 14: Generador eléctrico de emergencia



4.3. Características generales y de protección contra incendios del departamento S2

El Departamento S2 está ubicado en el subsuelo 1 del edificio Vista Verde con las siguientes áreas de acuerdo a la declaratoria de propiedad horizontal.

CUADRO 23: Cuadro de áreas y alícuotas del compartimento S2

DEPARTAMENTO S2	Nivel	Área Cubierta	Área Abierta	Factor de uso	Área Ponderada	Alícuota parcial	Alícuota total
Departamento	N-2,70	104 m ²		1	104	3,7052%	
Terraza y Jardín	N-2,70		115 m ²	0.6	69	2,4582%	
Total							6.1634%

FUENTE: DMQ (2005,s/n)

Dispone de tres dormitorios, dos baños completos, sala, comedor, cocina y una pequeña sala de estar.

Estructuralmente, está compuesto de paredes de bloques de hormigón de 15 cm como separaciones internas entre habitaciones y departamento contiguo con una resistencia RF 60 FLORES (1995, p.163) y para las paredes externas de bloques de hormigón de 20 cm. En los dos tipos de paredes, el mortero está compuesto por cemento y arena tanto internamente como externamente. Entre los entrepisos, en el caso del Departamento S2, existen losas de hormigón armado aligerado de 30 cm de espesor y que de acuerdo a FLORES (1995, p.163) tienen una resistencia al fuego, RF, igual a 240.

El departamento presenta grandes ventanales externos que a la vez sirven de acceso al área de terraza

Las puertas son de aluminio y vidrio común cuya RF es de 80°C. (Rotura del vidrio por choque térmico) FLORES (1995, p.151)

El piso es del tipo piso flotante en la sala, comedor y sala de estar. Los baños y cocina están conformados por baldosas cerámicas y finalmente, en las habitaciones se dispone de alfombras en el piso. Ver fotografías 15,16 y 17.

Fotografía 15: Puerta de acceso al departamento S2



Fotografía 16: Interior del Departamento



Fotografía 17: Tipos de ventanas existentes



En el compartimento (departamento), existe un sistema electrónico de alarmas de seguridad, el cual controla la apertura de las ventanas y puertas existente y detecta el movimiento por medio de sensores en el área de la terraza. Adicionalmente, el sistema de alarma activa lámparas de iluminación general externa al compartimento conjuntamente con una alarma audible con ruido superior a los 90 Db. (A).El sistema de alarma electrónico funciona inclusive ante la ausencia de corriente del sistema interconectado de la red pública por medio de un sistema back up de baterías

En el caso de un incendio en el compartimento, las alarmas funcionarían debido a la destrucción por calor de los sensores en puertas de ventanas y adicionalmente, podría también ser accionado manualmente con el mismo propósito. Ver fotografía 18.

Fotografía 18: Sistema de alarma general y de pánico



En la cocina se dispone de un extintor de PQS (Polvo Químico Seco) de 10 lb. de capacidad, para los incendios de tipo A,B,C, totalmente operable. El extintor es revisado mensualmente por el dueño del compartimento. Ver fotografía 19

Fotografía 19: Extintor de PQS ABC 10 lb.



5.- HOJA DE CÁLCULO RESUMEN DEL MÉTODO F.R.A.M.E.

Esta hoja en Excel contiene todas las operaciones para el cálculo del riesgo de incendio según el método F.R.A.M.E. Los cálculos solamente son válidos para el llamado compartimento S2 del Edificio Vista Verde.

De modo general, al comienzo del programa se solicitan ciertos valores a los parámetros.

Algunas celdas y paginas Info. (Informativas), contienen información adicional sobre el significado del factor y de los datos solicitados. En el presente estudio algunos factores fueron adaptados a la normativa local, debido a que el programa F.R.A.M.E está desarrollado en base a la normativa de la comunidad europea y belga.

El ingreso de los datos necesarios para desarrollar el cálculo y estudio obedece a las estructuras mostradas en la sección 2.2 de las redes de eventos en F.R.A.M.E.

El programa permite realizar un estudio de línea base referencial que refleja la situación actual y dos situaciones de variantes calculadas para evaluar posibles oportunidades de mejora.

En el caso del presente estudio y debido al riesgo inicial R_0 muy bajo, solamente se realizaron los cálculos para una sola variante, objetivando el buscar posibles oportunidades de mejora de la calificación inicial de la línea base.

En el anexo A se presentan los resultados del estudio realizado por el método F.R.A.M.E del compartimento S2. Los datos ingresados en algunos casos representan el resultado del trabajo de observación y verificación en el compartimento, revisión de los planos arquitectónicos constructivos que se adjuntan en este estudio en anexo, de la normativa nacional y municipal constructiva. En todo caso, a lo largo del desarrollo del cálculo e ingreso de variables se describen las observaciones encontradas, tales como diferencias normativas y datos asumidos debido a datos no encontrados y de los hallazgos inherentes a la construcción realizada, sea de cumplimiento o no de la normativa vigente.

6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El principal objetivo de esta tesis es evaluar el riesgo de incendio en edificios de viviendas de propiedad horizontal, en concordancia o adaptando las leyes, normativas y reglamentos del DMQ y del Ecuador, de manera que se pueda utilizar y estimar de forma adecuada y muy aproximada a la filosofía y características propias del método F.R.A.M.E. y su hoja de cálculo.

Una vez alcanzado este objetivo se aplicó el método en un estudio de caso, en donde el área estudiada, es un departamento de uso familiar en propiedad horizontal considerándose como compartimento de una célula cortafuego, de manera que se pueda analizar su situación actual ante un riesgo de incendio y proponer, si es del caso, posibles medidas complementarias para mejorar la protección a posibles incendios no solamente desde el bienestar de las personas como también del patrimonio existente en el compartimento y de las actividades que se desarrollan en el sitio, en este caso, desde el punto de vista familiar.

Para conocer mejor cómo funciona la metodología del análisis de riesgo de incendios, la estructura de cálculo, las fórmulas matemáticas utilizadas y las interrelaciones de los parámetros y variables involucradas en F.R.A.M.E, se muestran por medio de la lógica de las redes de eventos y el marco teórico en donde se incluyen las fórmulas básicas usadas para el cálculo de los riesgos potenciales, riesgos admisibles y de los niveles de protección.

Sin duda, los estudios de riesgos de incendios son un tema delicado por las graves consecuencias que conllevan los incendios, ya que no solo afecta al comportamiento de las estructuras, la pérdida de bienes, la paralización de las actividades y rutina diarias, efectos colaterales diversos, sino que también y principalmente, causan la pérdida de vidas humanas.

Por tal motivo, los resultados obtenidos en este trabajo se deben analizar cuidadosamente de manera a evitar que puedan ser sobreestimados los riesgos e induzcan a considerarlos exagerados mientras que resultados que subestimen conduzcan a una falsa confianza, con las consecuentes sugerencias de opción de mejora y medidas de emergencia que pueden inclusive llegar a ser nulas o inadecuadas.

Los organismos de Defensa Civil y los municipios tienen la responsabilidad en el control y la planificación del desarrollo de las urbes así como la planificación del control de las emergencias.

De este tipo de estudios y sus resultados, se deben hallar pautas para mejorar la gestión y planificación de emergencias en especial de incendios y de control en el desarrollo urbanístico

y de la construcción con la correcta utilización de materiales resistentes al fuego, que al menos obedezca a la normativa actual existente.

Adicionalmente, en conocimiento de los análisis y resultados al usar estas herramientas de estudio se puedan modificar las regulaciones y normativas en busca de mejores condiciones de seguridad ante el riesgo de incendio.

A la vista de lo desarrollado en la presente tesis, se presentan a continuación las principales conclusiones que hacen referencia a la metodología aplicada, a la herramienta informática utilizada y al análisis de riesgo de incendio obtenido del compartimento cortafuego.

6.1.-Conclusiones y recomendaciones referentes a la metodología empleada

- El presente estudio exigió la obtención de datos por medio de mediciones y observaciones directas en el compartimento cortafuegos en estudio, ya que mostraba algunas diferencias entre lo construido y existente, entre lo proyectado y dibujado en los planos arquitectónicos. Como ejemplo está el ancho de los entresijos y ancho de las paredes entre unidades cortafuegos. Por lo tanto, no siempre lo indicado en los planos arquitectónicos, es encontrado en la realidad.

6.2.-Conclusiones y recomendaciones referentes al modelo informático utilizado

- El modelo informático F.R.A.M.E utiliza el aplicativo EXCEL para la realización de sus cálculos, de manera que su aplicación es bastante familiar en el uso de la estructura de ingreso de datos, por medio de listas de selección múltiple o por medio del ingreso o corrección de valores en tablas que están enlazadas con las hojas en donde se realizan y se organizan los datos de cálculo.
- F.R.A.M.E presenta un diseño de presentación de datos bastante amigable que permite seguir secuencias lógicas de cálculos de los parámetros y variables necesarias para el cálculo de los factores de los riesgos involucrados y separando los valores encontrados para el riesgo para el patrimonio, las personas y actividades.
- En cada variable de los factores involucrados, al final de la línea de cálculo, se pueden realizar comentarios, de manera a poder explicar el por que del uso de determinado valor o elección del despliegue de las múltiples opciones que determinan el valor de la variable.
- F.R.A.M.E es usado para cálculos en compartimentos de manera que en el caso de edificios, éstos deben ser divididos en compartimentos menores a 2000 m²

- Finalmente, el método F.R.A.M.E., durante el desarrollo del estudio, demostró ser flexible para adaptarse a la normativa ecuatoriana aplicable. En las diversas hojas de cálculo en el área destinada a observaciones se presentan los comentarios generales de decisión referente a variables y también para indicar la normativa del DMQ que aplica y la adaptación de la normativa al programa.

6.3.- Conclusiones y recomendaciones referentes a los resultados obtenidos

- Una vez realizado el análisis de riesgo de incendio en el compartimento S2, el resultado obtenido como riesgo inicial R_o es 0.11, valor que para la tabla de calificación de riesgo de incendio significa que el riesgo es BAJO, indicando y recomendando solamente la necesidad de protección del tipo MANUAL.
- El riesgo inicial encontrado $R_o = 0.11$ es un nivel de riesgo muy bajo para las personas, la propiedad y al patrimonio, pero para efectos de este estudio, se realiza un análisis con diferente situación a la actual buscándose una oportunidad de mejora, cuyos resultados se muestran en el análisis en la Variante 1 para el compartimento (Departamento S2), sin embargo puede ser perfectamente aplicable para todo el edificio Vista Verde, considerándose que para poder aplicar el análisis de este método, el edificio debe ser dividido en diversos compartimentos cortafuegos, por ejemplo, por piso o departamentos cuya área no sea mayor a 2000 m²
- Las oportunidades de mejora encontradas y sugeridas en la variante 1 se enumeran a continuación:
 1. Preparar un manual o instructivo de un plan de emergencias general para el Edificio Vista Verde, que incluya el plan de evacuación.
 2. Incrementar y mejorar la señalización de emergencia existente. Ejemplos: Salidas de emergencia, localización e instructivo de manejo de extintores.
 3. Una vez preparado el plan de emergencia, realizar simulacros y entrenamientos de incendios y evacuación general con los copropietarios del edificio y no solamente con los del compartimento S2;
 4. La cisterna de agua de consumo diario que sirve también como reserva de agua para el sistema de incendios, debe ser modificado su modo de llenado con la bomba centrífuga, de manual a automático.

5. El generador a Diesel de emergencia eléctrico el cual sirve también para la bomba de la cisterna debe disponer de encendido automático apenas la energía de la red pública sea desconectada.
 6. Revisar mensualmente la carga y presión de los extintores existentes en cada piso;
 7. Si bien el compartimento S2 dispone de alarma general, el edificio Vista Verde no dispone de una alarma sonora y de voz general multipropósito para emergencia como por ejemplo en el caso de incendio, evacuación o inclusive del tipo de riesgo antrópico delincuencia.
 8. Disponer en el compartimento S2 de sensores de nivel de explosividad (LEL), CO y humo disponibles en el mercado, ya que existe el sistema de distribución de gas centralizado desde un tanque del tipo salchicha a todo el edificio por medio de tuberías y válvulas hacia todos los compartimentos.
 9. Contratar un seguro de incendios tanto para el compartimento S2 como al edificio como un todo.
- El presente estudio tuvo como objetivo el analizar por medio de F.R.A.M.E. el riesgo de incendio existente en el compartimento S2, sin embargo se recomienda por medio de la realización de otros estudios, realizar el análisis de riesgo de incendio de todo el edificio, dividiéndolo en compartimentos para de esa manera revisar el riesgo de incendio como un todo.
 - Se recomienda por medio de la realización de otras tesis, realizar nuevos análisis de riesgo de incendio por este método a estructuras con otro tipo de actividad y uso, como por ejemplo: Industrias, hoteles, centros comerciales, entre otros.
 - Se recomienda comparar entre el método F.R.A.M.E y otros medios de análisis de riesgos existentes y utilizados en nuestro medio, aplicándose éstos en un estudio de caso.

7. - REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- DE SMET, ERIK. **Manual de Usuario F.R.A.M.E.**, Bélgica, 2008.45p.
- DE SMET, ERIK. **Fire risk assessment method for engineering. ,F.R.A.M.E 2.0 for windows**, Bélgica, 2001.22p.
- ECUADOR, Asamblea Constituyente, **Constitución de la República del Ecuador**, 2009, 218 p.
- ECUADOR, Ministerio de Bienestar Social, **RO 815 - Ley de defensa contra incendios**, 1979,12 p.
- ECUADOR, Ministerio de Bienestar Social, **RO 47 – Reglamento de prevención de incendios**, 2007,19p.
- ECUADOR, Consejo de Seguridad Nacional, **Ley 275. Ley de Seguridad Nacional**, 1979, 25p.
- ECUADOR, Ministerio de Bienestar Social, **RO 140 - Reglamento general para la aplicación de la ley de defensa contra incendios**, 2003,12p.
- ECUADOR, Cuerpo de Bomberos de Quito, **Formato para la elaboración de planes de emergencia**, 2009, 6p.
- ECUADOR, Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, **Aprobación de declaratoria en propiedad horizontal del Edificio Vista Verde**, 2005,24p.
- ECUADOR, INEC, **Índice general de la construcción (2010, mayo)**, disponible en:www.inec.gov.ec/web/guest/ecu-est/est-eco/ind-eco/ipco.
- ECUADOR, DMQ, **Ordenanza Municipal #3746 (2008, octubre)**, disponible en:www.casasydepartamentos.net
- ECUADOR, INEN, **CPE INEN 5-parte 8-sección I, Protección contra incendios (1era edición) – Principios generales y clasificación de incendios**, 1986,28p.
- ECUADOR, INEN, **CPE INEN 5-parte 8-sección II, Protección contra incendios (1era edición)- Materiales y detalles de construcción**, 1986,25p.
- ECUADOR, MIES, **RO 114, Reglamento de prevención, mitigación y protección contra incendios**, 2009, p.50.
- FLORES Guillermo, **Guía del bombero profesional, protección contra incendios**. Ecuador, 1995,306p.
- FLORES Guillermo, **Manual Básico del bombero**. Ecuador, 1995,306p.
- GARCIA, Carlos; **Evaluación del riesgo en guardería universidad de Almería**, España.2009, 27p.
- La Cocina: **allí suelen iniciar los incendios caseros**, (2009, febrero), diario HOY

PEÑA, José; RUBIO Juan Carlos. **Análisis comparativo de los principales métodos de evaluación del riesgo de incendio.** España.2003, 9p.Articulo.

9. ANEXOS

**A.- CÁLCULO F.R.A.M.E APLICADO AL APARTAMENTO S2 DEL EDIFICIO
VISTA VERDE**

B.-PLANO ARQUITECTÓNICOS EDIFICIO VISTA VERDE

C.- PLANO ARQUITECTÓNICO DEPARTAMENTO S2

**ANEXO A.- CÁLCULO F.R.A.M.E APLICADO AL
APARTAMENTO S2 DEL EDIFICIO VISTA VERDE**

**ANEXO B.-PLANO ARQUITECTÓNICOS EDIFICIO VISTA
VERDE**

ANEXO C.- PLANO ARQUITECTÓNICO DEPARTAMENTO

S2