UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA
DEPARTAMENTO DE OBRAS CIVILES
VALPARAISO – CHILE

# Evaluación de Riesgo a Incendio en Edificios Patrimoniales de Valparaíso

NATALIA ANDREA GUARDA HINOSTROZA

Memoria para optar al Título de
Ingeniero Civil

Profesor Guía
MARCELA HURTADO

Profesor correferente
RAMIRO BAZÁEZ

Julio 2021

## Resumen

Valparaíso es una ciudad de gran importancia cultural, demostración de aquello es la declaración de Patrimonio Mundial de la UNESCO. La ciudad ha sufrido en su historia innumerables incendios, tanto forestales como urbanos. Dado la riqueza del patrimonio de la ciudad, la evaluación del riesgo de los incendios estructurales a estas edificaciones cobra importancia. Bajo este contexto se presenta este trabajo.

Internacionalmente existe la preocupación del riesgo de incendio en el patrimonio, resultando en variados métodos para evaluarlo, sin consenso sobre el mejor de ellos. En Chile en cambio, no existen avances en el tema, los pocos documentos existentes corresponden a trabajos académicos (Soto G, 2013) (Cáceres V, 2016) (Muñoz, 2019) y una evaluación preliminar en el proyecto "MAR VASTO" (M. Indirli, 2008), el proyecto solo analiza 4 factores geográficos para toda la comuna, en cambio este trabajo revisa el riesgo a incendio de manera global con todos los factores relevantes involucrados.

El trabajo propone la adaptación de un método de evaluación de riesgo de incendio para poder evaluar un área con inmuebles patrimoniales de la ciudad de Valparaíso. Para esto se adaptará el método a las legislaciones y condiciones específicas (culturales, funcionales, geográficas, sociales, etc.) que presenta el área a estudiar. El método escogido durante el proceso del trabajo fue el método Fire Risk Assessment Method for Engineering (FRAME), por su facilidad de aplicación y capacidad de funcionar con pocos datos.

Este trabajo se enmarca en la necesidad latente, y más presente desde el mega incendio del 2014, de tener un plan de gestión de desastres de incendios que proteja el área patrimonial declarada por la UNESCO en 2003, y que hasta hoy no existe. Dentro de este plan se ubica en la fase preventiva inicial, la de evaluar el riesgo de desastre, en donde es necesario contar con una herramienta de evaluación de riesgo.

El alcance del trabajo será el estudio del método elegido en el contexto de la ciudad de Valparaíso, la modificación de sus factores acorde al estudio, la aplicación de la herramienta en incendios existentes y presentación de los resultados y la herramienta de evaluación de riesgo. Se observará en el trabajo que las modificaciones, como la incorporación de la valoración patrimonial y modificación de la accesibilidad, produjeron un aumento en la valoración del riesgo en concordancia con los resultados de los incendios estudiados.

*Tabla de contenido*

RESUMEN ..... II
ÍNDICE DE TABLAS: ..... V
ÍNDICE DE FIGURAS ..... VI
ÍNDICE DE ECUACIONES: ..... VII
GLOSARIO: ..... VIII

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN ..... 1

MOTIVACIÓN. ..... 3
CONTRIBUCIÓN Y ALCANCE DEL TRABAJO ..... 3

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO ..... 6

VULNERABILIDAD, AMENAZA Y RIESGO ..... 6
INCENDIO COMO AMENAZA ..... 7
PATRIMONIO E INCENDIO EN LA LITERATURA ..... 8

CAPÍTULO III: VALPARAÍSO ..... 10

HISTORIA DE VALPARAÍSO ..... 10
GEOGRAFÍA, DEMOGRAFÍA ..... 11
PATRIMONIO MUNDIAL, SITIO UNESCO ..... 12
TRAMA URBANA, ARQUITECTURA Y ESTRUCTURA CARACTERÍSTICA DEL SITIO UNESCO ..... 14
OTROS ANTECEDENTES DE VALPARAÍSO ..... 17
BOMBEROS ..... 18
COMPARACIÓN DE VALPARAÍSO CON LÍNEA BASE ..... 20

CAPÍTULO IV: MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE RIESGO. ..... 21

INTRODUCCIÓN A LOS MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE RIESGO. ..... 21
MÉTODOS SEMI-CUANTITATIVOS: ..... 22
ELECCIÓN DEL MÉTODO ..... 25
DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO FIRE RISK INDEX METHOD (F.R.I.M.) ..... 27
DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO FIRE RISK ASSESMENT METHOD FOR ENGINEERING (F.R.A.M.E) ..... 29

CAPÍTULO V: COMPARACIÓN DE FRAME CON FRIM Y LA NORMATIVA VIGENTE. ..... 42

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS FACTORES DE LOS MÉTODOS FRAME Y FRIM ..... 42
ANTECEDENTES NORMATIVOS PARA LA MODIFICACIÓN DE MÉTODO FRAME ..... 45

CAPÍTULO VI: MODIFICACIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS..... 52

MODIFICACIÓN DEL MÉTODO:..... 52
INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL MÉTODO. ..... 62

CAPÍTULO VII: VERIFICACIÓN ..... 67

ÁREA DE APLICACIÓN DEL MÉTODO..... 67
INCENDIOS DE INTERÉS EN EL ÁREA ..... 67
DATOS DE INGRESO DE INMUEBLES AFECTADOS ..... 73
APLICACIÓN HERRAMIENTA ..... 76
RESULTADOS ..... 81

CONCLUSIONES..... 84

BIBLIOGRAFÍA..... 88

ANEXOS ..... 94

ANEXO N°1: MÉTODO FRAME ..... 94
ANEXO N°2: MÉTODO FIRE RISK INDEX METHOD (VERSIÓN 1.2) ..... 117
ANEXO 3: BOMBEROS..... 129
ANEXO 4: DATOS DE ENTRADA DE INCENDIOS EVALUADOS CON FRAME MODIFICADO. ..... 132
ANEXO 5: OTROS DATOS DE VALPARAÍSO ..... 147
ANEXO 6: ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD. ..... 161

# Índice de tablas:

TABLA 1: ÍNDICE DE ACRÓNIMOS ..... IX
TABLA 2: LÍNEAS BASE DE VULNERABILIDAD DE ZONAS PATRIMONIALES EN GENERAL ..... 9
TABLA 3: AÑO DE CONSTRUCCIÓN DE LAS EDIFICACIONES PROTEGIDAS DE VALPARAÍSO (ELABORACIÓN PROPIA EN BASE A INFORMACIÓN DE PATRIMONIOURBANO.CL Y CMN) ..... 11
TABLA 4: DATOS CENSALES DE POBLACIÓN DE COMUNA DE VALPARAÍSO (INE, 2018) (INE, 2003) ..... 12
TABLA 5: RESISTENCIA AL FUEGO DE LOS MATERIALES MÁS COMUNES DE LOS EDIFICIOS PATRIMONIALES. (ÁVILA VALENZUELA & CONTRERAS DARVAS, 2010) ..... 16
TABLA 6: CLASIFICACIÓN ANCHOS CALLES Y PASAJES ..... 17
TABLA 7: CAMBIO USO DE SUELO EN CERROS ALEGRE Y CONCEPCIÓN (VERGARA-CONSTELA & CASELLAS, 2016) ..... 18
TABLA 8: COMPARACIÓN DE ANTECEDENTES DE VALPARAÍSO CON LÍNEA BASE DE VULNERABILIDAD ..... 20
TABLA 9: NIVELES DE JERARQUÍA DE DECISIÓN EN INCENDIOS (UNIVERSITEIT GENT, 2003) ..... 23
TABLA 10: TABLA COMPARATIVA DE LOS MÉTODOS SEMI-CUANTITATIVOS DESCRITOS ..... 25
TABLA 11: PARÁMETROS DEL MÉTODO FRIM ..... 27
TABLA 12: RELACIÓN ENTRE PARÁMETROS FRIM Y LÍNEA BASE ..... 28
TABLA 13: RELACIÓN ENTRE RIESGO POTENCIAL DE FRAME Y ESCENARIOS BASE ..... 35
TABLA 14: RELACIÓN ENTRE RIESGO ACEPTABLE DE FRAME Y ESCENARIOS BASE ..... 38
TABLA 15: RELACIÓN ENTRE NIVEL DE PROTECCIÓN DE FRAME Y ESCENARIOS BASE ..... 40
TABLA 16: SÍNTESIS DE LA COMPARACIÓN MÉTODOS FRAME Y FRIM ..... 45
TABLA 17:CARGA COMBUSTIBLE DE UNA EDIFICACIÓN SEGÚN NCH 1993-98 (INN, 1998) ..... 45
TABLA 18: SÍNTESIS COMPARACIÓN NORMATIVA CHILENA CON MÉTODOS FRAME Y FRIM ..... 51
TABLA 19: SÍNTESIS DE LAS TABLAS COMPARATIVAS CON LOS ESCENARIOS BASE DE VULNERABILIDAD DEL PATRIMONIO ..... 52
TABLA 20: VARIABLE M Y TABLA ART 4.3.3 TÍTULO 4 OGUC (OGUC, 2009) ..... 53
TABLA 21: TABLA ORIGINAL DE VARIABLE W4 (SMET, 2008) ..... 55
TABLA 22: TABLA MODIFICADA DE VARIABLE W4 ..... 55
TABLA 23: TABLA MODIFICADA DE VARIABLE W5 ..... 55
TABLA 24: TABLA MODIFICADA VARIABLE N2 ..... 56
TABLA 25: TABLA MODIFICADA VARIABLE S4 ..... 56
TABLA 26: TABLA VARIABLE C3 ..... 58
TABLA 27: TABLA MODIFICADA VARIABLE N3 ..... 59
TABLA 28: VARIABLE J, CONDICIÓN DE AISLACIÓN ..... 59
TABLA 29: REGLA DE DECISIÓN VARIABLE M* ..... 60
TABLA 30: COMPARACIÓN DE PESO ENTRE PARÁMETROS DE FRIM ..... 60
TABLA 31: EVALUACIÓN MODIFICACIÓN FACTOR N ..... 60
TABLA 32: TABLA DE NUEVA VARIABLE N5 ..... 60
TABLA 33: TABLA ORIGINAL VARIABLE U2: RUTAS DE ESCAPE ..... 61
TABLA 34: EVALUACIÓN MODIFICACIÓN VARIABLE $U_2$ ..... 62
TABLA 35: TABLA DE VARIABLE $U_2$* ..... 62
TABLA 36: INFORMACIÓN DE SIGNIFICADO DE VALORES RO (SMET, 2008) ..... 62
TABLA 37: VALOR DE R V/S % COMPARTIMIENTO DESTRUIDO (SMET, 2008) ..... 63
TABLA 38: RANGOS DE VALORES DEL FACTOR Q Y SU SIGNIFICADO ..... 63
TABLA 39: RANGOS DE VALORES DEL FACTOR I Y SU SIGNIFICADOI ..... 64
TABLA 40: RANGOS DE VALORES DEL FACTOR V Y SU SIGNIFICADO ..... 64
TABLA 41: RANGOS DE VALORES DEL FACTOR G Y SU SIGNIFICADO ..... 64
TABLA 42: RANGOS DE VALORES DEL FACTOR E Y SU SIGNIFICADO ..... 65
TABLA 43: RANGOS DE VALORES DEL FACTOR Z Y SU SIGNIFICADO ..... 65
TABLA 44: RANGOS DE VALORES DEL FACTOR T Y SU SIGNIFICADO ..... 65
TABLA 45: RANGOS DE VALORES DEL FACTOR R Y SU SIGNIFICADO ..... 66
TABLA 46: RANGOS DE VALORES DEL FACTOR Q Y SU SIGNIFICADO ..... 66

TABLA 47: DATOS INCENDIO 24 DE ABRIL 2017 ..... 67
TABLA 48: DATOS INCENDIO 12 DE JULIO DEL 2018 ..... 69
TABLA 49: DATOS INCENDIO 19 DE FEBRERO 2018 ..... 70
TABLA 50: DATOS INCENDIO 19 DE FEBRERO 2018 ..... 71
TABLA 51: DATOS DE INGRESO INMUEBLE INCENDIO 12 DE JULIO DE 2018 ..... 73
TABLA 52: RESULTADOS ELEMENTOS DE RIESGO DE INMUEBLE 1 INCENDIO 24 DE ABRIL 2017 ..... 76
TABLA 53: RESULTADOS FACTORES DE RIESGO INMUEBLE 1 INCENDIO 24 DE ABRIL 2017 ..... 76
TABLA 54: RESULTADOS ELEMENTOS DE RIESGO DE INMUEBLE 2 INCENDIO 24 DE ABRIL 2017 ..... 77
TABLA 55: RESULTADOS FACTORES DE RIESGO INMUEBLE 2 INCENDIO 24 DE ABRIL 2017 ..... 77
TABLA 56: RESULTADOS ELEMENTOS DE RIESGO DE INMUEBLE INCENDIO 12 DE JULIO 2018 ..... 78
TABLA 57: RESULTADOS FACTORES DE RIESGO INMUEBLE INCENDIO 12 DE JULIO 2018 ..... 78
TABLA 58: RESULTADOS ELEMENTOS DE RIESGO DE INMUEBLE INCENDIO 19 DE FEBRERO 2018 ..... 79
TABLA 59: RESULTADOS FACTORES DE RIESGO INMUEBLE INCENDIO 19 DE FEBRERO 2018 ..... 79
TABLA 60: RESULTADOS ELEMENTOS DE RIESGO DE INMUEBLE INCENDIO 16 DE MAYO DE 2016 ..... 80
TABLA 61: RESULTADOS FACTORES DE RIESGO INMUEBLE INCENDIO 16 DE MAYO DE 2016 ..... 80
TABLA 62: COMPARACIÓN PORCENTUAL DE LOS DATOS DE RIESGO ENTRE MÉTODO FRAME ORIGINAL (O) Y MODIFICADO (M) ..... 81

## Índice de figuras

FIGURA 1: DIAGRAMA DE FLUJO DE LA METODOLOGÍA ..... 5
FIGURA 2: DIAGRAMA DE ECUACIÓN DE RIESGO ..... 7
FIGURA 3: DENSIDAD POBLACIONAL AL 2010 EN ÁREA HISTÓRICA DE VALPARAÍSO. (FINCHEIRA, 2010) ..... 11
FIGURA 4: ÁREA HISTÓRICA DE VALPARAÍSO (AHV) (UNESCO, 2003) ..... 13
FIGURA 5: SITIO PATRIMONIO MUNDIAL UNESCO (SALAZAR S, 2014) ..... 14
FIGURA 6:DIAGRAMA DE ENTRAMADO DE MADERA RELLENO CON ADIBILLO (BIER, 2012) ..... 15
FIGURA 7: DIAGRAMA DE PENDIENTES DE CERROS ALEGRE Y CONCEPCIÓN (JIMENEZ, 2014) ..... 15
FIGURA 8: MAPADE ANCHO DE CALLES EN ZONA HISTÓRICA (M. INDIRLI, 2008) ..... 17
FIGURA 9: FOTOGRAFÍA ENTRADA PASAJE TEMPLEMAN (FOTOGRAFÍA PROPIA) Y PASEO GÁLVEZ (FOTOGRAFÍA PROPIA) EN CERRO CONCEPCIÓN. ..... 18
FIGURA 10: ÁRBOL DE EVENTOS USADOS EN MÉTODOS CUANTITATIVOS (SMET, 2008) ..... 22
FIGURA 11:DIAGRAMA DE MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE RIESGO (ELABORACIÓN PROPIA) ..... 25
FIGURA 12: ARBOL DE EVENTO DEL RIESGO A LA PROPIEDAD ..... 30
FIGURA 13: NIVELES DE FACTORES Y LA DENOMINACIÓN DADA EN EL PRESENTE TRABAJO ..... 32
FIGURA 14: ZONA AZUL MUESTRA INMUEBLES AFECTADOS POR INCENDIO, MORADOS SON ICH (INCENDIO 24 DE ABRIL DEL 2017) ..... 68
FIGURA 15: ZONA AZUL MUESTRA INMUEBLES AFECTADOS POR INCENDIO, MORADOS SON ICH (INCENDIO 12 DE JULIO DEL 2018) ..... 70
FIGURA 16: ZONA AZUL MUESTRA INMUEBLES AFECTADOS POR INCENDIO, MORADOS SON ICH (INCENDIO 19 DE FEBRERO DEL 2018) ..... 71
FIGURA 17: ZONA AZUL MUESTRA INMUEBLES AFECTADOS POR INCENDIO, MORADOS SON ICH (INCENDIO 16 DE MAYO DEL 2016) ..... 72
FIGURA 18: GRÁFICO DE RESUTLADOS EN R (BIENES) ..... 82
FIGURA 19: GRÁFICO DE RESUTLADOS EN R1 (ACTIVIDADES) ..... 82
FIGURA 20: GRÁFICO DE RESUTLADOS EN R2 (ACTIVIDAD) ..... 83

# Índice de ecuaciones:


Ecuación 1: Ecuación de riesgo ..... 6
Ecuación 2: Ecuación básica de método FRIM ..... 24
Ecuación 3: Ecuación de Kinney modificada ..... 31
Ecuación 4: Ecuación de Kinney en forma Logarítmica ..... 31
Ecuación 5: Ecuación de riesgo en escala (1+log) ..... 31
Ecuación 6: Ecuaciones de método FRAME de riesgo a edificación y contenidos ..... 32
Ecuación 7: Ecuaciones de método FRAME de riesgo a habitantes ..... 32
Ecuación 8: Ecuaciones de método FRAME de riesgo a actividades ..... 32
Ecuación 9: Factor de carga calorífica q ..... 33
Ecuación 10: Factor de propagación p ..... 33
Ecuación 11: Factor de ventilación v ..... 34
Ecuación 12:Factor de área g ..... 34
Ecuación 13:Factor de nivel de piso e ..... 34
Ecuación 14: Factor de acceso z ..... 35
Ecuación 15: Factor de activación de fuentes de ignición a ..... 36
Ecuación 16: Factor de condiciones ambientales r ..... 36
Ecuación 17: Factor de tiempo de evacuación t ..... 37
Ecuación 18: Factor de valor del contenido c ..... 37
Ecuación 19: Variable de valorización monetaria del contenido c2 ..... 37
Ecuación 20:Factor de disponibilidad de agua W ..... 39
Ecuación 21: Factor de medidas de protección normales N ..... 39
Ecuación 22:Factor de medidas de protección especiales ..... 39
Ecuación 23: Factor de resistencia de la construcción ..... 40
Ecuación 24: Factor de ruta de escape U ..... 40
Ecuación 25:Factor de elementos retardantes Y ..... 40
Ecuación 26: Punto de referencia Ro ..... 41
Ecuación 27: Nueva ecuación factor e ..... 57
Ecuación 28: Ecuación original del factor z ..... 57
Ecuación 29: Ecuación modificada de factor z ..... 57
Ecuación 30: Ecuaciones de calibración de la modificación ..... 61
Ecuación 31: Relación factor de propagación con curva de crecimiento ..... 64
Ecuación 32: Ecuación de Tasa de falla ..... 66

## Glosario:

- **Catálogo CEA:** Del Comité Europeo de Seguros (CEA por sus siglas en francés), clasifica las materias y mercancías según su riesgo de incendio.
- **Células cortafuego:** Las células cortafuego son compartimientos cuya superficie no excede de 200 $m^2$ y tiene resistencia al fuego de al menos F30 (Aguilar, 2006).
    - **Resistencia al fuego F30:** Es la resistencia a temperatura de un material mayor a 30 minutos antes de fallar según las indicaciones del ensayo estandarizado. (INN, 1997)
- **Clases de resistencia al fuego:** La resistencia al fuego de los componentes de un edificio y su construcción están clasificados en distintas clases de resistencias al fuego o una combinación de estas. Las diferentes clases de resistencias especifican distintos criterios de desempeño. Normalmente la clasificación de resistencia al fuego está acompañada por el límite de tiempo en minutos; 15, 30, 45, 60, etc. Que demuestra el tiempo en que el criterio de desempeño es logrado durante un test de incendio estandarizado. (Boström, s.f.)
    - **Integridad (E):** es la propiedad de un testigo de un material estructural específico, que, expuesto al fuego en una cara, previene el traspaso de llamas y gases calientes a través de él, además previene la ocurrencia de llamas en la cara no expuesta.
    - **Aislamiento (I):** Es la habilidad de un testigo de un elemento de estructural, que expuesto al fuego en una cara restringe el aumento de temperatura de la cara no expuesta bajo niveles específicos.
- **Compartimiento cortafuego:** Compartimiento separado del conjunto de manera que en caso de iniciarse un incendio este queda limitado, con toda probabilidad, a ese compartimiento (Smet, 2008) (Aguilar, 2006).
    - **Conjunto:** inmueble, edificio, barrio, conjunto habitacional a evaluar el riesgo con el modelo propuesto.
- **Escenario:** Parte de la evaluación de riesgo cuantitativa en donde se evalúan distintos eventos con distintos factores de vulnerabilidad de manera de obtener la probabilidad de ocurrencia de cada uno. Cada evaluación configura un escenario de posibilidad.
- **Elementos de construcción no combustibles:** Aquellos que no se encienden ni alimentan la combustión bajo la acción del fuego, o bien, tienen una base estructural incombustible cubierta por un revestimiento menor a 3 mm de espesor en el cual la propagación de la llama tiene una velocidad inferior a 5 m/min. (OGUC, 2009)
- **Edificación aislada**: separada de los deslindes, emplazada por lo menos a las distancias resultantes de la aplicación de las normas sobre rasantes y distanciamientos que se determinen en el instrumento de planificación territorial (OGUC, 2009).
- **Edificación pareada**": la que corresponde a dos edificaciones emplazadas a partir de un deslinde común, manteniendo una misma línea de fachada, altura y longitud de pareo. Las fachadas no pareadas deberán cumplir con las normas previstas para la edificación aislada (OGUC, 2009).
- **Edificación continua:** la emplazada a partir de los deslindes laterales opuestos o concurrentes de un mismo predio y ocupando todo el frente de éste, manteniendo un mismo plano de fachada con la edificación colindante y con la altura que establece el instrumento de planificación territorial (OGUC, 2009).
- **Flashover:** Fase de transición en el desarrollo de un incendio confinado en la cual las superficies expuestas a radiación térmica alcanzan la temperatura de ignición más o menos simultáneamente y el fuego se propaga rápidamente a través de todo el recinto dando como resultado que todo el compartimento se vea involucrado en el incendio. (Pablo Boj, 2019)
- **Inmueble de conservación histórica (ICH)**: es individualizado como tal en un Instrumento de Planificación Territorial dadas sus características arquitectónicas, históricas o de valor cultural, que no cuenta con declaratoria de Monumento Nacional. (OGUC, 2009)
- **Incendio:** combustión producida por un fuego que se descontrola. (INN, 1997)

- **Incendio estructural:** Corresponde a aquel tipo de incendio que se produce en casas, edificios, locales comerciales, etc. La gran mayoría de los incendios estructurales son provocados por el hombre, ya sea por negligencias, descuidos en el uso del fuego o por falta de mantención del sistema eléctrico y gas. Entre las principales causas de estos incendios se encuentran los accidentes domésticos, fallas eléctricas, manipulación inadecuada de líquidos inflamables, fugas de gases combustibles, acumulación de basura, velas y cigarros mal apagados, artefactos de calefacción en mal estado y niños jugando con fósforos, entre otros. (ONEMI, 2017)
- **Reporte anual del estado de conservación:** Informe de un sitio de Patrimonio Mundial en específico, preparado por el estado controlador a la UNESCO, en relación a las políticas de conservación, avances y retrocesos en las mismas y los planes de gestión del sitio.
- **Sistema automático de extinción de incendio**: Conjunto formado por dispositivos y equipos capaces de detectar y descargar, en forma automática, un agente extintor de fuego en un área de incendio. (OGUC, 2009)
- **Sistema de evacuación de personas:** Conjunto de elementos arquitectónicos y dispositivos de apoyo con que cuenta una edificación para la evacuación de personas desde su interior. (OGUC, 2009)
- **Sistema de Información Geográfica (SIG)**: Herramienta informática que permite el manejo de información planimétrica georreferenciada en interacción con bases de datos asociadas. (OGUC, 2009)
- **Sistema de Información Territorial (SIT)**: Sistema implementado como plataforma para el almacenamiento y difusión de información territorializable. (OGUC, 2009)
- **Sistema de seguridad:** Conjunto de elementos de prevención, inhibición o mitigación de riesgos o siniestros en los edificios, tales como sistemas pasivos y activos de seguridad contra incendio, sistemas de evacuación, control de accesos, señalizaciones de seguridad e instalaciones de emergencia. (OGUC, 2009)
- **Zona de conservación histórica**: área o sector identificado como tal en un Instrumento de Planificación Territorial, conformado por uno o más conjuntos de inmuebles de valor urbanístico o cultural cuya asociación genera condiciones que se quieren preservar. (OGUC, 2009)

*Tabla 1: Índice de Acrónimos*

| Acrónimos | | | |
|---|---|---|---|
| **ASET** | Available Safe Egress Time | **INE** | Instituto Nacional de Estadísticas |
| **AHV** | Area Histórica de Valparaíso | **INN** | Instituto Nacional de Normalización |
| **BCN** | Biblioteca del Congreso Nacional | **LGUC** | Ley General de Urbanismo y Construcción |
| **CMN** | Consejo Nacional de Monumentos | **m.s.n.m.** | Metros sobre nivel del mar |
| **CPES** | Specific Commercial Property Evaluation Schedule | **NCh00-00** | Norma Chilena 00 del año 00 |
| **HHR** | Heat Release Rate | **OGUC** | Ordenanza General de Urbanismo y Construcción |
| **FRAME** | Fire Risk Assessment Method for Engineering | **ONU** | Organización de Naciones Unidas |
| **FRIM** | Fire Risk Index Method | **RSET** | Required Safe Egress Time |
| **FSES** | Fire Safety Evaluation System | **SISS** | Superintendencia de Servicios Sanitarios |
| **GIS** | Geogragraphic Information System | **UNESCO** | United Nations Education, Scientific and Cultural Organization |
| **ICH** | Inmueble de conservación histórica | **ZCH** | Zona de conservación histórica |

# Capítulo I: Introducción

Valparaíso es una ciudad con un gran y reconocido valor patrimonial: cuenta con 11 Zonas de Conservación Históricas (ZCH), 1025 Inmuebles de Conservación Histórica (ICH) (Patrimonio Urbano, s.f.), 74 Monumentos históricos, 11 Zonas típicas (Consejo de monumentos nacionales, s.f.) y la declaración como Patrimonio Mundial por la UNESCO (UNESCO, Historic Quarter of the Seaport City of Valparaíso, 2003). De las comunas de Chile, Valparaíso es la segunda con más inmuebles de interés patrimonial y zonas típicas, solo superada por la comuna de Santiago (Consejo de monumentos nacionales, s.f.) (Patrimonio Urbano, s.f.). Teniendo todo este capital patrimonial, se hace relevante un plan de gestión para su conservación y prevención ante amenazas naturales y antropogénicos.

Al presentar la postulación a Sitio Patrimonio Mundial a la UNESCO el Estado de Chile se comprometió a cumplir lo estipulado en la Convención sobre la protección del Patrimonio Mundial cultural y natural de 1972, esencialmente los artículos 4° y 5°. Estos artículos comprometen la obligación fundamental de identificar, proteger, conservar, rehabilitar y transmitir a las futuras generaciones este patrimonio (Gobierno de Chile, 2004). Esto demuestra la obligatoriedad de tener un plan de gestión y manejo del sitio. Uno de los aspectos de éste debiera ser la gestión de riesgo de desastres, de este modo se hace deseable la creación de un plan exclusivo para la gestión de desastres como elemento incluido en la gestión y manejo del sitio. Este tipo de plan tiene como base esencial para funcionar, el identificar y evaluar las principales amenazas que puedan resultar en un impacto negativo para el valor patrimonial de una propiedad protegida, así como la pérdida humana y elementos en el Sitio (UNESCO, ICOMOS, 2010) para con esta información plantear acciones y estrategias que reduzcan el riesgo de desastre. A través del presente trabajo, se pretende desarrollar herramientas de recopilación y evaluación de datos basadas en métodos acordes a las características del patrimonio arquitectónico y urbano de la comuna, y que sirvan como base para tomar las mejores decisiones.

El incendio ha sido una preocupación continua en la ciudad, resurgiendo con fuerza en los últimos años, notoriamente en los último reportes entregados a UNESCO sobre la conservación del Sitio Patrimonio Mundial (Gobierno de Chile, 2015) (Gobierno de Chile, 2017). Dado estos antecedentes, y para poder gestionar el riesgo, se requiere, primeramente, conocer y comprender el riesgo en concordancia con la primera prioridad del marco de SENDAI (ONU, 2015). Dado que el riesgo relaciona la amenaza y la vulnerabilidad, ambas deben ser evaluadas para poder obtener una estimación real del riesgo que representa la amenaza incendio para los inmuebles del área histórica de la ciudad.

Las construcciones históricas son muy diferentes de las contemporáneas, ya que están asociadas a una concepción antigua de la ciudad, con materiales y soluciones constructivas distintas. Las calles, las formas de construir, los tipos y usos de los edificios han sido planificadas en su origen para satisfacer las necesidades de la época y muchas veces modificadas con el tiempo para adaptarse a la evolución de la ciudad (Santana, 2007). Dado estos antecedentes, el análisis de riesgo de incendio de zonas históricas tiene que ser un instrumento adecuado, capaz de comprender los problemas provenientes de la génesis de los inmuebles y su evolución.

El caso de Valparaíso es un caso poco estudiado, existe una primera evaluación del riesgo de incendio para producir un mapa de riesgo GIS (Geographic information system), tomando en cuenta 4 factores de vulnerabilidad, lo cual entregó como resultado un mapa de zonas de riesgo de incendio muy preliminar (M. Indirli, 2008). Los cuatro aspectos utilizados fueron accesibilidad vial,

exposición solar por pendiente, densidad de vegetación y densidad urbana. Se analizó toda la comuna, incluyendo Placilla y Curauma, esto puede modificar enormemente los datos estadísticos. Datos como el acceso vial pueden no ser relevantes si se analiza toda la comuna, pero adquieren mayor importancia cuando se está analizando el casco histórico de la ciudad, es por esta razón que esta memoria se enfocara en un área reducida, para caracterizar ese patrimonio en peligro. Además de esta evaluación preliminar existe una tesis presentada recientemente basada en el método FRIM, con un estudio detallado de casos de incendios es un aporte importante al área (Muñoz, 2019).

Dado el poco desarrollo y lo complejo del tema, el presente trabajo se enfoca en la vulnerabilidad estructural de los inmuebles patrimoniales. Para ello, se adaptó los factores de vulnerabilidad en un método de evaluación de riesgo, sin modificar lo relacionado con la amenaza.

El método a utilizar debe ser adaptado para las condiciones particulares del patrimonio a estudiar. El método de evaluación de riesgo de incendio a escoger no solo debe enfocarse en salvaguardar el bienestar de las personas, sino en proteger el inmueble, sus objetos en el interior y el modo de utilización de este (Universiteit Gent, 2003). Los métodos que usan como base la protección de las personas, son menos adecuados ya que tienen por principio sacrificar la edificación a favor de la seguridad de la gente (Universiteit Gent, 2003) (Santana, 2007).

Los métodos existentes para la evaluación del riesgo de incendio están basados en las normas y leyes de los países en el que se aplica y en los que se crearon, siendo relevantes por su utilización las normas ISO de evaluación de riesgo y normas de la comunidad europea (Universiteit Gent, 2003). Existen distintos tipos de métodos para la evaluación de riesgo de incendio y se dividen de forma macro en tres tipos: Los cuantitativos, los semi-cuantitativos y los cualitativos (Han, 2011).

Para el caso de Valparaíso, habrá que adaptar, en primera instancia los métodos a la legislación chilena. La principal ley en el caso de las edificaciones en Chile es la Ley General de Urbanismo y Construcciones (LGUC), apoyado por la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) ambas con párrafos y secciones dedicadas a las medidas de protección en contra de los incendios que deben cumplir las construcciones. Como estas legislaciones son, en general, más nuevas que el año de construcción de los inmuebles a evaluar (1976 y 2009 respectivamente) sus directrices son la línea base de seguridad. La herramienta deberá ajustarse para tener un riesgo bajo si se cumple con la normativa. Además de estas leyes, existen otras que, en conjunto con normativas, modificaran la concepción o parámetros de los factores de vulnerabilidad a utilizar. Por ejemplo: la ley 20.564 (BCN, 2012), que regula el cuerpo de bomberos, o la NCh 691 (SISS, 2015) que norma la red de agua. La necesidad de cumplir con dichas leyes modificará el método de manera de adaptarlo a las formas del país de entender la seguridad contra incendio.

Por último, se debe adaptar el método a las distintos grados de protección patrimonial que puede tener una edificación a analizar, esto en base a la ley de Monumentos Nacionales (Ley N°17.288, 2016), la LGUC y la convención UNESCO de 1972. Estas protecciones tendrán distintas valoraciones en concordancia con la dada por la legislación.

Dado la escasa existencia de herramientas de evaluación para el caso, se crea una herramienta cuyo principal objetivo es sentar las bases de información para evaluaciones más detalladas. Para ello se necesita que el método utilizado pueda funcionar con información fácilmente recopilable, sin necesidad de entrar a edificaciones, con la capacidad de funcionar ante la falta de datos sin perder la coherencia y eficacia de los resultados. Estas condiciones responden al contexto del Sitio y los organismos de gestión asociados. Dadas estas condiciones es que se trabaja con métodos semi-cuantitativos y su adaptación a la realidad de la ciudad y del patrimonio.

## Motivación.

El año 2003 se declara a Valparaíso Patrimonio Mundial, por la UNESCO, por su Valor Universal Excepcional (UNESCO, 2003). Esta declaratoria produce una nueva preocupación y compromisos en la preservación de la riqueza patrimonial de la ciudad, siendo fundamental la gestión del Sitio, para conservarlo y aportar al progreso de la ciudad (Gobierno de Chile, 2004). Uno de los compromisos es crear un plan de gestión y manejo del Sitio, dentro de este plan es recomendado incluir un plan de gestión de riesgo de desastres.

Este plan se debe crear para prevenir y/o reaccionar ante un evento que lleve a una destrucción de patrimonio o un daño mayor a la capacidad monetaria de respuesta del Estado (UNESCO, ICOMOS, 2010). La primera de fase del plan es la prevención; como primer paso dentro de esta fase está el conocer las amenazas existentes en el entorno, la vulnerabilidad de los inmuebles y que riesgo estas amenazas implican (UNESCO, ICOMOS, 2010), de esta manera se pueden tomar medidas para evitar o mitigar el desastre.

El fuego no es nuevo en Valparaíso; la historia de la ciudad está íntimamente ligada a incendios. Es interesante mencionar que un incendio ocurrido en la ciudad, en el año 1850, es el que da origen al actual cuerpo de bomberos (Espinosa, 2013). Desde ese punto, la ciudad ha sufrido centenares de siniestros por el fuego, teniendo su punto más álgido en el incendio de abril de 2014, el evento no afectó directamente la zona declarada Patrimonio Mundial, aun así fue incluido en el reporte anual del estado de conservación de ese año, y en los reportes posteriores es un punto importante de preocupación. (Gobierno de Chile, 2015) (Gobierno de Chile, 2017). En este contexto, se esperaría que la evolución de la ciudad haya sido en base a esta historia, aprendiendo de los errores para evitar nuevos siniestros. Pero la evidencia dice lo contrario, la ciudad da la espalda a su historia y no toma precauciones del caso (Espinosa, 2013).

La amenaza existente y latente de incendio, y el asociado riesgo de destrucción son las que justifican el estudiar qué tan vulnerable es el patrimonio y si el riesgo es relevante. La larga historia de incendios de la ciudad y la cantidad de eventos anuales (Hurtado & Muñoz, 2018), demuestran la necesidad de un plan de gestión de riesgos y para lograr aquello se debe, en primer lugar, evaluar la vulnerabilidad de los elementos ante dicha amenaza.

Para lograr esta evaluación, se necesita una herramienta capaz de proveer información útil y veraz que ayude a determinar el riesgo al que está expuesto el patrimonio arquitectónico de la ciudad, y de este modo poder tomar las decisiones pertinentes para plantear estrategias de reducción de riesgo y evitar nuevas pérdidas de bienes patrimoniales. En ese contexto el objetivo de este trabajo es; adaptar un método existente de evaluación de riesgo de un inmueble frente al incendio, con esto proveer respuesta a la preocupación latente y disminuir el riesgo que significan los incendios para los edificios históricos de la ciudad.

El método escogido permite estudiar individualmente los factores involucrados en la vulnerabilidad, amenaza y por consiguiente el riesgo, de manera de poder predecir el efecto que las acciones a tomar, en relación a cada factor, tendrán en la disminución del riesgo del inmueble al incendio. Esto de modo de proponer una herramienta útil que ayude a prevenir futuros desastres por incendios en la ciudad y a su patrimonio.

## Contribución y alcance del trabajo

Este trabajo pretende contribuir con una herramienta de evaluación del riesgo frente a los incendios de edificios históricos de la ciudad de Valparaíso. Existen diversos métodos de evaluación

de riesgos; en el trabajo se presentan algunos y se escogen 2 para su estudio detallado, uno como base de modificación (FRAME), y el otro como contraparte y aporte en valoración de parámetro e inclusión de variables nuevas.

Para modificar los métodos seleccionados, este trabajo se enfoca en los factores relacionados con la vulnerabilidad y las medidas de protección de los inmuebles, los factores de amenaza se usarán en la evaluación, pero no se modificarán. Se modifican los factores de vulnerabilidad adaptándolos a la idiosincrasia del país, ciudad y del sector patrimonial a estudiar, revisando la legislación local y las características específicas que hacen a las zonas protegidas de la ciudad tan invaluables, demostrado con la declaratoria de Patrimonio Mundial por la UNESCO (2003).

Los factores de vulnerabilidad, como se explicará, son diversos, y cada uno incide en el riesgo de forma distinta. Algunos de estos factores son progresivos y producen un aumento del riesgo con el tiempo, en cambio hay otros factores que están directamente relacionados con las características de los elementos a estudiar. Es por esto que se debe estudiar los distintos factores y adaptarlos a la realidad de los incendios estructurales de la zona patrimonial de Valparaíso. Se debe tener en cuenta dentro de estos factores la propagación del fuego entre estructuras y no solo dentro de la estructura, además de incluir la topografía y las formas constructivas y urbanísticas tan especiales de la ciudad, las cuales influyen en el acceso de los equipos de respuesta. De esta forma la elección y ponderación de los factores a usar será la principal contribución del presente trabajo a la construcción de la herramienta deseada.

Las causas para el inicio del incendio se cubren en los factores de la amenaza, como ya se mencionó estos factores no son objeto de modificación en el presente trabajo. La necesidad de realizar un estudio probabilístico extenso para ponderar correctamente la amenaza es la principal razón de que no se analicen dichos factores.

Esta herramienta, además, pretende ser capaz de evaluar el riesgo de incendio de cualquier inmueble del Área Histórica de Valparaíso, sin que este posea algún tipo de clasificación patrimonial o este en el área de interés. No obstante, para el caso de los inmuebles con valor patrimonial se propuso un “factor de valoración patrimonial” dentro del método, de manera de utilizarlo para analizar cualquier edificación. Este factor quedó incluido en los factores de amenaza por las características del método y es la única modificación en estos factores.

### Objetivo general

El objetivo principal de este trabajo es diseñar una herramienta de evaluación de riesgo de incendio en Valparaíso con foco en las edificaciones patrimoniales. Esto mediante la adaptación del marco conceptual de vulnerabilidad y medidas de protección de un método semi-cualitativo de evaluación de riesgo.

### Objetivos específicos

- Revisar y analizar los métodos de riesgo de incendio existentes y escoger el adecuado para la evaluación del patrimonio cultural de Valparaíso
- Definir y ponderar los factores de vulnerabilidad de los inmuebles del área UNESCO.
- Presentar una herramienta de evaluación de riesgo con una interfaz sencilla, amigable e intuitiva para el usuario que facilite su aplicación.
- Aplicar la herramienta en incendios reales para estudiar su comportamiento.

## Metodología

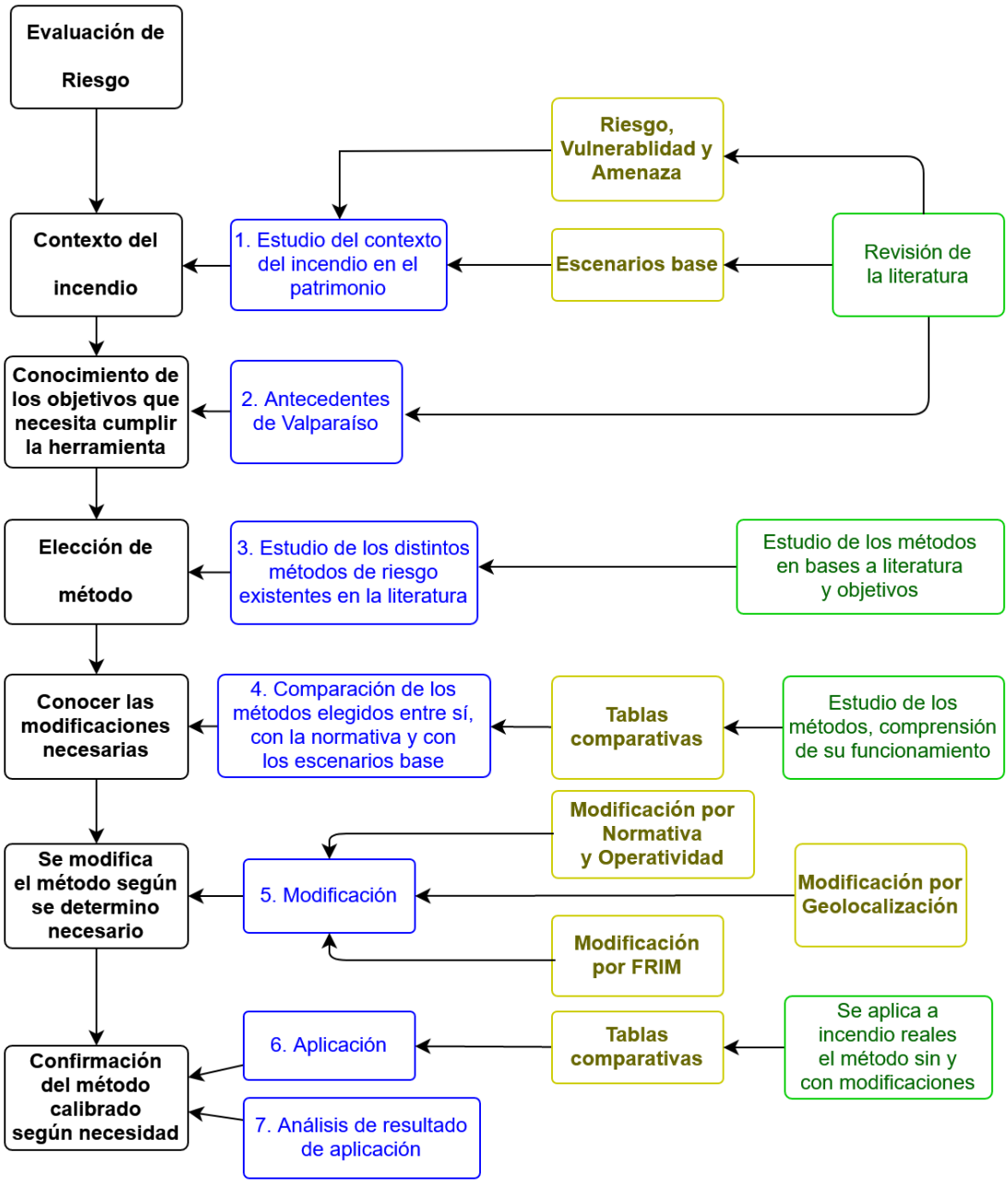



*Figura 1: Diagrama de flujo de la metodología*

# Capítulo II: Marco Teórico

## Vulnerabilidad, Amenaza y Riesgo

Para poder iniciar el análisis del método se necesita en primera instancia la definición de los conceptos de riesgo, amenaza y vulnerabilidad y cómo serán entendidos para el presente trabajo. Estos tres conceptos están intrínsecamente relacionados, y si uno de ellos tiene valor nulo los demás se anulan o pierden su relevancia, usualmente son confundidos y usados indistintamente, demostrando la importancia de una definición clara y precisa.

Partiendo por el concepto de vulnerabilidad, el cual se entenderá como "las características y las circunstancias de una comunidad, sistema o bien que los hacen susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza". (UNISDR, 2009) En otros palabras, la vulnerabilidad depende de las particularidades físicas, económicas, políticas, sociales, estructurales, geográficas, normativas, etc. que son propios del objeto de estudio y determinan si este es dañado o afectado por una amenaza. (Cardona, 2001)

Inicialmente la vulnerabilidad se puede dividir en aquella de carácter técnico y la de carácter social (relacionada con las particularidades económicas, educativas, culturales, ideológicas, etc.) (Cardona, 1991). La vulnerabilidad social es tema de estudio de campos profesionales relacionados con las ciencias sociales, por esto el presente trabajo se enfoca en el carácter técnico de la vulnerabilidad a incendios, lo relacionado a la estructura, el resguardo de la vida humana y su posible destrucción (relacionada con las particularidades físicas, estructurales, geográficas, normativas).

Por otra parte, la amenaza se define como "un fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que pueden ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales" (UNISDR, 2009). Lo anterior se puede traducir como un elemento o factor externo al sistema o sujeto a estudiar que presenta un riesgo o peligro latente, con una probabilidad de exceder un nivel de ocurrencia de un acontecimiento con cierta intensidad, en un sitio específico y durante un tiempo de exposición determinado (Cardona, 2001)

Relacionando la amenaza, asociada a factores externos, y la vulnerabilidad, asociada a factores internos, se obtiene el riesgo. Este se define como "la combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas" (UNISDR, 2009), dicho de otro modo, es el potencial de pérdidas que puede sufrir el sistema o elemento expuesto. Por lo tanto, el riesgo (R) se obtiene de la multiplicación de la amenaza (A) y la vulnerabilidad (V). (Cardona, 2001)

$$R = A * V$$

*Ecuación 1: Ecuación de riesgo*

Teniendo estas tres definiciones claras, se debe tener en cuenta que si no existe amenaza no se puede ser vulnerable a ella, o si no hay elemento a ser vulnerable la amenaza tampoco existe como tal (Cardona, 2001). Por ejemplo, si se quiere analizar el riesgo sísmico de edificaciones, no tiene sentido estudiarlo en Brasil donde no hay sismos (no hay amenaza), o en el medio del desierto de Atacama donde no hay edificaciones propensas a las amenazas (no hay vulnerabilidad).

Por último, se tiene la definición de desastre; esta es definida como una disrupción del funcionamiento de una comunidad o sociedad causando amplias pérdidas de vidas humanas, materiales, de valores patrimoniales, económicas o medio ambientales que exceden la capacidad de la comunidad o sociedad de sobrellevar con sus propios medios (UNESCO, ICOMOS, 2010). Esta definición es relevante porque en base a ella se cuantifica el riesgo, conociendo el escenario de

desastre producido por la amenaza al elemento vulnerable se pueden definir y ponderar la importancia de los factores en la evaluación de riesgo.

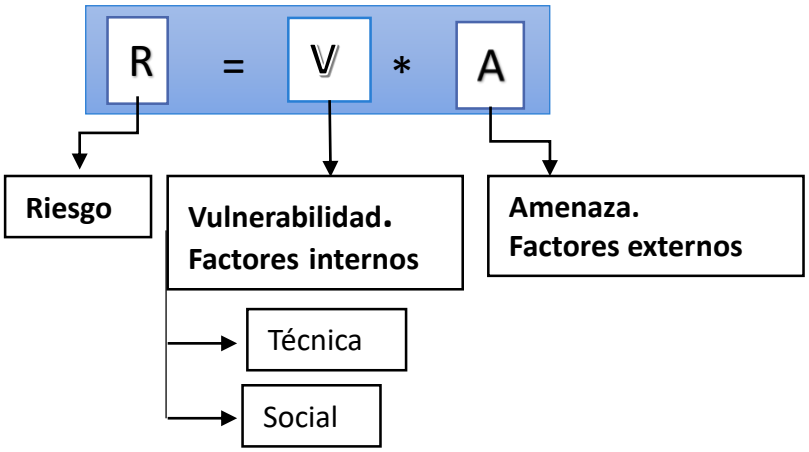



*Figura 2: Diagrama de ecuación de riesgo*

### Cuantificación del Riesgo, Vulnerabilidad y Amenaza

El riesgo, como ya se mencionó, está relacionado con la probabilidad de daño resultado de la ocurrencia de un evento con intensidad mayor o igual "i" (esta intensidad "i" es determinada por forma de medir el riesgo) y, se dimensiona acotando en el tiempo la ocurrencia de un estado de realidad indeseable (Cardona, 2006). Esto produce que tanto la amenaza como la vulnerabilidad también sean cuantificadas en probabilidades, la amenaza como la probabilidad de ocurrencia del evento de intensidad i, y la vulnerabilidad como la probabilidad de ser afectado por un evento.

Cada estado de realidad indeseable configura un escenario con su propia probabilidad de ocurrencia, y es el conjunto de probabilidades de cada escenario que configuran la probabilidad total que representa el riesgo.

No existe hasta el momento una escala absoluta que mida el riesgo, la amenaza o la vulnerabilidad. Las escalas de medición cambian de autor en autor que probabilidad está relacionada a valor de resultado, incluso habiendo escalas relativas entre objetos evaluados (estas escalas determinan entre dos objetos de riesgo cual es más propenso al desastre entre ellos)

## Incendio como Amenaza

Como ya se señaló en la introducción el tema de esta memoria es el incendio y el riesgo que representa éste para el patrimonio arquitectónico. Para ello, primero tenemos que entender cómo se genera un incendio y qué daño puede provocar al patrimonio cultural.

Lo primero que se puede decir de un incendio es que es una amenaza común relacionada con muchas actividades humanas. Para que se origine un incendio se necesitan 3 componentes; combustible, oxígeno y la fuente de ignición (temperatura). La temperatura es fundamental en la ignición, cada tipo de combustible necesita una temperatura específica para que la ignición tenga efecto y para su propagación posteriormente. (Wong, 2010).

Una vez el fuego ha comenzado, se propaga a una cierta velocidad: un incendio de rápida propagación aumenta el riesgo. Si la propagación no se produce, se puede hablar de amago de incendio. El escenario más desfavorable en un incendio es el flashover, producido cuando los gases, la temperatura y el nivel de oxígeno es tal, que todo a su paso es consumido y la velocidad de propagación es incontrolable. (Smet, 2008)

El fuego puede causar daño severo al patrimonio cultural, desde los objetos, las estructuras, los barrios y el paisaje, ya sea de forma directa o indirecta. Las consecuencias posibles de un incendio en un inmueble cualquiera y el daño resultante se listan a continuación (Stovel, 2004):

- Objetos y edificios destruidos total o parcialmente por el fuego.
- Calor, humo y subproductos de la combustión pueden causar daños a elementos estructurales, objetos y pinturas de las superficies.
- Elementos orgánicos como la madera son de alto riesgo, pero también las altas temperaturas asociadas al incendio pueden reducir la capacidad estructural de materiales no orgánicos, como vigas de hormigón y acero, sin que el daño sea visible.
- El daño también puede producirse por la acción del agua u otros agentes de extinción al combatirlo para controlarlo y apagarlo.

## Patrimonio e incendio en la literatura

En la bibliografía estudiada se presenta una clara diferencia entre evaluar el riesgo frente al incendio de una edificación sin interés patrimonial versus una con interés patrimonial (Santana, 2007) (Universiteit Gent, 2003). Esto debido a que las edificaciones patrimoniales poseen objetivos distintos al de un edificio común al momento del trabajo de control y extinción del incendio (como la preservación de la estructura y sus elementos interiores en adición de salvaguardar la vida) y además presentan problemáticas propias para dar cumplimiento a estos objetivos. Dicho de otra manera, en un recinto común, el principal interés es proteger la vida de las personas sin mucha preocupación en evitar daños totales o parciales a la estructura del inmueble, y sus bienes al interior, en cambio para un inmueble patrimonial, la vida de las personas es primaria y secundaria es el salvaguardar dentro de lo posible el inmueble, sus bienes en el interior y su valor a la memoria del sector.

Además de la diferencia entre los objetivos en el trabajo de control del incendio, se tienen dificultades derivados del período de construcción de dichos inmuebles, relacionados con la evolución de las ciudades y su adaptación a nuevas tecnologías (ejemplo: automóviles). Estas dificultades configuran distintos escenarios de probabilidades para cada caso de incendio, algunas configuraciones son inmutables, producto de la temporalidad del inmueble. De esta forma, se realiza una recolección de las distintas configuraciones de variadas zonas patrimoniales en el mundo, según la literatura. Estas características se usarán como línea base en la adaptación del método, además de verificar su existencia en Valparaíso y su zona histórica. Estas características se listan y explican a continuación:

1. Calles estrechas y con pendientes pronunciadas que dificulten el acceso de vehículos de emergencia (M. Indirli, 2008) (SEREX, 2009)
2. Edificaciones adyacentes con paredes compartidas que no poseen las medidas necesarias para evitar la propagación del fuego (Santana, 2007).
3. Edificaciones residenciales o de pequeños empresarios muy pequeñas para justificar un gasto importante en seguridad contra incendio. En el caso de los inmuebles modificados para negocios, puede suceder que no se ajusta su estado de conservación para proporcionar seguridad ante un incendio (Santana, 2007).
4. El abandono o uso informal de los inmuebles (mendigos, subarriendo, hacinamiento) puede provocar un deterioro en el estado de la edificación, teniendo en el caso de uso informal un gran riesgo de incendio, y por el deterioro una fácil propagación.
5. Ampliaciones informales no diseñadas para el riesgo de incendio, que pueden unir dos edificaciones o influir en el muro cortafuegos (Santana, 2007).

6. Sistemas de gas y electricidad antiguos, sin los mantenimientos adecuados o con instalaciones artesanales, estos procuran un aumento en la probabilidad de un inicio de incendio.
7. Insuficiencia en la cantidad de grifos en las zonas o acceso reducido a la red de agua, también se puede dar que la presión no sea la adecuada.
8. El uso de los inmuebles produce deterioro. Este es difícil de reparar debido a altos precios y falta de conocimiento.
9. Falta de educación en el acopio de los materiales inflamables, apilados sin cuidado sobre muros cortafuego, sin limpieza adecuada. El polvo (material particulado) es un favorecedor de la dispersión del fuego (Santana, 2007).
10. Falta de conocimientos básicos para enfrentar de manera adecuada un amago de incendio (Santana, 2007; Han, 2011).

Las características listadas serán la línea base para definir cómo adaptar el método elegido. Para mantener un control de estos se produce la siguiente tabla, la cual se irá utilizando no solo para comparar con los factores que configuran los métodos elegidos, sino con las condiciones específicas del área histórica de Valparaíso.

*Tabla 2: Líneas base de vulnerabilidad de zonas patrimoniales en general*

| *Nº* | *Línea base* | *Sub-base* |
|---|---|---|
| 1 | Calles estrechas y con pendiente | Calles estrechas |
| | | Pendiente |
| 2 | Cortafuego deficientes en edificios adyacentes | - |
| 3 | Cambio uso sin actualizar seguridad | |
| 4 | Abandono o habitantes informales | |
| 5 | Ampliaciones informales | |
| 6 | Antigüedad instalaciones eléctricas y gas | Inst. eléctricas |
| | | Inst. de gas |
| 7 | Difícil acceso a grifos y red de agua | Grifos |
| | | Red de agua |
| 8 | Estado de conservación | |
| 9 | Polvo (material particulado) y acopio de materiales | Polvo |
| | | Acopio materias o basura |
| 10 | Conocimiento e información usuario | Vías de evacuación |
| | | Uso sistema extinción |

# Capítulo III: Valparaíso

Este capítulo presenta los antecedentes considerados relevantes para la comprensión del riesgo de incendio en la ciudad de Valparaíso y su patrimonio. Se presenta concisamente la historia y desarrollo urbano de la ciudad, para comprender su valor patrimonial. También se presenta la demografía actual, y su geografía para continuar con un análisis detallado de la zona UNESCO incluyendo los elementos arquitectónicos y estructurales relevantes. Por último, el capítulo terminará con una explicación acerca de los bomberos de la ciudad y su modo de funcionar ante los incendios para comprender como influyen en el control y extinción de estos.

Valparaíso es una ciudad puerto, con una geografía particular en forma de anfiteatro. La ciudad fue por años el puerto principal de Chile y Latinoamérica, creando una cultura diversa y especial reconocida en la declaración de Patrimonio Mundial por la UNESCO. Esta es un interesante caso de estudio para la amenaza del incendio en el patrimonio, no solo por su valor patrimonial sino por su larga historia con incendios.

## Historia de Valparaíso

La ciudad de Valparaíso se cuenta entre las ciudades más antiguas del país. La bahía fue descubierta en 1536 por el capitán don Juan de Saavedra que acompañaba por mar a Diego de Almagro. En 1559 se erige la primera capilla, en donde actualmente está la Iglesia de La Matriz, iniciando el desarrollo del asentamiento; con casas, bodegas y el Castillo San José en el cerro Cordillera. En esa época, el puerto se encontraba en lo que ahora es la plaza Echaurren (Sánchez, Bosque, & Jiménez, 2009). Al fuerte del cerro Cordillera le siguieron los construidos en los cerros Artillería, Concepción y Barón.

El siglo XIX trajo consigo el esplendor de la ciudad, aumentando su población casi 3 veces en sesenta años. Esto debido a la importancia del puerto en las rutas entre Europa y el océano Pacífico, produciendo con esto que la actividad comercial del puerto sea una de las más importantes del país. Se construyen los almacenes fiscales, la Bolsa de Comercio y se funda en la ciudad uno de los primeros bancos privados de Chile. Los inmigrantes de la segunda mitad del siglo XIX influyen en el cambio visible de la urbe, cambiando el paisaje con barrios nuevos y los nombres de las calles (Sánchez, Bosque, & Jiménez, 2009)

En el final del siglo XIX la ciudad creció hacia los cerros, encaramando las construcciones con soluciones estructurales ingeniosas y creativas, de manera de adaptar los particulares estilos a la pendiente y la orientación al mar. Este desarrollo habitacional en los cerros da lugar a la morfología característica de Valparaíso. Para poder comunicar el plan con los cerros, con pendientes de hasta 63,5°, se construyeron los ascensores (1882 a 1930) (Sánchez, Bosque, & Jiménez, 2009).

El auge económico de la ciudad dura hasta inicios del siglo XX, cuando tres acontecimientos producen un periodo de depresión que no ha sido revertido. El primero de estos hechos es el terremoto de 1906, afectando especialmente al Almendral, luego se abrió el canal de Panamá (1914), que disminuyo el flujo del puerto, y por último la crisis económica de 1929, que movió las industrias a Santiago. Debido a estos acontecimientos, el plan empezó a deshabitarse, con una población cada vez más encaramada en los cerros. De esta manera se puede decir que actualmente los cerros son el área residencial de la ciudad concentrando un 90% de la población (Sánchez, 2012), y el plan el área comercial (Sánchez, Bosque, & Jiménez, 2009).

Fruto de este proceso histórico se configura las características exenciónales de su morfología urbana y arquitectónica reconocidas por la UNESCO en su declaratoria de Patrimonio Mundial. Los

inmuebles, vestigios de esta valoración, provienen de distintas épocas y culturas que habitaron la ciudad. La Tabla 3 demuestra la diversidad de los años de construcción de este patrimonio arquitectónico.

*Tabla 3: Año de construcción de las edificaciones protegidas de Valparaíso (elaboración propia en base a información de patrimoniourbano.cl y CMN)*

| *Años de Construcción* | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tipo de Protección | s/i | Antes 1839 | 1840-1859 | 1860-1879 | 1880-1899 | 1900-1910 | 1920-1939 | 1940-1959 | 1960-1989 | Post 1990 |
| ICH | 10 | 1 | 0 | 9 | 20 | 421 | 344 | 94 | 15 | 1 |
| Monumentos | 0 | 2 | 7 | 5 | 8 | 21 | 4 | 3 | 0 | 1 |

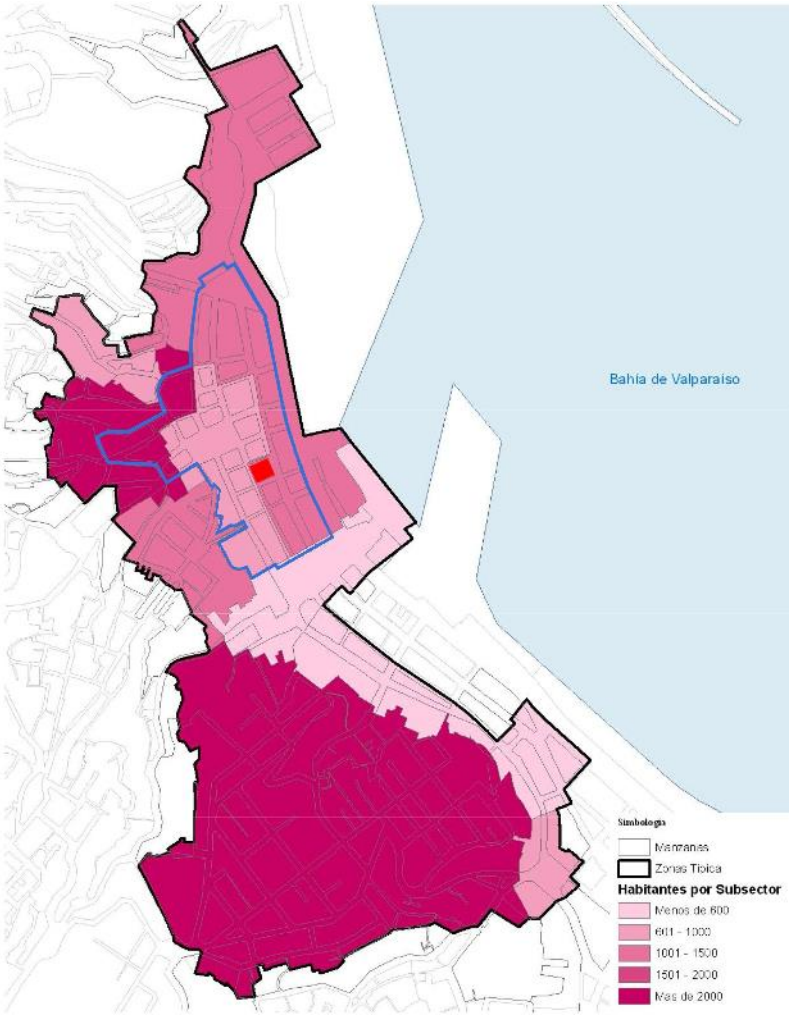



*Figura 3: Densidad poblacional al 2010 en Área histórica de Valparaíso. (Fincheira, 2010)*

## Geografía, demografía

La geografía de la ciudad ha definido su proceso de desarrollo. La morfología especial de su geografía fue modelada por efecto del viento, las aguas lluvias y la densa red de quebradas. La sucesión de alturas, conocidos como cerros, son terrazas costeras con una altura máxima promedio entre 200 a 330 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m). De esta manera, se reconoce que el anfiteatro de la ciudad es un entorno natural formado por una cadena de cerros en dirección norte-sur separados por quebradas de distinta profundidad que envuelven la bahía (Sánchez, 2012).

Las terrazas costeras son zonas de lomajes suaves, interrumpidas por pequeñas quebradas (usadas para comunicar el plan con el cerro). Existen nueve niveles de altura de terrazas que van desde un primer nivel entre 20 a 60 m.s.n.m. hasta alcanzar un máximo de 350 m.s.n.m, con una pendiente del 40% (Sánchez, 2012).

El plan de la ciudad era angosto en su inicio. El desarrollo urbano está marcado por la batalla constante por agrandar la superficie plana, a través de rellenos para lograr la retirada del océano y escarpes para quitarle terreno a los cerros. (Gobierno de Chile, 2004)

El otro proceso en este desarrollo es el poblamiento y densificación de los cerros, que gracias a sus pendientes abruptas dieron origen al entramado urbano único con una arquitectura que se adaptó a estos problemas. (Gobierno de Chile, 2004)

Demográficamente, la comuna de Valparaíso tiene una población actual de 296.655 personas, según el Censo de 2017 (INE, 2018), con la zona más residencial en los cerros y el nuevo sector de Curauma y dejando el plan para la actividad económica en donde destaca la actividad del puerto. En la Tabla 4 se observa la evolución poblacional y habitacional de la comuna. Se observa un aumento significativo en la vivienda en general y en la vivienda abandonada en particular, produciendo esta última un foco de preocupación en cuanto al incendio. Además en la Figura 3 se observa que en el área histórica la mayor densidad de población está en los cerros.

*Tabla 4: Datos censales de población de Comuna de Valparaíso (INE, 2018) (INE, 2003)*

| *Variable* | | | *1992* | *2002* | *2017* |
|---|---|---|---|---|---|
| Población | | | 282.840 | 275.982 | 296.655 |
| Viviendas (Total) | | | 73.425 | 81.083 | 117.196 |
| Viv. | Personas presentes | - | 70.953 | 75.207 | 97.809 |
| Viv. | Personas ausentes | - | 726 | 1.364 | 5.344 |
| Viv. | Desocupadas | Venta/arriendo | 1.746 | 4.512 | 7.881 |
| Viv. | Desocupadas | Abandonadas | | | 5.751 |

## Patrimonio Mundial, Sitio UNESCO

Como ya se ha mencionado, el año 2003 se declaró una zona de la ciudad de Valparaíso como Patrimonio Mundial, bajo el criterio de Valor Universal Excepcional (UNESCO, 2003), esto en concordancia a la Convención de Patrimonio Mundial Cultural y Natural de UNESCO en 1972 ratificado en Chile en 1980. (Consejo de Monumentos Nacionales, 2004).

El sector postulado y declarado tiene un carácter marítimo-portuario cuyo trazado y arquitectura responden a la necesidad de adaptarse a un medio geográfico y topográfico particular (descrito en la sección anterior). Fue tan importante estas condiciones geográficas que la adaptación de las formas construidas dio lugar a un resultado original y singular. (Consejo de Monumentos Nacionales, 2004)

El Sitio UNESCO cuenta con dos zonas demarcadas, la zona de amortiguación y la de Patrimonio Mundial. Para formar este sector y asegurar su resguardo de forma legal, se juntaron 4 zonas típicas, y se crearon 5 más para la postulación creando el Área Histórica de Valparaíso (AHV) (Figura 4). La denominación de zona típica les da un resguardo legal según nuestro sistema legislativo. Estas zonas típicas son las siguientes (Consejo de Monumentos Nacionales, 2004) (Para sus características ira al Anexo 5: Otros datos de Valparaíso):

- Originales:
    1. Entorno La Matriz (1971)
    2. Plaza Sotomayor (1979)
    3. Cerro Alegre y Concepción (1979)
    4. Plaza Aníbal Pinto (1976)
- Creadas para postulación: (2001)
    1. Quebrada Márquez
    2. Plaza Echaurren – Calle Serrano
    3. Sector Bancario de calle Prat
    4. Cerro Cordillera
    5. Pasaje Ross

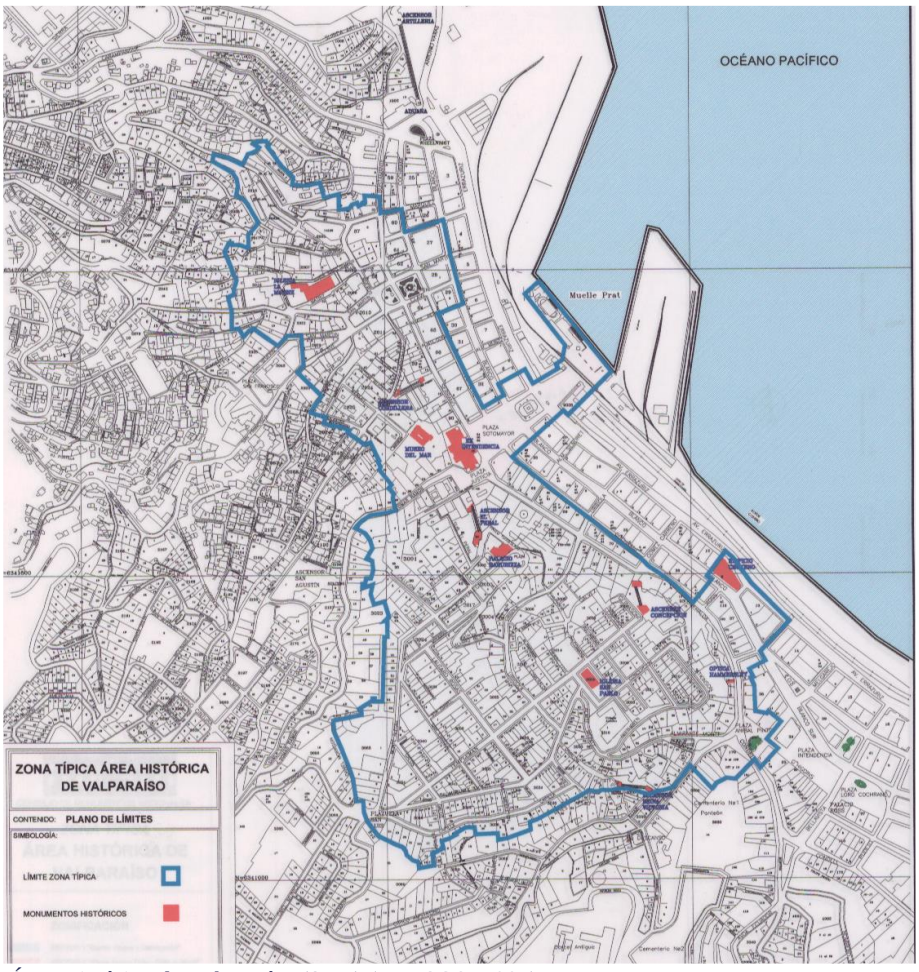



*Figura 4: Área Histórica de Valparaíso (AHV) (UNESCO, 2003)*

La zona de Patrimonio Mundial del Sitio UNESCO quedó conformada por varias zonas típicas, dejando partes de ellas (o todas como el caso de las zonas de Pasaje Ross y Aníbal Pinto) incluidas en la zona de amortiguación, ya que esta es ligeramente más grande que el Área Histórica de Valparaíso (AHV) (Figura 5).

*Figura 5: Sitio Patrimonio Mundial UNESCO (Salazar S, 2014)*

## Trama urbana, arquitectura y estructura característica del Sitio UNESCO

Valparaíso es una ciudad marítimo-portuaria que aplica modelos europeos y norteamericanos en su arquitectura y urbanismo, que dan lugar a formas constructivas singulares y únicas dada las condiciones geográficas y del medio. (Consejo de Monumentos Nacionales, 2004)

Las ciudades de origen colonial que alcanzaron su configuración actual en el siglo XIX no reformularon radicalmente los modelos europeos, en ese sentido, Valparaíso presenta una excepción, dado que no pudo ceñirse a los parámetros impuestos por España para sus colonias. Alcanzando su apogeo con los paradigmas urbanos y arquitectónicos del siglo XIX adaptándolos al medio obteniendo así su originalidad y su carácter de Patrimonio Mundial (Consejo de Monumentos Nacionales, 2004)

La trama urbana del área histórica muestra que la ciudad posee una identidad arquitectónica heterogénea, dada por la influencia multicultural de su situación de puerto. Las distintas comunidades se agruparon en diferentes puntos de la ciudad (usualmente un cerro), llevando sus modos constructivos a los barrios en donde se instalaron (Ferrada & Jiménez, 2006). La interacción cerro-plan, y la necesidad de adaptar los sistemas constructivos crean una arquitectura en pendiente única.

La trama urbana de los cerros es espontánea e irregular, guiando la lógica del trazado por los cambios de pendiente y la posibilidad de ocupación más que por una lógica geométrica, utilizando los materiales disponibles en el Chile de esos años. (Jimenez, 2014).

Dentro de esta lógica irregular, se mantiene en el trazado las fachadas continuas, aun con cambios de cotas y la sinuosidad del terreno. Las casas se ajustan a estas condiciones, dando forma a los pasajes, y calles estrechas, a las casas que miran los techos de los vecinos y a la predilección en los cerros por estructuras de baja altura en madera. En el trazado de la ciudad, las calles se terminan abruptamente o bajan al plan, estas interrupciones de las calles más irregulares y la diferencia en los niveles, crea los espacios multifacéticos que llaman tanto la atención (UNESCO, Historic Quarter of the Seaport City of Valparaíso, 2003). Durante el desarrollo de la ciudad la tendencia ha sido la adaptación tecnológica-constructiva, manteniendo la vinculación con el medio y el paisaje cultural de esta. (Ferrada & Jiménez, 2006)

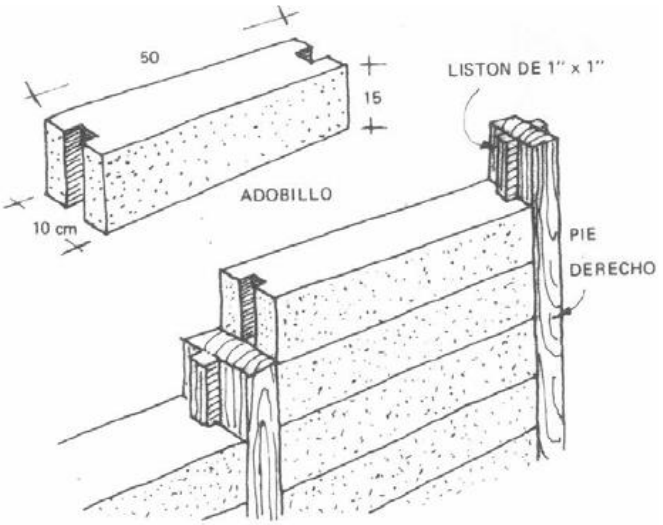



*Figura 6:Diagrama de entramado de madera relleno con adibillo (Bier, 2012)*

El paisaje actual, que nace en el siglo XIX, incorpora tipologías de edificios, no solo para vivienda, que dado la multiculturalidad presente en la época se plantea como una arquitectura de raíz historicista-ecléctica, para luego pasar al racionalismo en el puerto y la arquitectura moderna de fines de la década de 1930. El romanticismo europeo es la clave estético-mental que da origen al desarrollo del historicismo ya mencionado. (Ferrada, M; Jimenéz, C, 2006)

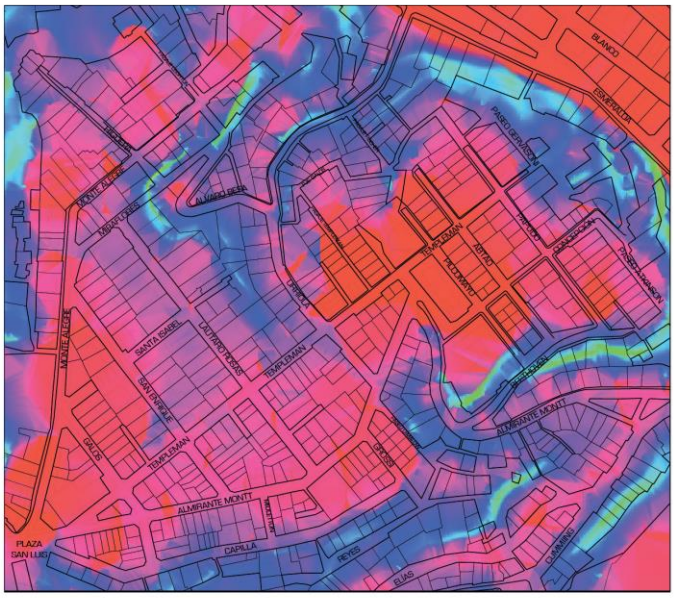



*Figura 7: Diagrama de pendientes de Cerros Alegre y Concepción (Jimenez, 2014)*

El terremoto de 1906 significo una reestructuración de la forma constructiva, algunas formas de construcción se abandonan y otras se perfeccionan. Nuevas materialidades y tecnologías surgen, en especial las primeras técnicas sismo resistentes (sistemas mixtos, tabiquerías de madera, albañilerías con refuerzo metálico y primeros intentos de hormigones con refuerzos metálicos).

Inicialmente la construcción predominante era la albañilería de adobe macizo que, debido al terremoto de 1906, derivó en la albañilería de ladrillo de cerámica. Los ladrillos empezaron a ser utilizados principalmente en primeros pisos y como cortafuegos, continuando con el uso en pisos superiores del entramado de madera relleno de adobillo (Figura 6). La incorporación de los refuerzos metálicos fue paulatina después del terremoto y en forma de perfiles tipo riel, luego se usaron con el hormigón hasta evolucionar al hormigón armado conocido hoy en día. (Ferrada, M; Jimenéz, C, 2006)

Las nuevas formas constructivas permitieron el desarrollo de edificaciones de carácter monumental tipo "Edificio Manzana" en el plan y edificaciones de forma compacta y continua, con una altura base de entre 3 a 4 pisos (9 a 12 metros) en los cerros. (Ferrada & Jiménez, 2006). En este último, además, se encuentran distintas soluciones a la pendiente como el voladizo o la construcción en pilares cuando escasea el terreno, en otros casos se logra la horizontalidad por desmonte, relleno o construcción de un zócalo. (Consejo de Monumentos Nacionales, 2004). En la Figura 7 se observa la dispersión de la pendiente en una zona del área histórica que justifica estas soluciones.

Estructuralmente la madera es predominante, especialmente en ladera y cerros, comúnmente revestida de planchas metálicas usualmente acanaladas. Como elemento resistente al fuego, la madera tiene una baja resistencia, desde F-15 a F-60 (NCh 935/1-97) (INN, 1997) dependiendo del grosor del pilar (Ávila Valenzuela & Contreras Darvas, 2010). Las construcciones históricas usaron como cortafuego el ladrillo artesanal de cerámica que tiene una resistencia F-120. Por su parte el adobillo puede llegar a tener una resistencia al fuego de F-180 sin revestimiento, y de F-210 con estuco siendo el material de mejor resistencia (Ávila Valenzuela & Contreras Darvas, 2010).

*Tabla 5: Resistencia al fuego de los materiales más comunes de los edificios patrimoniales. (Ávila Valenzuela & Contreras Darvas, 2010)*

| Grosor (mm)/ Material | 20 | 45 | 90 | 140 | 160 | 190 | 200 | 250 | 300 | 350 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Albañilería de adobe sin revestimiento | | | | | | | F - 90 | F -120 | F -150 | F -180 |
| Albañilería de adobe con estuco en ambas caras | | | | | | | F -120 | F -150 | F -180 | F -210 |
| Pilares de madera | | F-15 | F-30 | | F-60 | | | | | |
| Paneles macizos de madera | F–15 | F- 30 | F–60 | F-90 | | F-120 | | | | |
| Albañilería de ladrillo de cerámica | | | | F-120 | | | | | | |

## Resumen

- Tipologías ecléctica e historicista
- Fachada continua
- Solución variada a pendientes, quebradas, laderas
- Altura variable entre 9 y 12 metros
- Cortafuegos de albañilería de ladrillo
- Sistemas constructivos:
    - Entramado de madera rellena de adobillo
    - Albañilería de ladrillo artesanal con mortero de cal
    - Hormigón con perfil metálico
    - Entramado de madera con revestimiento de planchas metálicas.
    - Vigas de acero tipo riel

## Otros antecedentes de Valparaíso

Entre los otros antecedentes importantes para la evaluación de riesgo de incendio de la ciudad se encuentra la accesibilidad para los equipos que combaten el incendio. Ésta afecta la capacidad de un carro de bomberos para llegar rápidamente al lugar afectado. La accesibilidad se puede definir en base a las dimensiones establecidas en la ley general de urbanismo y construcción (LGUC), donde las calles locales tiene que tener un mínimo de 7 metros y los pasajes 3 metros (LGUC, 1976). De este modo, se tiene las siguientes clasificaciones, expuestas en el mapa (Figura 8**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) y con su simbología en la Tabla 6 (M. Indirli, 2008):

*Tabla 6: Clasificación anchos calles y pasajes*

| Ancho de las calles y color correspondiente | | |
|---|---|---|
| Ancho < 3 m | 3 m < ancho < 7 m | Ancho > 7 m |
| Rojo | Verde | Azul |

*Figura 8: Mapa de ancho de calles en Zona Histórica (M. Indirli, 2008)*

Se puede observar en el mapa, Figura 8, que las calles con medidas menores tienen una gran presencia en el área UNESCO, demostrando su relevancia en la evaluación de riesgo. Un ejemplo de cómo es a accesibilidad se observa en la Figura 9, fotografía 1, donde se tiene el pasaje Templeman de 2 metros de calzada con 1 metro de vereda imposibilitando las entrada para un carro de bomberos. Este pasaje está a nivel calle, a diferencia del pasaje Gálvez (Figura 9, fotografía 2), que tiene solo acceso a través de escaleras.

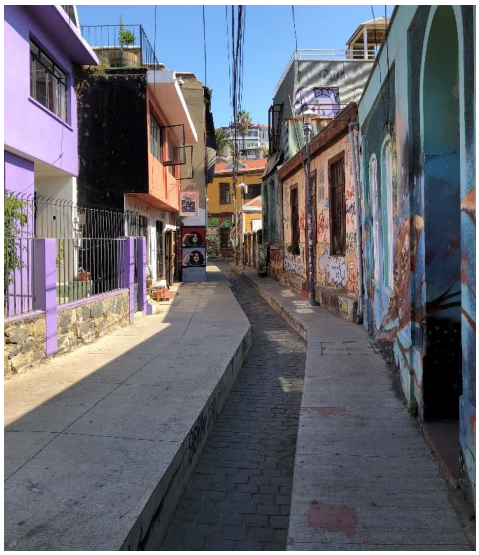


*Figura 9: Fotografía entrada pasaje Templeman (Fotografía propia) y paseo Gálvez (Fotografía propia) en cerro Concepción.*

Por último, se tiene el antecedente del cambio de uso de las edificaciones producto del auge turístico provocado por la declaratoria de la UNESCO, y los programas para revalorización del patrimonio. Se ha producido un despoblamiento de estos sectores privilegiando la aparición de hoteles y comercio, cambiando el uso de las edificaciones originales. La tendencia de este cambio se observa en la Tabla 7

*Tabla 7: Cambio uso de suelo en cerros Alegre y Concepción (Vergara-Constela & Casellas, 2016)*

| *Tipo de uso* | *2001* | *2011* | *% Variación* |
|---|---|---|---|
| Oficina | 4% | 1% | -3 |
| Educación | 2% | 1% | -1 |
| Habitacional | 87% | 72% | -15 |
| Hospedaje (Hotel, motel, hostel, B&B, apart hotel) | 0% | 7% | 7 |
| Almacenaje | 0% | 0% | 0 |
| Otros (deporte, administración, sitio eriazo, salud) | 1% | 3% | 1 |
| Culto | 1% | 1% | 0 |
| Usos Mixtos (hotel + comercio) | 0% | 3% | 3 |
| Comercio (Bares, restaurants, comercio minorista, galerías) | 2% | 11% | 9 |
| Estacionamiento | 2% | 1% | -1 |

El cambio de uso de los inmuebles es importante para el riesgo de incendio por el estado de conservación de los inmuebles, en especial por los sistemas eléctricos y su necesidad de modernización y mantención de estos.

## Bomberos

Los bomberos son fundamentales en el combate de incendios y es imprescindible su inclusión en la evaluación de riesgo, sin el trabajo de control y extinción de incendios la vulnerabilidad de los inmuebles se dispara, haciendo necesaria la comprensión de su trabajo para introducir su funcionamiento en la herramienta a modificar. Actualmente la comuna cuenta con 16 compañías, de las cuales 13 están en la ciudad de Valparaíso (la 13° está en Placilla, la 15° en Rodelillo y la 16° en Laguna Verde) (Cuerpo de bomberos Valparaíso, 2018) (Para detalles de cada compañía Anexo 3: Bomberos)

Las compañías tienen especialización y sub-especialización, la especialización ha sido históricamente agua o escala, agua son aquellas compañías que se encargan de apagar un incendio, en cambio, escala son las especialistas en el rescate de las personas durante un incendio. Las sub-especializaciones son actualmente forestal, rescate o hazmat, las cuales son ajenas al hecho que la función principal del bombero es combatir el fuego y surgen cuando se les agregó responsabilidades en otro tipo de emergencias (Tapia V., 2008). No existe especialidad en combate de incendios en inmuebles patrimoniales aun cuando existe personal capacitado y protocolos instalados en museos para combatir este tipo de emergencias.

En cuanto a las personas que componen una compañía se distinguen 3 tipos; los voluntarios activos, los voluntarios honorarios y el personal remunerado. El primero de estos, es el bombero que asiste directamente a las emergencias y dependen del Capitán. Los honorarios son aquellos que ya se retiraron del servicio activo, son honorarios los mandos administrativos y el capitán. Por último, están el personal remunerado, usualmente solo es el cuartelero, que está a cargo del aseo, mantenimiento del cuartel y maneja el carro principal. En algunas compañías tienen además un maquinista remunerado (Tapia V., 2008).

### Protocolo en la atención de emergencias en la ciudad de Valparaíso:

Cuando se produce una emergencia, la llamada de los afectados es recibida en la Central de Alarmas, perteneciente al Cuerpo de Bomberos, la llamada se registra y mediante planos especiales ubican el lugar y determinan que compañías responderán. Se produce el despacho, usualmente por sistema de radio, el cual activa en los cuarteles correspondientes sistemas de altoparlantes que difunden los datos del despacho (Tapia V., 2008).

Si hay voluntarios, estos se preparan y sale el cuartelero con el primer carro y los voluntarios disponibles (si no hay voluntarios presentes, sale igual y ellos se dirigen directo a la emergencia sabiendo que el carro lleva el equipo de seguridad necesario), este carro sale menos de 60 segundos después de recibir el despacho. Si la emergencia es de noche, en las compañías existe la guardia nocturna, en ella los voluntarios duermen en el cuartel con el equipo preparado para salir (Tapia V., 2008).

El promedio de respuesta ideal es de 5 minutos, pero con congestión se puede demorar hasta 7 minutos. Una vez llega el primer carro al lugar, entrega, por medio de la radio a la central, un preinforme detallando lo que ve y que recursos son necesarios movilizar. Se puede llamar a más unidades, compañías o apoyo de cuerpos de bomberos vecinos. La central también coordinará la comunicación con las demás instituciones de emergencia que deben participar (Carabineros, CONAF, salud, municipalidad, empresas de servicios básicos, etc.) (Tapia V., 2008) No existe protocolo especial para la Sitio de Patrimonio Mundial.

Las prioridades de un incendio u otro siniestro son 3 y se desarrollan en fase y el siguiente orden de importancia:

1. Rescate: Salvar vidas es siempre la primera prioridad, para ello se deben ubicar las personas en riesgo y trasladarlas a un lugar seguro.
2. Control: Después de asegurar a las personas, se debe controlar la propagación. Esto implica que en un incendio se va a usar recursos en proteger otras construcciones en lugar de apagar el fuego. Cuando se logra confinar el problema, recién se puede pensar en la extinción de este.
3. Reducción de pérdidas: la tercera prioridad o fase es no aumentar los daños, incluyendo proteger los bienes del efecto del trabajo de los mismos bomberos.

## Comparación de Valparaíso con línea base

Para poder entender como inciden todos los antecedentes estudiados en este capítulo se compararán con los escenarios base definidos en el Capítulo II: Marco Teórico y mostrados en la Tabla 2.

*Tabla 8: Comparación de antecedentes de Valparaíso con línea base de vulnerabilidad*

| *Línea base de vulnerabilidad de zonas patrimoniales arquitectónicas en general (Tabla 2)* | | | *Existe en el AHV* | *Justificación* |
|---|---|---|---|---|
| *Nº* | *Línea base* | *Sub-base* | | |
| 1 | Calles estrechas y con pendiente | Calles estrechas | SI | Se observa en la Figura 8 Varios pasajes y calles de la zona histórica tienen anchos menores a 3 metros |
| | | Pendiente | SI | La Figura 7 muestra la existencia de una pendiente importante en la zona de los cerros de la zona histórica |
| 2 | Cortafuego deficientes en edificios adyacentes | | SI | La Tabla 3: Año de construcción de las edificaciones protegidas de Valparaíso (elaboración propia en base a información de patrimoniourbano.cl y CMN)muestra que el patrimonio de la ciudad es mayoritariamente de los años 1900 a 1939, cuando se usaba como cortafuego muros de albañilería de ladrillo con resistencia F-120 (Tabla 5: Resistencia al fuego de los materiales más comunes de los edificios patrimoniales. , lo mínimo pedido por la LGUC (LGUC, 1976) |
| 3 | Cambio uso sin actualizar seguridad | | ¿? | Según lo expuesto en la Tabla 7: Cambio uso de suelo en cerros Alegre y Concepción existe una predominancia a cambiar el uso de las edificaciones a un uso más comercial, por las patentes a obtener se asume que se actualizan los sistemas, aun así, se tomará el caso más desfavorable para la evaluación |
| 4 | Abandono o habitantes informales | | SI | En la Tabla 4: Datos censales de población de Comuna de Valparaíso de los datos censales se ve un aumento en las edificaciones abandonadas, además en la Figura 3 se observa que la zona puerto tiene baja densidad poblacional, de esta manera se puede concluir que en el área histórica existe esta problemática. |
| 5 | Ampliaciones informales | | ¿? | No hay datos estadísticos sobre el tema, pero dado la legislación que protege el patrimonio no permite cambios sin permisos se estima que no existe, por lo tanto no se usará este escenario. |
| 6 | Antigüedad instalaciones eléctricas y gas | Inst. eléctricas | SI | Dada la antigüedad de la ciudad y sus edificaciones (Tabla 3), además de la falta de obligatoriedad en la mantención de los servicios se considera que es un tema a tener en cuenta. |
| | | Inst. de gas | SI | |
| 7 | Difícil acceso a grifos y red de agua | Grifos | SI | Existe una red de grifos y agua monitoreada por bomberos, estas no siempre son de fácil acceso, especialmente en los cerros y pasajes del área histórica. |
| | | Red de agua | SI | |
| 8 | Estado de conservación | | SI | Se puede observar en los año de construcción de los ICH y monumentos (Tabla 3: Año de construcción de las edificaciones protegidas de Valparaíso (elaboración propia en base a información de patrimoniourbano.cl y CMN)) muchas edificaciones antiguas que no necesariamente han sido renovadas y mantenidas en estado óptimo, dado que no existe normativa que obligue a ello para la casa-habitación. |
| 9 | Polvo (material particulado) y acopio de materiales | Polvo | ¿?SI | Relacionado con las edificaciones abandonadas y la contaminación (material particulado), ya se estableció que existe abandono de inmuebles en el área, pero no hay estudio exacto de la presencia de polvo en la comuna aun cuando hay |

| *Línea base de vulnerabilidad de zonas patrimoniales arquitectónicas en general (Tabla 2)* | | | *Existe en el AHV* | *Justificación* |
|---|---|---|---|---|
| *Nº* | *Línea base* | *Sub-base* | | |
| | | | | niveles altos en comunas aledañas (Min. del Medio Ambiente, 2015) pudiendo estimar su existencia. |
| | | Acopio materias o basura | NO | Aunque existe acopio en el puerto, estos predios no se encuentran en el área histórica de Valparaíso. |
| 10 | Conocimiento e información usuario | Vías evacuación | ¿? | No hay programas de prevención ni otro tipo de sistema para que los habitantes conozcan cómo usar las medidas de seguridad, dado esto se considera nulo el conocimiento de los usuarios. |
| | | Sistemas de extinción | ¿? | |
| 11 | Valor patrimonial | Individual | SI | Dado el catastro de inmuebles patrimoniales y la declaración UNESCO es necesario. Se usa las normativas vigentes para clasificarlo |
| | | Conjunto | SI | |

# Capítulo IV: Métodos de evaluación de riesgo.

## Introducción a los métodos de evaluación de riesgo.

Los métodos de evaluación de riesgo de incendio de edificios son variados, para comenzar existen 3 tipos de métodos: los cualitativos, los semi-cuantitativos y los cuantitativos.

Los métodos cualitativos son simples de utilizar, con una revisión de cumplimiento de objetivos, obteniendo una visión macro de qué aporta al riesgo y qué lo disminuye. Son fáciles de utilizar, pero no son capaces de cuantificar el riesgo, mostrando poca precisión en su evaluación. (Han, 2011). En perspectiva los métodos cualitativos solo informan de una manera general los escenarios más riesgosos (Han, 2011). Dentro de los métodos cualitativos se encuentran los métodos de “checklist”, que revisan en base a las regulaciones actuales el estado del inmueble (Universiteit Gent, 2003) y los métodos de narrativas, que describen de manera general los eventos más riesgosos (Han, 2011). Esto presenta un problema a la hora del análisis en patrimonio ya que no puede cubrir todos los casos posibles, ni los problemas como los listados anteriormente (Tabla 2), además de que la regulación muchas veces no fue aplicada adecuadamente (Santana, 2007).

Los métodos semi-cuantitativos pueden crear un análisis simple que cuantifica relativamente bien el riesgo de incendio incluso en casos de información incompleta (Han, 2011). Los más reconocidos son los métodos de ranking, estos poseen la virtud de remover casi la totalidad de la responsabilidad de los resultados del usuario del método al creador del mismo, pero el usuario sigue responsabilizándose de la recolección y veracidad de la información (Universiteit Gent, 2003). Estos tipos de análisis son simples y con una relación de costo-efectividad alta, además por su estructuración se simplifica la comprensión de los riesgos para una persona no involucrada en el tema, haciendo más fácil la implementación de nuevos sistemas de seguridad (Universiteit Gent, 2003).

Los métodos cuantitativos son un instrumento, que utilizan sistemas de escenarios y eso los hace adaptables a los casos a estudiar, pero necesita implementación por parte de personas expertas (Universiteit Gent, 2003). Son métodos que requieren una gran cantidad de información, ya que trabajan con probabilidades de ocurrencia, y un gran poder computacional para poder evaluar con mayor exactitud el riesgo de incendio, sus resultados son usualmente más precisos y efectivos a la hora de tomar decisiones para mejorar la seguridad ante un incendio (LO, 1999). Estos sistemas son modelos que trabajan con escenarios dentro de las edificaciones, pueden ser costosos y para su óptima efectividad se necesita recopilar gran cantidad de información, esto presenta un problema para el caso actual por la poca información disponible, y la dificultad de conseguir información para zonas

patrimoniales por la inexistencia de planimetría y detalles técnicos originales y la necesidad de levantar informaciones del entorno (Santana, 2007) (LO, 1999).

Los métodos cuantitativos más comunes son los árboles de decisión, teniendo para cada rama un escenario distinto con sus probabilidades, se pueden tener árboles de decisión enfocados en distintos puntos, como la evacuación de las personas, el avance del fuego, el avance del humo, etc. (Universiteit Gent, 2003). Estos árboles (Figura 10) son diagramas lógicos que pueden ilustrar la secuencia desde la ignición, el desarrollo del fuego y su control. Se pueden incluir todos los casos pertinentes y necesarios para la edificación estudiada y producir un análisis de costos en cuanto a la mejora de seguridad o pérdida del inmueble (Universiteit Gent, 2003).

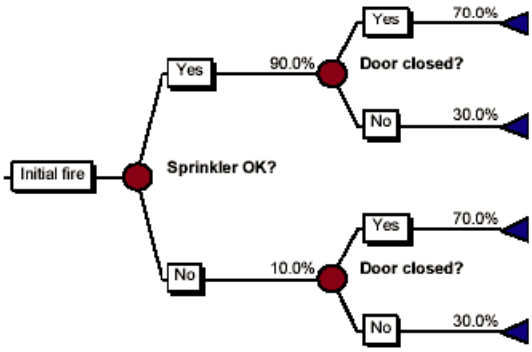



*Figura 10: Árbol de eventos usados en métodos cuantitativos (Smet, 2008)*

## Métodos semi-cuantitativos:

¿Por qué trabajar con métodos semi-cuantitativos en lugar de métodos cuantitativos?

Como ya se comentó en el apartado anterior, para calibrar y modificar un método cuantitativo es necesario gran cantidad de estadísticas sobre la zona a trabajar para calcular correctamente las probabilidades, para luego ingresar toda la información del caso y obtener resultados confiables. Esto complica su implementación en cuanto a los inmuebles patrimoniales en general y a la ciudad de Valparaíso en particular dado que existen un gran vacío de información.

Es por esta razón que se prefieren métodos semi-cuantitativos, ya que pueden funcionar con información estandarizada para una zona y no particular de un inmueble, y si están bien calibrados darán resultados lo suficientemente precisos para el cumplimiento de los objetivos del presente trabajo.

En general, estos métodos tienen una cuantificación previa de los factores que influyen en el incendio, es el trabajo del creador identificar todos los factores (positivos y negativos), y asignarles un valor para su importancia. Este valor está basado en la experiencia y conocimiento de grupos de expertos en un periodo largo de tiempo. Luego el valor asignado es operado por una combinación de funciones aritméticas para llegar a un solo índice de riesgo. Este índice puede ser de carácter absoluto o comparativo, según el método a usar y la finalidad de la implementación del mismo (Han, 2011) (Universiteit Gent, 2003).

Para la evaluación se necesita un método que tenga un enfoque tanto en la vida de las personas como en el inmueble o se puede adaptar a ello y que el costo de operación sea eficiente y sin costos mayores. Dado esto, métodos como XPS Fire, el cual requiere de compra de licencia (Universiteit Gent, 2003), el método de valor de riesgo, que solo da un valor de riesgo alto, medio, bajo sin entrar a mayor análisis (Universiteit Gent, 2003) y DOW Fire e índice de explosiones, que trata riesgo

relacionados con sistemas industriales (Universiteit Gent, 2003), no son adecuados para el análisis en inmuebles patrimonio.

De los otros métodos existentes se pueden nombrar FSES, CPES, la aproximación jerárquica, el FRIM, SIA81 o Gretener y FRAME.

*El método FSES* (Fire Safety Evaluation System) fue desarrollado en Estados Unidos para determinar la equivalencia entre los requeridos por el NFPA 101: Life Safety Code (NFPA, 2018) en instituciones y otros inmuebles. Este método trata el riego y la seguridad de forma separada. Tiene un enfoque claro en salvaguardar la vida, funciona con un peso dado a 13 factores de seguridad y 5 factores de riesgo, este peso es asignado por un panel de expertos al evaluar un caso específico.

Luego los mismos expertos diseñan 3 estrategias de seguridad, se decide qué factores de seguridad aplican para cada estrategia, se suman y comparan con un mínimo preestablecido. La suma de los 3 valores es el nivel de seguridad. Es comparado con el nivel de riesgo, este se calculó multiplicando el peso de los factores con el valor asignado a cada uno por los expertos (Universiteit Gent, 2003).

*El CPES* (Specific Commercial Property Evaluation Schedule) es un método comúnmente usado por las aseguradoras. El riesgo se calcula como el producto de los cargos de ocupación del edificio (peso del modo de uso del inmueble) con los modificadores de riesgo del edificio. Los factores en este caso son generalmente el resultado de la experiencia de pérdida de las aseguradoras. Este método tiene la facultad de calcular el costo de los seguros contra-incendio para el inmueble (Universiteit Gent, 2003).

*La Aproximación Jerárquica* funciona con 5 niveles de jerarquía (norma, objetivos, estrategias, parámetros y elementos a medir), en donde en cada nivel se especifican los parámetros que inciden en ellos. Para obtener el peso de los parámetros se utiliza la técnica de Delphi. Esta técnica consiste en crear un panel de expertos que asigna peso a los parámetros, para luego recibir el feedback en forma de la respuesta promedio, se continúa evaluando hasta conseguir consenso (Universiteit Gent, 2003). Obtenido los pesos de los parámetros se realizan multiplicaciones entre los elementos de las jerarquías para obtener el índice de riesgo. Los niveles de la jerarquía son los mostrados a continuación (Universiteit Gent, 2003).

*Tabla 9: Niveles de jerarquía de decisión en incendios (Universiteit Gent, 2003)*

| *Nivel* | *Nombre* | *Descripción* | *Ejemplo* |
|---|---|---|---|
| 1 | Política | Curso o plan general de acción adoptado por una organización para conseguir seguridad contra incendio y sus efectos | |
| 2 | Objetivos | Logros específicos por cumplir | Protección de vida |
| 3 | Estrategias | Alternativas independientes de seguridad, cada una contribuyendo total o parcialmente a el cumplimiento de los objetivos | Proveer la salida segura |
| 4 | Parámetros | Componentes de riesgo que son determinables directa o indirectamente por medidas o estimativos. | Sistema de detectores |
| 5 | Lista de elementos | Elementos medibles que sirven como una parte constitutiva de un parámetro de seguridad. | Tipo de detectores |

*El método FRIM* o Fire Risk Index Method es un método sencillo de usar que trabaja con 17 parámetros, a estos se les asigna pesos y puntuación, para luego sumarlos y obtener un índice de riesgo, a índice alto el nivel de seguridad es alto, a bajo índice el nivel de seguridad es bajo (Universiteit Gent, 2003).

Su ecuación básica es la siguiente:

$$S = \sum_{i=1}^{n} w_i x_i$$

*Ecuación 2: Ecuación básica de método FRIM*

Donde:

- S= índice de riesgo que expresa la seguridad contra incendio del edificio
- n= número de parámetros (17)
- $w_i$= peso del parámetro i.
- $x_i$= valoración del parámetro i

El método incluye como factores de vulnerabilidad la materialidad del edificio, soluciones constructivas, diseño del sistema de ventilación, efectividad de rescate o evacuación, servicios contra incendio, compartimientos para incendio, tipos de puertas, fachadas, ventanas, sistemas de detección. Todo esto está tabulado para aplicar fácilmente el valor a cada caso (Universiteit Gent, 2003).

Los pesos de cada uno de los 17 parámetros son obtenidos en base a sistemas de análisis de expertos como el proceso jerárquico o el método de Delphi (Han, 2011). Los 17 parámetros están conformados por una ecuación que usa sub-parámetros de vulnerabilidad, estos tienen notas de 1 a 5 ordenados de más desfavorables a más seguros (Universiteit Gent, 2003). Por ejemplo, el parámetro 1 es el revestimiento del compartimiento, dependiendo de la materialidad de este se tiene la nota.

Este método es en sí un método en base a factores de vulnerabilidad, dado que no posee en su forma original elementos de amenaza, algunas adaptaciones las han incluido. Como resultado del método se obtiene un número que varía entre 0 y 5, con una valoración de menos seguro a más seguro (Han, 2011).

*Método de Gretener o SIA 81*.es un método creado para evaluar edificios industriales por razones de seguros (Universiteit Gent, 2003). Ha sido adaptado para múltiples tipos de edificios y usos. Este método obtiene un índice de riesgo en base a la probabilidad de ocurrencia de un incendio multiplicado con un factor que mide las amenazas versus las protecciones del incendio (Santana, 2007).

Este método tiene en cuenta el tamaño de la edificación (altura y el área), la materialidad, la carga de incendio, el comportamiento del humo y el fuego, el acceso de los bomberos, la existencia de medidas de seguridad como extintores, grifos; su presión de agua y ubicación (Aguilar, 2006). El método asume que los sistemas eléctricos y de gas están en óptimas condiciones, esto puede inducir a una subvaloración del riesgo para el caso de inmuebles patrimoniales (Universiteit Gent, 2003). Algunos estudios han demostrado que este método es sensible a la información sobre la red de agua, y el retardo de la dispersión del fuego, en cambio es robusto en cuanto a las áreas de las edificaciones (Santana, 2007).

Por último, este método tiene un enfoque en la propiedad, no teniendo en cuenta la evacuación ni la protección de las actividades propias del edificio.

*Método FRAME* o Fire Risk Assessment Method for Engineering es una modificación del método Gretener, enfocando la evaluación en la protección de la edificación, la evacuación de las personas y la protección de las actividades propias del edificio. El método está basado en fórmulas empíricas y la experiencia de varias personas expertas en el área (Universiteit Gent, 2003).

Este método trabaja con la probabilidad de ocurrencia del caso más desfavorable, la severidad del caso y la exposición a ese mismo caso, obteniendo así un índice de riesgo que debe ser menor a un valor de riesgo pre establecido. Al igual que el método Gretener se asumen ciertas condiciones

básicas de los servicios, pero tiene en cuenta el tiempo de uso de un edificio y sus mantenciones o falta de ellas (Smet, 2008).

## Elección del método

Para la elección del método primero se presenta un diagrama de los distintos tipos de métodos que se presentaron anteriormente. De esta manera se puede tener una imagen global de todas las opciones disponibles. Como ya se comentó, se trabajará con métodos semi-cuantitativos por su menor necesidad de información para calibrar y usar en comparación con los cuantitativos.

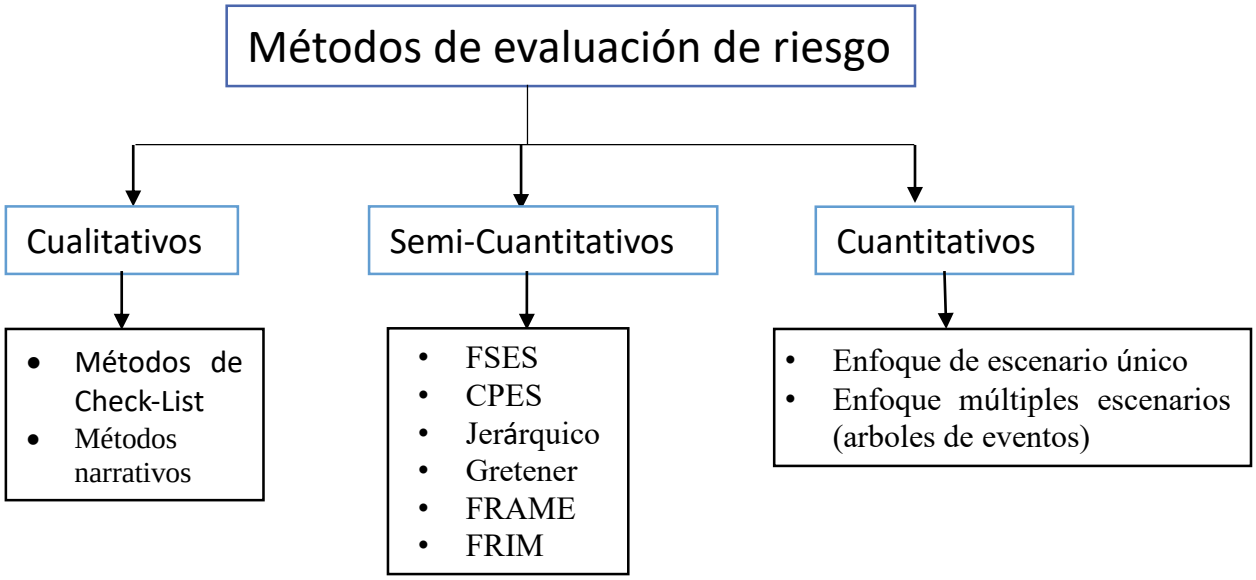



*Figura 11:Diagrama de métodos de evaluación de riesgo (Elaboración propia)*

*Tabla comparativa de los métodos descritos:* Esta tabla (Tabla 10) fue creada en base a la tabla encontrada en el documento "European study into the fire risk to european cultural heritage: WG6: Fire risk assessment methods" (Universiteit Gent, 2003)

*Tabla 10: Tabla comparativa de los métodos semi-cuantitativos descritos*

| *Método* | *Valor de Riesgo absoluto* | *Fácil de usar* | *Enfoque en propiedad* | *Necesidad panel de expertos* | *Observación positivas* | *Observación negativas* | *Apreciación personal* | *Sirve o se puede adaptar al patrimonio* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| FSES | **SI** | **SI** | **NO** | **SI** | | **Apunta solamente a proteger vidas** | **Enfoque en base al sistema de respuesta de USA** | **NO** |
| CPES | **SI** | **NO** | **SI** | **NO** | **Entrega un costo de asegurar** | | **Compara la ocupación con la resistencia estructural al fuego** | **NO** |
| Jerárquico | **NO** | **NO** | **SI** | **SI** | | **Necesidad de grupo DELPHI** | **Necesita información específica del inmueble, difícil de comprender su funcionamiento** | **SI** |
| Gretener | **SI** | **SI** | **SI** | **NO** | | **Enfoque industrial** | **Tiene problemas de magnitud, ya que está** | **SI** |

| *Método* | *Valor de Riesgo absoluto* | *Fácil de usar* | *Enfoque en propiedad* | *Necesidad panel de expertos* | *Observación positivas* | *Observación negativas* | *Apreciación personal* | *Sirve o se puede adaptar al patrimonio* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | **diseñado para instalaciones industriales** | |
| FRAME | **SI** | **SI** | **SI** | **NO** | **Se incluye proteger vidas y negocios** | | **Posee factor de valoración de la edificación. Usa norma europea** | **SI** |
| FRIM | **SI** | **SI** | **SI** | **SI** | | **Necesidad de experto No revisa amenazas** | **Puede presentar un problema el calcular el peso adaptado de los parámetros** | **SI** |

Al revisar las opiniones en la literatura en torno al mejor método para evaluar patrimonio arquitectónico y urbano surgen dos, FRAME y FRIM (Universiteit Gent, 2003). Dado que la valoración de riesgos en el método FRIM requiere obligatoriamente un panel de expertos, es un método que necesitaría un grupo de personas para su adaptación, en cambio el FRAME al ser un método adaptado de otro con una perspectiva más objetiva basada en métodos cuantitativos (Smet, 2008), se ve interesante como opción a adaptar.

El método FRAME necesita opinión de expertos en cuanto a la jerarquía de los factores, pero, posiblemente esta se pueda extrapolar de otros métodos, en donde ya se realizó una jerarquización y sus factores son comparables.

El método FRIM posee una interesante cantidad de factores de vulnerabilidad, estos factores deberán ser revisados, cuando sea pertinente se busca agregarlos al método FRAME dentro de la metodología ya impuesta por este método.

Como elección de método se prefiere el FRAME, por la menor necesidad de personas involucradas. Para adaptarlo y cubrir todas las bases se realiza una comparación con el método FRIM de manera de incluir los factores que se consideren relevantes y falten en el método escogido.

## Descripción del método Fire Risk Index Method (F.R.I.M.)

El modo de trabajar y la ecuación del método ya se describió en los párrafos anteriores, en esta sección se presentarán los parámetros del método FRIM y su comparación con los escenarios base la Tabla 2. Se les llama parámetros a los factores de riesgo de este método para evitar confusión con el método FRAME

### Parámetros utilizados por método FRIM

*Tabla 11: Parámetros del método FRIM*

| Parámetro | Nombre | Definición | Sub-parámetro |
|---|---|---|---|
| $P_1$ | Revestimiento en el interior del departamento | Capacidad de revestimiento interno en un departamento para retardar la ignición de la estructura y reducir la propagación del fuego. | No existen |
| $P_2$ | Sistema de supresión | Equipo y sistema de supresión de incendios | 1. Sistema automático de aspersores<br>2. Equipo portátil |
| $P_3$ | Servicio de brigadas anti-incendio | Posibilidad de servicio de brigadas anti-incendios para salvar vidas y para prevenir mayor propagación del fuego | 1. Capacidad de respuesta del servicio de bomberos<br>2. Tiempo de respuesta<br>3. Equipo y accesibilidad |
| $P_4$ | Compartimentación | Extensión por el cual el espacio del edifico está dividido en compartimientos de fuego. | No existen |
| $P_5$ | Estructura separadora | Estructura resistente al fuego del montaje del edificio que separa los compartimientos de fuego. | 1. Integridad y aislamiento<br>2. Macilla Firestop en junturas, intersecciones y espacios ocultos |
| $P_6$ | Puertas | Función separadora de humo y fuego de las puertas entre los compartimientos | 1. Puertas que llevan a una ruta de escape<br>2. Puertas en ruta de escape |
| $P_7$ | Ventanas | Ventanas y protección de las ventanas, esto es factores que afectan la posibilidad de propagación a través de las aberturas. | 1. Distancia relativa vertical<br>2. Clase de ventanas |
| $P_8$ | Fachada | Material de la fachada y factores que afectan la posibilidad de propagación sobre la fachada | 1. Parte combustible de la fachada<br>2. Material combustible sobre ventanas<br>3. Vacíos |
| $P_9$ | Ático | Prevención de la propagación del fuego hacia y dentro del ático | 1. Prevención de la propagación al ático<br>2. Separación al fuego en el ático |
| $P_{10}$ | Edificios adyacentes | Separación mínima de distancia de otros edificios | No existen |
| $P_{11}$ | Sistema de control de humo | Equipo y sistema para limitar la propagación de productos tóxicos del incendio. | 1. Activación del sistema de control de humo<br>2. Tipo de sistema de control de humo |
| $P_{12}$ | Sistema de detección | Equipo y sistema para detectar incendios | 1. Cantidad de detectores<br>2. Confiabilidad de los detectores |
| $P_{13}$ | Sistema de señalética | Equipo y sistema para transmitir la alarma de incendios. | 1. Tipo de señal<br>2. Ubicación de aviso |
| $P_{14}$ | Rutas de escape | Rutas de escape adecuadas y confiables | 1. Tipo de ruta de escape<br>2. Dimensiones y diseño<br>3. Equipamiento<br>4. Revestimiento interior y suelos |
| $P_{15}$ | Estructura resistente | Estabilidad de la estructura del edificio cuando se expone al fuego | 1. Capacidad de carga<br>2. Combustibilidad |
| $P_{16}$ | Mantenimiento e información | Inspección y mantenimiento de los equipos anti-incendios, rutas de escape, etc. E información para los ocupantes en supresión y evacuación. | 1. Mantención de sistemas de seguridad contra fuego<br>2. Inspección de rutas de escape<br>3. Información<br>• Información escrita<br>• Simulacro |
| $P_{17}$ | Sistema de Ventilación | Prevención de la propagación del humo por el sistema de ventilación | No existen |

### Comparación con línea base de los parámetros del método FRIM:

De manera de comprender mejor la respuesta que da el método FRIM a los línea base de vulnerabilidad en zonas de patrimonio se establece una tabla comparativa (Tabla 12), presentada a continuación:

*Tabla 12: Relación entre parámetros FRIM y línea base*

| *Línea base de vulnerabilidad de zonas patrimoniales en general (Tabla 2)* | | | *FRIM Parámetros* |
|---|---|---|---|
| **Nº** | **Línea base** | **Sub-base** | |
| 1 | Calles estrechas y con pendiente | Calles estrechas | |
| | | Pendiente | |
| 2 | Cortafuego deficientes en edificios adyacentes | - | $P_{10}$ |
| 3 | Cambio uso sin actualizar seguridad | | |
| 4 | Abandono o habitantes informales | | |
| 5 | Ampliaciones informales | | $P_5$ |
| 6 | Antigüedad instalaciones eléctricas y gas | Inst. eléctricas | |
| | | Inst. de gas | |
| 7 | Difícil acceso a grifos y red de agua | Grifos | |
| | | Red de agua | |
| 8 | Estado de conservación | | |
| 9 | Polvo y acopio de materiales | Polvo | |
| | | Acopio materias o basura | |
| 10 | Conocimiento e información usuario | Vías evacuación | |
| | | Sistemas de extinción | $P_{16}$ |
| 11 | Valor patrimonial | Individual | |
| | | Conjunto | |

El método FRIM no cubre una gran cantidad de escenarios base de vulnerabilidad, esto se debe a que no analiza en profundidad el entorno ni como este afecta al riesgo y las medidas de protección. Todos los parámetros son inherentes a la edificación sin evaluar su ubicación geográfica y como está afecta. Aun así, los parámetros que si cubren alguno de los escenarios serán tenidos en cuenta para la adaptación del método FRAME

## Descripción del método Fire Risk Assessment Method for Engineering (F.R.A.M.E)

En esta sección se presentarán las funciones, factores y modo de operar que utiliza el método FRAME en su funcionamiento, de esta misma forma se describe brevemente todos los coeficientes de cada ecuación de manera de comprender a cabalidad de donde provienen y qué significan.

Las funciones son el resultado de árboles de eventos. El método FRAME trabaja con 3 escenarios, el primero revisa el riesgo de la propiedad, el segundo el riesgo para los habitantes y el tercero el riego para la actividad. Los árboles trabajan con 3 tipos de datos de entrada, aquellos que impactan la severidad del incendio y/o víctimas, los datos que impactan la probabilidad de ocurrencia del incendio y aquellos que impactan la severidad y la probabilidad simultáneamente.

FRAME es un método de puntuación, pero donde otros métodos combinan los parámetros con su peso en una suma, FRAME los combina en un producto que se corresponde con las bases probabilísticas de los árboles de eventos. El sistema inicia con la probabilidad 1.6, significando que el fuego partió por accidente, desde este escenario se mueve modificando esta probabilidad.

### Árbol de eventos (Smet, 2008):

Los árboles de eventos están compuestos principalmente por los factores riesgo, estudiando todas las condiciones que determinan el escenario probable resultante.

En los árboles, los campos grises y amarillos indican data que se debe ingresar, variables, correspondiente al compartimiento a evaluar (Figura 12). Las informaciones ingresadas en las cajas amarillas tienen un impacto en la severidad del daño y/o el número de víctimas del incendio. La información de las cajas grises tiene efecto en la probabilidad de ocurrencia del incendio, algunos datos de ingreso tienen injerencia en ambos: estos se muestran con un fondo amarillo/ gris.

Las cajas verdes indican valores relacionados calculados directamente de los datos de entrada (amarillos, grises), estos valores son los nodos principales del árbol de eventos (factores). Las cajas azules representan el resultado de un subsistema en donde varias variables se combinan. El avance del incendio para cada escenario queda representado por las cajas blancas. Por último, las cajas naranjas indican el posible resultado en una escala de tiempo. Estos posibles resultados se entienden como los “peores casos” para dicho avance de incendio.

El árbol comienza con la probabilidad básica de que el fuego se inicia por accidente (relámpagos, un error humano, se da vuelta una vela, etc.). A esta probabilidad básica (Ao) se le da el valor de 1.6.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra una parte de uno de l os tres árboles de eventos, el árbol del riesgo a la propiedad (para los árboles completos remitirse a Anexo N°1: Método FRAME). A cada caja blanca se le considera un avance en el escenario producto de los nodos y los subsistemas, las cajas naranjas indican el posible resultado en una escala de tiempo. De esta manera se cubre todas las posibilidades de resultado en el método.

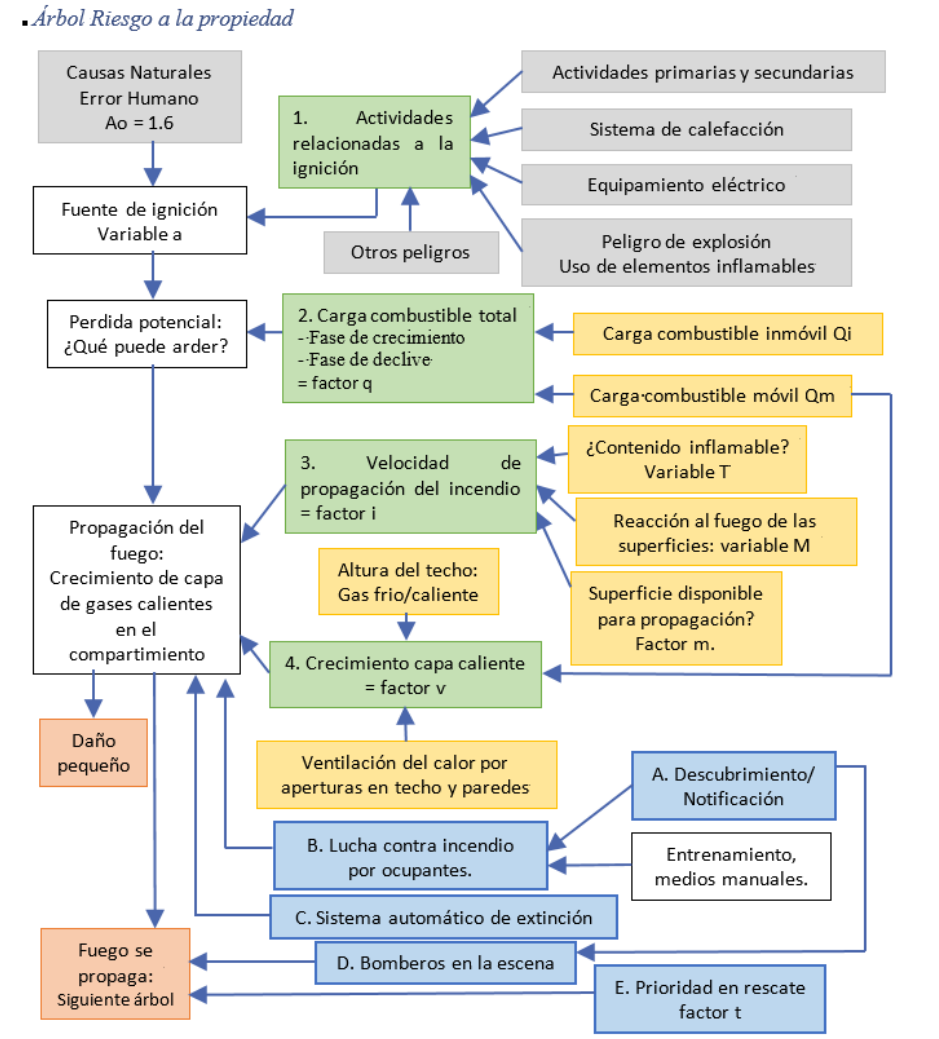



*Figura 12: Árbol de evento del riesgo a la propiedad*

## Supuestos básicos del método (Smet, 2008):

Se presentan los supuestos básicos que forman el contexto para la operación del método, es clave para comprender los objetivos propuestos por el creador del método.

- La protección adecuada significa un equilibrio entre la amenaza, la protección y la exposición al riesgo.
- Severidad, frecuencia y exposición se pueden expresar en una ecuación resultante de factores de influencia.
- Un fuego de alta severidad ocurre solo cuando la combinación de las medidas de protección fallan
- Se separan los cálculos para la propiedad, habitantes y actividades. Cada uno posee un caso más desfavorable (Peores resultado para cada escenario de probabilidad)
    - Para la propiedad el caso más desfavorable es la destrucción total
    - Para los habitantes el comienzo de un incendio es el caso más desfavorable
    - Para la actividad del inmueble el peor caso es el que daña todo, aunque no lo destruya.
- Se hace el cálculo para cada compartimiento

### Curvas de severidad (Smet, 2008)

El método trabaja con la probabilidad de ocurrencia de los "peores casos" en un incendio para cada una de las 3 opciones (propiedad, habitantes y actividades), incluyendo los datos estadísticos donde el avance del incendio no alcanza a desarrollar el escenario más desfavorable, quedando como un "peor caso" parcial, mostrados en los árboles de eventos (cajas naranjas Figura 12**¡Error! No se e ncuentra el origen de la referencia.**).

Los elementos considerados tienen incidencia en la probabilidad y severidad del incendio, cambiando el resultado del escenario a uno de riesgo menos aceptables. Usando los arboles de eventos se obtiene la fórmula final para cada variable.

La ecuación básica de este método viene dada por una variación de la fórmula del método de Kinney:

$$Sev \ * Poc * Exp \leq C$$

*Ecuación 3: Ecuación de Kinney modificada*

- Sev: medida de severidad de las consecuencias
- Poc: medida de probabilidad de ocurrencia
- Exp: medida de exposición (cada cuánto tiempo puede ocurrir un evento)
- C: medida de riesgo aceptable (En FRAME toma valor 1 y es el límite del Riesgo de incendio "R")

La severidad de las consecuencias está directamente influenciada por el Riesgo Potencial (P), a su vez 1/D (Medidas de Protección) indica la probabilidad de ocurrencia, a mayor protección menos probabilidad de ocurrir. Por último, el Riesgo Aceptable (A) es una medida de exposición, a más exposición menor es el riesgo aceptable.

Para que los valores de riesgo tengan una valoración cercana a 1, los autores del método transformaron la ecuación de Kinney a escala logarítmica, quedando la Ecuación 4:

$$\log(Sev) + \log(Poc) \leq \log(C) - \log(Exp)$$

*Ecuación 4: Ecuación de Kinney en forma Logarítmica*

Esta ecuación puede dar como resultado un número negativo, para contrarrestar esto, FRAME usa la escala (1+log) para el riesgo, que subestima ligeramente los riesgos bajos y sobrestima los altos riesgos. De esta manera la Ecuación 5 muestra la forma final de esta escala.

$$risk * y = x\{1 + log(y)\} \ con \ x = \log(s)$$

*Ecuación 5: Ecuación de riesgo en escala (1+log)*

Finalmente, la forma de la ecuación FRAME quedara como R=P/(D*A), donde varios factores tendrán la forma (1+log).

### Ecuaciones (Smet, 2008):

Para el cálculo del riesgo se consideran tres elementos. El primero es el riesgo potencial (P), que agrupa los factores relacionados con tamaño y propagación del incendio. El siguiente es el riesgo aceptable (A) que está relacionado con las fuentes de ignición, el valor del contenido, la evacuación de las personas y el efecto en las actividades del inmueble. Por último, todos los medios para combatir el incendio se encuentran incluidos en el cálculo del nivel de protección (D). Se presentan a continuación las ecuaciones base del método:

*Edificación y contenidos:*

- $R = P/(A \cdot D)$
  - $P = q \cdot i \cdot g \cdot e \cdot v \cdot z$

- $A = 1.6 - a - t - c$
- $D = W \cdot N \cdot S \cdot F$

*Ecuación 6: Ecuaciones de método FRAME de riesgo a edificación y contenidos*

### *Habitantes*

- $R1 = P1/(A1 \cdot D1)$
  - $P1 = q \cdot i \cdot e \cdot v \cdot z$
  - $A1 = 1.6 - a - t - r$
  - $D1 = N \cdot U$

*Ecuación 7: Ecuaciones de método FRAME de riesgo a habitantes*

### *Actividades*

- $R2 = P2/(A2 \cdot D2)$
  - $P2 = i \cdot g \cdot e \cdot v \cdot z$
  - $A2 = 1.6 - a - c - d$
  - $D2 = W \cdot N \cdot S \cdot Y$

*Ecuación 8: Ecuaciones de método FRAME de riesgo a actividades*

A partir de estas ecuaciones se reconoce 3 niveles de Factores: los que directamente calculan R, que se les nombrará como elementos de riesgo (P, P1, P2, A, A1, A2, D, D1, D2), aquellos que se usan para calcular los elementos de riesgo (q, i, g, e, v, z, a, t, c, r, d, W, N, S, F, Y, U) tendrán la identificación de factores de riesgo, por último, se llamarán variables al último escalón, a aquello necesario para calcular los factores de riesgo. Para un índice de los distintas letras asignadas remitirse al Anexo N°1: Método FRAME.

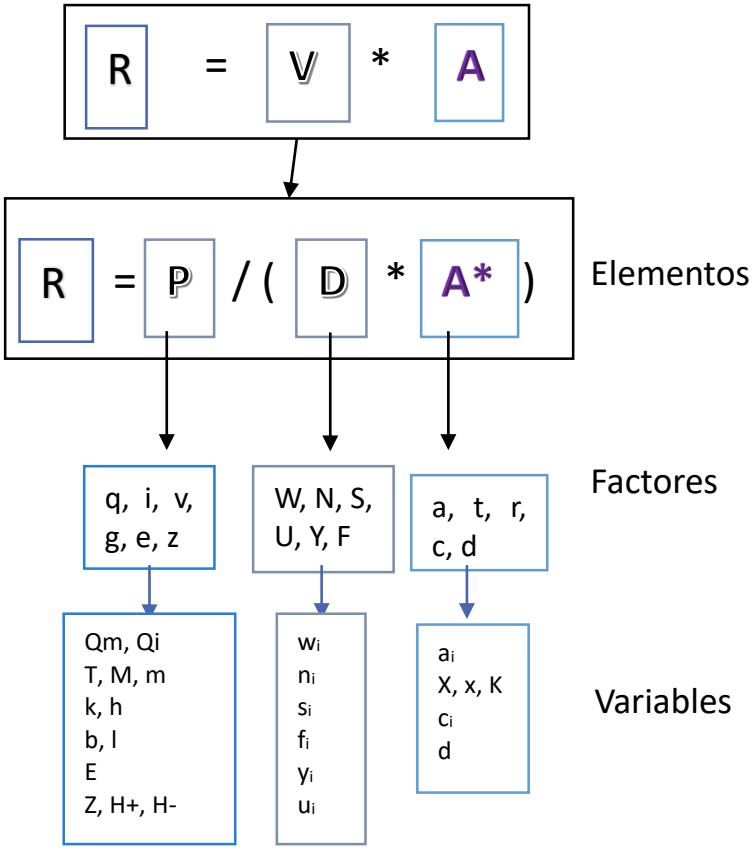



*Figura 13: Niveles de factores y la denominación dada en el presente trabajo*

A continuación, se presenta cada factor, agrupados por elemento, sus ecuaciones, variables e influencia en los árboles de eventos. Para cada uno se creó una tabla que sintetiza las instrucciones del manual de FRAME para estos.

### Factores del Riesgo potencial (P): (Smet, 2008)

*Factor q: Carga calorífica del inmueble.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Formula:* | $q = 2/3 \cdot Log(Q_i + Q_m) - 0.55$<br>*Ecuación 9: Factor de carga calorífica q* | | |
| *Variables* | $Q_i$: Carga térmica inmueble (MJ/m$^2$). | Parte combustible de estructura de la edificación y su influencia en la propagación. Los materiales de construcción tanto estructurales como los no estructurales (paredes separadoras de piezas, ventanas, etc.) deben ser evaluados en su aporte energético al incendio al igual de su influencia en la duración y propagación de este. | |
| | $Q_m$: Carga térmica mueble (MJ/m$^2$). | Cantidad total de calor desprendida en la combustión completa de todas las materias mobiliarias divididas por el área del compartimiento. | |
| *Árbol de eventos* | Tiene incidencia en el nodo 2 | Este nodo crea el escenario posterior a la ignición, de este modo aunque haya ignición si no hay combustible que consumir el incendio no prosperará, respondiendo de esta manera a la pregunta ¿Qué puede arder?. | Incide en el árbol de riesgo a la propiedad como en el de riesgo a los ocupantes |

*Factor i: Propagación*

Este factor toma en cuenta el tipo de material que se está quemando y cómo influye en la propagación del incendio. El valor variará entre 0.5 y 1.65

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Formula:* | $i = 1 - \frac{T}{1000} - (0.1 \cdot \log(m)) + \frac{M}{10}$<br>*Ecuación 10: Factor de propagación p* | | |
| *Variables* | T: Temperatura de destrucción | Expresada en grados Celsius | |
| | M: Clase de propagación para el material. | Si el material presente en el compartimiento es combustible, incombustible, combustión lenta, difícil de encender, etc. Estos tipos de clasificación se adaptan a una escala que va de 0 a 5, donde el más seguro es 0 | |
| | m: Dimensión promedio del contenido de un compartimiento. | Se calcula la relación entre el volumen de un objeto y la superficie. A mayor superficie más potencial de daño, y mientras más macizo más difícil su total destrucción. Es por esto que la variable m (expresado en metros) decrece cuando el objeto es de gran volumen y aumenta si el objeto es pequeño. | |
| *Árbol de eventos* | Tiene incidencia en el nodo 3 | Una vez el fuego ha comenzado, se propagará a una cierta velocidad: un incendio de rápida propagación aumenta el riesgo. Si los factores no producen un aumento del riesgo, el escenario desencadena en un incendio con poco daño, en caso contrario el fuego se expande y crece dando origen a los siguientes escenarios | Incide en los 3 árboles |

*Factor v: Ventilación*

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Formula:* | $$v = 0.84 + 0.1 \cdot log(Q_m) - \sqrt{k \cdot \sqrt{h}}$$ *Ecuación 11: Factor de ventilación v* | | |
| *Variables* | k: Tasa de ventilación del humo | Se calcula en base a un área de escape del humo en comparación con el área total de suelo. | |
| | h: Altura libre de un compartimiento | (entre suelo y cielo). Si existen balcones interiores abiertos estos deben ser considerados como parte de la altura libre, a menos que cuenten con una salida independiente al exterior. | |
| *Árbol de eventos* | Tiene incidencia en el nodo 4 | A medida que el fuego se propaga, una capa de gases calientes se concentra en el cielo del compartimiento. | Incide en los 3 árboles |

*Factor g: Área del compartimiento*

El factor g indica la influencia horizontal del incendio, que puede expandirse por todo el edificio si no hay barreras y acciones para prevenirlo.

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Formula:* | $$g = \frac{b + 5 \cdot \sqrt{(b^2 + l)}}{200}$$ *Ecuación 12:Factor de área g* | | |
| *Variables* | b: Ancho del compartimiento (m). | Para calcular el largo y ancho de un compartimiento en una planimetría no rectangular, primero se ubica el punto medio del área, luego se toma la distancia desde ese punto medio hasta el borde más alejado, siendo este l/2, b se calcula como el área real dividido el largo l, de esta manera se asegura la misma área de la planimetría, pero estudiada de forma rectangular.<br>Si el compartimiento tiene un acceso estrecho y por el lado pequeño, se intercambian los valores de b y l para reflejar la dificultad que esto acarreara para los servicios de emergencia | |
| | l: Largo del compartimiento (m). | | |
| *Árbol de eventos* | Tiene incidencia en el nodo 5 | El éxito de la operación contra el incendio antes de que se produzca el flashover depende mucho de las condiciones locales como tamaño y forma del compartimiento | Incide los árbol de la propiedad y ocupantes |

*Factor e: Nivel del compartimiento (altura)*

El factor e indica la influencia vertical de un incendio, ya sea hacia arriba por el humo y calor o hacia abajo por el calor, daño por el agua o colapso.

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Formula:* | $$e = \left[\frac{(\lvert E \rvert + 3)}{(\lvert E \rvert + 2)}\right]^{(0.7 \cdot \lvert E \rvert)}$$ *Ecuación 13:Factor de nivel de piso e* | | |
| *Variables* | E: Número de piso o nivel. | Para el cálculo de E, el piso del compartimiento, se necesita contar los pisos como 0 los que tienen acceso desde el nivel de calle y positivos los encima de estos y negativos los subterráneos. | |
| *Árbol de eventos* | Tiene incidencia en el nodo 6 | El éxito de la operación contra el incendio antes de que se produzca el flashover depende mucho de las condiciones locales como el nivel del compartimiento | Incide los 3 árboles |

*Factor z: Nivel de acceso*

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Formula:* | $z = 1 + 0.05 \cdot \int \left[\frac{b}{20 \cdot Z} + \frac{H^{+}}{25}\right]$ Ó $z = 1 + 0.05 \cdot \int \left[\frac{b}{20 \cdot Z} + \frac{H^{-}}{3}\right]$<br>*Ecuación 14: Factor de acceso z* | | |
| *Variables* | Z: Número de direcciones de acceso. | Esta puede ser máximo 4, dado que como requisito una dirección debe estar a lo menos a 90° de la otra. | |
| | b: Ancho del compartimiento (m). | Variable calculada en factor g. | |
| | $H^{+}$: Distancia vertical al nivel de acceso | + sobre el suelo | |
| | $H^{-}$: Distancia vertical al nivel de acceso | – bajo suelo | |
| *Árbol de eventos* | Tiene incidencia en el nodo 7 | El éxito de la operación contra el incendio antes de que se produzca el flashover depende mucho de las condiciones locales como la accesibilidad | Incide los 3 árboles |

*Comparación con línea base de los factores de riesgo potencial (P):*

Con el propósito de comprender mejor la relación entre los factores pertenecientes al elemento de riesgo potencial (P) con la línea bases que configura la realidad de zonas patrimoniales se presenta la siguiente tabla. Se comparan los factores y variables del método con los puntos de la Tabla 2 para comprender si los factores que teoriza el método cumplen con los requerimientos que se configuran en zonas patrimoniales.

*Tabla 13: Relación entre Riesgo potencial de FRAME y escenarios base*

| *Línea base de vulnerabilidad de zonas patrimoniales (ver Tabla 2)* | | | *Riesgo Potencial (P) método FRAME* | |
|---|---|---|---|---|
| *Nº* | *Línea base* | *Sub-base* | *Factores relacionados* | *Variables relacionadas* |
| 1 | Calles estrechas y con pendiente | Calles estrechas | z: factor de acceso | Z: dirección de acceso |
| | | Pendiente | - | - |
| 2 | Cortafuego deficientes en edificios adyacentes | - | i: factor de propagación | Necesita variable |
| 3 | Cambio uso sin actualizar seguridad | | | |
| 4 | Abandono o habitantes informales | | | |
| 5 | Ampliaciones informales | | i: factor de propagación<br>q: factor de carga | M: Clase de propagación<br>Qi: carga estructural |
| 6 | Antigüedad instalaciones eléctricas y gas | Inst. eléctricas | | |
| | | Inst. de gas | | |
| 7 | Difícil acceso a grifos y red de agua | Grifos | | |
| | | Red de agua | | |
| 8 | Estado de conservación | | q: factor de carga | |
| 9 | Polvo y acopio de materiales | Polvo | | |
| | | Acopio materias o basura | | M: Clase de propagación |
| 10 | Conocimiento e información usuario | Vías evacuación | | |
| | | Sistemas de extinción | | |
| 11 | Valor patrimonial | Individual | | |
| | | Conjunto | | |

Se puede observar que varios factores están relacionados con la línea base, algunos de estos factores evalúan las características presentadas. Otras características están representadas por factores, pero carecen de la variable necesaria para evaluarlos adecuadamente.

### Factores de Niveles de riesgo aceptables (A): (Smet, 2008)

*Factor a: activación o fuentes de ignición*

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Formula:* | $a = a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5$<br>*Ecuación 15: Factor de activación de fuentes de ignición a* | | |
| *Variables* | $a_1$: Fuentes de ignición relacionadas con la actividad principal. | Evalúa las fuentes probables de ignición y la carga de fuego que se puede encender con esta, causando el incendio. Deben estar relacionadas a la actividad principal de la edificación. | |
| | $a_2$: Fuentes de ignición relacionadas con las actividades secundarias. | Esta variable sólo será usada cuando la actividad secundaria implique más riesgo que la actividad primaria. Ejemplo: El trabajo de soldar en un taller de carpintería, este sería una actividad secundaria más riesgosa que el trabajo en madera. | |
| | $a_3$: Fuentes de ignición relacionadas con los sistemas de calefacción. | Evalúa las fuentes de calefacción y su riesgo de ignición. Estas fuentes de calefacción se asumen en óptimas condiciones y solo presentan un riesgo por el tipo de combustible o el contacto de elementos combustibles. | |
| | $a_4$: Fuentes de ignición relacionadas con las instalaciones eléctricas | Evalúa la instalación y estado de los sistemas eléctricos, asumiendo como sin riesgo que las instalaciones cumplan las normativas y tengan sus mantenciones al día. | |
| | $a_5$: Fuentes de ignición relacionadas con líquidos inflamables, gases y polvo. | Evalúa la presencia de elementos inflamables, explosivos o combustibles que pueden producir o ayudar a propagar un incendio. | |
| *Árbol de eventos* | Punto inicial de los árboles, relacionado con nodo 1. | El primer factor del árbol, aumentando la probabilidad de iniciar el fuego según es estado y actividades realizadas en el compartimiento. | Incide los 3 árboles |

*Factor r: Condiciones ambientales del fuego.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Formula:* | $r = 0.1 \cdot log(Q_i + 1) + M/10$<br>*Ecuación 16: Factor de condiciones ambientales r* | | |
| *Variables* | M: Clase de propagación para el material | Variable calculada en factor i | |
| | $Q_i$: Carga térmica inmueble (MJ/m$^2$). | Variable calculada en factor q | |
| *Árbol de eventos* | Tiene incidencia en el nodo 19 | El éxito de la operación contra el incendio antes de que se produzca el flashover depende mucho de las condiciones locales como la accesibilidad | Incide en árbol de ocupantes |

*Factor t: tiempo de evacuación*

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Formula:* | $$t = \frac{p \cdot [(b+l) + (X/x) + 1.25 \cdot H^{+} + 2 \cdot H^{-}] \cdot [x \cdot (b+l)]}{800 \cdot K \cdot [1.4 \cdot x \cdot (b+l) - 0.44 \cdot X]}$$ *Ecuación 17: Factor de tiempo de evacuación t* | | |
| *Variables* | p: Variable de movilidad. | Propone una escala de riesgo para la presencia de personas con algún problema de movilidad que pueden presentar un problema al minuto de la evacuación. | |
| | b: Ancho del compartimiento (m). | Variable calculada en factor g. | |
| | l: Largo del compartimiento (m). | Variable calculada en factor g. | |
| | X: Personas a evacuar | | |
| | x: Número de salidas | | |
| | $H^{+}$: Distancia vertical al nivel de acceso | + sobre el suelo. Variable calculada en factor z | |
| | $H^{-}$: Distancia vertical al nivel de acceso | – bajo suelo. Variable calculada en factor z | |
| | K: Número de direcciones de salida | Algoritmo de cálculo:<br>1. Definir O, el número de salidas al aire libre que no sean escaleras<br>2. Definir la capacidad máxima de evacuación. Esto se hace multiplicando las salidas por 120<br>3. Dividir esta capacidad por el número de ocupantes presentes. Esto implica la cantidad de rutas de salida distintas. Cuando todas las salidas son necesarias para suplir la evacuación, se considera una única salida.<br>4. El menor valor entre 1) y 2) es el valor de la variable K | |
| *Árbol de eventos* | Tiene incidencia en el Subsistema E y Subsistema D | | Incide los árboles de propiedad y ocupantes. |

*Factor c: Valor del contenido*

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Formula:* | $$c = c_1 + c_2$$ *Ecuación 18: Factor de valor del contenido c* | | |
| *Variables* | $c_1$: capacidad de reemplazar el edificio y sus contenidos | • 0: contenidos reemplazables fácilmente<br>• 0.1: contenidos son difíciles de reemplazar<br>• 0.2: contenidos son imposibles de reemplazar | |
| | $c_2$: relacionado al valor monetario del edificio | $c_2 = 1/4 \cdot log\left({}^{V}/_{7 \cdot 10^6}\right) \quad si\ V > 7 \cdot 10^6 euro$ *Ecuación 19: Variable de valorización monetaria del contenido c2* | |
| *Árbol de eventos* | Tiene incidencia en el nodo 9 | Llevan al resultado de un daño grande a una catástrofe si su valoración es alta. | Incide los árboles de propiedad y actividad |

*Factor d: Dependencia, impacto que genera el daño en la actividad de la edificación*

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Formula:* | $d$ | | |
| *Variables* | No posee variables | Este factor analiza la capacidad de volver a iniciar la actividad luego del incendio en términos económicos. | |
| *Árbol de eventos* | Tiene incidencia en el nodo 24 | Su importancia reside en un escenario de propagación en donde se dañan los elementos necesarios para ejercer la actividad económica | Incide en el árbol de actividad |

*Comparación con escenarios base de los factores de riesgo aceptable (A):*

El mismo análisis que se desarrolló para los factores del riesgo potencial (P), se realiza para el riesgo aceptable (A), comparando los factores existentes en el método con la Tabla 13.

*Tabla 14: Relación entre Riesgo aceptable de FRAME y escenarios base*

| *Línea base de vulnerabilidad de zonas patrimoniales (Tabla 2)* | | | *Método FRAME* | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | *Riesgo Potencial (P)* | | *Riesgo aceptable (A)* | |
| *Nº* | *Línea base* | *Sub-base* | *Factores* | *Variables* | *Factores* | *Variables* |
| 1 | Calles estrechas y con pendiente | Calles estrechas | z | Z: | | |
| | | Pendiente | - | - | | |
| 2 | Cortafuego deficientes en edificios adyacentes | - | i | falta | | |
| 3 | Cambio uso sin actualizar seguridad | | | | | |
| 4 | Abandono o habitantes informales | | | | | |
| 5 | Ampliaciones informales | | i<br>q | M<br>Qi | | |
| 6 | Antigüedad inst. eléctricas y gas | Inst. eléctricas | | | a: factor de activación | $a_4$: inst. eléctricas |
| | | Inst. de gas | | | | $a_3$: calefacción |
| 7 | Difícil acceso a grifos y red de agua | Grifos | | | | |
| | | Red de agua | | | | |
| 8 | Estado de conservación | | q | | | |
| 9 | Polvo y acopio de materiales | Polvo | | | a: factor de activación | $a_5$: Polvo |
| | | Acopio materias o basura | | M | | |
| 10 | Conocimiento e información usuario | Vías evacuación | | | | |
| | | Sistemas de extinción | | | | |
| 11 | Valor patrimonial | Individual | | | c: valor del contenido | Falta |
| | | Conjunto | | | | falta |

Muy pocos de los factores del riesgo aceptable están relacionados con la línea base, en general incluyen las fuentes de ignición y la valoración patrimonial.

### Factores de Niveles de protección (D): (Smet, 2008)

*Factor W: Disponibilidad de agua*

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Formula:* | $W = 0.95^{w} con\ w = \sum w_i$<br>*Ecuación 20:Factor de disponibilidad de agua W* | | |
| *Variables* | $w_1$: | Tipo de almacenamiento de agua | |
| | $w_2$: | Capacidad del almacenamiento de agua. Castiga al factor si la capacidad de almacenamiento es menor a la necesaria | |
| | $w_3$: | Sistema de distribución de agua. | |
| | $w_4$: | Conexiones de Grifo | |
| | $w_5$: | Presión del sistema | |
| *Árbol de eventos* | Tiene incidencia en el nodo 17, del subsistema F | El escenario en el que actúa es evitar el Flashover | Incide en los árboles de propiedad y actividad |

*Factor N: Medidas de protección normales*

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Formula:* | $N = 0.95^{n} con\ n = \sum n_i$<br>*Ecuación 21: Factor de medidas de protección normales N* | | |
| *Variables* | $n_1$: | Descubrimiento y aviso | |
| | $n_2$: | Extinguidores y estación de mangueras | |
| | $n_3$: | Intervención de los bomberos. Evalúa el tiempo necesario para la llegada de bomberos. | |
| | $n_4$: | Educación en la emergencia de los ocupantes. | |
| *Árbol de eventos* | Tiene incidencia en los nodos 10, 11 y subsistema A, A1, B, B1, D1 | Responsable de evaluar las medidas normales contra el incendio | Incide en los árboles de propiedad y ocupantes |

*Factor S: Medidas de protección especiales*

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Formula:* | $S = 1.05^{s}\ con\ s = \sum s_i$<br>*Ecuación 22:Factor de medidas de protección especiales* | | |
| *Variables* | $s_1$: | Detección automática de incendios | |
| | $s_2$: | Mejoras en el suministro de agua | |
| | $s_3$: | Protección automática | |
| | $s_4$: | Respuesta de la brigada de bomberos | |
| *Árbol de eventos* | Tiene incidencia en los subsistema A, C, D, F | | Incide en los 3 árboles |

*Factor F: Resistencia de la construcción.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Formula:* | $F = \left[1 + \frac{f}{100} - \frac{f^{2.5}}{10^6}\right] \cdot \left[1 - \frac{(S-1)}{40}\right]$ con $f = 1/2\, f_s + 1/4 f_f + 1/8 f_d + 1/8\, f_w$<br>*Ecuación 23: Factor de resistencia de la construcción* | | |
| *Variables* | $f_s$: | El promedio de resistencia al fuego de los elementos estructurales y separadores | |
| | $f_f$: | El promedio de la resistencia al fuego de las paredes exteriores | |
| | $f_d$: | El promedio de la resistencia al fuego del cielo o techo | |
| | $f_w$: | El promedio de la resistencia al fuego de las paredes interiores | |
| *Árbol de eventos* | Tiene incidencia en el nodo 8 | Su valor puede significar el colapso el edificio y un cambio en el resultado de daño grande a catástrofe para la propiedad por pérdida total. | Incide en el árbol de propiedad |

*Factor U: Ruta de escape.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Formula:* | $U = 1.05^u \; con \; u = \sum u_i$<br>*Ecuación 24: Factor de ruta de escape U* | | |
| *Variables* | $u_1$: | Detección automática y alarma de incendios | |
| | $u_2$: | Rutas de evacuación | |
| | $u_3$: | Ventilación del humo. Cuando la ventilación del humo actúa por detección automática | |
| | $u_4$: | Protección automática | |
| | $u_5$: | Bomberos | |
| *Árbol de eventos* | Tiene incidencia en los subsistemas A1, C1, D1, F1 | Es uno de los dos factores (con el factor N) que conforman el valor de protección de los ocupantes | Incide en el árbol de los ocupantes |

*Factor Y: Elementos retardantes.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Formula:* | $Y = 1.05^y \; con \; y = \sum y_i$<br>*Ecuación 25:Factor de elementos retardantes Y* | | |
| *Variables* | $y_1$: Protección áreas vulnerables | Esta variable trata de cuantificar elementos extras para retardar el avance del fuego con medidas físicas. | |
| | $y_2$: | Planeación de desastres | |
| *Árbol de eventos* | Tiene incidencia en el nodo 25 | De él depende el resultado del árbol en el escenario de expansión del incendio y un daño grande. | Incide en el árbol de actividad |

*Comparación con línea base de los factores de Nivel de Protección (D):*

El mismo análisis que se desarrolló para los factores del riesgo potencial (P), y para el riesgo aceptable (A), se realiza para el nivel de protección (D), comparando los factores existentes en el método con la Tabla 14.

*Tabla 15: Relación entre Nivel de protección de FRAME y escenarios base*

| *Línea base de vulnerabilidad de zonas patrimoniales (Tabla 2)* | | | *Método FRAME* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | *Riesgo Potencial (P)* | | *Riesgo aceptable (A)* | | *Nivel Protección (D)* | |
| *Nº* | *Línea base* | *Sub- base* | *Factores* | *Variables* | *Factores* | *Variables* | *Factores* | *Variables* |
| 1 | Calles estrechas y con pendiente | Calles estrechas | z | Z | | | | |
| | | Pendiente | - | - | | | | |
| 2 | Cortafuego deficientes en edificios adyacentes | - | i | falta | | | | |
| 3 | Cambio uso sin actualizar seguridad | | | | | | | |
| 4 | Abandono o habitantes | | | | | | | |

| *Línea base de vulnerabilidad de zonas patrimoniales (Tabla 2)* | | | *Método FRAME* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | *Riesgo Potencial (P)* | | *Riesgo aceptable (A)* | | *Nivel Protección (D)* | |
| *Nº* | *Línea base* | *Sub- base* | *Factores* | *Variables* | *Factores* | *Variables* | *Factores* | *Variables* |
| | informales | | | | | | | |
| 5 | Ampliaciones informales | | i<br>q | M<br>Qi | | | | |
| 6 | Antigüedad inst. eléctricas y gas | Inst. eléctricas | | | a | $a_4$ | | |
| | | Inst. de gas | | | | $a_3$ | | |
| 7 | Difícil acceso a grifos y red de agua | Grifos | | | | | W: Agua<br>N: Medidas normales | $w_4$: Grifos |
| | | Red de agua | | | | | | $n_2$: Extinción manual |
| 8 | Estado de conservación | | q | | | | Falta factor | Falta variable |
| 9 | Polvo y acopio de materiales | Polvo | | | a | $a_5$ | | |
| | | Acopio materias o basura | | M | | | | |
| 10 | Conocimiento e información usuario | Vías evacuación | | | | | U: Factor de escape | |
| | | Sistemas de extinción | | | | | N: Medidas normales | $n_4$: Educación |
| 11 | Valor patrimonial | Individual | | | c | Falta | | |
| | | Conjunto | | | | falta | | |

. Para los niveles de protección se tiene varias características que quedan cubiertos con los factores del método FRAME, teniendo variables específicas para varios casos. Con este último análisis se puede observar 3 características que no quedan cubiertos por ningún factor o variable.

### El punto de orientación (Ro): (Smet, 2008)

El elemento Ro indica el nivel de protección que puede ser obtenida con solo la parte estructural del compartimiento, estas son la protección construida e incluyen ventilación, compartimentalización, etc. En base a este elemento se pueden tomar decisiones de cómo proceder para mejorar la protección de la edificación

| *Formula:* | $$R_o = P/(A \cdot F_o) \;\; con \;\; F_o = 1 + \frac{f_s}{100} - \frac{f_s^{2.5}}{10^6}$$ *Ecuación 26: Punto de referencia Ro* | |
|---|---|---|
| *Donde,* | $f_s$: | El promedio de resistencia al fuego de los elementos estructurales y separadores. Calculado en factor F. |
| | $P$: Riesgo potencial | relativo al edificio y su contenido |
| | $A$: Nivel de riesgo aceptable | relativo al edificio y su contenido |

# Capítulo V: Comparación de FRAME con FRIM y la normativa vigente.

## Análisis comparativo de los factores de los métodos FRAME y FRIM

En primer lugar, el método FRIM no posee una separación por tipo de parámetro, en cambio el FRAME posee 3 tipos de parámetros, los relacionados al riesgo potencial (P), al peligro de activación (A) y al nivel de protección (D). Para poder realizar la comparación se analizarán los elementos del sistema del método FRAME, y si tienen una variable comparativa en el método FRIM, cómo difiere y si es pertinente un cambio con respecto a estas variables.

### Riesgo potencial (P)

a. **q, carga calorífica**: Para la caracterización de la carga calorífica, el método FRAME separa los posibles materiales combustibles en dos, los materiales directamente usados en la estructura y aquellos correspondiente a revestimientos y muebles. En cambio, el método FRIM separa los elementos combustibles entre la estructura resistente ($P_{15}$), los del ático ($P_9$), los de la fachada ($P_8$), y los del revestimiento ($P_1$).
   - $\Rightarrow$ Aunque FRIM caracteriza la carga calorífica diferente de FRAME, no se estima necesaria modificar FRAME ya que es mejor mantener la caracterización propia del método y no calibrar otra caracterización.

b. **i, propagación:** La caracterización de este parámetro en el método FRAME es en base a la temperatura de destrucción de los materiales involucrados, su tipo y sus dimensiones, teniendo en cuenta que el fuego se propagará más fácil con materiales que sean altamente combustibles, de grandes superficies y con una temperatura baja de ignición. En cambio FRIM, divide la propagación en varios parámetros, primero el revestimiento ($P_1$) con la combustibilidad de los materiales, la estructura separadora ($P_5$) en donde revisa que no exista propagación entre compartimentos revisando la combustibilidad, integridad, aislamiento y vacíos en de los materiales separadores, los edificios adyacentes ($P_{10}$) donde se mide la distancia de otras edificaciones para evitar propagación y la aislación del ático ($P_9$).
   - $\Rightarrow$ El método FRIM aporta dos elementos a estudiar e incorporar para el parámetro de propagación, el elemento de estudio de la estructura separadora y el estudio de la propagación a edificios adyacentes. El método FRAME trabaja íntegramente con cada compartimiento sin estudiar una posible propagación fuera de él, posiblemente una forma de cambiar esto es proponer como peor escenario posible la propagación del incendio fuera del compartimiento.

c. **v, ventilación:** En el método FRAME se estudia los sistemas de ventilación de un compartimiento en base a su eficiencia y funcionamiento, de este modo se provee una tasa de ventilación, que depende directamente de qué tan eficiente es el compartimiento para evacuar el humo y la altura de éste, de manera de obtener una estimación del área de humo a evacuar. Por otro lado, FRIM, tiene un enfoque directo al tipo de sistema y su modo de activación, separándolos en dos; los sistemas de ventilación ($P_{17}$) y los sistemas de control de humo ($P_{11}$).
   - $\Rightarrow$ En este parámetro se observa una discrepancia en la interpretación del tema de ventilación entre los dos métodos, el primero lo trata como una característica del compartimiento y por eso el parámetro corresponde al elemento de riesgo potencial (P), si se incorporará los parámetros como en el método FRIM, irían

en el elemento de nivel de protección (D). Para tener un método más eficaz se propone crear una variable en las medidas especiales de protección sobre la existencia de sistemas de ventilación y control de humo, revisando que no sea redundante con sus parámetros de otros elementos del ítem de nivel de protección.

d. **g, área del compartimiento**: Este parámetro es caracterizado de forma similar en ambos métodos ($P_4$).
   - ⇒ No requiere mayor cambio o adaptación.

e. **e, nivel del compartimiento:** El método FRAME tiene en cuenta la distancia vertical que debe recorrer las personas para escapar de la edificación, además como la distancia que necesitan sortear las brigadas para enfrentar el incendio. esta distancia se determina tanto hacia arriba como hacia abajo del nivel calle. Para FRIM, la importancia de la altura solo está en el número de pisos para la ruta de escape ($P_{14b}$), esto para estimar la necesidad de escaleras de bomberos.
   - ⇒ Dada las distintas caracterizaciones del parámetro se determina continuar con la estipulada por el método FRAME.

f. **z, nivel de acceso:** El acceso definido por FRAME, corresponde a las rutas de entrada y salida al compartimiento a estudiar. Esto determina la configuración que las brigadas especializadas deben subsanar para extinguir el fuego. De este modo importan, la cantidad de direcciones en las que se acceder y la altura hasta el piso. FRIM en cambio enfoca la accesibilidad como ruta de escape y en la "calidad" de la ruta de escape, primero estudios puertas hacia y en rutas de escape ($P_6$) su integridad, aislamiento y tipo de cierre, luego en la ruta de escape misma ($P_{14}$), si es escalera o balcón/ventana, las dimensiones del compartimiento para llegar a la ruta, el equipamiento y que tan íntegra y aislada es la ruta.
   - ⇒ Dada la diferencia de enfoque y que FRAME posee otro factor que revisa las rutas de escape, se estima que FRIM no trata el tema de accesibilidad como FRAME lo entiende.

### Nivel de riesgo aceptable (A)

a. El nivel de riesgo aceptable es el inverso del peligro de activación, como ya se comentó anteriormente, esto significa que es el elemento de amenaza del método FRAME. El método FRIM, por otro lado, no posee ningún parámetro relacionado con la amenaza.
   - ⇒ Dado que los elementos de amenaza no son objetos de modificación en su mayoría en este trabajo por requerir un estudio probabilístico profundo, estos serán presentados sin mayores cambios respecto del original.

### Nivel de protección (D)

a. **W, disponibilidad de agua:** A FRAME le interesa caracterizar el suministro de agua y presión para poder contar con sistemas internos y externos de control de incendios por parte de las brigadas de bomberos. Por otro lado, el método FRIM no analiza el tema por lo que no hay punto de comparación.
   - ⇒ No habrá cambios de la caracterización de este parámetro.

b. **N, medidas de protección normales:** Las medidas normales están definidas por aquellas medidas comunes y exigidas por normativa en una edificación, tales como extintores, avisos, tiempo de respuesta de bomberos, educación a los inquilinos. Para

el método FRIM estas medidas se estudian separadamente en sus propios parámetros, es así como,( $P_2$) tiene un ítem de sistemas de extinción manuales, ($P_3$) analiza el sistema de bomberos, ($P_{13}$) el sistema de aviso de incendio a los inquilinos, ($P_{16}$) revisa la mantención de los sistemas anti-incendio y la información a los inquilinos.

- ⇒ En general el método FRAME revisa todos los parámetros caracterizados en FRIM, la única excepción es la mantención de los sistemas de seguridad, ya que asume su estado óptimo, es por ello que posiblemente sea adecuado incluir este parámetro en las medidas de protección normales.

c. **S, medidas de protección especiales:** En el método FRAME, las medidas de protección especiales son aquellas de orden automático, tanto en el aviso del incendio a inquilinos y bomberos como en el uso de aspersores. Además, revisa si la edificación cuenta con brigadas propias o mejorar en suministro de agua. Los parámetros concordantes con estas especificaciones del método FRIM son; ($P_{12}$) el sistema de detección del incendio, ($P_3$) analiza el sistema de bomberos, ($P_2$) sistema de supresión.

- ⇒ Se considera que la caracterización del método FRAME para las medidas de protección especiales cubren las del método FRIM, siendo mejor mantener las caracterizaciones ya calibradas de FRAME.

d. **F, resistencia de la construcción:** El método FRAME analiza la resistencia en minutos al fuego de los distintos elementos estructurales del compartimiento, como techo, muros interiores y exteriores y elementos separadores. Luego pondera estas resistencias en un factor común. FRIM, por otro lado, estudia el aislamiento e integridad, también en minutos, de los elementos estructurales, cada uno es su propio parámetro. De esta manera se tiene el parámetro de la estructura separadora ($P_5$), el de la fachada ($P_8$), el ático ($P_9$), el revestimiento interior ($P_1$), y la estructura resistente ($P_{15}$).

- ⇒ Ambos métodos analizan los elementos estructurales necesarios para caracterizar bien la resistencia del compartimiento. Se deberá revisar el hecho que FRAME usa como la resistencia mecánica al fuego sistema de resistencia y el FRIM una mezcla de integridad con aislamiento, de manera de determinar la mejor clase de clasificación.

e. **U, ruta de escape:** el método FRAME estudia las rutas de escape en perspectiva social, de cómo el habitante se entera del incendio y se coloca a salvo. En cambio, FRIM estudia las rutas de escape desde la perspectiva de la integridad de esta y su facilidad de uso, para esto propone el parámetro de tipo de ruta de escape ($P_{14}$) y el parámetro de puertas ($P_6$) que analiza las resistencia de las puertas que llevan y están en rutas de escape. Además, existen otros parámetros que se condicen con los estudiado por FRAME en este punto, estos son; Servicios de brigadas ($P_3$), sistema de control de humo ($P_{11}$), sistema de detección ($P_{12}$), sistema de aviso ($P_{13}$), mantención e información ($P_{16}$).

- ⇒ FRAME tiene un buen análisis de las rutas de escape, pero se deberá analizar la integración de parámetros de integridad de las rutas y el parámetro de las puertas que van hacia y están en las rutas de escape.

f. **Y, elementos retardantes:** Este parámetro sirve en el método FRAME para incluir medidas de construcción y protección especiales para el incendio, incluyendo aquellas tomadas por actividades o zonas riesgosas

Por otro lado, el método FRIM solo estudia elementos retardantes en un parámetro, el de la estructura separadora ($P_5$).

⇒ FRAME tiene una mejor caracterización de zonas críticas y elementos retardantes especiales, no se necesita modificar con respecto al método FRIM.

### Tabla síntesis de la comparación.

*Tabla 16: Síntesis de la comparación métodos FRAME y FRIM*

| *FRAME* | | *FRIM* | *¿FRAME cubre parámetros FRIM?* | *Cambio FRAME* | *Observaciones* |
|---|---|---|---|---|---|
| | *Factor* | *Parámetro* | | | |
| Riesgo potencial | q: carga | $P_{15}$, $P_9$, $P_8$, $P_1$ | Cubierto | S/ modificación | |
| | i: propagación | $P_1$, $P_5$, $P_9$, $P_{10}$ | 2 parámetros nuevos | Analizar integrar parámetros | $P_5$: estruc. Sep. $P_{10}$: edif. Ady. |
| | v: ventilación | $P_{17}$, $P_{11}$ | Distinto enfoque | S/ modificación | |
| | g: área | $P_4$ | Cubierto | S/ modificación | |
| | z: acceso | $P_6$, $P_{14}$ | Distinto enfoque | S/ modificación | |
| Riesgo aceptable (A) | | No revisa amenaza | No existe | S/ modificación | |
| Nivel de protección | W: agua | No revisa | -- | S/ modificación | |
| | N: m. normales | $P_3$, $P_{12}$, $P_{13}$, $P_{16}$ | Casi cubierto | Analizar integrar mantención sistemas | |
| | S: m. especiales | $P_2$, $P_3$, $P_{12}$ | Cubierto | S/ modificación | |
| | F: resistencia | $P_1$, $P_5$, $P_8$, $P_9$, $P_{15}$ | Cubierto | S/ modificación | |
| | U: ruta escape | $P_3$, $P_6$, $P_{11}$, $P_{12}$, $P_{14}$, $P_{16}$ | 1 subparámetro de $P_{14}$ nuevo | Analizar integrar subparámetro | Subparámetro integridad rutas |
| | Y: retardantes | $P_5$ | Mejor caracterizado | S/ modificación | |

## Antecedentes normativos para la modificación de método FRAME

Para poder modificar adecuadamente el método escogido se necesita conocer la normativa que rige a las construcciones para disminuir el riesgo de incendio.

Estas normativas son, en su mayoría, más nuevas que las edificaciones patrimoniales de Valparaíso. De esta forma, se puede inferir que muchas no cumplirán con ellas, pero dado que se toman como línea base, se puede determinar si se es más vulnerable que la norma o menos vulnerable y con ello tomar medidas.

Para revisar la normativa, se ordena de acuerdo a los factores del método FRAME y sus componentes, para cada uno se revisó qué cuerpo legislativo aplica. Luego se revisó las normativas que no quedan cubiertas por los factores de FRAME.

### P: Riesgo Potencial

#### q: Carga calorífica del inmueble

1. Norma NCh 1993-98 (INN, 1998): Clasificación de los edificios según su densidad de carga de combustible media y densidad de carga combustible puntual máxima. Esta normativa clasifica la carga combustible dentro de los compartimientos de una edificación según la siguiente tabla (Tabla 17):

*Tabla 17:Carga combustible de una edificación según NCh 1993-98 (INN, 1998)*

| *Clasificación* | *Densidad de carga combustible media (MJ/m²)* | *Densidad de carga combustible puntual máxima (MJ/m²)* |
|---|---|---|
| $D_{c1}$ | Hasta 500 | Hasta 3500 |
| $D_{c2}$ | Más de 500 hasta 1000 | Más de 3500 hasta 6000 |
| $D_{c3}$ | Más de 1000 hasta 2000 | Más de 6000 hasta 10000 |
| $D_{c4}$ | Más de 2000 hasta 4000 | Más de 1000 hasta 16000 |

| *Clasificación* | *Densidad de carga combustible media (MJ/m²)* | *Densidad de carga combustible puntual máxima (MJ/m²)* |
|---|---|---|
| $D_{c5}$ | Más de 4000 hasta 8000 | Más de 1600 hasta 24000 |
| $D_{c6}$ | Más de 8000 hasta 16000 | Más de 24000 hasta 32000 |
| $D_{c7}$ | Más de 16000 | Más de 32000 |

2. Norma NCh 1916-99 (INN, 1999): Determinación de la carga combustible
   Esta normativa regula el método por el cual se calcula la carga combustible en las edificaciones a clasificar. Esta metodología utiliza el calor de combustión de los materiales tabulados y la masa presente en el compartimiento a clasificar.

### i: Factor de propagación

1. OGUC, capítulo 3, título 4, Artículo 4.3.3 y 4.3.4 (OGUC, 2009): Resistencia al fuego requerida para los elementos de construcción de edificios. Esta clasificación está directamente relacionada con la temperatura de combustión utilizada por la ecuación original del método.
   El artículo determina la resistencia al fuego en base a la clasificación tipo F-30, F-60 etc., de los elementos constructivos a utilizar de acuerdo a su fin, el uso de la edificación, el piso del compartimiento a estudiar, su área y la carga combustible de está.
2. NCh 935-1 (INN, 1997): Ensayo de resistencia al fuego
   Esta normativa regula el método de determinación de la resistencia al fuego de los elementos, además los clasifica según el tiempo que se demoran en hacer combustión.
3. NCh 1914-1 (INN, 1984): Ensayo de reacción al fuego. Parte 1: Determinación de la no combustibilidad de los materiales de construcción.
   Esta norma presenta un ensayo para determinar la combustibilidad de los materiales, con esto crea un criterio para determinar que significa que un material sea combustible.

### g: Área del compartimiento

1. Esta variable es fácilmente calculable en terreno en base a la fórmula utilizada en el método. Posiblemente sea necesario un ajuste de los resultados en cuanto deben ser coherentes con las tablas del artículo 4.3.4 de la OGUC (OGUC, 2009) donde se relaciona el área y uso de un edificio con una resistencia al fuego esperable

### e: Nivel del compartimiento

1. Al igual que el área del compartimiento es un factor intrínseco edificio, observado en terreno, también deberá ser ajustado para la coherencia de las tablas del artículo 4.3.4 de la OGUC (OGUC, 2009).

### v: Factor de ventilación:

1. No existe normativa específica para la ventilación del humo en inmuebles residenciales, lo único que existe es una regulación en la OGUC (OGUC, 2009) sobre caños de evacuación de humo de chimeneas, campanas y hornos.

### z: Nivel de acceso:

1. Las normativas existentes ven el tipo de acceso para las rutas de evacuación, que se evalúa en otro factor, pero el nivel de acceso referido en éste no está normado.

## A: Niveles de riesgo aceptable

### a: activación a fuente de ignición

1. Este factor estudia todas las fuentes de ignición posibles y su probabilidad de comenzar un incendio. Este es el factor intrínseco de amenaza, que estudia el uso y manejo de los elementos combustibles, el estado de las instalaciones eléctricas y las actividades que puedan producir fuentes de ignición.
2. La secretaria de electricidad y combustible (SEC) y la fundación Procobre tienen estudios para el caso de los accidentes eléctricos que permitirían ajustar esos elementos del factor a la probabilidad de ocurrencia regional. Como ejemplo se puede observar que el informe presento que el 2015 los bomberos en Valparaíso reportaron que un 7,3% de los incendios eran de origen eléctrico. (SEC, Procobre, 2016)

### t: tiempo de evacuación

1. FRAME modela este factor a partir del manual SFPE Fire Engineering, es un factor importante, no solo porque está relacionado con las vidas humanas, sino que mientras más rápida es la evacuación, más rápido los equipos de emergencia se pueden enfocar en salvar el edificio. Dada la modelación por software, y la necesidad de mucha información para modificarlo la Ecuación 17 se mantendrá intacta.

### c: valor del contenido

1. El valor del contenido tiene dos variables, una evalúa el valor monetario de la edificación y su contenido, siempre que sea mayor a 7 millones de euros. Dado esta alta suma, la variable solo tiene sentido, para el área de estudio, en los museos y las obras invaluables e irremplazables que en ellos existen. Por esto no se modificará mayormente.
2. Dada la naturaleza de patrimonio de la ciudad, y el hecho que este factor tenga una base de irremplazabilidad de la edificación, se considera posible agregar aquí la valoración de patrimonio.

### d: dependencia, impacto que genera el daño en la actividad de la edificación

1. Este es un factor de amenaza, directamente relacionado a la actividad económica asociada al uso del inmueble.

### r: condiciones ambientales del fuego

1. Este es un factor que el método FRAME obtuvo en base a la modelación calculando el caso más favorable para la propagación del fuego. Este también es un elemento de amenaza que no es posible adaptar sin un estudio que permita una nueva modelación de los incendios en distintos inmuebles.

## D: Niveles de protección

### W: Disponibilidad de agua

1. NCh 691 (SISS, 2015): Agua Potable; conducción, regulación y distribución Esta norma regula los volúmenes necesarios de los estanques de regulación de los sistemas de agua potable, incluyendo los volúmenes de incendio para los grifos. Además, regula el sistema de distribución de agua, la conexión con los grifos, su distribución y la presión del sistema.
2. OGUC, capítulo 9, título 5, Artículo 5.9.1 (OGUC, 2009): Regula el tipo de conexión de un inmueble con el sistema potable de agua, incluyendo el sistema de grifos y estanques.

3. OGUC, capítulo 2, título 5, Artículo 5.2.10 (OGUC, 2009): Regula la entrega de información y fiscalización de los sistemas de grifos a Bomberos como organismo competente.
4. OGUC, capítulo 3, título 4, Artículo 4.3.9. (OGUC, 2009): Regula la existencia de una red húmeda.

### N: Medidas de protección normales

1. Ley 20.564 (Gobierno de Chile, 2012): Ley marco de Bomberos de Chile. Da el poder a la Junta de Bomberos de establecer los cuerpos de bomberos necesarios por comuna. Son los bomberos los encargados, por esta ley, los facultados para asesorar empresas públicas y privadas en temas de seguridad contra incendio, debiendo coordinarse con ellos, en cualquier caso.
2. NCh 1433 (INN, 2007): Ubicación y señalización de los extintores portátiles Esta norma regula la forma de ubicar y señalizar los extintores en la edificación.
3. OGUC, capítulo 3, título 4, Artículo 4.3.1, artículo 4.3.22, artículo 4.3.26 (OGUC, 2009): Estos artículos regulan extintores, rociadores y alarmas de detección denominándolas protecciones activas y exigiendo su existencia en los casos necesarios.
4. OGUC, capítulo 3, título 4, 4.3.28 (OGUC, 2009): Este artículo establece las edificaciones que deben contar por norma con grifo.

### S: Medidas de protección especiales

1. OGUC, capítulo 3, título 4, Artículo 4.3.1, artículo 4.3.22, artículo 4.3.26 (OGUC, 2009): Estos artículos regulan extintores, rociadores y alarmas de detección denominándolas protecciones activas y exigiendo su existencia en los casos necesarios.
2. NCh 2095-3 (INN, 2001): Sistemas de rociadores- Parte 3: Requisitos de los sistemas y de las instalaciones. Esta normativa abarca varios tipos de rociadores y los requisitos necesarios para instalarlos.
3. NCh 2095-5 (INN, 2001): Sistemas de rociadores- Parte 5: Suministros de agua. Regula los requisitos de la red de agua de la edificación necesarios para la óptima operación de los rociadores

### F: Resistencia de la construcción

1. OGUC, capítulo 3, título 4, Artículo 4.3.3, 4.3.4 y 4.3.5 (OGUC, 2009): Resistencia al fuego requerida para los elementos de construcción de edificios. Esta clasificación está directamente relacionada con la temperatura de combustión utilizada por la ecuación original del método. El artículo determina la resistencia al fuego en base a la clasificación tipo F-30, F-60 etc., de los elementos constructivos a utilizar de acuerdo a su fin, el uso de la edificación, el piso del compartimiento a estudiar, su área y la carga combustible de está

### U: Ruta de escape

1. OGUC, capítulo 2, título 4, Artículo 4.2.22 a 4.2.28 (OGUC, 2009): Puertas de escape. Estos artículos regulan como se ubican y diseñan las puertas de escape de las edificaciones.

### Y: Elementos retardantes

1. NCh 1974 (INN, 1986): Pinturas- Determinación del retardo al fuego Esta norma describe el procedimiento para ensayar y describirla respuesta de las pinturas al estar expuesta a una llama, pero no sirve para describir su riesgo inicial al fuego.
2. NCh 2209 (INN, 1993): Ensayo del comportamiento al fuego de elementos de construcción vidriados. Describe el ensayo para evaluar la resistencia de los elementos vidriados verticales no soportantes.

Como se puede observar con este análisis normativo, existen varios factores que tendrán que ser adaptados para cumplir estas normas, teniendo en cuenta eso, se puede concluir que los factores a modificar serán todos aquellos que tengan una normativa a la que adaptarse de modo de estandarizar la evaluación de riesgo de incendio a la realidad país.

## Antecedentes normativos relevantes no cubiertos por factores de método FRAME

### 1. Factor de Valor Patrimonial

Se debe estudiar las clasificaciones de la legislación chilena. En el país existen 4 tipos de protecciones al patrimonio histórico o arquitectónico, 2 de estas protecciones son a un inmueble en específico, mientras que 2 son aplicadas a zonas de interés que se desean resguardar. De esta forma se tienen los Monumentos Históricos (MH) y las Zonas Típicas (ZT), protegidas por decreto y gestionadas por el Consejo de Monumentos Nacionales, en cambio los inmuebles de conservación históricas (ICH) y las zonas de conservación históricas (ZCH) quedan protegidas en los planes reguladores de cada comuna y están gestionados por las municipalidades.

Los monumentos históricos son los lugares, ruinas, construcciones y objetos de propiedad fiscal, municipal o particular que por su calidad e interés histórico o artístico o por su antigüedad, sean declarados como tales por decreto supremo, dictado a solicitud y previo acuerdo del Consejo de Monumentos Nacionales (Ley N°17.288, 2016).

Las zonas típicas por su lado existen para el efecto de mantener el carácter ambiental y propio de ciertas poblaciones o lugares donde existieran ruinas arqueológicas, o ruinas y edificios declarados Monumentos Históricos. El Consejo de Monumentos Nacionales podrá solicitar se declare de interés público la protección y conservación del aspecto típico y pintoresco de dichas poblaciones o lugares o de determinadas zonas de ellas. (Ley N°17.288, 2016)

La Ley de Monumentos nacionales además de caracterizar los 2 tipos de protección anteriores, establece las responsabilidades en cuanto al resguardo de este patrimonio. De esta forma, si el monumento es propiedad privada, el propietario deberá conservarlo; no podrá intervenirlo, ni construir en sus alrededores, sin autorización del Consejo de Monumentos Nacionales, quien determinara las normas que deberán aplicarse en la intervención. (Ley N°17.288, 2016). En cambio, si el monumento es parte del erario público, los municipios a los cuales estos pertenezcan serán los responsables de la mantención, los intendentes y gobernadores velarán por el buen estado de conservación dentro de su jurisdicción, y deberán dar cuenta al Consejo de Monumentos Nacionales de cualquier deterioro o alteración. Lo mismo aplica a las zonas típicas.

La Ley General de Urbanismo y Construcciones es la responsable de resguardar los inmuebles de conservación histórica y las zonas de conservación históricas, en su artículo 60º la ley estipula que el Plan regulador de la comuna en cuestión señalará los inmuebles o zonas de conservación histórica, en cuyo caso los edificios existentes no podrán ser demolidos o refaccionados sin previa autorización de la secretaria regional de vivienda y urbanismo. (LGUC, 1976)

Teniendo la protección estipulada en la LGUC, queda definir exactamente que es un ICH o ZCH, esta definición se extrae de la Ordenanza general de urbanismo y construcción que estipula lo siguiente;

- Un inmueble de conservación histórica (ICH), es una edificación individualizada como tal en un instrumento de organización territorial por sus características arquitectónicas, históricas o de valor cultural y que no cuentan con declaratoria de Monumento nacional. (OGUC, 2009)
- Una zona de conservación histórica (ZCH) es un área o sector identificado como tal en un instrumento de planificación territorial, conformado por uno o más conjuntos de inmuebles de valor urbanístico o cultural cuya asociación genera condiciones que se quieren preservar. (OGUC, 2009)

Se puede observar, que todos los niveles de protección dependen de la mantención de las municipalidades en colaboración con los otros organismos estatales. Las mayores protecciones son aquellas dadas por la ley de monumentos, y aquellos inmuebles afectos a esta deben ser aquellos con mayor preocupación por su riesgo.

Además de la legislación chilena al ratificar la convención sobre patrimonio de 1972, se reconoce el reconocimiento internacional al patrimonio otorgado por la UNESCO, que busca preservar el valor universal excepcional de distintas bienes culturales o naturales, eso significa que la relevancia de los sitios es que tienen una importancia extraordinaria que trasciende fronteras nacionales y se debe preservar para las generaciones presentes y venideras (UNESCO, 1972). Este reconocimiento se obtuvo para una zona de Valparaíso en el año 2003, bajo el criterio número III, el que estipula que este sitio aporta un testimonio único, o al menos excepcional, sobre una tradición cultural o una civilización viva o desaparecida. (Consejo de Monumentos Nacionales, 2004)

Para poder realizar la postulación a la Lista del patrimonio Mundial se debieron cumplir los siguientes requisitos básicos: (Consejo de Monumentos Nacionales, 2004)

1. Tener valor universal excepcional, cumpliendo con uno o vario de los criterios predefinidos para estos efectos (se postuló por los criterios II, III y V, otorgándose por criterio III)
2. Contar con autenticidad e integridad
3. Ser objeto de protección, sea esta jurídica, contractual o tradicional, y tener mecanismos de gestión y manejo que garanticen su conservación (la zona declarada por la UNESCO cubre varias zonas típicas de la ciudad)

## 2. Muro cortafuego entre dos inmuebles

a. Dada la configuración arquitectónica y urbana del área a estudiar, se ve necesario considerar un factor de tipo de agrupamiento en el riesgo potencial. Se agregan 3 estados, los inmuebles aislados, los pareados, y continuos (según las definiciones del art 1, titulo 1, OGUC).
b. Con esta concepción entra en estudio el estado de los muros cortafuegos, regulados por el artículo 4.3.14, de la OGUC.

## Síntesis comparativa de la normativa con factores de riesgo

*Tabla 18: Síntesis comparación normativa chilena con métodos FRAME y FRIM*

| *FRAME* | | *FRIM* | *Que norma lo legisla* | *Cambio FRAME* |
|---|---|---|---|---|
| | *Factor* | *Parámetro* | | |
| Riesgo potencial (P) | q: carga | $P_{15}$, $P_9$, $P_8$, $P_1$ | NCh 1993-98<br>NCh 1916-99 | Incluir tabla<br>S/ modificación |
| | i: propagación | $P_1$, $P_5$, $P_9$, $P_{10}$ | OGUC 1.1.1- 4.3.3 – 4.3.4<br>NCh 935-1<br>NCh 1914-1 | Modifica variable M<br>S/ modificación<br>S/ modificación |
| | v: ventilación | $P_{17}$, $P_{11}$ | No existe | S/ modificación |
| | g: área | $P_4$ | Factor intrínseco | S/ modificación, revisar coherencia |
| | z: acceso | $P_6$, $P_{14}$ | Factor intrínseco | S/ modificación, revisar coherencia |
| Riesgo aceptable (A) | | No revisa amenaza | No existe | S/ modificación |
| | c: valor contenido | No revisa amenaza | Ley N°17.288<br>LGUC<br>Conveción UNESCO 1972 | Se considera incluir variable relacionada al valor patrimonial |
| Nivel de protección (D) | W: agua | No revisa | NCh 691<br>OGUC 5.9.1– 5.2.10<br>OGUC 4.3.9<br>Bomberos | Modifica presión sistema (w5)<br>Modifica grifos (w4)<br>Modifica grifos (w4)<br>S/ modificación, revisar coherencia |
| | N: m. normales | $P_3$, $P_{12}$, $P_{13}$, $P_{16}$ | Ley 20.564<br>NCh 1433<br>OGUC 4.3.1 – 4.3.22<br>4.3.26 – 4.3.28 | S/ modificación<br>Modifica necesidad de extintores (n2)<br>S/ modificación<br>S/ modificación |
| | S: m. especiales | $P_2$, $P_3$, $P_{12}$ | OGUC 4.3.1 – 4.3.22<br>4.3.26<br>NCh 2095-3<br>NCh 1094-4<br>NCh 2095-5 | S/ modificación<br>S/ modificación<br>S/ modificación<br>S/ modificación |
| | F: resistencia | $P_1$, $P_5$, $P_8$, $P_9$, $P_{15}$ | OGUC 4.3.3 – 4.3.4<br>4.3.5 | S/ modificación |
| | U: ruta escape | $P_3$, $P_6$, $P_{11}$, $P_{12}$, $P_{14}$, $P_{16}$ | OGUC 4.3.22 – 4.3.28 | S/ modificación |
| | Y: retardantes | $P_5$ | NCh 1974<br>NCh 2209 | S/ modificación<br>S/ modificación |

# Capítulo VI: Modificación e interpretación de resultados.

Para empezar con la modificación como tal se presenta primero la Tabla 19, que contiene un compilado de todas las tablas comparativas con los escenarios base realizados hasta este capítulo. En base a estos resultados, más el análisis normativo, se realizan las modificaciones al método FRAME.

*Tabla 19: Síntesis de las tablas comparativas con los escenarios base de vulnerabilidad del patrimonio*

| *Escenarios base de vulnerabilidad de zonas patrimoniales (Tabla 2)* | | | *Método FRAME* | | | | | | *FRIM* | *Existe en AHV* (Tabla 8) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | *P (Tabla 13)* | | *A (Tabla 14)* | | *D (Tabla 15)* | | *Parámetros* (Tabla 12) | |
| *Nº* | *Escenarios base* | *Sub-escenarios* | *Factor* | *Variables* | *Factor* | *Variable* | *Factos* | *Variable* | | |
| 1 | Calles estrechas y con pendiente | Calles estrechas | z | Z: | | | | | | SI |
| | | Pendiente | - | - | | | | | | SI |
| 2 | Cortafuego deficientes en edificios adyacentes | | i | Falta | | | | | $P_{10}$ | SI |
| 3 | Cambio uso sin actualizar seguridad | | | | | | | | | ¿? SI |
| 4 | Abandono o habitantes informales | | | | | | | | | SI |
| 5 | Ampliaciones informales | | i<br>q | M<br>Qi | | | | | $P_5$ | ¿? NO |
| 6 | Antigüedad instalaciones eléctricas y gas | Inst. eléctricas | | | a | $a_4$ | | | | SI |
| | | Inst. de gas | | | | $a_3$ | | | | SI |
| 7 | Difícil acceso a grifos y red de agua | Grifos | | | | | W | $w_4$ | | SI |
| | | Red de agua | | | | | N | $n_2$ | | SI |
| 8 | Estado de conservación | | q | | | | Falta | Falta | | SI |
| 9 | Polvo y acopio de materiales | Polvo | | | a | $a_5$ | | | | ¿? SI |
| | | Acopio | | M | | | | | | NO |
| 10 | Desconocimiento y falta de información del usuario | Vías evacuación | | | | | U: | | | ¿? SI |
| | | Sistemas de extinción | | | | | N: | $n_4$ | $P_{16}$ | ¿?SI |
| 11 | Valor patrimonial | Individual | | | c | Falta | | | | SI |
| | | Conjunto | | | | falta | | | | SI |

## Modificación del método:

Las modificaciones al método escogido se separarán en tres tipos de modificaciones. El primero de ellos son las modificaciones por normativa y operatividad, aquí se adapta el método a los límites establecidos por la normativa chilena en las distintas variables, de modo que el caso base de seguridad sea dictado por esta normativa. De esta misma manera, se adapta la forma de operar de los sistemas de seguridad para que sean congruentes con los del país.

El segundo tipo de modificaciones se denomina por geolocalización, aquí se encuentran las modificaciones que se deben hacer a las variables o ecuaciones de los factores para poder evaluar en concordancia con el modo de vida y tradición de Valparaíso. Un ejemplo de esto es incorporar la dualidad cerro-plan y el ancho de las calles. Dentro de estas modificaciones se considera el ángulo patrimonial, incorporándolo en la evaluación.

Por último, se agregan los factores del método FRIM que se consideraron relevantes. Para poder incluir estos factores primero se debe considerar que tanto el método FRIM como FRAME son en principio un método de puntuación. Cada parámetro o variable de ambos métodos tiene una escala de puntuación homologa, los puntos fueron colocados en base al conocimiento de los expertos y no es la intención cambiarlos. Además de la puntuación, ambos métodos trabajan en base a los pesos de

cada factor o parámetro. En FRIM el peso de los parámetros esta explicitó en su valoración, en cambio en FRAME, el peso está implícito en las ecuaciones resultantes de cada factor y representan su probabilidad de ocurrencia. Los factores de FRAME tienen una distribución de probabilidad logarítmica según el manual del método y su dispersión y peso fue obtenido por medio de un análisis de sensibilidad en base a esta distribución (Anexo 6: Análisis de sensibilidad.), y los máximos, mínimos y valores esperados presentados en el manual. Existen varios variables en FRAME que se pueden homologar con parámetros de FRIM, estos servirán para comparar los pesos dentro del factor que conforman (en especial en el elemento D) y poder agregar el parámetro a exportar desde FRIM.

### Modificaciones por Normativa y Operatividad

*Factor q:*

Como ya se comentó, en el análisis de los antecedentes normativos, la norma NCh 1993-98 clasifica los edificios por su carga calorífica total (inmueble + mueble). Usa la norma NCh 1916-99 para calcular la carga de los elementos del compartimiento. El modelo posee una tabulación en relación con el tipo de material constructivo (Qi) y uso de edificación (Qm). Como tanto la norma como el método usan los MJ/m² como unidad para ingresar a la ecuación, y dado que no se ha realizado un estudio acabado de lo que probablemente se encuentre en una edificación por su uso se comparan las dos opciones en el método.

- Opción 1 será las tablas originales del método
- Opción 2 será la tabla de clasificación de los edificios de la NCh 1993-98

*Factor i:*

En el factor i, se estudia la propagación del fuego y depende de las variables M, m, T. La variable M está categorizada en 7 categorías basadas en las normas europeas EN13501-1 y EN12845. Para adaptarla a la norma chilena se usan las categorías de resistencia al fuego encontradas en la tabla del artículo 4.3.3, capitulo 3, titulo 4 de OGUC, para remplazar las anteriores. La variable M tiene un rango de valores de 0 a 5, este rango se mantendrá, cambiando el significado de cada categoría. Si el caso a evaluar no se ajusta alguna categoría se puede ponderar las categorías con el porcentaje de estructura que cumple cada una. De esta manera la nueva variable M se presenta en la Tabla 20

*Tabla 20: Variable M y tabla art 4.3.3 Título 4 OGUC (OGUC, 2009)*

| *ELEMENTOS DE CONSTRUCCIÓN* | | | | | | | | | | *Variable M modificado* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Tipo* | *(1)* | *(2)* | *(3)* | *(4)* | *(5)* | *(6)* | *(7)* | *(8)* | *(9)* | |
| a | F-180 | F-120 | F-120 | F-120 | F-30 | F-60 | F-60 | F-120 | F-60 | 0 |
| b | F-150 | F-120 | F-90 | F-90 | F-15 | F-30 | F-30 | F-90 | F-60 | 1 |
| c | F-120 | F-90 | F-60 | F-60 | - | F-15 | F-15 | F-60 | F-30 | 2 |
| d | F-120 | F-60 | F-60 | F-30 | - | - | - | F-30 | F-15 | 3 |
| e | Menor F-120 | Menor F-60 | Menor F-60 | Menor F-30 | - | - | - | Menor F-30 | Menor F-15 | 5 |

Simbología:

(1) Muro cortafuego
(2) Muro zona vertical de seguridad y caja de escalera
(3) Muro caja ascensores
(4) Muros divisorios entre unidades (hasta la cubierta)
(5) Elementos soportantes verticales
(6) Muros no soportantes y tabiques
(7) Escaleras

(8) Elementos soportantes horizontales
(9) Techumbre incluido cielo falso

*Factor e:*

Este factor usa el número de piso y una fracción para su cálculo, pero no define un criterio de lo que es un piso. Por esta razón, se considera apropiado incorporar la definición de "piso" dada por el artículo 4.3.5, Capítulo 4, Título 4 de OGUC. Dicho artículo define:

"Se entenderá por piso la distancia entre el suelo y el punto más alto del cielo del mismo recinto, con un máximo de 3.5 m. Las alturas de los pisos que sobrepasen dicha medida serán sumadas aparte y divididas por 3.5 m, determinándose de este modo el número de pisos a los que correspondan dichos pisos de altura especial."

De esta manera la fracción de piso queda definida como una porción de 3.5 metros y es sencilla de calcular.

*Factor W:*

*Variable w3:*

Esta variable del factor W, revisa si las tuberías son adecuadas para la distribución del agua en caso de incendio. En este caso se define, según la norma NCh 691, que significa adecuada. El artículo 7.4.2. de dicha norma estipula lo siguiente:

> 7.4.2 Las tuberías para conectar grifos desde el punto de alimentación deben tener un diámetro nominal mínimo de 100 mm siempre que en ese punto se cumpla lo establecido en 6.2.2 y 7.2.3.

De esta forma, si las tuberías tienen un diámetro menor a 100 mm no serán consideradas adecuadas para redes de agua contra incendios.

*Variable w4:*

La distancia de los grifos a las edificaciones queda definida por el artículo 7.3.3 de la norma NCh 691, que indica lo siguiente:

7.3.3 Las distancias entre los grifos y los puntos de incendio serán las siguientes:

a) En conjuntos con edificaciones aisladas o pareadas de a dos, la distancia a través de calles o pasajes entre el grifo y la edificación más alejada será de 150 m máximo
b) En conjuntos con edificaciones continuas, constituidas por 3 a 50 unidades habitacionales, oficinas, locales comerciales u otras similares, la distancia a través de calles o pasajes entre el grifo y la unidad más alejada horizontalmente será de 100 m máximo
c) En conjuntos con edificaciones continuas constituidas por más de 50 unidades habitacionales, oficinas, locales comerciales u otras similares, la distancia a través de calles o pasajes entre el grifo y la unidad más alejada horizontalmente, será de 50 m máximo

En esta se puede observar que la distancia depende de la densidad habitacional, y que su medición es horizontal, lo que complica el cálculo para el caso de los cerros de Valparaíso. El método original define como seguro una distancia de 50 metros para los grifos, correspondiente según la norma al más alto grado de densificación.

*Tabla 21: Tabla original de variable w4 (Smet, 2008)*

| *Conexiones de Grifo* | $w_4$ |
|---|---|
| Una conexión de manguera de 70 mm cada 50 metros de perímetro | 0 |
| Una conexión por 50 a 100 metros de perímetro | 1 |
| Menos de una conexión por 100 metros de perímetro | 3 |

Para modificar la Tabla 21 se deberá agregar la variable de densidad y la horizontalidad de las distancias, de esta manera si la distancia es 150 metros en pendiente, se considerara seguro si el grifo está a 100 metros en horizontal (obtenido de calcular pendientes máximas de 45º), con las otras densidades se considerará el mismo cálculo, de esta manera se tiene la Tabla 22 de la variable w4 modificada.

*Tabla 22: Tabla modificada de variable w4*

| *Conexiones de Grifo* | | $w_4$ |
|---|---|---|
| *Densidad* | *Distancia* | |
| Conjunto edificaciones aisladas | Menor a 150 metros en plano, 100 en pendiente | 0 |
| | Mayor a 150 metros en plano, 100 en pendiente | 3 |
| Edificaciones continuas, de 3 a 50 unidades | Menor a 100 metros en plano, 70 metros en pendiente | 0 |
| | Entre 150 a 100 metros en plano, 100 a 70 metros en pendiente | 1 |
| | Mayor a 150 metros en plano, 100 en pendiente | 3 |
| Edificaciones continuas, más de 50 unidades | Menor a 50 metros en plano, 35 metros en pendiente | 0 |
| | Entre 100 a 50 metros en plano, 70 a 35 metros en pendiente | 1 |
| | Mayor a 100 metros en plano, 70 en pendiente | 3 |

Para el caso de la pendiente, si se tiene dato del valor de ella se deberá modificar el límite inferior de la distancia para el caso correspondiente.

### *Variable w5:*

Esta variable revisa la presión del sistema de agua para los grifos, esta queda definida en el artículo 7.2.3 de la norma NCh691.

> 7.2.3 En el caso de uso de grifos, la presión mínima en la red a nivel de terreno, calculada con las condiciones indicadas en 7.1.1 de esta norma, debe ser igual o mayor que 49.03 kPa (0.5 kgf/cm$^2$ = 5 mca)

Para el método original se pide una presión estática de 35 metros de columna de agua (m.c.a), muy por encima de los 5 m.c.a. pedidos por la norma chilena (aun cuando se suma los 15 m.c.a. para consumo de la red), es por esto que se considera que está presión es baja para tener un buen estándar de incendio y se pondera como presión de norma, pero riesgosa

*Tabla 23: Tabla modificada de variable w5*

| *Presión del sistema* | $w_5$ |
|---|---|
| Presión estática mayor a 35 m.c.a. | 0 |
| Presión entre 35 m.c.a y 20 m.c.a. (5 m.c.a grifo + 15 m.c.a sistema) | 1 |
| Presión estática menor a 20 m.c.a. | 3 |

*Factor N:*

La Ordenanza General de Urbanismo y Construcción estipula qué edificaciones requieren medidas contra incendio como extintores y estaciones de mangueras, en el artículo 4.3.26, mostrado a continuación, se determina cuándo no se le exige a un inmueble estas medidas.

> Artículo 4.3.26 No requerirán protección contra el fuego las edificaciones de un piso realizadas con elementos de construcción no combustibles, que cumplan con los siguientes requisitos:
>
> 1. Tener una carga de ocupación inferior a 100 personas
> 2. Contemplar en todos sus recintos una carga combustible media inferior a 250 MJ/m$^2$
> 3. Asegurar su ocupación sólo por personas adultas que puedan valerse por sí mismas
> 4. Tener destino de equipamiento
> 5. Estar separada de los deslindes por una distancia no inferior a 4 m
>
> Tratándose de edificaciones con protección activa, se podrá aumentar la altura en 1 piso y la carga de ocupación en un 50%

Por otro lado, el método escogido usa en sus tablas el apelativo "adecuado" para evaluar cuantos extintores y estaciones de mangueras debiera existir en un edificio, esto implica conocer para cada caso la normativa. Existen casos en la normativa en donde no se exigen este tipo de medidas, para que no exista confusión entre este caso y aquel que si debe contener estos elementos, se agrega el ítem "No se necesita extinguidores o estaciones de mangueras".

*Tabla 24: Tabla modificada variable n2*

| *Extinguidores y estación de mangueras* | $n_2$ |
|---|---|
| Extinguidores adecuados | 0 |
| Número inadecuado de extinguidores o falta de estos | 2 |
| Estaciones de mangueras adecuadas | 0 |
| Inadecuado número de estaciones de mangueras | 2 |
| Sin estaciones de mangueras | 4 |
| No se necesita extinguidores o estaciones de mangueras | 0 |

*Factor S:*

La variable s4 de este factor revisa la respuesta de bomberos, dado que donde fue creado el método los bomberos son un trabajo profesional a diferencia del voluntariado del país, se debe adaptar esta variable a estos hechos.

Los bomberos en Chile trabajan con el sistema de voluntariado, de esta manera puede ser que una compañía trabaje sin brigadas presentes en el día y con una dotación pequeña en la noche. Además, se tiene que algunas compañías están cercanas y pueden responder al mismo incidente. Para evaluar esto se creará la siguiente tabla:

*Tabla 25: Tabla modificada variable s4*

| *Respuesta de la brigada de bomberos* | $s_4$ |
|---|---|
| Más de 1 compañía cerca con dotación tiempo completo 24h/7d | 8 |
| 1 compañía con dotación tiempo completo. (Más de una brigada día y noche) | 6 |
| 1 Compañía con turno de noche de más de una brigada y voluntariado de día | 4 |
| 1 Compañía con turno de noche con una brigada y voluntariado de día | 2 |
| Voluntarios día y noche | 1 |
| Brigadas industriales de incendio part-time (En hora de funcionamiento) | 6 |
| Brigada industrial de incendio full-time | 14 |

De esta manera queda modificada la variable s4 para adaptarse a la realidad del país. La variable s4 es igual a la variable u5 del factor U, por lo que esta modificación también afecta ese factor.

### Modificaciones por Geolocalización

*Factor e:*

En Chile, culturalmente, el piso que da a la calle es considerado el primer piso con numeración "1" y no "0" como en otros países y como determina el método. Para que no exista confusión y se produzca errores de cálculo, se ajusta el valor de E en la ecuación para reflejar esta situación y que no se produzcan desajustes del resultado.

La ecuación queda como:

$$e = \left[\frac{(|E| + 3)}{(|E| + 2)}\right]^{(0.7\cdot|E|)} \quad con\ E \begin{Bmatrix} E^* - 1\ si\ E^* > 0 \\ E^* \qquad si\ E^* < 0 \end{Bmatrix}$$

*Ecuación 27: Nueva ecuación factor e*

*Factor z:*

‘ Para modificar este factor se tiene que considerar dos elementos geográficos de la ciudad, el primero, la existencia de pendientes, muchas veces pronunciadas, que dificultan no solo el acceso de los carros de bombas sino el combate al fuego con las mangueras. El segundo es el ancho de las calles, en especial en zonas patrimoniales, compuesto de una serie de pasajes peatonales y escaleras conectando el plan con el cerro, donde el carro bomba puede no llegar a los accesos de un inmueble en llamas y deberá considerarse la distancia para las mangueras.

Por último, se debe modificar la integral de la ecuación por no quedar clara su implementación y puede originar errores al momento de aplicar la herramienta.

La modificación fue realizada en base a la ecuación original y las unidades que cada variable posee. De esta forma para agregar las variables de distancia al carro bomba y pendiente se corrige la distancia b, dado que el 20 de la ecuación representa el largo de la manguera de incendios y se compara con b como la distancia a recorrer de dicha manguera, de esta manera estas nuevas variables producen una corrección del origen de la distancia manteniendo esa relación de distancia v/s largo de manguera.

**Fórmula original:**

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

*Ecuación 28: Ecuación original del factor z*

Z: Número de direcciones de acceso. Esta puede ser máximo 4, dado que como requisito una dirección debe estar a lo menos a 90° de la otra.
b: Ancho del compartimiento (metros).
$H^+$: Distancia vertical al nivel de acceso (+ sobre el suelo)
$H^-$: Distancia vertical al nivel de acceso (– bajo suelo)

**Fórmula modificada:**

$$z = 1 + 0.05 \cdot \sum_{i=1}^{n} \left[\frac{(b_i + L_c/\alpha)}{20\cdot Z_i} + \frac{H^+}{25}\right] \text{ Ó } \ z = 1 + 0.05 \cdot \sum_{i=1}^{n} \left[\frac{(b_i + L_c/\alpha)}{20\cdot Z_i} + \frac{H^-}{3}\right]$$

*Ecuación 29: Ecuación modificada de factor z*

$Z_i$: Número de direcciones de acceso. Esta puede ser máximo 4, dado que como requisito una dirección debe estar a lo menos a 90° de la otra. Depende de cuantos lados tiene acceso y se ira contando desde la entrada principal como i=1 y Norte local, siguiendo el cálculo con Este i=2, Sur i=3 y Oeste i=4. Si uno de las direcciones no tiene acceso no se tomará en cuenta para cálculo.
$b_i$: Ancho del compartimiento (metros).
$H^+$: Distancia vertical al nivel de acceso (+ sobre el suelo)
$H^-$: Distancia vertical al nivel de acceso (– bajo suelo)
$L_c$: Si existiera, distancia desde el lugar de estacionamiento del carro bomba o de un grifo más cercano a el acceso principal del inmueble.
$\alpha = \cos\theta$: coseno del ángulo de pendiente, si existe, desde calle a acceso al inmueble. Se puede tomar como 25º, en base a la capacidad de los suelos de los cerros (Municipalidad Valparaíso, 2011).

### *Factor c:*

Este factor tiene una gran relevancia en el resultado de la evaluación, dado que cambia el escenario de un daño grande a una catástrofe. Es por esto que se considera adecuado incluir aquí la valoración Patrimonial del inmueble a evaluar, ya que si tiene una valoración alta su pérdida o daño se puede considerar catastrófica.

Es así como además de las variables de remplazabilidad (c1) y valor monetario (c2) se incluye una tercera variable llamada valor patrimonial (denominado c3), la cual incluirá en la ecuación del factor la capacidad de dirimir si un incendio en una propiedad tiene resultados catastróficos.

#### *Variable c3*

En el análisis comparativo con la normativa se estudió la jerarquía de protección patrimonial existente en Chile, de esta forma se agrupan las distintas protecciones en 4 escalones de importancia en concordancia con la normativa.

1. Monumentos Históricos– Sitio UNESCO
2. Zonas típicas – Zona amortiguación
3. Inmueble conservación histórica
4. Zona de conservación histórica

Estas son excluyentes para el método (si cumple una con más relevancia la otra no se toma en cuenta), y con un orden de importancia descendente. De esta manera la tabla de esta variable queda de la siguiente manera:

*Tabla 26: Tabla variable c3*

| ***Valoración patrimonial*** | $c_3$ |
|---|---|
| Monumentos– Sitio UNESCO | 0.3 |
| Zonas típicas- Zona amortiguación | 0.2 |
| Inmueble conservación histórica | 0.15 |
| Zona de conservación histórica | 0.1 |
| Sin Valoración | 0 |

El valor numérico de la valoración está basado en el rango de valores de la variable c1, que varía entre 0 y 0.2, siendo 0.2 un elemento irremplazable, además que la valoración del factor c será restada al 1.6 del riesgo inicial aceptable, disminuyendo su valor y requiriendo mayor protección. Dado este rango de valores se considera del mismo orden de magnitud para la valoración patrimonial. Un inmueble en zona típica o Sitio UNESCO tiene un gran valor y es irremplazable por lo que su valoración es 0.2, pero todavía existe un nivel más de protección, y para que los monumentos tengan más injerencia en el resultado se decide que estos tengan valor 0.3.

*Factor N:*

Según lo analizado, los bomberos estiman que, desde que se da el aviso de un incendio, la primera brigada en llegar debería estar en el lugar en 5 minutos, idealmente, y con tráfico 7 minutos, Esto mejora los tiempos del método en cuanto a que trabaja con una base de 10 minutos. El caso especial serían los cerros, en donde la demora puede deberse a la dificultad de acceso.

Debido a las condiciones particulares de los bomberos en el país, se modifican los límites de tiempo establecidos en el método original sin modificar su ponderación, además de colocar un ítem sobre la ubicación de la vivienda en el cerro que quedara reflejada con una ponderación de mayor vulnerabilidad. El método calcula el tiempo con una velocidad de 30 km/hr, que dado los elementos de tráfico se considera adecuado mantener para el cálculo. La ponderación para la ubicación en cerros está en base a las ponderaciones de las distintas variables del elemento D, se elige el mínimo de ponderación (2) y se ajusta como suma en la variable n3.

*Tabla 27: Tabla modificada variable n3*

| ***Intervención de los bomberos*** | $n_3$ |
|---|---|
| Primera intervención de brigada de bomberos en menos de 5 minutos | 0 |
| Entre 7 a 10 minutos | 2 |
| Entre 10 a 30 minutos | 5 |
| Más de 30 minutos | 10 |
| Ubicación de edificación en cerro | + 2 |

## Modificación a ponderaciones e inclusión de factores de otros métodos

*Factor i:*

Siguiendo lo comentado en el análisis de los parámetros a exportar desde FRIM, se debería incluir dos nuevas variables, la estructura separadora ($P_5$) y los edificios adyacentes ($P_{10}$). Para el caso de $P_5$, al cambiar la variable M para adaptarse a la norma chilena se incluye la resistencia de la estructura separadora y queda cubierto. Para el caso de $P_{10}$ se propone la variable J, que estudiará la aislación o agrupamiento de la edificación.

La variable J tendrá tres casos para elegir, que la edificación sea continua (C), pareada (P) o aislada (A). Cada una de estas clasificaciones queda definida por la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción. Para incluirla, se considera como parte de la variable M, para el caso llamada M*, dado que esta evalúa la conexión con las otras edificaciones cuando evalúa el cortafuego. Para su inclusión primero se le da una ponderación a cada opción de la variable expuesta en la Tabla 27

*Tabla 28: Variable J, Condición de aislación*

| ***Variable J: Condición de agrupamiento*** | ***Ponderación*** |
|---|---|
| 1. Aislada | 0 |
| 2. Pareada | 3 |
| 3. Continua | 5 |

A continuación, se comparan los pesos de los parámetros homólogos a estas variables. El peso que FRIM le da a la variable de edificios adyacentes es 0.0396 y la suma de los pesos de los parámetros que se pueden relacionar con la variable M ($P_1$, $P_5$, $P_9$) es 0.1766. De esta manera la relación entre ambas es de M = 80% de la variable total y J = 20 % de la variable total. Finalmente se crea una tabla que funciona como regla de decisión para el valor de M* en la ecuación del factor i, este valor es la variable M corregida por la variable J.

*Tabla 29: Regla de decisión variable M**

| *Variable* | *Regla de decisión para M** | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| M | a | a | a | b | b | b | c | c | c | d | d | d | e | e | e |
| J | C | P | A | C | P | A | C | P | A | C | P | A | C | P | A |
| Valor | 0 | 0.6 | 1 | 0.8 | 1.4 | 1.8 | 1.6 | 2.2 | 2.6 | 2.4 | 3 | 3.4 | 4 | 4.6 | 5 |

## *Factor N:*

En general el método FRAME asume que todos los sistemas de seguridad están en estado óptimo y con todas sus mantenciones realizadas, esto no necesariamente es verdad y menos en un país sin legislación al respecto para viviendas particulares o fiscalización real, produciéndose problemas como extintores vencidos. Es por ello, que se toman los parámetros del método FRIM en cuanto a las mantenciones y se agregan como variables. Como ya se comentó se tendrá en cuenta los pesos de cada parámetro homologo con las 4 variables del factor N, la Tabla 30 muestra el parámetro homólogo de cada variable, su peso en FRIM y como el máximo puntaje de cada variable en FRAME da un puntaje para esta nueva variable $n_5$. Los valores de las variables $n_i$ existentes varían entre 0 y 10. Se buscará el límite máximo de puntuación para la variable exportada usando los máximos posibles de cada variable existente.

*Tabla 30: Comparación de peso entre parámetros de FRIM*

| | $n_1 = P_{13}$ | $n_2 = P_2$ | $n_3 = P_3$ | $n_4 = P_{16c}$ | $n_5 = P_{16a}$ | Promedio |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Peso | 0.051 | 0.013 | 0.053 | 0.020 | 0,024 | N/A |
| $w=n_5/n_i$ | 0.470 | 1.799 | 0.453 | 1.212 | | N/A |
| $Max(n_i)*w$ | 3.756 | 10.796 | 1.810 | 12.121 | | 7.121 |
| $Max(n_5)/w$ | 10.649 | 2.779 | 11.048 | 4.125 | | 7.150 |

Luego de esta comparación se promedió los resultados mostrados en la Tabla 30 y se obtuvo 7.135. Cabe destacar que el promedio de ambos cálculos con los máximos es cercano y da consistencia al resultado. Para que la ponderación sea coherente con el método FRAME se invierte el sentido de esta, ya que para FRAME y las variables del factor N mientras mayor sea el valor más riesgo existe. Para terminar la calibración se evalúa el cambio en el riesgo que produce esta nueva variable.

*Tabla 31: Evaluación modificación factor N*

| | Factor N | | R=1/D (solo N distinto de 1) | | % cambio en el riesgo |
|---|---|---|---|---|---|
| | sin $n_5$ | con $n_5$ | sin $n_5$ | con $n_5$ | |
| Máximo | 1 | 1 | 1,000 | 1,000 | 0% |
| Mínimo | 0,238 | 0,166 | 4,202 | 6,024 | 43% |
| Evaluación esperada | 0,397 | 0,277 | 2,519 | 3,610 | 43% |

Se observa que el aumento del riesgo es de un 43% tanto del máximo como de la evaluación más probable, este es muy alto para la relevancia de esta variable que muestra en el análisis de sensibilidad que su importancia es entre un 24.5% a un 40% (Dependiendo si la ecuación de riesgo es de vivienda, habitantes o actividad). Para disminuir este cambio se limita la puntuación a un máximo de 6, que produce un 36% de cambio. De esta manera la nueva variable queda como:

*Tabla 32: Tabla de nueva variable n5*

| ***Mantención de sistemas de seguridad contra fuego*** | **Ponderación** |
|---|---|
| ***Nueva variable*** $n_5$ | |
| Llevadas a cabo con frecuencia mayor a tres años | 6 |
| Llevadas a cabo por lo menos una vez al año | 4 |

| *Mantención de sistemas de seguridad contra fuego* | **Ponderación** |
|---|---|
| ***Nueva variable*** $n_5$ | |
| Llevadas a cabo por lo menos cada 3 meses | 2 |
| Llevadas a cabo al menos una vez al mes o no aplica. | 0 |

*Factor U:*

Al igual que pasa con el factor N y la mantención de los sistemas anti-incendios las rutas de escape se consideran en óptima en su mantención y resistencia al fuego, lo cual no necesariamente es siempre cierto, es por esto que se considera traer desde el método FRIM la variable que vela por la integridad de las rutas de escape al momento del incendio. A continuación, se muestra la tabla original del método FRAME para las rutas de escape:

*Tabla 33: Tabla original variable u2: Rutas de escape*

| **Rutas de evacuación** | $u_2$ |
|---|---|
| Existencia de un plan de evacuación con señalética y luces de emergencia | +4 |
| *Rutas de evacuación vertical* | |
| Sin escaleras para salir | 0 |
| Escaleras abiertas pero interiores | 0 |
| 1 escalera interior cerrada | 1 |
| Más de 1 escalera interior cerrada | 2 |
| Por lo menos 1 escalera interior cerrada y protegida del humo | 3 |
| Más de 1 escalera interior cerrada y protegida del humo | 4 |
| Escalera(s) interior(es) y 1 escalera exterior | 6 |
| Escalera(s) interior(es) y más de 1 escalera exterior | 8 |
| Escalera interior y toboganes o escaleras exteriores para el primer/ segundo piso | 2 |
| *Compartimentación* | |
| Compartimentación de zonas menores a 1000 $m^2$ con separaciones EI30 | +2 |
| Compartimentación de zonas menores a 1000 $m^2$ con separaciones EI60 | +4 |

En esta tabla se puede apreciar que falta una variable del estado de las rutas de escape, pero que agregarla a ella podría solo inducir a confusión, es por esto que se crea la variable u2* para ponderar estos problemas, esta variable se sumará a la actual variable u2. Esta tabla será extraída desde el método FRIM. La ponderación es modificada por los pesos de los parámetros involucrados. El parámetro homólogo de $u_2$ es $P_{14}$, este tiene un peso de 0.0620 (Universiteit Gent, 2003). Por su lado $P_{16b}$ es el origen de la tabla a incluir, este tiene un peso de 0.0162 (Universiteit Gent, 2003). Para poder hacer la comparación se toma el valor máximo que puede tomar $u_2$, y el mínimo para poder equilibrar las escalas, de esta manera los cálculos son los siguientes:

$$Max(u_2) = 14; Min\ (u_2) = 0; Peso\ (P_{14}) = 0.0620$$

$$Max(P_{16b}) = 5; Min\ (P_{16b}) = 0; Peso(P_{16b}) = 0.0162$$

$$\frac{14 * 0.0162}{0.0620} = 3.66{\sim}4$$

*Ecuación 30: Ecuaciones de calibración de la modificación*

Con este resultado, el valor máximo que tiene que tomar la nueva variable es 4, manteniendo el mínimo. Evaluando esta nueva variable con respecto al factor U, se revisa como afecta su máximo, su mínimo y el riesgo involucrado con estos nuevos valores (Tabla 34), se observa un cambio en el máximo de un 17%. El factor U incide solamente en la ecuación de riesgo para los habitantes con una sensibilidad del elemento D de un 57%. Como este factor incide tan significativamente es mejor que su variación con la modificación sea pequeña, y se considera adecuado un 17% para el máximo de variación.

*Tabla 34: Evaluación modificación variable $u_2$*

| | Factor U | | R=1/D (solo U distinto de 1) | | % cambio en el riesgo |
|---|---|---|---|---|---|
| | sin $u_2$* | con $u_2$* | sin $u_2$* | con $u_2$* | |
| Máximo | 17.79 | 21.623 | 0.056 | 0.046 | 17% |
| Mínimo | 1 | 1 | 1 | 1 | 0% |
| Evaluación esperada | 1.629 | 1.71 | 0.614 | 0.585 | 4.7% |

Finalmente se presenta la Tabla 35, donde se muestra la nueva variable para el factor U.

*Tabla 35: Tabla de variable $u_2$**

| **Inspección de rutas de escape** | **Ponderación** |
|---|---|
| **Nueva variable $u_2{}^*$** | |
| Llevadas a cabo con frecuencia mayor a tres años | 0 |
| Llevadas a cabo por lo menos una vez al año | 1 |
| Llevadas a cabo por lo menos cada 3 meses | 2 |
| Llevadas a cabo al menos una vez al mes | 4 |

## Interpretación de los resultados del método.

Para interpretar los resultados que se van a obtener de aplicar el instrumento, se debe tener en cuenta la interpretación original del método FRAME. En la mayoría de los casos de interpretación presentados a continuación, se usan las referencias de resultados originales del manual. Esto debido a que el cálculo original de estas interpretaciones fue hecho con un estudio estadístico de gran envergadura que un trabajo acotado como el presente no puede equiparar.

El orden en que se presenta la interpretación de los resultados es el siguiente; se empezará por los elementos más relevantes que son R, R1, R2 y Ro, para después estudiar el resto de sus elementos y las variables involucradas en ellas.

### Ro, punto de orientación: Riesgo inicial.

Como ya se dijo, el Ro representa las protecciones construidas en el compartimiento a estudiar, estas pueden ser suficientes o necesitar otras medidas de protección. Ro utiliza en su cálculo los elementos P y A, y la variable $f_s$. A mayor el valor de Ro, mayor el riesgo del compartimiento y más medidas extras son necesarias. A continuación, se detallan las distintas decisiones que propone el método originalmente:

*Tabla 36: Información de significado de valores Ro (Smet, 2008)*

| **Valor Ro** | **Elegir** | **Protección adicional** | | **Disponibilidad de agua** |
|---|---|---|---|---|
| | | **Ocupantes** | **Actividades** | |
| Ro< 1 | Protección manual: Extintores y estaciones de mangueras, respaldo de bomberos | Puede ser necesario | Puede ser necesario | Debe ser el normado |
| 1< Ro <1.6 | Sistema automático de detección: para respuesta de bomberos rápida y temprana. | Puede ser necesario | Puede ser necesario | Debe ser el normado |
| 1.6< Ro<2.7 | Protección de aspersores | No será requerido | No será requerido | -- |
| 2.7<Ro<4.5 | Protección de aspersores | No será requerido | No será requerido | Debe ser mejorada su confiabilidad |
| Ro>4.5 | Demasiado peligroso se debe reducir | | | |

Para el caso de Ro mayor a 4.5, la reducción debe ser en los factores del elemento P, lo que conlleva trabajo de obra gruesa.

### R, R1, R2, Riesgo para los bienes, personas y actividades.

El valor de riesgo del método FRAME trabaja en una base logarítmica, esto produce que el método trabaje en magnitudes cercanas a 1. El objetivo del cálculo es encontrar el equilibrio entre la protección (D, D1, D2), la vulnerabilidad (P, P1, P2) y la amenaza (A, A1, A2). Por un compartimiento adecuadamente protegido, el valor de los riesgos (R, R1, R2) deberá ser igual o menor a 1. De esta manera se puede tener una tabla de destrucción aproximada del compartimiento en relación al valor riesgo para la edificación (R):

*Tabla 37: Valor de R v/s % compartimiento destruido (Smet, 2008)*

| **Riesgo para edificación** | **% del compartimiento destruido** |
|---|---|
| Menor o igual a 1 | 10% o menos |
| 1 hasta 1.3 | 10% a 20% |
| 1.3 hasta 1.5 | 20% a 30% |
| 1.5 hasta 1.7 | 30% a 50% |
| 1.7 hasta 1.9 | 50% a 80% |
| Más de 1.9 | 80% a 100% |

### Valoración de Riesgo Potencial (P, P1, P2) [Vulnerabilidad]

Para interpretar el valor de P, P1, P2, hay que analizarlos en conjunto con D, D1, D2 y A, A1, A2 y la influencia de cada uno en R, R1, R2, respectivamente de manera de saber cuál de ellos posee un valor alto que dispara el riesgo. De esta manera, se puede decidir cambiar los factores que hacen vulnerable al compartimiento o aumentar las medidas de seguridad.

Con Ro queda cubierta la decisión de qué medidas de seguridad tomar, si la decisión es disminuir la vulnerabilidad, se debe analizar los factores de riesgo potencial, para entender donde esta el fallo y corregirlo. Estos cambios pueden involucrar trabajos de gran envergadura y gran costo económico ya que deben cambiarse elementos estructurales y de formato del compartimiento.

A continuación, se estudian los valores que puede tomar cada factor involucrado en los elementos de Riesgo potencial (P, P1, P2), estos valores se agruparan en rangos. Los significados de los rangos y sus límites son presentados en el manual original del método FRAME. Se cambian algunos límites en concordancia con las modificaciones realizadas

#### *Factor q: Carga calorífica del inmueble*

Mientras el factor q sea mayor a 0, existe algo que se pueda consumir en el fuego (dado que el mínimo de carga es 7 MJ/m$^2$ siempre hay algo). Para considerar el rango de carga de baja combustión, se consideran 210 MJ/m$^2$ que dan un factor q=1, y corresponde a la carga calórica de una oficina en una construcción no combustible. Para el caso de alta carga calórica se considera todos los valores del factor sobre el resultado de una casa a máxima carga mobiliaria de construcción no combustible, es decir 500 MJ/m$^2$. De esta manera, se tiene la siguiente tabla para el rango:

*Tabla 38: Rangos de valores del factor q y su significado*

| *Elemento* | *Factor* | *Valor factor* | *Variables importantes para rango en factor* | *Unidad* | *Definición* |
|---|---|---|---|---|---|
| *P* | *q* | Menor a 1 | Menor a 210 | MJ/m$^2$ | Baja carga calórica |
| | | 1 a 1.25 | 210 a 500 | MJ/m$^2$ | Carga calórica Media |
| | | Mayor a 1.25 | Mayor a 500 | MJ/m$^2$ | Alta carga Calórica |

### *Factor i: Propagación*

Este factor se puede relacionar con curvas de crecimiento del fuego que miden el tiempo que demora un incendio en liberar 1 MW de energía, con estas curvas se calcula un razón de liberación de calor en kW/m$^2$.

La siguiente ecuación relaciona el factor i con las curvas de crecimiento (HHR):

$$i = \log(HHR/25\ \ kW/m^2) \qquad \text{ó} \qquad HRR = 25 \times 10^i\ \ kW/m^2$$

*Ecuación 31: Relación factor de propagación con curva de crecimiento*

En base a esta ecuación y a las curvas usadas en el método original se tiene el siguiente rango de valoración para el factor i:

*Tabla 39: Rangos de valores del factor i y su significado*

| *Elemento* | *Factor* | *Valor factor* | *Variables importantes para rango en factor* | *Unidad* | *Definición* |
|---|---|---|---|---|---|
| ***P*** | *i (HRR)* | [0.4; 0.7[ | HRR: [60; 125[ | kW/m$^2$ | Crecimiento Ultra lento |
| | | [0.7; 1[ | HRR: [125; 250[ | kW/m$^2$ | Crecimiento lento |
| | | [1; 1.3[ | HRR: [250; 500[ | kW/m$^2$ | Crecimiento medio |
| | | [1.3; 1.63[ | HRR: [500; 1066[ | kW/m$^2$ | Crecimiento rápido |
| | | Mayor a 1.63 | HRR: Mayor a 1066 | kW/m$^2$ | Crecimiento Ultra rápido |

### *Factor v: Ventilación*

Este factor estima la capacidad de ventilación de un edificio, para esto considera que una ventilación de 1% a 2% del área del suelo es suficiente para ventilar un incendio en progreso, el factor esta calibrado para tener un valor 1 para este caso. En la siguiente tabla se observa cómo se tomará la valoración del factor.

*Tabla 40: Rangos de valores del factor v y su significado*

| *Elemento* | *Factor* | *Valor factor* | *Definición* |
|---|---|---|---|
| ***P*** | *v* | Menor a 1 | Ventilación muy adecuada |
| | | 1 | Ventilación adecuada |
| | | Mayor a 1 | Ventilación deficiente |

### *Factor g: Área*

El valor de g es 1 para un compartimiento de 900 m$^2$ de largo y ancho iguales, hasta esta área de compartimiento este no necesitará protecciones adicionales, entre 900 m$^2$ y 4000 m$^2$ se necesitará un sistema de detección automático. Después de 4000 m$^2$ hasta los 25000 m$^2$ son los compartimientos que necesitan aspersores automáticos. Desde 25000 m$^2$ no existen medidas que puedan proveer la protección adecuada por lo que se considera necesario una compartimentación.

*Tabla 41: Rangos de valores del factor g y su significado*

| *Elemento* | *Factor* | *Valor factor* | *Variables importantes para rango en factor* | *Unidad* | *Definición* |
|---|---|---|---|---|---|
| ***P*** | *g* | Menor a 1 | (l=b) Menor a 900 | m$^2$ | No necesita protección |
| | | ]1; 1.9] | (l=b) ]900 a 4000] | m$^2$ | Detección automática |
| | | ]1.9; 4.74] | (l=b) ]4000 a 25000] | m$^2$ | Aspersores automáticos |
| | | Mayor a 4.74 | (l=b) ] Mayor a 25000 | m$^2$ | Compartimentación |

### *Factor e: Nivel*

Este factor es intrínseco del compartimiento, el nivel de piso, este no se puede cambiar, pero se debe tener en cuenta para conocer las medidas adecuadas para cada caso. Se consideran 4 niveles de altura para valorar este factor. A continuación, en la tabla, se muestra la valoración.

*Tabla 42: Rangos de valores del factor e y su significado*

| *Elemento* | *Factor* | *Valor factor* | *Variables importantes para rango en factor* | *Definición* |
|---|---|---|---|---|
| ***P*** | *e* | 1 | Nivel acceso al edificio | Nivel calle |
| | | ]1 a 1.6] | ]Nivel acceso a Piso 6] | Altura media |
| | | ]1.6 a 1.75] | ]Piso 6 a Piso 11] | Alto |
| | | Mayor a 1.75 | Mayor a Piso 11 | Gran altura |

### *Factor z: Accesibilidad*

Este factor mide el acceso de los bomberos al inmueble. Se tendrán 3 casos para la valoración del factor. Si tiene acceso expedito y sin inconvenientes, si el acceso es normal y si el acceso es complicado. En la tabla a continuación se muestra los rangos para estos tres casos.

*Tabla 43: Rangos de valores del factor z y su significado*

| *Elemento* | *Factor* | *Valor factor* | *Definición* |
|---|---|---|---|
| ***P*** | *z* | 1.05 | Buen acceso |
| | | ]1.05 a 1.2] | Acceso Normal |
| | | Mayor a 1.2 | Acceso Limitado |

## Valoración de Niveles de riesgo aceptable (A, A1, A2) [Amenaza]

Como ya se comentó, los tres elementos del riesgo deben balancearse para que el riesgo total sea mínimo y el valor sea cercano a 1. Mientras menor a 1 sea el valor de A, A1, A2, mayor es el riesgo de incendio y mayor tienen que ser las medidas de protección para balancear el riesgo.

Según consigna el manual de FRAME (Smet, 2008), el elemento A, A1, A2 tiene una base de riesgo aceptable de 1.6, este valor se obtiene comparando un riesgo potencial bajo con niveles generales de protección. Según sean los habitantes, la edificación o las actividades lo que el elemento está midiendo se puede comprender, analizando este elemento, para cual la amenaza es mayor. Algunos de los factores de este elemento tienen una valoración por sí solo, que indican cómo se maneja una amenaza específica.

### *Factor t: Tiempo de evacuación*

Este factor valora el tiempo de evacuación que necesitan los ocupantes para salir del compartimiento de manera segura, esto debe ser comparado con el tiempo real que se tiene para salir de una manera segura. Para obtener el tiempo para la comparación se calcula el factor t necesario para que R1 sea 1 sin cambiar el resto de los factores, el factor t resultante y el factor t de la evaluación se multiplican por el parámetro de corrección: 720 y se obtiene como resultado el tiempo en segundos que se necesita y se tiene para evacuar. De esta manera se tiene a siguiente tabla:

*Tabla 44: Rangos de valores del factor t y su significado*

| *Elemento* | *Factor* | *Valor factor* | *Unidad* | *Definición* |
|---|---|---|---|---|
| *A* | *t* | t(R=1) > t(calc) | Seg. | Suficiente tiempo evacuación |
| | | t(R=1) = t(calc) | Seg. | Tiempo exacto de evacuación |
| | | t(R=1) < t(calc) | Seg. | Deficiente tiempo evacuación |

### *Factor r: Condiciones ambientales*

El factor r, que evalúa las condiciones ambientales, está directamente relacionado a el parámetro ASET (Tiempo disponible de egreso seguro). A mayor el factor r, menor ASET. ASET es comparado con RSET (tiempo requerido de egreso seguro) que está relacionado con el factor t y se conoce la amenaza a las personas. De eta manera, para el factor r, se tiene que si A1 es menor a 0.8 el riesgo es alto porque RSET>>ASET, en cambio sí es mayor se tiene lo contrario. Si se tiene que el factor t esta correcto en la valoración individual se puede deducir que r es muy alto.

*Tabla 45: Rangos de valores del factor r y su significado*

| *Elemento* | *Factor* | *Valor factor* | *Variables importantes para rango en factor* | *Definición* |
|---|---|---|---|---|
| ***A*** | *r* | A1<0.8 | t(R=1)>t(calc) ->r alto | Mala condición ambiente |
| | | | t(R=1)<=t(calc) ->r normal | Buena condición ambiente |
| | | A1>0.8 | | Buena condición ambiente |

### *Factor c: Valor del contenido*

Este factor no es considerado en el método original como relevante para su valoración individual, pero dado el foco patrimonial de este trabajo se consideró relevante crear un rango de valoración que refleje el riesgo al patrimonio.

Para ello, se evaluó los máximo y mínimos del factor; en este caso tenemos 3 variables que componen el factor, c1 con máximo 0.2 y mínimo 0, c2 con mínimo 0 y un máximo, estimado para 3 mil millones de euros, de 0.65 y c3 con mínimo 0 y máximo 0.3. Co estos datos se tiene que el máximo para el factor c es 1.15.

Para crear el rango de valores, se va a usar de base una edificación de valor patrimonial relevante, con c1 de valor difícilmente reemplazable (0.1) y c3 con protección de Zona Típica (0.2), y con un valor bajo 7 millones de euros como el límite de una edificación de bajo riesgo patrimonial (factor c = 0.3). Si el contenido es irremplazable (c1=0.2), con la misma valoración de c3 y un valor de 10 millones de euros (valor fondos aprobados para reconstrucción iglesia San Francisco (CNN Chile, 2019)) como un riesgo medio (factor c=0.44) y sobre eso un riesgo alto.

*Tabla 46: Rangos de valores del factor q y su significado*

| *Elemento* | *Factor* | *Valor factor* | *Definición* |
|---|---|---|---|
| ***A*** | *c* | c<=0.3 | Bajo riesgo patrimonial |
| | | 0.3<c<=0.44 | Riesgo patrimonial medio |
| | | c>0.44 | Alto riesgo patrimonial |

## Valoración de Niveles de protección (D, D1, D2) [Medidas de protección]

Por último, se tiene la valoración del elemento D, según el manual de FRAME (Smet, 2008). Este elemento está relacionado con la tasa de falla, es decir cuál es la probabilidad de que el incendio produzca el peor escenario posible (para cada caso; habitantes, edificación y actividad). La siguiente ecuación define la relación:

$$F = {}^{1}/_{10^{D_i}}$$

*Ecuación 32: Ecuación de Tasa de falla*

Esta ecuación solo relaciona las protecciones con la falla, por lo tanto, si la vulnerabilidad y la amenaza son bajas, aunque la tasa de falla es alta, el riesgo puede ser bajo.

# Capítulo VII: Verificación

Para la verificación del método y su ajuste de acuerdo a los resultados se consideran incendios ocurridos en la ciudad de Valparaíso, con distintas cualidades para comprobar el funcionamiento de la herramienta y si es necesario ajustarlo. Como grupo de control se tendrá el resultado final de estos incendios y se analiza si coinciden con los resultados obtenidos de la herramienta.

## Área de aplicación del método.

La zona de interés de la ciudad de Valparaíso es el Área Histórica (definida en el Capítulo III: Valparaíso), en esta zona se encuentra el Sitio UNESCO y su zona de amortiguación. Esta zona es basta y heterogénea, con presencia en cerros y el plan.

Para poder evaluar la herramienta se eligen incendios en la Zona UNESCO, en la zona de amortiguación y uno fuera de ella (aun cuando no es zona de interés), de manera de tener variabilidad en las respuestas. También se escoge un caso en los cerros y en pasaje para medir los otros factores modificados.

## Incendios de interés en el área

*Incendio 24 de abril 2017, Av. Francia con Pedro Montt (Fuera área histórica):*

Este es un incendio que sucedió en el plan de la ciudad, en la zona de El Almendral. Su inicio fue una cocina del restaurant ubicado en el inmueble 1 (Pedro Montt 2302 a 2308) y se propagó por el techo al inmueble 2 (Francia 439, Victoria 2301), participaron 4 compañías de bomberos y hubo 25 personas damnificadas. Se estudian los dos inmuebles como compartimientos separados, ya que existía un cortafuego entre ellas que permiten dicha separación.

*Tabla 47: Datos incendio 24 de abril 2017*

| *Datos del Incendio.* | | | |
|---|---|---|---|
| *Dirección* | *Av. Francia 439 con Av. Pedro Montt 2302 a 2308* | | |
| *Fecha* | *24 de abril del 2017* | | |
| *Edificaciones involucradas* | *Cantidad* | | 2 |
| | *Uso* | *Inmueble 1* | Restaurant y uso residencial |
| | | *Inmueble 2* | Panadería y uso residencial |
| | *Protección patrimonial* | | No |
| | *Pisos* | *Inmueble 1* | 3 |
| | | *Inmueble 2* | 3 |
| | *Área* | *Inmueble 1* | 180 $m^2$ |
| | | *Inmueble 2* | 210 $m^2$ |
| | *Largo* | *Inmueble 1* | 20 m |
| | | *Inmueble 2* | 19 m |

| *Datos del Incendio.* | | | |
|---|---|---|---|
| *Dirección* | *Av. Francia 439 con Av. Pedro Montt 2302 a 2308* | | |
| *Fecha* | *24 de abril del 2017* | | |
| | *Materialidad* | *Inmueble 1* | Albañilería y entramado madera |
| | | *Inmueble 2* | Albañilería y entramado madera |
| | *Precio m² en sector* | | 28 UF/m² |
| | *Tipo de agrupación* | | Continuas |
| *Causa del incendio* | | | Falla aislación estufa de cocina. |
| *Inicio en: Cocina Restaurante Inmueble 1* | | | |
| *Acceso* | *Cerro /Plan* | | Plan |
| | *Acceso directo calle* | | Acceso directo |
| *Personas* | *Cantidad (Riquelme, 2017)* | | Uso residencial: 25 |
| | | | Restaurant y panadería: 50 |
| | *Presencia de personas con movilidad reducida* | | Niños |
| *Recurso agua* | *Presión sector (Ramírez, 2017)* | | 55.32 m.c.a |
| | *Grifo más cercano (Figura 14 punto rojo)* | | Av. Francia esquina Victoria |

### Origen y recopilación de información:

La recopilación de los datos para evaluar este incendio inicia con la búsqueda en la prensa de la información preliminar, luego se recurrió a Google Earth para obtener datos de área, perímetro, ubicación, acceso, etc. Por último, se buscaron informes con datos generales del área como precio de construcción en el sector (toctoc.cl), red de agua (Ramírez, 2017), ubicación de grifos.

Para datos como la materialidad se usó el conocimiento de la revisión bibliográfica reafirmándola con las imágenes obtenidas de la prensa en donde se muestra los inmuebles en el incendio.

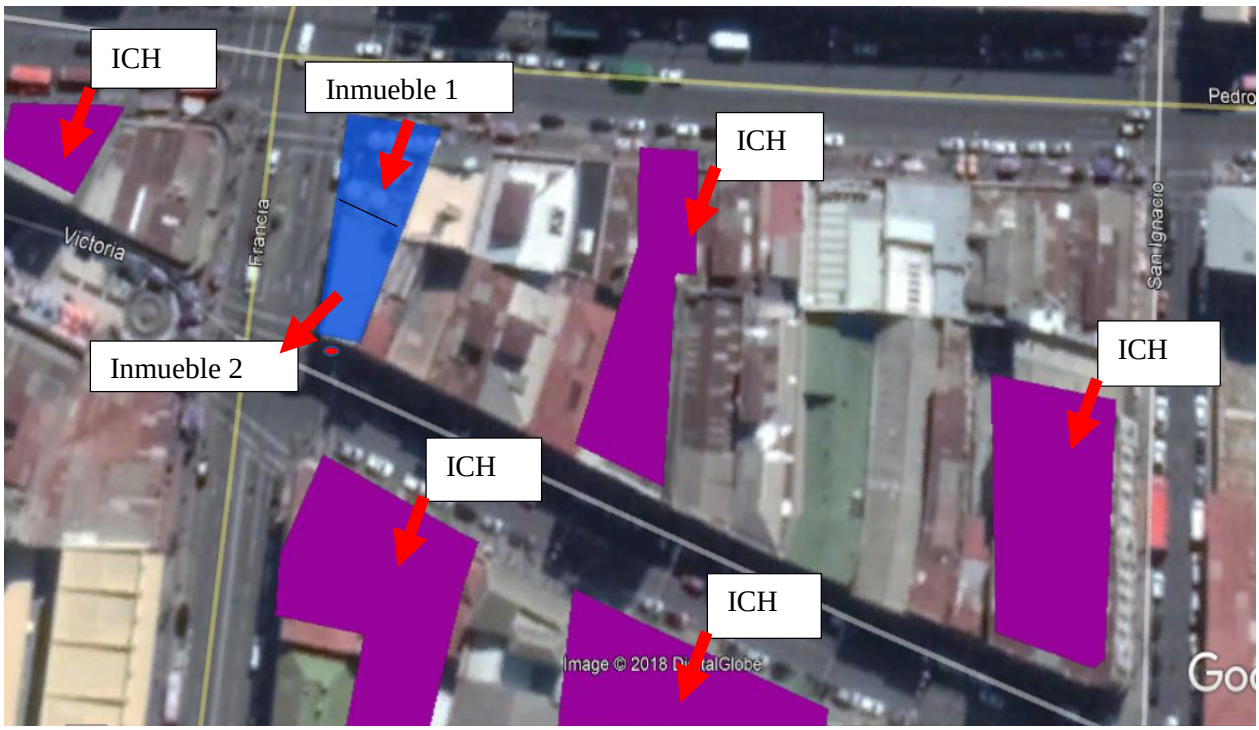



*Figura 14: Zona azul muestra inmuebles afectados por incendio, morados son ICH (incendio 24 de abril del 2017)*

### *Incendio 12 de Julio 2018, Cerro Alegre – Paseo Yugoslavo (Zona UNESCO)*

Este es un incendio que sucedió en cerro Alegre, en la zona del Palacio Baburizza, en la subida El Peral. Su inicio es desconocido, pero al ser una residencia se considera que su razón está

ligado al uso normal de una casa, participaron 10 unidades de bomberos y hubo 5 personas afectadas. El inmueble a estudiar posee ficha de Inmueble de Conservación histórica (http://www.patrimoniourbano.cl/wp-ontent/uploads/2018/06/VALPARAISO_ELPERAL_126.pdf) desde donde se obtienen la mayoría de sus datos.

*Tabla 48: Datos incendio 12 de Julio del 2018*

| *Datos del Incendio.* | | | |
|---|---|---|---|
| *Dirección* | *Subida el Peral N 126, Paseo Yugoslavo. Rol 3001-22* | | |
| *Fecha* | *12 de julio del 2018* | | |
| *Edificaciones involucradas* | *Cantidad* | | 1 |
| | *Uso* | *Inmueble 1* | Uso residencial |
| | *Protección patrimonial* | | Zona UNESCO, ICH |
| | *Pisos* | *Inmueble 1* | 2 |
| | *Área* | *Inmueble 1* | 164.5 $m^2$ |
| | *Largo* | *Inmueble 1* | 18 m |
| | *Materialidad* | *Inmueble 1* | Entramado de Madera |
| | *Precio $m^2$ en sector* | | 23 UF/$m^2$ |
| | *Tipo de agrupación* | | Continua |
| *Causa del incendio* | | | Sin información |
| *Acceso* | *Cerro /Plan* | | Cerro |
| | *Acceso directo calle* | | Paseo peatonal, escalera |
| *Personas* | *Cantidad (González, 2018)* | | 5 |
| | *Presencia de personas con movilidad reducida* | | No |
| *Recurso agua* | *Presión sector (Ramírez, 2017)* | | 87.98 |
| | *Grifo más cercano (Figura 15 punto rojo)* | | Equina Montealegre con Leighton |

### Origen y recopilación de información:

La recopilación de los datos para evaluar este incendio inicia con la búsqueda en la prensa de la información preliminar, luego se recurrió a Google Earth para obtener datos de ubicación, acceso, grifos, etc. Por último, se buscaron datos generales del área como precio de construcción en el sector (toctoc.cl), red de agua (Ramírez, 2017), etc.

Para datos como la materialidad, área, protección patrimonial, pisos se utilizó la ficha ICH del inmueble. En este caso la ficha tiene dato de $m^2$ construidos, que se dividieron en 2, por la cantidad de pisos y su largo fue obtenido de Google Earth.

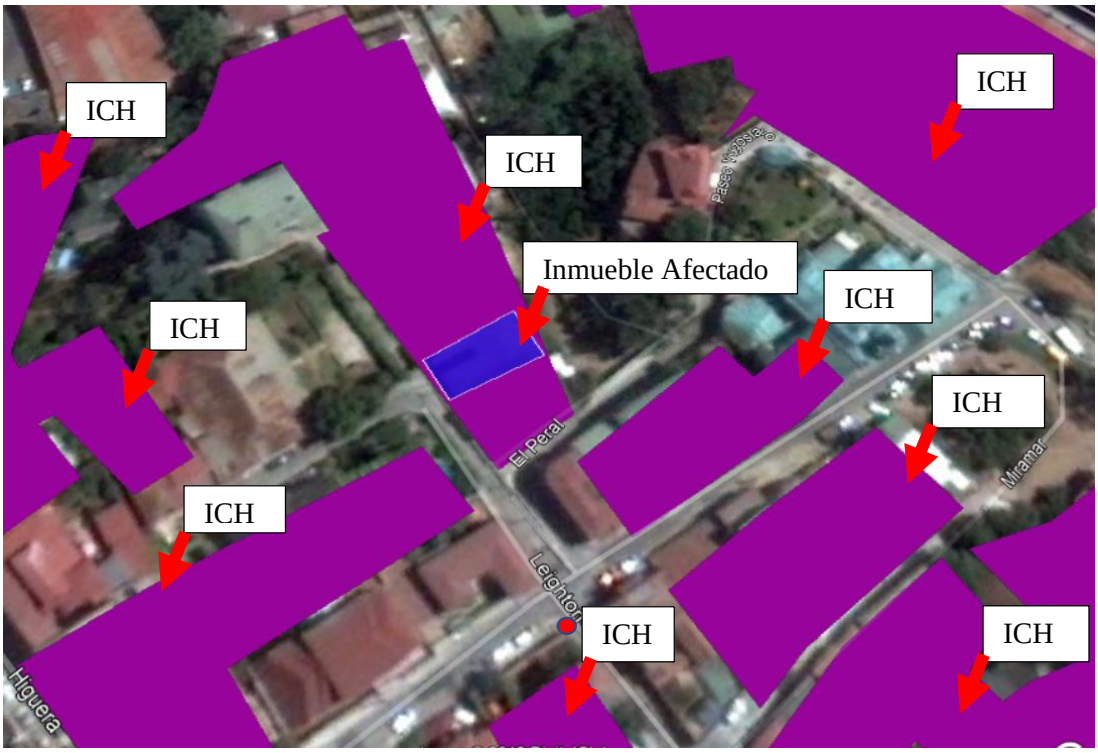



*Figura 15: Zona azul muestra inmuebles afectados por incendio, morados son ICH (incendio 12 de julio del 2018)*

### *Incendio 19 de febrero de 2018, Av. Errazuriz (Zona amortiguación)*

Este es un incendio que sucedió en el plan de la ciudad, en la zona del puerto. Su inicio parece ser originado por un desperfecto eléctrico en el inmueble afectado, participaron 12 compañías de bomberos y hubo 100 personas afectadas. El inmueble afectado albergaba varios clubs de entretenimiento, al ser el incendio de día no estaban en funcionamiento y los afectados son los trabajadores por la pérdida del puesto laboral.

*Tabla 49: Datos incendio 19 de febrero 2018*

| *Datos del Incendio.* | | | |
|---|---|---|---|
| *Dirección* | *Av. Errazuriz 1090 - Almirante Martínez 46* | | |
| *Fecha* | *19 de febrero del 2018* | | |
| *Edificaciones involucradas* | *Cantidad* | | 1 |
| | *Uso* | *Inmueble 1* | Comercial, eventos |
| | *Protección patrimonial* | | Zona Amortiguación |
| | *Pisos* | *Inmueble 1* | 3 |
| | *Área* | *Inmueble 1* | 363 $m^2$ |
| | *Largo* | *Inmueble 1* | 22 m |
| | *Materialidad* | *Inmueble 1* | Albañilería y madera |
| | *Precio $m^2$ en sector* | | 31 $UF/m^2$ |
| | *Tipo de agrupación* | | Pareada |
| *Causa del incendio (Teletrece, 2018)* | | | Desperfecto eléctrico |
| *Acceso* | *Cerro /Plan* | | Plan |
| | *Acceso directo calle* | | Acceso directo |
| *Personas* | *Cantidad (Cooperativa, 2018)* | | 150 |
| | *Presencia de personas con movilidad reducida* | | No |
| *Recurso agua* | *Presión sector (Ramírez, 2017)* | | 74.94 |
| | *Grifo más cercano (Figura 16 punto rojo)* | | Equina Errazuriz con Almte Martínez |

### Origen y recopilación de información:

La recopilación de los datos para evaluar este incendio inicia con la búsqueda en la prensa de la información preliminar, luego se recurrió a Google Earth para obtener datos de ubicación, acceso, grifos, etc. Por último, se buscaron datos generales del área como precio de construcción en el sector (toctoc.cl), red de agua (Ramírez, 2017), etc.

Para datos como la materialidad se usó el conocimiento de la revisión bibliográfica reafirmándola las imágenes obtenidas de la prensa en donde se muestra el inmueble en el incendio, en algunas de estas se observa la materialidad del inmueble.

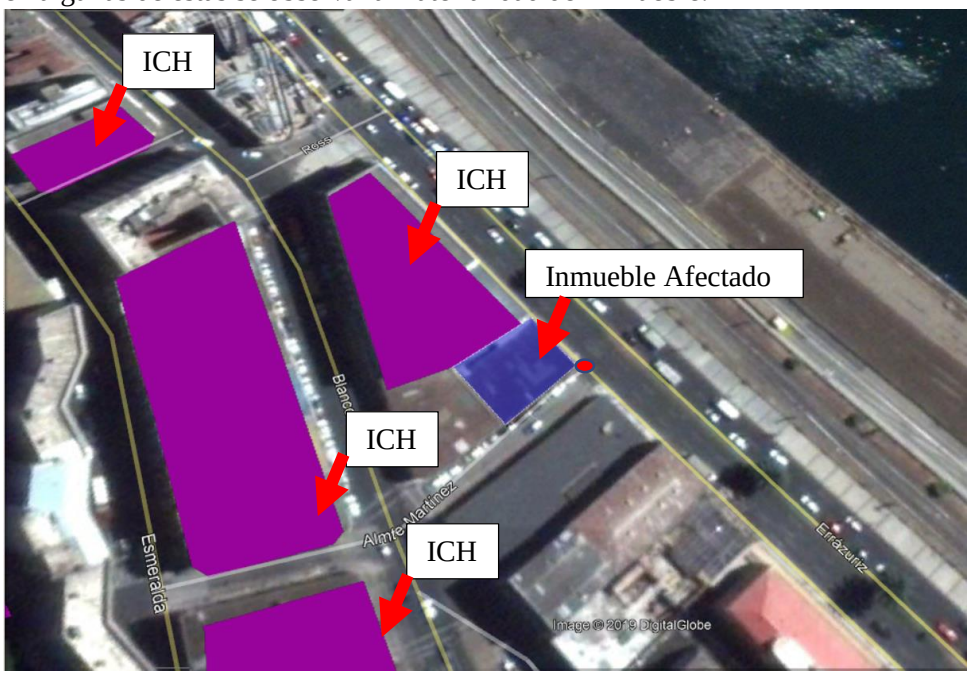



*Figura 16: Zona azul muestra inmuebles afectados por incendio, morados son ICH (incendio 19 de febrero del 2018)*

### *Incendio 16 de mayo de 2016, Calle Márquez (Zona UNESCO)*

El incendio sucedió en el plan de la ciudad, en la zona de la plaza Echaurren. Su inicio es desconocido, comenzó en el comercio del primer piso. Participaron 9 compañías de bomberos y hubo 40 personas afectadas. El inmueble poseía varios tipos de comercio, con uso habitacional en los pisos superiores. El inmueble posee ficha de ICH (https://www.patrimoniourbano.cl/wp-content/uploads/2018/06/VALPARAISO_LAESPA%C3%91OLA.pdf).

*Tabla 50: Datos incendio 19 de febrero 2018*

| *Datos del Incendio.* | | | |
|---|---|---|---|
| *Dirección* | *Calle Márquez, entre Cochrane N 80 al 98 y Bustamante 78-99. Rol: 60-1* | | |
| *Fecha* | *16 de mayo del 2016* | | |
| *Edificaciones involucradas* | *Cantidad* | | 1 |
| | *Uso* | *Inmueble 1* | Comercial, habitacional |
| | *Protección patrimonial* | | Zona UNESCO |
| | *Pisos* | *Inmueble 1* | 4 |
| | *Área* | *Inmueble 1* | 757 $m^2$ |
| | *Largo* | *Inmueble 1* | 30 m |

| *Datos del Incendio.* | | | |
|---|---|---|---|
| *Dirección* | *Calle Márquez, entre Cochrane N 80 al 98 y Bustamante 78-99. Rol: 60-1* | | |
| *Fecha* | *16 de mayo del 2016* | | |
| | *Materialidad* | *Inmueble 1* | Albañilería y Madera |
| | *Precio m$^2$ en sector* | | 29 UF/m$^2$ |
| | *Tipo de agrupación* | | Aislada (Manzana completa) |
| *Causa del incendio* | | | Desconocido |
| *Acceso* | *Cerro /Plan* | | Plan |
| | *Acceso directo calle* | | Acceso directo |
| *Personas* | *Cantidad (24horas, 2016)* | | Habitacional: 40 – Comercia: 50 |
| | *Presencia de personas con movilidad reducida* | | No |
| *Recurso agua* | *Presión sector (Ramírez, 2017)* | | 75.06 |
| | *Grifos más cercano (Figura 17 puntos rojos)* | | Calle Marquéz esquina Chochrane y Bustamante |

### Origen y recopilación de información:

La recopilación de los datos inicia con la búsqueda en la prensa de la información preliminar, luego se recurrió a Google Earth para obtener datos de ubicación, acceso, grifos, etc. Por último, se buscaron los precio de construcción en el sector (toctoc.cl), red de agua (Ramírez, 2017), etc.

Para datos como la materialidad, área, protección patrimonial, pisos se utilizó la ficha ICH del inmueble. En este caso la ficha tiene dato de m$^2$ construidos que se dividieron en 4, por la cantidad de pisos y su largo fue obtenido de Google Earth.

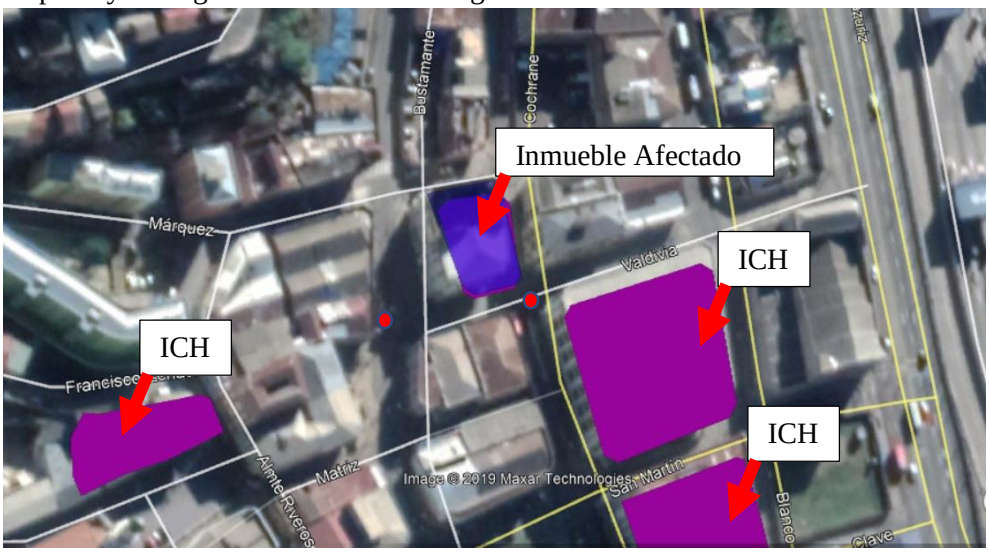



*Figura 17: Zona azul muestra inmuebles afectados por incendio, morados son ICH (incendio 16 de mayo del 2016)*

## Datos de ingreso de inmuebles afectados

Se presentará la tabla de uno de los incendios antes presentados de manera de comprender como ingresan los datos a la herramienta de evaluación y que criterio se siguió para ingresarlos. Este método da la opción de no conocer un dato y en esos casos se usa el valor por defecto propuesto por el manual o el caso más desfavorable de las tablas entregadas por el método. Las tablas completas de entrada de los otros incendios están en el Anexo 4: Datos de entrada de incendios evaluados con FRAME modificado.

### *Incendio 12 de Julio 2018, Cerro Alegre*

Este incendio tiene solo un inmueble involucrado, será considerado un compartimiento en su totalidad para su evaluación en la herramienta, y se presentará la tabla de los datos ingresados y el razonamiento detrás de cada entrada.

#### Datos ingreso Inmueble 1

*Tabla 51: Datos de ingreso Inmueble incendio 12 de julio de 2018*

| *Elemento* | *Factor* | *Variable* | *Dato* | *Observaciones* | *Razonamiento* |
|---|---|---|---|---|---|
| *P* | *q* | *Qi* | C1. | Opción 1 (tablas original de FRAME para cargas calóricas) | Se desconoce carga real. Se usan las tabuladas para residencia en opción 1 |
| | | *Qm* | C. | | |
| | *i* | *T %* | 100% | El contenido promedio de edificios residenciales ( 250°C ) | Tabulado para residencia |
| | | *m* | 0,3 | Dato personalizado de m | Valor por defecto |
| | | *M %* | 100% | e. (1) < F-120 (2) < F-60 (3) < F-60 (4) < F-60 (5) < F-30 (6) -- (7) -- (8) < F-30 (9) < F-15 | Desconocido. Se considera el menor valor |
| | | *J* | 3 | (1) aisladas (2) pareadas (3) continua | Dato en ficha del incendio |
| | *g* | *Largo* | 18 | m | Se usa planos de catastro para el área, Google Earth para el perímetro |
| | | *Área tot* | 165 | m² | |
| | | *Acceso* | Corto | | |
| | *v* | *h* | 6 | Altura techo (m) | Valor por defecto: 3 m/piso |
| | | *Paso 1* | 40 | Área ventanas, vidrios, traslucidos y otros (m²) | Se obtuvo el porcentaje de área de fachada a través de imágenes. Sin otro tipo de ventilación. |
| | | *Paso 2* | 0 | Superficie aerodinámica de sistemas de extracción natural de humo (m²) | |
| | | *Paso 3* | 0 | Sistemas de extracción mecánica de humo (Nm³/h) | |
| | *e* | *E* | 2 | | Dato en ficha del incendio |
| | *z* | *Z* | 2 | | Observación de imágenes del inmueble y el área circundante |
| | | *H* | 0 | m | |
| | | *Lc* | 41 | m | |
| | | *Casos entrada* | c. | | |
| | | *Pendiente* | 16,6 | % | |
| *A* | *a* | *a1* | A1. | Actividades principales | Dato de actividades en ficha del incendio |
| | | *a2.1* | No | Actividades secundarias soldadura | |
| | | *a2.2* | No | Actividades secundarias madera/plásticos | |
| | | *a2.3* | H0. | Uso de productos inflamables | |
| | | *a2.4* | No | Otros | |
| | | *a3.1* | E1. | Sistemas de calefacción (procesos y lugares) | Por ser residencia y no tener mayor instalación visible se suponen estufas personales de gas o eléctricas |
| | | *a3.2* | F0. | | |
| | | *a3.3* | G0. | | |

| *Elemento* | *Factor* | *Variable* | *Dato* | *Observaciones* | *Razonamiento* |
|---|---|---|---|---|---|
| | | *a4* | I3. | Instalaciones eléctricas | Por el año de construcción se consideran fuera de norma* |
| | | *a5.1* | Z. | Riesgos de explosión | |
| | | *a5.2* | K0. | Riesgo de polvo | |
| | *t* | *X* | 16. | Número de personas | Obtenido de tabulación |
| | | *O* | 1 | Cantidad de salidas al aire libre | Visible en imágenes |
| | | *x'* | 120,00 | Ancho 1 salidas | Puerta es doble (120 cm) según imágenes |
| | | $x_c$ | 1 | Cantidad de salidas ancho 1 | |
| | | *p* | 1 | Número de rutas | |
| | | | 100% | A. Personas móviles e independientes (ej. Adultos, obreros) | Por la información sobre el incendio se sabe que no había niños ni adultos mayores y una rápida evacuación. |
| | | | No | Personas con capacidad de percepción limitada | |
| | | | No | Hay un plan de evacuación claro | |
| | | | No | Peligro de pánico | |
| | *c* | *c1* | b. | Importancia funcional | En base a valor uf/m$^2$ del sector |
| | | *c2* | 0,301 | Valor Contenido e inmueble en millones de dólares | |
| | | *c3* | 2 | Clasificación patrimonial | Ficha ICH |
| | *d* | | h. | Tipo de actividad | Dato en ficha del incendio |
| *D* | *W* | *w1* | 1 | Tipo de reserva de agua | Sistema de agua potable |
| | | *w2* | 200 | Reserva de agua (m$^3$) | Mínimo: 200 m$^3$ (estanques de reserva de ESVAL). |
| | | *w3* | 100 | Red de distribución (mm) | Mínimo de norma |
| | | | Si | Redes cerradas? | |
| | | *w4* | 1 | Distancia mínima a grifo | Google Earth: análisis área circundante |
| | | | 2 | Aislada, Continuas, más de 50 unidades | Dato en ficha del incendio |
| | | *w5* | 87,98 | Presión estática disponible en la red (m.c.a) | Dato en ficha del incendio |
| | *N* | *n1* | Si | Descubrimiento | Edificación residencial a la que se considera de ocupación continua. |
| | | | No | Señalización | |
| | | | No | Aviso del incendio a los bomberos | |
| | | | No | Alarma interior | |
| | | *n2* | 0 | Extintores | No se exigen extintores |
| | | | 1 | Bocas y mangueras adecuadas | |
| | | *n3* | 2 | Tiempo de llegada de los bomberos | Tiempo entre mínimo y medio por la accesibilidad |
| | | | Si | Cerro | Dato en ficha del incendio |
| | | *n4* | 3 | Formación propia | |
| | | *n5* | 1 | Mantención de sistemas | Se considera mantenciones irregulares |
| | *S* | *s1* | No | Transmisión garantizada de la señal de detección a los bomberos, directamente o por medio de una sala de control. | Se considera que no hay medidas de seguridad extraordinarias, por lo tanto en general son todos las respuestas nulas o el valor por defecto |
| | | | 0 | Detección automática | |
| | | | No | con supervisión de los circuitos electrónicos | |
| | | | No | con identificación del detector o de una zona pequeña (cuarto) | |
| | | *s2* | No | Reserva de agua inagotable ( 4 veces el mínimo) | |
| | | | No | Reserva de agua destinada a la extinción de incendios | |

| *Elemento* | *Factor* | *Variable* | *Dato* | *Observaciones* | *Razonamiento* |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | No | Reserva de agua independiente ( = en propiedad) | |
| | | | 1 | Presión/ flujo | |
| | | *s3* | 0 | Protección por rociadores | |
| | | | No | Otra protección automática | |
| | | *s4* | 2 | Parque de bomberos respondiendo (tabla) | Varias compañías están en las cercanías, sin particulares |
| | | | 0 | Bomberos de empresa | |
| | | *fs* | 60 | Estructura /compartimentación (min.) | En base a los mínimos valores de resistencia de la madera |
| | *F* | *ff* | 30 | muros exteriores (min.) | |
| | | *fd* | 15 | techo (min.) | |
| | | *u1* | No | Detección parcial en zona de alto riesgo para las personas | Al ser una residencia no existen medidas especiales ni planes de evacuación conocidos, las rutas de evacuación serán las rutas habituales de movimiento |
| | | | No | Información simultánea de máx. 300 personas | |
| | | | No | Sistema de alarma por voz (Sistemas electroacústicas de emergencia.) | |
| | | *u2* | 0 | Subcompartimentación | |
| | *U* | | 1 | Inspección de rutas | |
| | | | 1 | Rutas de salida verticales | |
| | | | 0 | Salidas horizontales | |
| | | | No | Señalización y alumbrado | |
| | | *u3* | No | Sistema para el control de humo accionado por la detección automática | |
| | | *u4* | 0 | Aspersores | |
| | | *y1* | No | Detección parcial en zona de alto riesgo para la actividades | Dado la actividad del inmueble se considera que este ítem es nulo en su totalidad |
| | | | No | Rociadores locales para equipo critico | |
| | | | No | Otra sistema automático para equipo critico ( espuma, polvo, CO2, gas inerte) | |
| | | *y2* | No | Datos financieros y económicos protegidos | |
| | *Y* | | No | Repuestos protegidos | |
| | | | No | Reparaciones inmediatas posibles con medios propios | |
| | | | No | Traslado inmediato de la actividad posible | |
| | | | No | Acuerdos de cooperación con otras empresas | |
| | | | No | Distribución de la actividad en varios centros de producción | |

*Existe la posibilidad de que posean una instalación renovada, pero ante la falta de certeza, se considera el caso más desfavorable, que es estar fuera de norma.

## Aplicación herramienta

### Incendio 24 de abril 2017, Av. Francia con Pedro Montt:

A continuación, se muestran los resultados para ambos inmuebles obtenidos de la aplicación de la herramienta:

#### Resultados Inmueble 1 (Esquina Francia con Pedro Montt):

*Tabla 52: Resultados elementos de riesgo de inmueble 1 incendio 24 de abril 2017*

| *Riesgo para* | | *FRAME modificado* | | *FRAME original* | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | *Referencia* | *Valoración* | *Referencia* | *Valoración* |
| *Bienes Personas Actividades* | *R* | 1,76 | 50% a 80 % pérdida | 1,20 | 10% a 20 % perdida |
| | *R1* | 11,43 | 80% a 100 % pérdida | 8,22 | 80% a 100 % perdida |
| | *R2* | 5,61 | 80% a 100 % pérdida | 1,18 | 10% a 20 % perdida |
| | *R0* | 0,54 | Basta una protección manual | 0,50 | 0 |
| *Riesgo potencial (Vulnerabilidad)* | *P* | 0,82 | | 0,86 | |
| | *P1* | 2,43 | | 2,55 | |
| | *P2* | 0,65 | | 0,68 | |
| *Riesgo admisible (Amenazas)* | *A* | 0,98 | | 1,10 | |
| | *A1* | 0,33 | RSET>>ASET | 0,35 | RSET>>ASET |
| | *A2* | 1,10 | | 1,20 | |
| *Nivel de protección* | *D* | 0,48 | 33,1% | 0,65 | 22,2% |
| | *D1* | 0,65 | 22,4% | 0,88 | 13,0% |
| | *D2* | 0,35 | 44,5% | 0,48 | 33,3% |
| | *F0* | 1,57 | | 1,57 | |

La Tabla 52 muestra el resultado de los elementos de riesgo tanto para el método original como para el modificado. La Tabla 53 muestra más detalle de los factores de interés de cada elemento.

*Tabla 53: Resultados factores de riesgo inmueble 1 incendio 24 de abril 2017*

| *Elemento* | *Factor* | *Valor factor* | *Valores de relacionados* | *Unidad* | *Significado* |
|---|---|---|---|---|---|
| *P* | *q* | 1,277 | 550 | $MJ/m^2$ | Alta carga calórica |
| | *HRR(i)* | 507,841 | | KW/m2 | Crecimiento rápido |
| | *v* | 1,029 | | | Ventilación deficiente |
| | *g* | 0,339 | 180 | $m^2$ | No necesita protección |
| | *e* | 1,367 | | | Altura media |
| | *z* | 1,036 | | | Buen acceso |
| *A* | *t* | 161.69 | -515,09 | Segundos | Deficiente tiempo evacuación |
| | *r* | 0,75 | 0,50 | A1 | Mala condición ambiente |
| | *c* | 0,10 | | | Bajo riesgo patrimonial |

El resultado de este incendio fue pérdida total de las viviendas y los negocios en él instalados; no hubo pérdidas de vidas humanas y todos los habitantes evacuaron satisfactoriamente. El inmueble quedó en pie, pero con peligro de derrumbe por lo que fue demolido posteriormente. Actualmente se erige otro inmueble en el sitio.

Dado estos resultados del incendio se analiza la valoración del método FRAME original v/s el método modificado que se propone, se observa que el método original estimaba menor probabilidad de pérdida de la actividad y el inmueble, el aumento de esta probabilidad con la modificación refleja mejor la realidad demostrando una mejor estimación. Existe en ambos casos una sobreestimación en

el riesgo para las personas, probablemente relacionado con las densidades de habitantes estimadas para los inmuebles del método original. Sobre los factores en específico, se tiene el problema del factor t de evacuación que produce la sobreestimación del riesgo a personas. El factor c, relacionado con el valor patrimonial, refleja adecuadamente el valor bajo que poseía ese inmueble como objeto de interés. El factor i de propagación, estima un crecimiento rápido del incendio, el cual se produjo, afectando al inmueble colindante.

### Resultados Inmueble 2 (Esquina Francia con Victoria): `

*Tabla 54: Resultados elementos de riesgo de inmueble 2 incendio 24 de abril 2017*

| *Riesgo para* | | *FRAME modificado* | | *FRAME original* | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | *Referencia* | *Valoración* | *Referencia* | *Valoración* |
| *Bienes* | *R* | 1,54 | 30% a 50 % pérdida | 0,86 | Menos de 10% perdida |
| *Personas* | *R1* | 7,54 | 80% a 100 % pérdida | 4,39 | 80% a 100 % perdida |
| *Actividades* | *R2* | 2,86 | 80% a 100 % pérdida | 0,83 | Menos de 10% perdida |
| | *R0* | 0,78 | Basta una protección manual | 0,62 | 0 |
| *Riesgo potencial* | *P* | 0,91 | | 1,00 | |
| | *P1* | 2,35 | | 2,59 | |
| | *P2* | 0,65 | | 0,72 | |
| *Riesgo admisible* | *A* | 0,90 | | 1,25 | |
| | *A1* | 0,45 | RSET>>ASET | 0,60 | RSET>>ASET |
| | *A2* | 0,90 | | 1,20 | |
| *Nivel de protección* | *D* | 0,65 | 22,2% | 0,93 | 11,6% |
| | *D1* | 0,68 | 20,7% | 0,98 | 10,5% |
| | *D2* | 0,50 | 31,4% | 0,72 | 19,0% |
| | *F0* | 1,30 | | 1,30 | |

La Tabla 54 muestra el resultado de los elementos de riesgo tanto para el método original como para el modificado. La Tabla 55 muestra más detalle de los factores de interés de cada elemento.

*Tabla 55: Resultados factores de riesgo inmueble 2 incendio 24 de abril 2017*

| *Elemento* | *Factor* | *Valor factor* | *Valores de relacionados* | *Unidad* | *Significado* |
|---|---|---|---|---|---|
| *P* | *q* | 1,385 | 800 | MJ/m² | Alta carga calórica |
| | *HRR(i)* | 355,000 | | KW/m2 | Crecimiento medio |
| | *v* | 1,046 | | | Ventilación deficiente |
| | *g* | 0,386 | 210 | m² | No necesita protección |
| | *e* | 1,367 | | | Altura media |
| | *z* | 1,0376 | | | Buen acceso |
| *A* | *t* | 70,02 | -1748,942 | Segundos | Deficiente tiempo evacuación |
| | *r* | 0,55 | 0,45 | A1 | Mala condición ambiente |
| | *c* | 0,10 | | | Bajo riesgo patrimonial |

` El resultado de este incendio, que se propagó desde el inmueble 1, fue la pérdida de la techumbre y el piso superior, no hubo pérdidas de vida y todos los habitantes evacuaron satisfactoriamente. El inmueble quedo en pie siendo reparado y actualmente está en funcionamiento.

Dado estos resultados del incendio se analiza la valoración del método FRAME original v/s el método modificado que se propone Se observa que el método original estimaba menor probabilidad de pérdida de la actividad y el inmueble, en este caso la pérdida estimada del modificado está más cercana a lo ocurrido, por ser el último piso 1/3 del inmueble. Con respecto a la actividad, dado que

la propagación fue por el techo no hubo mayor pérdida y el resultado original muestra eso. Existe en ambos casos el mismo problema de sobreestimación en el riesgo para las personas. El factor c refleja nuevamente de forma adecuada el valor bajo que poseía ese inmueble como objeto de interés. El factor i estima un crecimiento medio, el cual se produjo dado que solo se consumió el 3er piso y no todo el inmueble.

### Incendio 12 de Julio 2018, Cerro Alegre

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de la aplicación de la herramienta:

**Resultados Inmueble 1:**

*Tabla 56: Resultados elementos de riesgo de inmueble incendio 12 de julio 2018*

| *Riesgo para* | | *FRAME modificado* | | *FRAME original* | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | *Referencia* | *Valoración* | *Referencia* | *Valoración* |
| *Bienes* | *R* | 2,41 | 80% a 100 % perdida | 2,60 | 80% a 100 % perdida |
| *Personas* | *R1* | 23,75 | 80% a 100 % perdida | 6,66 | 80% a 100 % perdida |
| *Actividades* | *R2* | 3,93 | 80% a 100 % perdida | 3,24 | 80% a 100 % perdida |
| | *R0* | 0,96 | basta una protección manual | 1,00 | 0 |
| *Riesgo potencial* | *P* | 1,34 | | 2,35 | |
| | *P1* | 6,49 | | 2,96 | |
| | *P2* | 0,97 | | 1,70 | |
| *Riesgo admisible* | *A* | 0,89 | | 1,15 | |
| | *A1* | 0,54 | RSET>>ASET | 0,50 | RSET>>ASET |
| | *A2* | 1,00 | | 1,10 | |
| *Nivel de protección* | *D* | 0,63 | 23,6% | 0,78 | 16,5% |
| | *D1* | 0,51 | 31,2% | 0,88 | 13,2% |
| | *D2* | 0,46 | 35,0% | 0,48 | 33,4% |
| | *F0* | 1,57 | | 2,04 | |

La Tabla 56 muestra el resultado de los elementos de riesgo tanto para el método original como para el modificado. La Tabla 57 muestra más detalle de los factores de interés de cada elemento.

*Tabla 57: Resultados factores de riesgo inmueble incendio 12 de julio 2018*

| *Elemento* | *Factor* | *Valor factor* | *Variables relacionadas* | *Unidad* | *Significado* |
|---|---|---|---|---|---|
| *P* | *q* | 1,385 | 800 | MJ/m² | Alta carga calórica |
| | *HRR(i)* | 501,45 | | KW/m2 | Crecimiento rápido |
| | *v* | 1,064 | | | Ventilación deficiente |
| | *g* | 0,207 | 165 | m² | No necesita protección |
| | *e* | 1,223 | | | Altura media |
| | *z* | 2,765 | | | Acceso Malo |
| *A* | *t* | 80,59 | -1645,81295 | Segundos | Deficiente tiempo evacuación |
| | *r* | 0,75 | 0,54 | A1 | Mala condición ambiente |
| | *c* | 0,40 | | | Riesgo patrimonial medio |

El resultado de este incendio fue la pérdida total del inmueble quedando inhabitable, no hubo pérdidas de vida y habitantes evacuaron satisfactoriamente.

Dado estos resultados del incendio se analiza la valoración del método FRAME original v/s el método modificado que se propone Se observa que el método original como el modificado estiman una alta probabilidad de pérdida de la actividad y el inmueble. En este caso la pérdida fue total por la

rápida propagación, concordante con lo estimado en ambos. Existe nuevamente el problema de sobreestimación en el riesgo para las personas que el incendio anterior. El factor c refleja de forma adecuada el valor importante que poseía ese inmueble como objeto de interés. El factor i estima un crecimiento rápido, el cual se produjo consumiendo todo el inmueble, jugo un papel importante el acceso que quedó reflejado en el factor z.

### Incendio 19 de febrero de 2018, Av. Errazuriz

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de la aplicación de la herramienta:

**Resultados Inmueble 1:**

*Tabla 58: Resultados elementos de riesgo de inmueble incendio 19 de febrero 2018*

| *Riesgo para* | | *FRAME modificado* | | *FRAME original* | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | *Referencia* | *Valoración* | *Referencia* | *Valoración* |
| *Bienes* | *R* | 1,38 | 20% a 30 % pérdida | 1,44 | 20% a 30 % pérdida |
| *Personas* | *R1* | 3,32 | 80% a 100 % pérdida | 3,92 | 80% a 100 % pérdida |
| *Actividades* | *R2* | 1,53 | 30% a 50 % pérdida | 1,40 | 20% a 30 % pérdida |
| | *R0* | 0,83 | Basta una protección manual | 0,87 | 0 |
| *Riesgo potencial* | *P* | 1,60 | | 1,72 | |
| | *P1* | 2,97 | | 3,21 | |
| | *P2* | 1,01 | | 1,09 | |
| *Riesgo admisible* | *A* | 1,22 | | 1,26 | |
| | *A1* | 1,02 | RSET<<ASET | 0,76 | RSET>>ASET |
| | *A2* | 1,20 | | 1,20 | |
| *Nivel de protección* | *D* | 0,95 | 11,2% | 0,95 | 11,2% |
| | *D1* | 0,88 | 13,2% | 1,08 | 8,3% |
| | *D2* | 0,65 | 22,5% | 0,65 | 22,5% |
| | *F0* | 1,57 | | 1,57 | |

La Tabla 58 muestra el resultado de los elementos de riesgo tanto para el método original como para el modificado. La Tabla 59 muestra más detalle de los factores de interés de cada elemento.

*Tabla 59: Resultados factores de riesgo inmueble incendio 19 de febrero 2018*

| *Elemento* | *Factor* | *Valor factor* | *Variables relacionadas* | *Unidad* | *Significado* |
|---|---|---|---|---|---|
| *P* | *q* | 1,586 | 1600 | $MJ/m^2$ | Alta carga calórica |
| | *HRR(i)* | 363,269 | | KW/m2 | Crecimiento medio |
| | *v* | 1,126 | | | Ventilación deficiente |
| | *g* | 0,536 | 363 | $m^2$ | No necesita protección |
| | *e* | 1,367 | | | Altura media |
| | *z* | 1,048 | | | Buen acceso |
| *A* | *t* | 59,70 | -513,472859 | Segundos | Deficiente tiempo evacuación |
| | *r* | 0,40 | 1,02 | A1 | Buena condición ambiente |
| | *c* | 0,20 | | | Bajo riesgo patrimonial |

El incendio resultó en la pérdida de la estructura interior del inmueble, techumbre y cielos. No hubo pérdidas de vida, el incendio sucedió fuera de horas de funcionamiento. Actualmente el inmueble está restaurado y con los locales empezando a funcionar a un año del incendio.

En la comparación de la valoración del método FRAME original v/s el modificado se observa que el original estimaba menor probabilidad de pérdida de la actividad, manteniendo el rango de

riesgo a las personas y el inmueble. Este aumento en el riesgo se condice con lo sucedido, ya que las actividades no pudieron reiniciar inmediatamente. En este caso no se puede saber si se sobreestimo el riesgo de las personas por el horario. El factor c refleja bien el valor que pose ese inmueble como objeto de interés. El factor i estima un crecimiento medio, concordante con el resultado y la no propagación a los edificios vecinos.

### Incendio 16 de mayo de 2016, Calle Márquez con Cochrane

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de la aplicación de la herramienta:

**Resultados Inmueble 1:**

*Tabla 60: Resultados elementos de riesgo de inmueble incendio 16 de mayo de 2016*

| *Riesgo para* | | *FRAME modificado* | | *FRAME original* | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | *Referencia* | *Valoración* | *Referencia* | *Valoración* |
| *Bienes* | *R* | 1,92 | 80% a 100 % pérdida | 1,48 | 20% a 30 % perdida |
| *Personas* | *R1* | 4,25 | 80% a 100 % perdida | 5,28 | 80% a 100 % perdida |
| *Actividades* | *R2* | 2,98 | 80% a 100 % perdida | 1,85 | 50% a 80 % perdida |
| | *R0* | 1,00 | Sistema automático de detección y alarma | 0,95 | 0 |
| *Riesgo potencial* | *P* | 1,95 | | 2,23 | |
| | *P1* | 2,45 | | 2,81 | |
| | *P2* | 1,41 | | 1,61 | |
| *Riesgo admisible* | *A* | 0,95 | | 1,15 | |
| | *A1* | 0,80 | RSET<<ASET | 0,60 | RSET>>ASET |
| | *A2* | 0,90 | | 1,10 | |
| *Nivel de protección* | *D* | 1,07 | 8,6% | 1,31 | 4,9% |
| | *D1* | 0,72 | 19,2% | 0,88 | 13,2% |
| | *D2* | 0,59 | 25,9% | 0,79 | 16,1% |
| | *F0* | 2,04 | | 2,04 | |

La Tabla 60 muestra el resultado de los elementos de riesgo tanto para el método original como para el modificado. La Tabla 61 muestra más detalle de los factores de interés de cada elemento.

*Tabla 61: Resultados factores de riesgo inmueble incendio 16 de mayo de 2016*

| *Elemento* | *Factor* | *Valor factor* | *Variables relacionadas* | *Unidad* | *Significado* |
|---|---|---|---|---|---|
| *P* | *q* | 1,385 | 800 | $MJ/m^2$ | Alta carga calórica |
| | *HRR(i)* | 283,614 | | KW/m2 | Crecimiento medio |
| | *v* | 1,070 | | | Ventilación deficiente |
| | *g* | 0,794 | 757 | $m^2$ | No necesita protección |
| | *e* | 1,466 | | | Altura media |
| | *z* | 1,069 | | | Acceso Normal |
| *A* | *t* | 34,16 | -1335,38416 | Segundos | Deficiente tiempo evacuación |
| | *r* | 0,55 | 0,80 | A1 | Buena condición ambiente |
| | *c* | 0,40 | | | Riesgo patrimonial medio |

El resultado de este incendio fue la pérdida total del inmueble quedando inhabitable, pero con la fachada en pie, no hubo pérdidas de vida, pero si inhalación de humo en la evacuación. Actualmente se construyó una nueva edificación en el terreno usando la fachada sobreviviente del anterior como parte de la fachada del nuevo edificio.

En la comparación de la valoración de FRAME original v/s el modificado se observa que el método original estimaba menor probabilidad de pérdida de la actividad y el inmueble. En este caso la pérdida fue total, más concordante con lo estimado del modificado para ambos casos. Nuevamente

el riesgo a las personas está sobreestimado en ambos casos, aunque la modificación bajo el valor del riesgo, y a diferencia de los otros incendios, si hubo problemas en la evacuación por inhalación de humo. Además, este incendio posee una diferencia en el significado de R0, pasando de necesitar medidas de protección manual a sistemas de detección. El factor c refleja nuevamente de forma adecuada el valor importante que poseía ese inmueble como patrimonio. El factor i estima un crecimiento medio, que es concordante dado que no se extendió a otros inmuebles y los habitantes pudieron evacuar desde el cuarto piso.

## Resultados

En los 4 casos analizados, se compararon los elementos de Riesgo del método FRAME modificado con los valores del original. De estos 4 casos, 2 son edificaciones ubicadas en la Zona UNESCO, 1 en la Zona de Amortiguación, ambas componentes del AHV y 1 incendio (2 edificaciones) fuera del área. De todas las edificaciones solo 1 está en cerro, sin acceso directo a la calle. Además, 1 es un edificio manzana aislado por calles de otros edificios, el resto están todos en régimen de agrupación continúa.

Del análisis, se tiene en primer lugar, una mejora en la estimación del riesgo a la actividad y al inmueble, siendo más concordante con el resultado de los incendios. En el caso del riesgo a las personas existe una sobreestimación recurrente en todos los casos donde fue posible medirlo (en el incendio del 19 de febrero no había ocupantes).

Numéricamente (Tabla 62), el nuevo método elevo la valoración de riesgo de manera general, exceptuando la evaluación del punto de orientación (R0) que tuvo poca variación y varias veces disminuyó. Dado que, de las variables agregadas, solo J y c se involucran en el cálculo de R0 se concluye que su incorporación no afecto la calibración del método y están trabajando bien con el resto de las variables.

*Tabla 62: Comparación porcentual de los datos de riesgo entre método FRAME original (O) y modificado (M)*

| Incendio | R (Bienes) | | | R1 (Personas) | | | R2 (Actividades) | | | R0 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | M | O | Var(%) | M | O | Var(%) | M | O | Var(%) | M | O | Var(%) |
| 24/04/2017 | 1.76 | 1.20 | 46.6% | 11.43 | 8.22 | 39.1% | 5.61 | 1.18 | 375.4% | 0.46 | 0.5 | -9.5% |
| | 1.54 | 0.86 | 79.1% | 7.54 | 4.39 | 71.8% | 2.86 | 0.83 | 236% | 0.78 | 0.62 | 25.8% |
| 12/07/2018 | 2.41 | 2.60 | -7.3% | 23.75 | 6.66 | 256.6% | 3.93 | 3.24 | 21.3% | 0.96 | 1.00 | -4% |
| 19/02/2018 | 1.38 | 1.44 | -4.2% | 3.32 | 3.92 | -15.3% | 1.53 | 1.40 | 9.3% | 0.83 | 0.87 | -4.6% |
| 16/05/2016 | 1.92 | 1.48 | 31.8% | 4.25 | 5.28 | -19.5% | 2.98 | 1.85 | 61.1% | 1.00 | 0.95 | 5% |

Con respecto a la valoración de riesgo a los bienes, se observa que cuando el riesgo era bajo (hasta 30% de probabilidad de pérdida) en el método original, la modificación ajustó el valor al alza, en los casos que la valoración era alta disminuyó marginalmente (observado con mayor claridad en Figura 18).

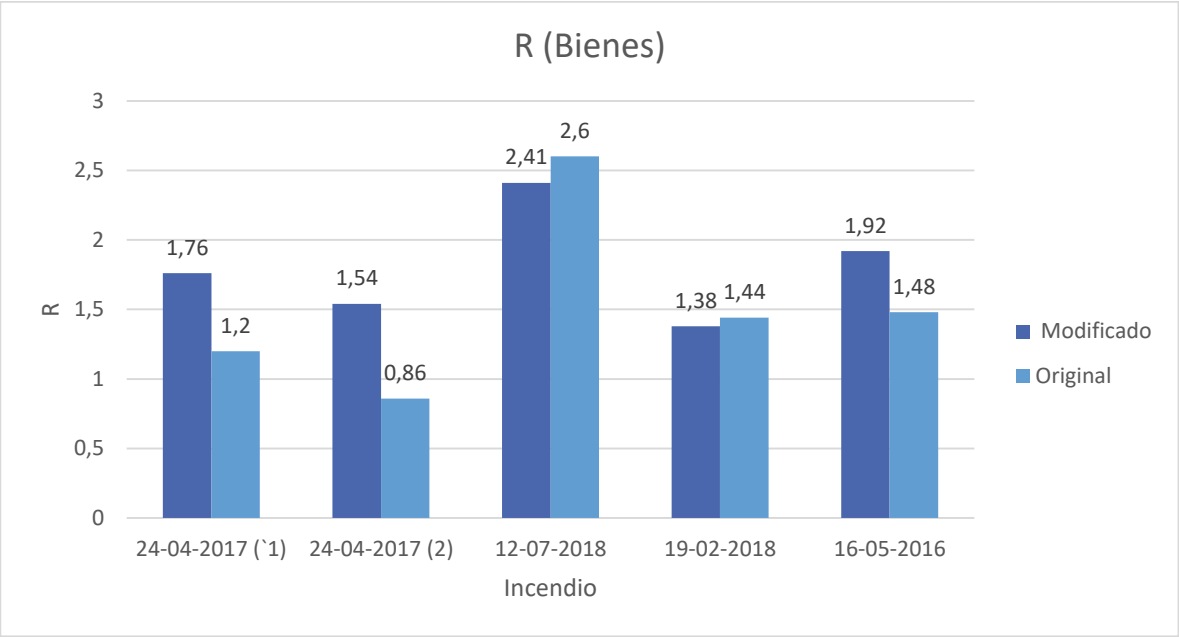



*Figura 18: Gráfico de resultados en R (Bienes)*

Para la evaluación del riesgo a las personas, ya se mencionó que existe una sobrestimación, tanto en el método original como en el modificado (en este último caso se disparó el valor en concordancia con la escala logarítmica del método). Posiblemente se deba a una inadecuada calibración del factor t (mantenido en su forma original), al cual en todos los casos resultó en un inadecuado tiempo de escape (el tiempo necesario obtenido era negativo). Además, se tiene una recurrencia de valores bajos para el elemento D (medidas de protección) por las características de la habitabilidad de la ciudad en edificaciones antiguas sin requerimiento normativo de sistemas de seguridad contra incendio, esto afecta la caracterización del tiempo de escape necesario produciendo el alto riego.

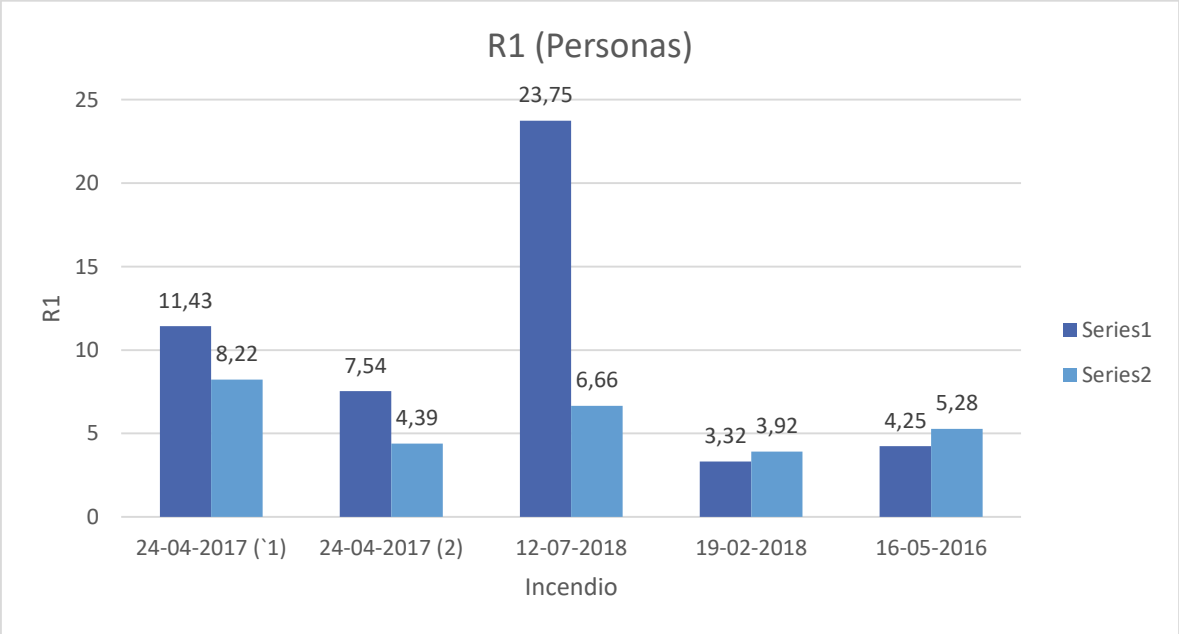



*Figura 19: Gráfico de resultados en R1 (Actividades)*

Para la evaluación del riesgo a la actividad, en todos los casos subió con la modificación, cambiando la probabilidad de baja pérdida de la actividad a una pérdida segura, llegando a sobrestimar el riesgo (caso inmueble 1 y 2 incendio 24/04/2017). Esto se debe a la incorporación de la variable n5, que revisa la mantención de los sistemas de seguridad, que son generalmente precarios en las edificaciones antiguas.

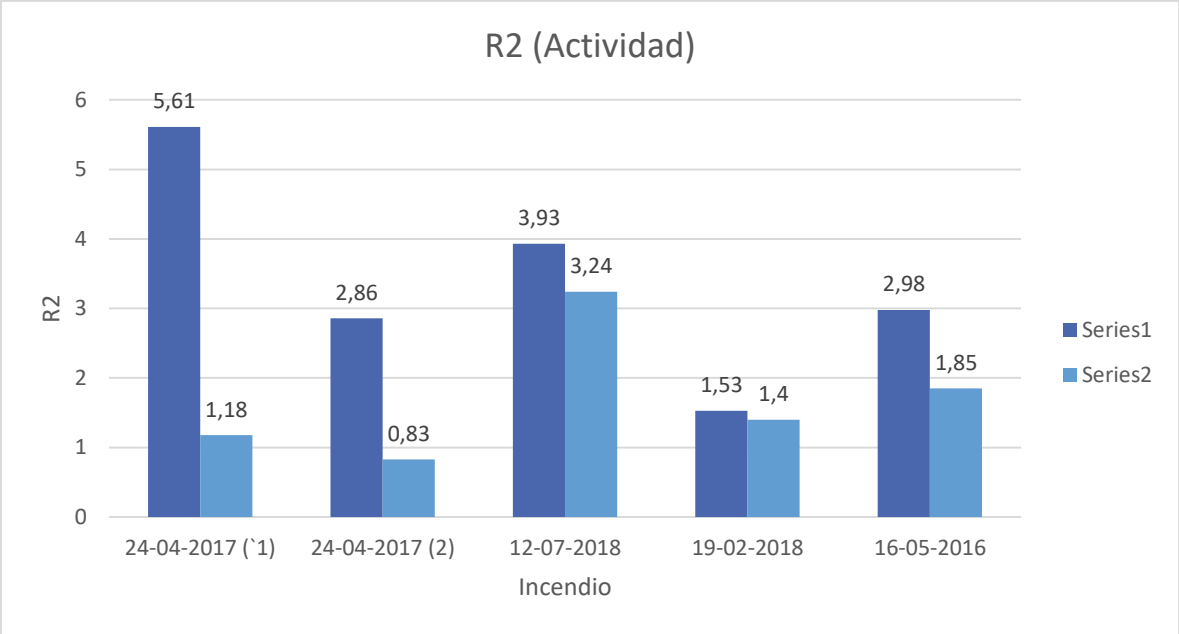



*Figura 20: Gráfico de resultados en R2 (Actividad)*

Por último, la tasa de falla, dependiente de D, en todos los casos es baja dado la buena valoración de R0 aun con los pocos sistemas de seguridad.

En cuanto a los factores, se observa un buen comportamiento del factor i, adecuando bien la variable incorporada J. El factor de acceso refleja bien la calidad de este, pero sobreestima mucho los valores altos (mal acceso), elevando el riesgo a valores fuera de rango (cercanos a 1). El factor c reflejó adecuadamente la valoración de los inmuebles, su existencia no desajusto el resultado del riesgo a los bienes.

Finalmente se tiene que la herramienta funciona bastante bien para estimar el riesgo de incendio, y se puede tener una claridad de los factores de vulnerabilidad, y su influencia en el resultado final.

# Conclusiones

La ciudad de Valparaíso es una ciudad con una predisposición latente y permanente de sufrir incendios. Estos incendios son especialmente nocivos para el patrimonio arquitectónico de la ciudad, haciéndose necesario la implementación de una herramienta como la presentada en este trabajo, que apunta a aportar información del grado de vulnerabilidad e índice de riesgo de los inmuebles.

El área de interés de este trabajo lo representa el Sitio UNESCO de la ciudad con su Zona de amortiguamiento: esta corresponde a un área formada por 9 Zonas Típicas, renombrada el Área histórica de Valparaíso (AHV). Esta zona está compuesta por partes de los cerros Alegre, Cordillera, Santo Domingo y Concepción, el plan de la ciudad entre la plaza Aníbal Pinto a Plaza Wheel Wright. Su arquitectura se caracteriza por un estilo historicista del siglo XIX, de edificios tipo manzanas en el plan, y distintas adaptaciones a la pendiente en el cerro. Su materialidad diverge entre la madera, el adobillo y el ladrillo. Este último es usado en algunas construcciones como cortafuego, con una resistencia al fuego nominal F-120.

Este contexto de ciudad fue analizado en el Capítulo III: Valparaíso, en donde se produjo la Tabla 8, esta tabla presenta la línea base con 11 características relacionadas con la vulnerabilidad frente a incendios del patrimonio arquitectónico. Estas características fueron obtenidas de la literatura y se estudió su presencia en el Área histórica de Valparaíso. El análisis del AHV fue el inicio para elegir una herramienta adecuada y crear los factores de riesgo necesarios e imprescindibles en la evaluación.

En esta comparación entre lo existente en la ciudad y la línea base obtenida de la literatura existieron 4 características que requieren mayor información para aseverar completamente su existencia, en el presente trabajo se extrajeron conclusiones en base a la información existente para poder decidir su importancia como factores de riesgo. Estas 4 características de la línea base son las siguientes:

1. Cambio de uso sin actualizar seguridad contra incendio: Este escenario esta medianamente comprobado, ya que, aunque se obtuvo información con respecto a la existencia de cambios de uso de inmuebles en el área, no se sabe si estos actualizaron su seguridad contra incendio a la normativa vigente, ni si era posible hacerlo. A futuro se sugiere un estudio de casos sobre este tema.
2. Ampliaciones informales: En Valparaíso es conocida la presencia de autoconstrucción, es así como la ciudad se va encaramando en los cerros, aun así, el área histórica es una zona bien constituida con pocas oportunidades de ampliaciones o autoconstrucciones, es por eso que este punto fue considerado nulo, pero no se tiene la certeza de esta información, para ello se necesitaría un censo de las edificaciones en el área y si han sufrido modificaciones no inscritas formalmente.
3. Polvo: El polvo o material particulado es un sub-escenario, este se relaciona con la contaminación y abandono de inmuebles. Se necesita un estudio de calidad del aire en el área de interés para conocer realmente su presencia además de mayor claridad en cómo afecta exactamente en la propagación de los incendios (exactamente qué tamaño de material particulado es el responsable)
4. Conocimiento e información al usuario: En Chile no hay cultura de prevención en caso de incendio, en general no existe ni se exige en las residencias particulares planes de evacuación conocidos por los habitantes, ni saber usar los métodos manuales de extinción, dado estos antecedentes se consideró que no existían. Para saber con exactitud si el usuario sabe qué hacer ante un incendio, se sugiere un estudio estadístico de los habitantes de la zona.

Después de analizar la línea base en la ciudad de Valparaíso fue necesario decidir qué tipo de herramienta utilizar (Capítulo IV: Métodos de evaluación de riesgo.). En primer lugar, existen diversos métodos para medir el riesgo; de las tres principales (cualitativas, semi-cuantitativas y cuantitativas), se eligió métodos semi-cuantitativos por aportar más información que uno cualitativo y una valoración concreta sin la necesidad de recopilar una cantidad importante de información como lo necesitan los métodos cuantitativos para cada caso que evalúan.

Se revisaron 6 métodos semi-cuantitativos, de estos se eligen 2, FRIM y FRAME. Ambos son métodos que se basan en un puntaje y peso para sus factores, pero FRAME incorpora probabilidad y es una evaluación más global y no comparativa, es por esto que se eligió FRAME como método para adaptar a la ciudad de Valparaíso y su patrimonio arquitectónico. FRIM es una base interesante para conocer la jerarquía de los factores, sus pesos (obtenido del informe *European study into the fire risk to european cultural heritage: WG6: Fire risk assessment methods*. (Universiteit Gent, 2003) en donde expertos dirimen el peso de los factores) y de esta manera tener un método de inclusión de nuevos factores en el método FRAME.

Nuevamente se usaron los escenario base (Tabla 2), esta vez para comprender como responden los dos métodos ya mencionados a estos. De esta manera se sabe qué factores son influyentes en alguno de estos 11cescenarios y que es necesario agregar para poder tener una herramienta útil para evaluar incendios en el área histórica (Tabla 12y Tabla 15). Es así como FRIM influye, con sus parámetros, en 3 de estos 11 escenarios, en cambio FRAME influye en 4 escenarios y 1 sub-escenario. En conjunto cubren 8 escenarios.

Ya en conocimiento del contexto de la ciudad de Valparaíso y con la comparación de los escenarios base de incendios del patrimonio arquitectónico con los métodos escogidos, se procedió a comparar los dos métodos entre sí para verificar si algún parámetro de FRIM analiza un factor de riesgo que FRAME no analiza, de esta manera, se obtuvo que las mantenciones de los sistemas de seguridad y rutas de escape son parámetros a tener en cuenta en los factores del elemento D de FRAME, responsable de las medidas de seguridad para incendio.

Luego de la comparación con FRIM, se revisó la normativa vigente en el país con respecto a incendio y patrimonio arquitectónico, de manera de conocer cómo debe cambiar el método para cumplir con lo pedido por la norma. En este punto se estableció como Chile protege al patrimonio y al Sitio UNESCO de Valparaíso y la jerarquía legal de este.

Una vez terminado todo el análisis de contexto de la ciudad, normativa y los factores de los métodos se procedió a la modificación del método escogido FRAME. Para la modificación, primero se creó la Tabla 19 en donde se sintetiza todo el análisis anterior y se decide que escenarios se deben agregar, cuales están cubiertos o no es necesario modificar.

Las modificaciones fueron de 3 tipos, el primero modificó los factores existentes para cumplir con la normativa vigente en el país. En general esta modificación fue de tipo teórica, cambiando las categorías de las tablas de las variables de los factores sin cambiar su puntuación ni peso en el método.

Después se hicieron las modificaciones por geolocalización, en donde toma importancia el área de aplicación de la herramienta, modificando variables como el tiempo de llegada de los bomberos y agregando la variable de valoración patrimonial en concordancia con la jerarquía expuesta en el análisis normativo para el patrimonio arquitectónico. Esta variable será la única modificación en el elemento de amenaza A, esto por la necesidad de crear un factor o variable relacionado al patrimonio y la formulación de FRAME que solo permitía agregarlo en ese lugar. En general, la amenaza no se modifica por no contar con la cantidad de información necesaria para predecir su probabilidad de

ocurrencia. Con respecto a la variable creada, su valoración fue realizada en base a la escala de las otras variables de factor c.

La última modificación fue en donde se agregaron factores extraídos de FRIM, estos fueron J, que evalúa la cercanía de edificaciones adyacentes, $n_5$ que evalúa la mantención de los sistemas de seguridad y $u_2^*$ que evalúa la mantención de las rutas de escape. En este caso J fue agregado en el factor de propagación (i), del elemento P, no modificando la escala de este, sino que agregándolo a la variable M, de manera que exista una regla de decisión para de dos variables para conocer el valor de dicha variable (M) en la ecuación del factor.

Por otro lado, las otras dos variables fueron agregadas a factores (N y U respectivamente) del elemento D. Para agregarlos se tuvo en cuenta el peso de las variables, tanto agregadas como existente en FRMAE, en el método FRIM comparándolas y decidiendo en base a esa comparación que valores deben tomar las nuevas variables. De esta manera su valoración refleja esta jerarquía, para poder darle mayor exactitud a esta valoración se necesitaría un estudio de probabilidades en donde se revise la influencia de las mantenciones en los incendios en el área.

Con la modificación se observa que 2 escenarios base no están cubiertos explícitamente. El primero es el de cambio de uso de la edificación sin actualizar la seguridad, este está cubierto por las características que se ingresan a los datos de la herramienta y el hecho que la normativa actual fue usada como base de las modificaciones, dando una valoración de alto riesgo si no se cumple. El segundo escenario no cubierto es el del abandono de inmuebles, este en realidad es un factor de amenaza (el uso del inmueble queda cubierto en el factor a del elemento A) y el alance del trabajo no cubre modificaciones en estos factores por lo que queda pendiente para un trabajo posterior

Como último paso en el trabajo se aplicó la herramienta creada a 4 incendios reales en la ciudad de Valparaíso, de estos incendios 3 sucedieron en el área histórica, 2 en la zona UNESCO, 1 en el cerro. El incendio que no sucedió en el área de interés fue analizado para probar la utilidad de la herramienta fuera del área de interés, además de comprobar si la variable de valoración patrimonial producía efecto.

Para la aplicación se tuvo problemas con algunos datos necesarios para la evaluación como el contenido del inmueble o las medidas de seguridad que cuenta cada edificación, dada la naturaleza de FRAME, se pudo usar los valores por defecto del método o simplemente el valor tabulado para el uso de la edificación obteniendo una evaluación satisfactoria.

Para poder evaluar la calidad de la modificación se compararon las evaluaciones de los incendios con la herramienta modificada con la evaluación de la herramienta sin modificación, además de tener en cuenta el resultado final del incendio.

Los resultados finales de la aplicación fueron presentados en la Tabla 62, en donde se puede observar que la modificación aumento la evaluación de riesgo en todos los incendios en concordancia con lo sucedido en los incendios, el punto de orientación R0 cambio marginalmente y de forma controlada, comprobando la correcta introducción de la variable patrimonial y la variable J.

El problema del método surge en el riesgo a las personas, tanto en el original como en el modificado los valores están sobreestimados y en este último se dispararon. Esto da a entender que hay un problema en tanto en el método original como en el modificado con la evacuación de las personas. Este problema se hace más evidente al revisar los resultados del factor t, el cual como punto de comparación tiene un valor que representa el tiempo de evacuación disponible que en todos los casos es negativo. El problema de que la evacuación de negativa se debe a que no hay medidas de protección en general en las edificaciones y el método está calibrado para darles importancia. Esta

importancia está directamente relacionada con la probabilidad de incidencia de estas medidas, por lo que no fue posible modificarla en este trabajo dado la poca información sobre la realidad de las edificaciones del área. Se sugiere un estudio de vías de evacuación y tiempo real necesario para evacuar los edificios, así como un estudio estadístico de las medidas de seguridad de os inmuebles en el área.

Esta herramienta está diseñada para funcionar con la información de acceso público, sin necesidad de involucrar al dueño de la propiedad, dado que estas en general son privadas. Los usuarios de esta herramienta necesitan tener un conocimiento técnico de lo que configura una estructura sin necesidad de ser expertos en incendios.

Finalmente, esta es una herramienta que permite evaluar el riesgo a perder un inmueble patrimonial, y con un estudio de sus indicadores, en especial Ro, poder crear un plan de mitigación del riesgo para el inmueble sus habitantes y las actividades que se llevan a cabo en ellas. Esto es posible por la forma de presentar los resultados. Varios factores tienen un rango propio de aceptabilidad y riesgo, siendo muy útil para a evaluación en detalle del inmueble.

# Bibliografía


@dplopez_1992. (25 de abril de 2017). *Trabajo de CBV ayer y hoy en incendio de Av. Francia/P. Montt* . Obtenido de https://twitter.com/dlopez_1992/status/856942438635765761

24horas. (16 de Mayo de 2016). Incendio destruye un edificio patrimonial en Valparaíso. Valparaíso, Chile. Obtenido de https://www.24horas.cl/nacional/incendio-destruye-un-edificio-patrimonial-en-valparaiso-2016000

Aguilar, J. S. (2006). *PLAN DE EMERGENCIA Y PROYECTO DE INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS PARA INDUSTRIA DE ENVASADO, DESHUESADO Y RELLENO DE ACEITUNAS.* Obtenido de Anexo N°4: http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/3998/fichero/PFC_PEYPCI_PDF%252FAnejos%252FAnejo+4.pdf

Ávila Valenzuela , M. E., & Contreras Darvas, E. (2010). *NUEVO LISTADO OFICIAL - CONSOLIDADO DE COMPORTAMIENTO AL FUEGO DE ELEMENTOS Y COMPONENTES DE LA CONSTRUCCION.* MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO , Santiago. Obtenido de http://normativaconstruccion.cl/documentos_sitio/ListadoOficialFuego-2010.pdf

BCN. (3 de 2 de 2012). *Biblioteca Congreso Nacional*. Obtenido de https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1036936

Beigbeder, F. (1996). *Diccionario técnico inglés-español, español-inglés.* España: Ediciones Díaz de Santos S.A.

Bier, M. (Agosto de 2012). *Sistemas constructivos y tecnologías aplicadas en la rehabilitación.* Apuntes de Clase, FAU, U. de Chile, Diploma en Rehabilitación del Patrimonio Arquitectónico de la Vivienda, Valparaíso.

Bomberos. (s.f.). *Sistema de información geografica de bomberos de Chile*. Obtenido de http://app105874.giscloud.com/

Boström, L. (s.f.). *Research institues of Sweden*. Obtenido de https://www.sp.se/en/index/services/fire_classes/Sidor/default.aspx

Cáceres V, F. (2016). *Propuesta para la evaluación y mitigación de los factores del riesgo (sismo e incendio) en inmuebles patrimoniales del área UNESCO de Valparaíso.* Valparaíso: UTFSM, Departamento de Arquitectura.

Cardona, O. (mayo de 1991). *Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo.* Obtenido de http://www.cridlac.org/digitalizacion/pdf/spa/doc1057/doc1057.htm

Cardona, O. (2001). La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo. Una crítica y una revisión necesaria para la gestión. *nternational Work-Conference on vulnerability in Disaster Theory and practice* (págs. 29-30). Wageningen, Holanda: Disaster Studies of Wageningen University and Research Centre.

Cardona, O. (Junio de 2006). Midiendo lo inmedible. *Milenio Ambiental*, 63-65. Obtenido de http://idea.bid.manizales.unal.edu.co/documentos/09Cardonamidiendoloinmedible.pdf

CNN Chile. (18 de Abril de 2019). *aprueban 7.600 millones para la reconstruccion de la historica iglesia San Francisco de Valparaiso*. Obtenido de https://www.cnnchile.com/pais/aprueban-

7-600-millones-para-la-reconstruccion-de-la-historica-iglesia-san-francisco-de-valparaiso_20190418/

Consejo de Monumentos Nacionales. (2004). *CMN N° 70: Postulación de Valparaíso como Sitio del Patrimonio Mundial UNESCO.* Santiago: Productora Gráfica ANDROS Ltda. Obtenido de https://www.monumentos.gob.cl/publicaciones/libros/cmn-ndeg-70-postulacion-valparaiso-como-sitio-patrimonio-mundial-unesco

Consejo de monumentos nacionales. (s.f.). *Monumentos historicos*. Obtenido de http://www.monumentos.cl/catalogo/625/w3-propertyvalue-36970.html

Cooperativa. (19 de Febrero de 2018). *Incendio de gran magnitud afecto a locales nocturnos de Valparaiso* . Obtenido de https://www.cooperativa.cl/noticias/pais/policial/incendios/incendio-de-gran-magnitud-afecto-a-locales-nocturnos-de-valparaiso/2018-02-19/193527.html

Cuerpo de bomberos Valparaíso. (2018). *Cuerpo de bomberos de Valparaíso*. Obtenido de https://www.cbv1851.cl/companias

Espinosa, F. (2013). Valparaíso y su larga historia de incendios. *Revista el topo, revista de sociología cultural y urbana*, http://eltopo.cl/valparaiso-y-su-larga-historia-de-incendios/.

Ferrada, M., & Jiménez, C. (2006). IDENTIDAD TIPOLOGICA DEL PATRIMONIO ARQUITECTONICO. AREA HISTORICA UNESCO DE VALPARAISO. *Urbano*, 20-26.

Ferrada, M; Jimenéz, C. (Noviembre de 2006). IDENTIDAD TIPOLOGICA DEL PATRIMONIO ARQUITECTONICO. AREA HISTORICA UNESCO DE VALPARAISO. *Urbano*, 20-26.

Fincheira, M. (2010). *MEMORIA DE TITULO Edificio Patio del Diseño. Barrio Puerto. Valparaíso.* Universidad de Chile, Facultad de arquitectura, Santiago. Obtenido de http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2010/aq-fincheira_m/pdfAmont/aq-fincheira_m.pdf

Franssen, J.-M. (1996-1997). *CONTRIBUTIONS A LA MODELISATION DES INCENDIES ET DE LEURS EFFETS SUR LES BATIMENTS.* Liege: Repositorio UNIVERSITE DE LIEGE.

Gobierno de Chile. (2004). *Postulación de Valparaiso como Sitio del Patrimonio mundial.* Obtenido de http://whc.unesco.org/uploads/nominations/959rev.pdf

Gobierno de Chile. (2012). *LEY 20.564: ESTABLECE LEY MARCO DE LOS BOMBEROS DE CHILE.* Librería Congreso Nacional. Obtenido de https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1036936&idParte=&idVersion=2012-02-03

Gobierno de Chile. (2015). *Reporte del estado de conservación 2015*. Obtenido de http://whc.unesco.org/en/soc/3306

Gobierno de Chile. (2017). *Reporte estado de conservación 2017*. Obtenido de http://whc.unesco.org/en/soc/3586

González C., R. (Enero de 2015). BARRIOS RESIDENCIALES PATRIMONIALES, CAMBIO Y RESISTENCIA ANTE LA IRRUPCIÓN DEL TURISMO. Santiago: UNIVERSIDAD DE CHILE.

González, C. (12 de Julio de 2018). *Cerro Alegre: Vivienda resultó totalmente destruida por incendio en paseo Yugoslavo*. Obtenido de Epicentro Chile: https://www.epicentrochile.com/2018/07/12/cerro-alegre-vivienda-resulto-totalmente-destruida-por-incendio-en-paseo-yugoslavo/

Han, H.-Y. (2011). Research on standardization method of risk assessment for fire public liability insurance in assembly occupancies and underwriting auditing. *Procedia Engineering 11*, 120-126.

Hurtado, M., & Muñoz, C. (2018). FIre Risk in the historic city centre of Valparaíso: Preliminary assessment and mitigation strategies. En 8. I. Resilience (Ed.), *Risk and Resilience in Practice: Vulnerabilities, Displaced People, Local Communities and Heritages*. Lisboa.

INE. (2003). *Censos población y vivienda*. Obtenido de http://www.ine.cl/estadisticas/censos/censos-de-poblacion-y-vivienda

INE. (2018). *Censo 2017*. Obtenido de http://www.censo2017.cl/descargue-aqui-resultados-de-comunas/

INN. (1984). *NCh 1914/1: Prevención de incendios en edificios- Ensayo de reacción al fuego. Parte 1: DEterminación de la no combustibilidad de materiales de construcción.* Intituto Nacional de Normalización, Santiago.

INN. (1986). *NCh 1974: Prevención de incendio en edificios- Pinturas.* Instituto Nacional de Normalización, Santiago. Obtenido de http://tipbook.iapp.cl/ak/7ba2f4bd8e4ba3715cad4afabda5061914006c38/embed/view/nch1974

INN. (1993). *NCh 2209: Prevención de incendio en edificios- Ensayo al comportamiento al fuego de elementos de construcción vidriados.* Santiago. Obtenido de http://tipbook.iapp.cl/ak/7ba2f4bd8e4ba3715cad4afabda5061914006c38/embed/view/nch2209

INN. (1997). NCh933: Prevención de incendios- Terminología. Chile: Norma Chilena Oficial.

INN. (1997). *NCh935/1: Prevención de incendio en edificios- Ensayo de resistencia al fuego.* Norma, Instituto Nacional de Normalización, Santiago.

INN. (1998). *NCh 1993: Prevención de incendio en edificios - Clasificación de los edificios según su densidad de carga combustible media y densidad de carga puntual máxima.* Instituto NAcional de Normalización, Santiago.

INN. (1999). *NCh 1916: Prevención de incendios en edificios- Determinación de cargas combustibles.* Intituto Nacional de Normalización, Santiago.

INN. (2001). *NCh 2095-3: Protección sontra incendios- Sistema de rociadores.* Santiago: Instituto Nacional de Normalización. Obtenido de http://tipbook.iapp.cl/ak/7ba2f4bd8e4ba3715cad4afabda5061914006c38/embed/view/nch20953

INN. (2001). *NCh 2095-5: Protección contra incendio- Sistema de rociadores.* Instituto Nacional de Normalización, Santiago. Obtenido de http://tipbook.iapp.cl/ak/7ba2f4bd8e4ba3715cad4afabda5061914006c38/embed/view/nch20955

INN. (2007). *NCh 1433: Extintores portátiles - Ubicación y señalización.* Instituto nacional de normalización, Santiago. Obtenido de http://www.inn.cl/nch14332007

Jimenez, M. B. (2014). *Los Entramados Tradicionales de Madera en los Cerros Alegre y Concepción.* Valparaiso.

Kaplan, P. (25 de abril de 2016). Segunda sesion extraordinaria concejo municipal de Valparaiso. *Plan director de gestion patrimonial (PDGP)*. Valparaiso: http://plandirectorpatrimoniovalpo.webnode.cl/documentos/. Obtenido de http://plandirectorpatrimoniovalpo.webnode.cl/documentos/

Larsson, D. (2000). Developing the structure of a fire index method for Timber-frame multi-storey apartment buildings. *Report 5062*. Lund: Department of fire safety engineering, Lund University.

Ley N°17.288. (2016). Ley N°17.288 de monumentos nacionales y normas relacionadas. Chile: http://www.monumentos.cl/consejo/606/articles-11181_doc_pdf.pdf.

LGUC. (1976). Ley General de Urbanismo y Construcciones. Chile: Congreso nacional.

LO, S. M. (1999). A fire safety assessment system for existing buildings. *Fire Technology, Vol 35, N°2*, 131-152.

M. Indirli, S. (2008). *Proyecto MARVASTO: Manejo de Riesgos en Valparaiso Servicios Técnicos.* Valparaiso: Wordpress.

Min. del Medio Ambiente. (2015). *INFORME "LÍNEA BASE DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA REGION DE VALPARAÍSO PÉRIODO 2013-2015"*. SEREMI DEL MEDIO AMBIENTE Y SEREMI DE SALUD, Valparaíso. Obtenido de https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2016/07/informe-2015-V4-Valparaiso.pdf

MINVU. (2018). *Observatorio urbano*. Obtenido de Estadisticas habitacionales: http://www.observatoriourbano.cl/estadisticas-habitacionales/

Municipalidad de Valparaiso. (2016). *Plan regulador de Valparaiso*. Obtenido de http://www.prc.cl/documentos/planos/Zonas%20de%20Conservacion%20Historica%20Vigentes%202016.jpg

Municipalidad Valparaíso. (2011). *PLAN DE DESARROLLO COMUNAL DE VALPARAÍSO. DIAGNÓSTICO COMUNAL.* Valparaiso. Obtenido de https://www.munivalpo.cl/transparencia/archivos/plan_desarrollo_comunal/PLADECO.pdf

Muñoz, C. (2019). *GESTIÓN DE RIESGOS, EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INCENDIO EN INMUEBLES DEL SITIO DE PATRIMONIO MUNDIAL DE VALPARAÍSO.* Memoria de Magister, Universidad Técnica Federico Santa María, Arquitectura, Valparaíso.

NFPA. (2018). *NFPA 101: Life safety Code.* National Fire Protection Association, Codes and Standards, USA. Obtenido de https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=101

OGUC. (2009). Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. Chile: Congreso Nacional.

ONEMI. (22 de 09 de 2017). *Oficina Nacional de Emergencias del Ministerio del Interior*. Obtenido de Chile preparado: http://www.onemi.cl/incendios-estructurales/

ONU. (2015). *Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030*. Obtenido de https://www.unisdr.org/files/43291_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf

Pablo Boj. (2019). *Fundamentos para bomberos*. Obtenido de http://www.fundamentosparabomberos.es/component/content/article?id=18:rapid-fire-progress-terminologia

Patrimonio Urbano. (s.f.). *Inmuebles y zonas patrimoniales*. Obtenido de http://www.patrimoniourbano.cl/inmuebles-y-zonas-patrimoniales/

Ramírez, M. d. (2017). *METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS DE AGUA POTABLE Y ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE MEDICIÓN CONTINÚA EN GRANDES CONDUCCIONES. CASO: GRAN ALIMENTADORA- VALPARAÍSO.* Valparaíso: UTFSM.

Riquelme, J. (25 de 04 de 2017). Incendio que acabó con edificio del centro de Valparaíso dejó 25 damnificados. *Mercurio Valparaíso*. Obtenido de https://www.soychile.cl/Valparaiso/Sociedad/2017/04/24/459882/Incendio-afecta-una-fuente-de-soda-en-pleno-centro-de-Valparaiso.aspx

Salazar S, M. (2014). *El carácter técnico/constructivo en la obra de E.O.F. Harrington.* UTFSM, Valparaiso.

Sánchez, A. (2012). Localización Geográfica, ordenación del territorio y desastres naturales: La ciudad de Valparaíso. *Boletín de la Real Sociedad Geográfica Tomo CXLVIII*, pp. 25-44. Obtenido de http://www.realsociedadgeografica.com/es/pdf/boletin_cxlviii_2012.pdf

Sánchez, A., Bosque, J., & Jiménez, C. (2009). Valparaíso: su geografía, su historia y su identidad como Patrimonio de la Humanidad. *Estudios geográficos*, Vol LXX, 266, p269-293. Obtenido de http://estudiosgeograficos.revistas.csic.es/index.php/estudiosgeograficos/article/viewArticle/118

Santana, M. L. (2007). Fire risk asessment of historical areas: The case of Montemor-o-Velho. En T. a. Forces, *C.A. Brebbia, S. Hernández* (págs. 81-90). --: WITPRESS.

SEC, Procobre. (2016). *Búsqueda de fuentes de información como base de estudio de accidentes e incendios de origen electrico en Chile.* Obtenido de http://dataset.cne.cl/Energia_Abierta/Estudios/SEC/Informe%20Final.Fuentes%20Informacion%20Incendios%20y%20Accidentes%20El%C3%A9ctricos.SEC.pdf

Seguel, N. (12 de jullio de 2018). *Incendio destruyó casona del paseo Yugoslavo en el cerro Alegre de Valparaíso*. Obtenido de https://www.radioagricultura.cl/nacional/2018/07/12/incendio-destruyo-casona-del-paseo-yugoslavo-en-el-cerro-alegre-de-valparaiso.html

SEREX. (2009). *Plan director de gestion patrimonial fase 1- Resumen ejecutivo.* Valparaiso.

Silva, L. (2012). *Encargo 4- Grupo 9 Diploma en Rehabilitación del Patrimonio Arquitectónico de la Vivienda.* Valparaíso.

SISS. (19 de 5 de 2015). *NCh 691: Agua potable — Producción, conducción, almacenamiento y distribución — Requisitos de diseño*. Obtenido de http://infota.siss.cl/concesiones/empresas/ESSAL/06%20Informaci%C3%B3n%20entregada%20por%20la%20empresa/INFORMACION%20EXCEPCIONAL/NORMA%20691%20INFRAESTRUCTURA%20AGUA%20POTABLE/NCh691-2015.pdf

Smet, E. D. (12 de noviembre de 2008). *FRAME 2008: Theoretical basis and technical referencce guide.* Obtenido de http://www.framemethod.net/indexsp_html_files/FRAME2008TRG.pdf

Soto G, M. M. (2013). *Evaluación de riesgo a incendios de inmuebles patrimoniales: Barrio puerto.* Valparaíso: UTFSM, Departamento Arquitectura.

Stovel, H. S. (2004). *Caribean Capacity building programme. Module 3: Risk Preparedness*. Obtenido de https://whc.unesco.org/uploads/activities/documents/activity-475-7.pdf

Tapia V., E. (2008). *Cuartel de bomberos camino cintura- Valparaiso*. Obtenido de Repositorio Universidad de Chile: Hrrp://www.repositorio.uchile.cl/handle/2250/112546

Teletrece. (19 de Feebrero de 2018). *Bomberos trabaja controlar incendio emblematico local nocturno Valparaiso*. Obtenido de https://www.t13.cl/noticia/nacional/bomberos-trabaja-controlar-incendio-emblematico-local-nocturno-valparaiso

UNESCO. (16 de 11 de 1972). *Convención sobre la protección del patrimonio mundial, cultural y natural* . Obtenido de http://whc.unesco.org/en/documents/170679

UNESCO. (2003). *Historic Quarter of the Seaport City of Valparaíso*. Obtenido de http://whc.unesco.org/en/list/959

UNESCO, ICOMOS. (2010). *Managing disaster risks for world heritage.* UNESCO, ICOMOS, IUCN, ICCROM.

UNISDR, E. I. (2009). *Terminología sobre reducción de riesgo de desastres* . Obtenido de http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf

Universiteit Gent, W. f. (2003). *European study into the fire risk to european cultural heritage: WG6: Fire risk assessment methods.* http://www.framemethod.net/indexen_20.html.

Vergara-Constela, C., & Casellas, A. (2016). Politicas estatales y transformación urbana: ¿hacia un proceso de gentrificación en Valparaíso, Chile? *EURE, 42*(126), 123-144. Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-71612016000200006

Wong, W. (2010). *The Risk Management of Safety and Dependability*. Obtenido de https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/fire-hazards

# Anexos

## Anexo N°1: Método FRAME

### Índice de factores usados en el método (Smet, 2008):

| *Letra* | *Designación* |
|---|---|
| A | Nivel de riesgo aceptable, relativo al edificio y su contenido |
| D | Nivel de Protección, relativo al edificio y su contenido |
| E | Número de piso o nivel |
| F | Resistencia al fuego, factor que representa el conjunto de las medidas de protección de la construcción. |
| H | Distancia vertical al nivel de acceso (+ sobre el suelo y – bajo suelo) |
| K | Número de direcciones de salida |
| M | Clase de propagación para el material |
| N | Factor que incluye las medidas normales de protección |
| O | Número de salidas al aire libre |
| P | Riesgo potencial, relativo al edificio y su contenido |
| R | Riesgo de incendio, relativo al edificio y su contenido |
| S | Factor que reúne el conjunto de las medidas especiales de protección |
| T | Temperatura de destrucción expresada en grados Celsius |
| U | Factor de escape del compartimiento incendiado |
| V | Valor de la edificación y sus bienes |
| W | Factor referente al suministro de agua |
| X | Personas por evacuar en un compartimiento |
| Y | Factor que reconoce los elementos que pueden dificultar la propagación del incendio |
| Z | Número de direcciones de acceso |
| | |
| A1 | Nivel de riesgo aceptable, relativo a sus ocupantes |
| A2 | Nivel de riesgo aceptable, relativo a las actividades del edificio |
| D1 | Nivel de Protección, relativo a sus ocupantes |
| D2 | Nivel de Protección, relativo a las actividades del edificio |
| P1 | Riesgo potencial, relativo a sus ocupantes |
| P2 | Riesgo potencial, relativo a las actividades del edificio |
| R1 | Riesgo de incendio, relativo a sus ocupantes |
| R2 | Riesgo de incendio, relativo a las actividades del edificio |
| | |
| a | Factor de activación o fuentes de ignición |
| b | Ancho del compartimiento (metros) |
| c | Factor de contenido. Indica el costo monetario y la posibilidad de reemplazar los bienes. |
| d | Factor de dependencia de las actividades en lo dañado |
| e | Factor de nivel de una planta respecto a la altura útil del local |
| f | Resistencia promedio al fuego de la estructura de la edificación |
| g | Factor de dimensión de la superficie del compartimiento |
| h | Altura libre de un compartimiento (entre suelo y techo) |
| i | Factor de propagación |
| k | Tasa de ventilación del humo. |
| l | Largo del compartimiento(metros) |
| m | Dimensión promedio del contenido de un compartimiento. |
| n | Número de descuentos por medidas normales |
| p | Variable de movilidad |
| q | Factor de carga calorífica para incendio |
| r | Factor de las condiciones ambientales del fuego. |
| s | Número de puntos extras para las protecciones especiales |
| t | Factor de tiempo de evacuación |
| u | Número de puntos extras para las protecciones en la ruta de escape’ |
| v | Factor de ventilación, indica el impacto del humo y el calor dentro del edificio. |

| *Letra* | *Designación* |
|---|---|
| w | Número de puntos de descuento para el sistema de agua |
| x | Número de salidas de un compartimiento |
| y | Número de puntos extras para los puntos de salvamento. |
| z | Factor de acceso |
| | |
| $F_o$ | Factor de resistencia al fuego estructural |
| $Q_m$ | Carga térmica mobiliaria (MJ/m$^2$). Cantidad total de calor desprendida en la combustión completa de todas las materias mobiliarias divididas por el área del compartimiento. |
| $Q_i$ | Carga térmica inmobiliaria. Parte combustible de estructura de la edificación y su influencia en la propagación. |
| $R_o$ | Riesgo inicial |

### Tablas originales de los factores

Tablas de valores originales para parámetros de método FRAME, obtenido íntegramente de "*FRAME 2008: Theoretical basis and technical referencce guide",* (Smet, 2008) con traducción propia.

*Factor q: Carga calorífica del inmueble.*

| *Valores típicos de $Q_i$* | |
|---|---|
| *Tipo de construcción* | *MJ/m$^2$* |
| Construcción totalmente no combustible (Acero-Hormigón) | 0 |
| Construcción no combustible. Con un máximo de un 10% de elementos combustibles como ventanas, cubierta de techo, etc. | 100 |
| C1. Estructura de madera tratada con una cubierta no combustible | 300 |
| C2. Construcciones resistentes al fuego con pisos de madera | 300 |
| D. Solo los elementos estructurales son no combustibles | 1000 |
| E. Construcción combustible | 1500 |

| *Valores promedio para el mobiliario combustible $Q_m$* | | |
|---|---|---|
| *Tipo de compartimiento* | *$Q_m$ promedio* | *Rango normal* |
| Ocupación de bajo riesgo de fuego | 200 | |
| Oficinas | 400 | 80-550 |
| Vivienda | 500 | 330-780 |
| Escuelas | 200 | 215-340 |
| Hospitales | 250 | 100-330 |
| Hoteles | 250 | 310-330 |
| Riesgo normal con baja carga de energía | 600 | |
| Riesgo normal con carga de energía media | 1500 | |
| Riesgo normal con alta carga de energía | 2000 | |
| Riesgo normal con muy alta carga de energía | 2500 | |

*Factor i: Propagación*

| *Valores recomendables para T; temperatura de destrucción.* | |
|---|---|
| Líquidos inflamables | 20°C |
| Seres humanos, plástico, aparatos electrónicos | 100°C |
| Textiles, madera, papel, comida | 200°C |
| Contenido normal de viviendas | 250°C |
| Maquinas, | 300°C |
| Metales | 400°C |
| Materiales no combustibles | 500°C |

| *M: Clase de propagación para el material* | |
|---|---|
| *Clasificación* | *M valor promedio* |
| Incombustible (A1 en EN13501-1) | 0 |

| | |
|---|---|
| Casi incombustible (A2 en EN13501-1) | 0.5 |
| Difícil de encender (auto extinguible) (B en EN13501 o EN12845 Cat I) | 1 |
| Materiales de combustión lenta (C en EN13501-1) | 2 |
| Superficies Combustibles (D en EN13501-1 o EN 12846 Cat II) | 3 |
| Superficies inflamables (E en EN13501-1 o EN12845 Cat III) | 4 |
| Superficies altamente inflamables (EN12845 Cat. IV) | 5 |

*Factor a: activación a fuentes de ignición*

**Grupo 1: Fuentes de ignición relacionadas con la actividad principal del compartimiento**

| *Fuente de incendio: Actividad principal* | $a_1$ |
|---|---|
| A1. Baja carga de fuego y un bajo número de fuentes de ignición (residencial, oficinas, etc.) | 0 |
| A2. Baja carga de fuego y una moderada cantidad de fuentes de ignición (industrias de productos no combustibles) | 0 |
| B. Carga de fuego moderada y un moderado número de fuentes de ignición (industrias, grandes bodegas, tiendas de retail) | 0.2 |
| C. Alta carga de fuego y un moderado número de fuentes de ignición (Industrias de productos combustibles como papel, madera, etc.) | 0.4 |
| D. Alta carga de fuego y un bajo número de fuentes de ignición (Bodegas y almacenes similares) | 0 |

**Grupo 2: Fuentes de ignición relacionadas con las actividades secundarias del compartimiento.**

| *Fuente de incendio: Actividades secundarias* | $a_2$ |
|---|---|
| F. Actividad de soldadura secundaria | 0.1 |
| G. Uso adicional de plásticos o trabajo en madera | 0.1 |
| H. Pintar o cubrir con productos inflamables | |
| H1. En una habitación separada y bien ventilada | 0.05 |
| H2. En un espacio separado sin ventilación adicional | 0.1 |
| H3. Sin separación | 0.2 |
| I. Riesgos especiales (fumadores sin supervisión) | 0.1 |

**Grupo 3: Fuentes de ignición relacionadas con los sistemas de calefacción.**

| *Fuente de incendio: Sistemas de calefacción y sus procesos* | $a_3$ |
|---|---|
| E1. Sin sistema de calefacción o aire acondicionado | 0 |
| E2. Sistema de calefacción con transferencia de calor por agua, vapor o solidos | 0 |
| E3. Sistema de calefacción con transferencia de calor por aire pulsado o aceite | 0.05 |
| Generador del sistema de calefacción en una habitación separada | 0 |
| Generador del sistema de calefacción en el mismo compartimiento | 0.1 |
| Fuente de energía: electricidad, carbón mineral, gasolina | 0 |
| Fuente de energía: gas | 0.1 |
| Fuente de energía: Madera o desechos | 0.15 |

**Grupo 4: Fuentes de ignición relacionadas con las instalaciones eléctricas.**

| *Fuente de incendio: Instalaciones eléctricas* | $a_4$ |
|---|---|
| Instalación eléctrica de acuerdo a normativa y con mantenciones al día | 0 |
| Instalación eléctrica de acuerdo a normativa sin mantenciones al día | 0.1 |
| Instalación eléctrica fuera de la normativa | 0.2 |

**Grupo 5: Fuentes de ignición relacionadas con líquidos inflamables, gases y polvo.**

| *Fuente de incendio: Líquidos inflamables, gases y polvo* | $a_5$ |
|---|---|
| Riesgo de explosión permanente ATEX zona 0 | 0.3 |
| Riesgo de explosión en condiciones de operación normales ATEX zona 1; NEC: Class I Div. 1 | 0.2 |
| Riesgo ocasional de explosión ATEX zona 2; NEC: Class I Div. 2 | 0.1 |
| Riesgo de polvo explosivo ATEX zona 20/21/22; NEC: Class II | 0.2 |
| Producción de polvo combustible sin extracción | 0.1 |

*Factor t: tiempo de evacuación*

| *Factor de movilidad p* | *p* |
|---|---|
| Personas independientes y sin problemas de movilidad (adultos, trabajadores) | 1 |
| Personas sin problemas de movilidad que necesitan un guía (visitas, pupilos) | 2 |
| Personas con movilidad reducida (Pacientes, ancianos, reos) | 8 |
| No hay un plan claro de evacuación | +2 |
| Hay peligro de pánico | +2 |
| Personas con capacidades de percepción limitadas, como pacientes, ancianos, discapacitados, etc. | +2 |

*Factor d: Dependencia, impacto que genera el daño en la actividad de la edificación*

| *Valores típicos para el factor de dependencia d* | |
|---|---|
| Servicios e industrias de alta tecnología | 0.7 a 0.9 |
| Industria de productos consumibles (automóviles, electrónicos) | 0.45 a 0.7 |
| Industrias en general (maquinas, construcción, productos semi-terminados) | 0.25 a 0.45 |
| Almacenes y compañías comerciales | 0.05 a 0.15 |
| Administraciones | 0.8 |
| Promedio para la mayoría de los negocios | 0.3 |

*Factor W: Disponibilidad de agua*

**Grupo 1: Tipo de almacenamiento de agua**

| *Tipo de almacenamiento de agua* | $w_1$ |
|---|---|
| Almacenamiento de agua para uso mixto de llenado automático | 0 |
| Almacenamiento de agua para uso mixto de llenado manual | 4 |
| Sin almacenamiento de agua | 10 |

**Grupo 2: Capacidad del almacenamiento de agua.**

| *Capacidad del almacenamiento de agua* | $w_2$ |
|---|---|
| Capacidad adecuada | 0 |
| Deficiencia de hasta un 10% | 1 |
| Deficiencia entre 10 y 20% | 2 |
| Deficiencia entre 20 y 30% | 3 |
| Deficiencia mayor al 30% | 4 |

**Grupo 3: Sistema de distribución de agua.**

| *Sistema de distribución de agua* | $w_3$ |
|---|---|
| Red de distribución adecuada | 0 |
| Tuberías muy pequeñas para el flujo adecuado | 2 |
| Sin red de tuberías | 6 |

**Grupo 4: Conexiones de Grifo**

| *Conexiones de Grifo* | $w_4$ |
|---|---|
| Una conexione de manguera de 70 mm cada 50 metros de perímetro | 0 |
| Una conexión por 50 a 100 metros de perímetro | 1 |
| Menos de una conexión por 100 metros de perímetro | 3 |

**Grupo 5: Presión del sistema**

| *Presión del sistema* | $w_5$ |
|---|---|
| Presión estática mayor a 35 m.c.a. | 0 |
| Presión estática menor a 35 m.c.a. | 3 |

*Factor N: Medidas de protección normales*

**Grupo 1: Descubrimiento y aviso**

| *Descubrimiento y aviso* | $n_1$ |
|---|---|
| Un servicio de guardia con presencia organizada, con sistema de alerta manual, notificación a la brigada de incendio y alarma a los ocupantes | 0 |
| Sin una presencia humana organizada | +2 |
| Sin un sistema de alerta manual | +2 |
| Sin sistema garantizado de notificación a las brigadas de incendio | +2 |
| Sin alarma para los ocupantes | +2 |

**Grupo 2: Extinguidores y estación de mangueras**

| *Extinguidores y estación de mangueras* | $n_2$ |
|---|---|
| Extinguidores adecuados | 0 |
| Número inadecuado de extinguidores o falta de estos | 2 |
| Estaciones de mangueras adecuadas | 0 |
| Inadecuado número de estaciones de mangueras | 2 |
| Sin estaciones de mangueras | 4 |

**Grupo 3: Intervención de los bomberos**

| *Intervención de los bomberos* | $n_3$ |
|---|---|
| Primera intervención de brigada de bomberos en menos de 10 minutos | 0 |
| Entre 10 a 15 minutos | 2 |
| Entre 15 a 30 minutos | 5 |
| Más de 30 minutos | 10 |

**Grupo 4: Educación**

| *Educación* | $n_4$ |
|---|---|
| Todos los ocupantes saben cómo usar los extinguidores y mangueras. | 0 |
| Solo un limitado número de personas entrenadas | 2 |
| Sin entrenamiento básico | 4 |

*Factor S: Medidas de protección especiales*

**Grupo 1: Detección automática de incendios**

| *Detección automática* | $s_1$ |
|---|---|
| Por rociadores de incendio | 4 |
| Por detectores de calor (termales) | 5 |
| Por detectores de humo o llamas | 8 |
| Por un sistema de supervisión electrónica | 2 |
| Con identificación individual de pequeñas zonas de incendio | +2 |
| Unidades de alarma de humo | +2 |

**Grupo 2: Mejoras en el suministro de agua**

| *Suministro de agua* | $s_2$ |
|---|---|
| Suministro de agua inextinguible (4 veces el necesario) | 3 |
| Para usar contra incendios solamente | +2 |
| Bajo el control de los usuarios de la edificación (independiente) | +2 |
| Altamente confiable: 1 estanque de agua con el doble de caudal/ fuente presión | 5 |
| Doblemente confiable: 2 estanques de agua, cada una con caudal/ fuente de presión | 12 |

### Grupo 3: Protección automática

| *Protección automática* | $s_3$ |
|---|---|
| Rociadores con 1 suministro de agua (red pública) | 11 |
| Rociadores con un suministro de agua independiente | 14 |
| Rociadores con 2 suministros de agua independientes | 20 |
| Otro sistema automático de extinción (CO2, espuma) | 11 |

### Grupo 4: Respuesta de la brigada de bomberos

| *Respuesta de la brigada de bomberos* | $s_4$ |
|---|---|
| Brigada atenta tiempo completo 24h/7d | 8 |
| Brigada profesional variable (turno de día con brigada, y turno de noche retenido) | 6 |
| Profesionales part-time (estación retenida) | 4 |
| Voluntarios | 2 |
| Brigadas industriales de incendio part-time(En hora de funcionamiento) | 6 |
| Brigada industrial de incendio full-time | 14 |

*Factor U: Ruta de escape.*

### Grupo 1: Detección automática y alarma de incendios

| *Detección automática y alarma* | $u_1$ |
|---|---|
| Por rociadores de incendio | 4 |
| Por detectores de calor (termales) | 5 |
| Por detectores de humo o llamas | 8 |
| Por un sistema de supervisión electrónica | 2 |
| Con identificación individual de pequeñas zonas de incendio | 2 |
| Unidades de alarma de humo | 2 |
| Detección parcial en área de alto riesgo | 2 |
| Menos de 300 personas para advertir | 2 |
| Alarma de evacuación con mensajes vía un sistema de comunicación oral | 6 |

### Grupo 2: Rutas de evacuación

| *Rutas de evacuación* | $u_2$ |
|---|---|
| Existencia de un plan de evacuación con señalética y luces de emergencia | +4 |
| *Rutas de evacuación vertical* | |
| Sin escaleras para salir | 0 |
| Escaleras abiertas pero interiores | 0 |
| 1 escalera interior cerrada | 1 |
| Más de 1 escalera interior cerrada | 2 |
| Por lo menos 1 escalera interior cerrada y protegida del humo | 3 |
| Más de 1 escalera interior cerrada y protegida del humo | 4 |
| Escalera(s) interior(es) y 1 escalera exterior | 6 |
| Escalera(s) interior(es) y más de 1 escalera exterior | 8 |
| Escalera interior y toboganes o escaleras exteriores para el primer/ segundo piso | 2 |
| *Compartimentación* | |
| Compartimentación de zonas menores a 1000 $m^2$ con separaciones EI30 | +2 |
| Compartimentación de zonas menores a 1000 $m^2$ con separaciones EI60 | +4 |

$u_3$**:** Ventilación del humo. Cuando la ventilación del humo actúa por detección automática +3

### Grupo 4: Protección automática

| *Protección automática* | $u_4$ |
|---|---|
| Rociadores solo en áreas con alto riesgo de incendio | 5 |
| Rociadores que proveen una completa protección | 10 |
| Otros sistemas automáticos de extinguir incendios | 4 |

### Grupo 5: Bomberos

| *Bomberos* | $u_5$ |
|---|---|
| Estación a tiempo completo 24h/7d | 8 |
| Brigada profesional variable (turno de día con brigada, y turno de noche retenido) | 6 |
| Profesionales part-time (estación retenida) | 4 |
| Voluntarios | 2 |
| Brigadas industriales de incendio part-time o full time | 4 |

*Factor Y: Elementos retardantes.*

### Grupo 1: Protección áreas vulnerables

| *Protección física áreas vulnerables* | $y_1$ |
|---|---|
| Sub compartimientos en área de incendio máx. 1000 $m^2$ con separadores EI30 | 2 |
| Sub compartimientos en área de incendio máx. 1000 $m^2$ con separadores EI60 | 4 |
| Automatización parcial en áreas críticas | 3 |
| Rociadores parciales (en áreas críticas) | 5 |
| Otros sistemas automáticos de extinguir incendios en las áreas críticas | 4 |

### Grupo 2: Planeación de desastres

| *Planes para desastres-Organización* | $y_2$ |
|---|---|
| Respaldo de la información económica y financiera | 2 |
| Acceso fácil a repuesto | 4 |
| Reparación posible con ayuda externa mínima | 2 |
| Acuerdos de relocalización | 3 |
| Capacidad de producción múltiple | 3 |

## Arboles de eventos en FRAME

A continuación, se presentan los arboles de eventos en base a los cuales se calcularon originalmente las ecuaciones y tablas de los factores del método.

Se tiene tres evaluaciones independientes pero relacionadas (propiedad, vidas, actividad), por lo tanto 3 árboles independientes son utilizados.

En los árboles, los campos grises y amarillos indican data que se debe ingresar correspondiente al compartimiento a evaluar. La información ingresada en las cajas amarillas tienen un impacto en la severidad del daño y/o el número de víctimas del incendio en el compartimiento. La información de las cajas grises tiene efecto en la probabilidad de ocurrencia del incendio, algunos datos de ingreso tienen injerencia en ambos: estos se muestran con un fondo amarillo/ gris.

Las cajas verdes indican valores relacionados calculados directamente de los datos de entrada (amarillos, grises), estos valores son los nodos principales del árbol de eventos y serán detallados más adelante. Las cajas azules representan el resultado de un subsistema en donde varias variables se combinan, estos susbsistemas también se detallan. Por último, las cajas naranjas indican el posible resultado en una escala de tiempo.

El árbol comienza con la probabilidad básica de que el fuego se inicia por accidente (relámpagos, un error humano, se da vuelta una vela, etc.). A esta probabilidad básica se le da el valor de Ao=1.6.

*Elementos de los árboles.*

Nodo 1:

En un número de situaciones, existen fuentes de ignición adicionales, asociadas a actividades primarias o secundarias, el sistema de calefacción, la red y el equipamiento eléctrico, el uso de productos inflamables, etc. Estos itemes definen el valor del factor “a” y aumenta la probabilidad de la ocurrencia del incendio, por consiguiente aumenta el valor del riesgo.

Nodo 2:

Una fuente de ignición no es suficiente para tener un incendio, debe haber elementos que quemar: esto se define como la carga de incendio o combustible, separada en una carga fija “inmóvil” para todos los productos del edificio (estructura, mobiliario fijo, etc.) y una carga “móvil” que representa el contenido. La carga “inmóvil” también influencia el ambiente de evacuación (factor “r”) y la carga “móvil” tiene interacción con el incremento de la capa de gases calientes (factor “v”). El factor “q” representa la carga de combustible en el cálculo del riesgo.

Nodo 3:

Una vez el fuego ha comenzado, se propagará a una cierta velocidad: un incendio de rápida propagación aumenta el riesgo y el factor “i” trata el problema. La propagación queda definida por 3 variables: material inflamable (variable T), reacción a las características del fuego (variable M), y superficie disponible para la propagación (variable m). La reacción a las características del fuego también influyen en el factor “r”

Nodo 4:

A medida que el fuego se propaga, una capa de gases calientes se concentra en el cielo del compartimiento. El origen de esta capa proviene, principalmente, de la quema del contenido combustible móvil, y el desarrollo de la capa de gases puede ser controlada por un sistema de

ventilación de humo. La altura del techo define el espacio disponible para las capas frías y calientes de gases. Esto queda representado en el factor “v”.

Subsistema A: Descubrimiento/ notificación

Este subsistema evalúa la probabilidad de una evacuación e intervención temprana exitosa. Toma en consideración la presencia o ausencia de sistemas manuales o automáticos de detección y notificación al igual que la confiabilidad y capacidad de dichos sistemas.

Subsistema B: Lucha contra incendios por ocupantes.

El éxito de la primera intervención depende tanto de los medios disponibles como del entrenamiento de los ocupantes: esto se evalúa en el subsistema B, la lucha contra el incendio llevada a cabo por los ocupantes. Este subsistema tiene en cuenta la presencia de extinguidores portátiles y personal entrenado.

Subsistema C: Sistema de extinción automática.

Cuando existen protecciones automáticas como aspersores, el incendio será controlado rápidamente en la mayoría de los casos: el nivel de éxito de las protecciones automáticas será evaluado por el subsistema C. Este subsistema tiene en cuenta la presencia de sistemas automáticos de extinción como aspersores que cubren el compartimiento al completo.

Subsistema D: Bomberos en la escena del incendio.

Si el incendio no es controlado todavía por los ocupantes y/o aspersores, la propagación del incendio será abordada por los bomberos. Tomará un tiempo para las brigadas llegar a la escena: Este tiempo y la capacidad de las brigadas es considerado en el subsistema D: bomberos en la escena del incendio.

Subsistema E: Tiempo de evacuación

En el lugar del incendio, los bomberos deben dar prioridad a las operaciones de rescate, reduciendo la efectividad del combate contra incendio: esta prioridad es medida en el subsistema E que incluye las variables para calcular el factor de tiempo de evacuación “t”.

Nodo 5, 6, 7:

El éxito de la operación contra el incendio antes de que se produzca el flashover depende mucho de las condiciones locales: tamaño y forma del compartimiento, nivel y accesibilidad del lugar: factores “g”, “e”, “z” representan esto.

Subsistema F: Recursos de agua

La lucha contra el incendio también depende en la disponibilidad y la fiabilidad de las fuentes de agua: esto es considerado en el subsistema F, combinando el factor de disponibilidad de agua “W”, y variables del factor “S”

Nodo 8:

Si ocurre un flashover, el total del contenido del compartimiento se perderá. Dependerá de la protección contra el fuego de la estructura si la edificación colapsa después del flashover. El factor “F” considera la protección al fuego de la estructura y la probabilidad de colapso de la edificación.

Nodo 9:

Cualquiera sea el tamaño de la perdida, el costo actual de esta dependerá del valor del contenido, el cual es evaluado en la variable “c”.

Nodo 10:
El subsistema A crea el nodo 10. Este nodo es el resultado de algunas variables del factor de protecciones normales (N), y protecciones especiales (S).

Nodo 11:
El subsistema B crea el nodo 11. Este nodo proviene de la combinación de variables del factor de protecciones normales (N).

Nodo 12:
El subsistema C crea el nodo 12. Agrupa las variables del factor "S" que consideran la existencia y confiabilidad de los sistemas automáticos de extinción

Nodo 13:
El subsistema D crea el nodo 13. Este nodo es producto de variables de "N" y "S".

Nodo 14:
El subsistema E crea el nodo 14. En el nodo se calcula el tiempo de desplazamiento en el interior del compartimiento, a través de las salidas, y en las escaleras para personas independientes y sin problemas de movilidad.

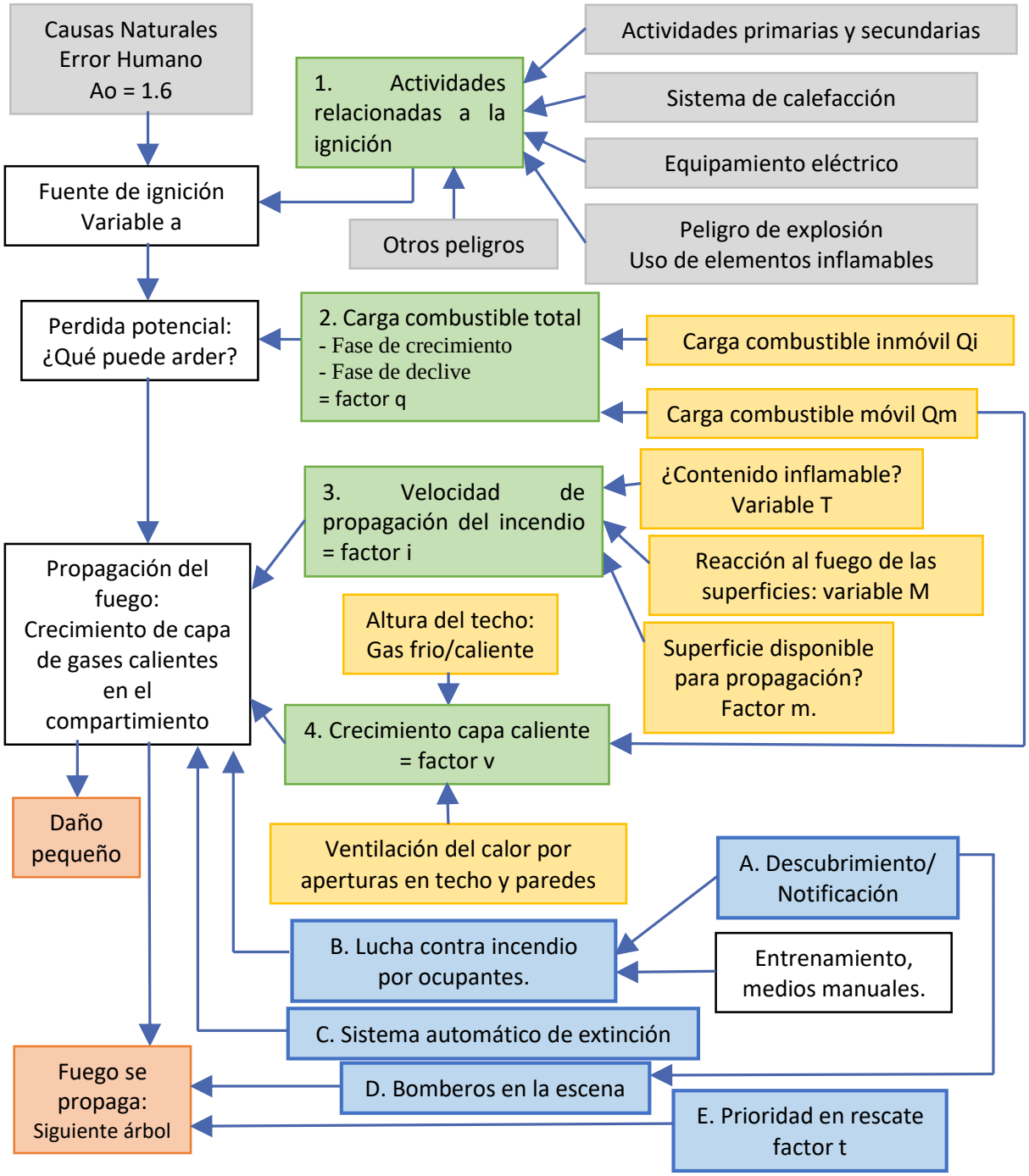
Nodo 15:
El subsistema E crea el nodo 15. Este nodo considera la variable "p", que corrige la movilidad de los ocupantes, la organización de estos al evacuar y el conocimiento del riesgo.

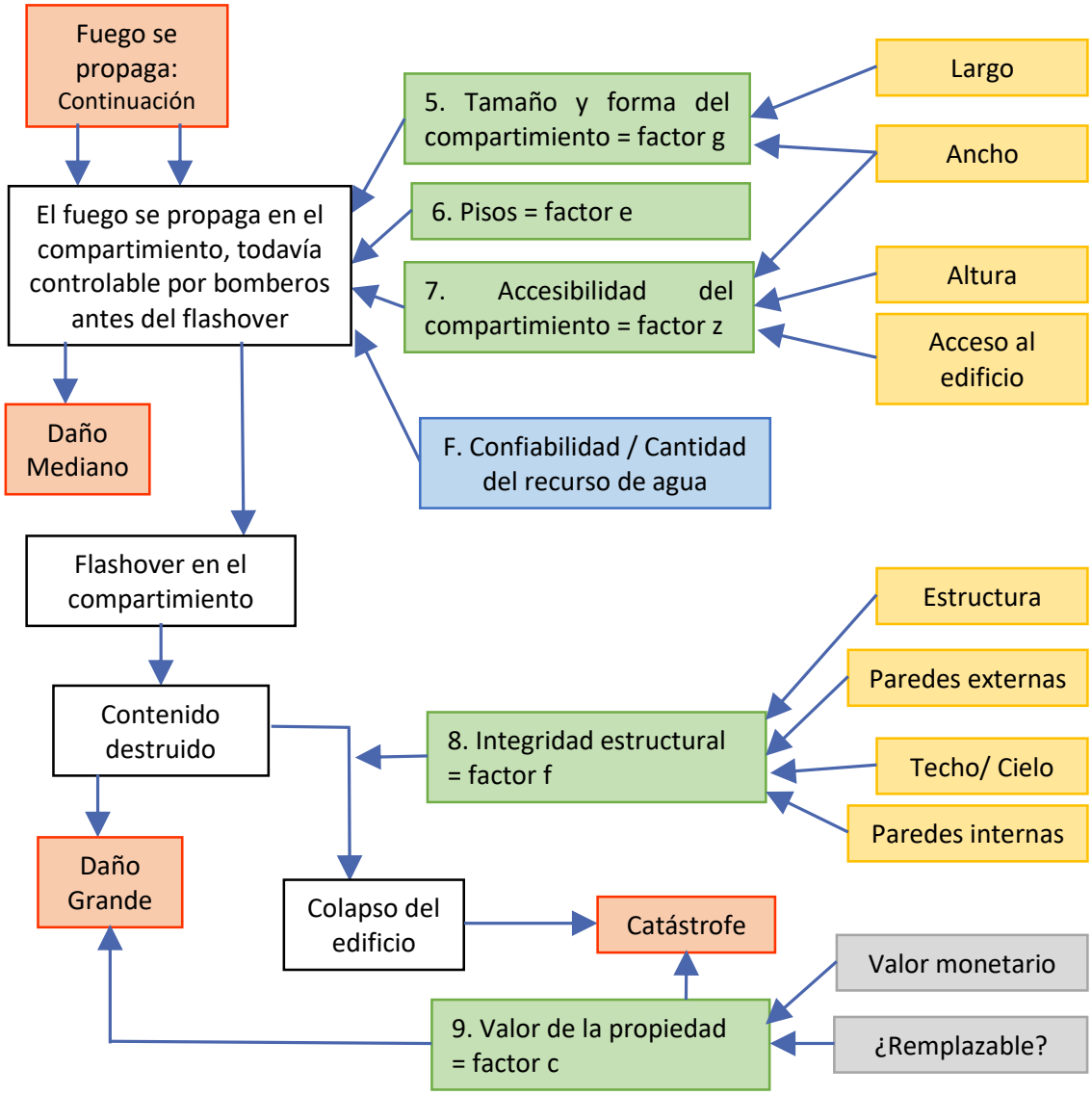
Nodo 16:
El nodo 16 es la combinación final del nodo 14 y 15, define el tiempo requerido para un egreso seguro (RSET) para abandonar el edificio. Mientras más alto sea el tiempo de evacuación, más alta es la exposición para la seguridad de la vida, por lo tanto un aumento del riesgo. Igualmente, los bomberos gastarán más tiempo en operaciones de rescate, reduciendo la efectividad del combate del fuego.

Nodo 17:
El subsistema F crea el nodo 17. Este nodo considera el tipo de abastecimiento de agua disponible para combatir el incendio, la cantidad comparada con la carga de combustible, el sistema de distribución, definidas por el factor "W".

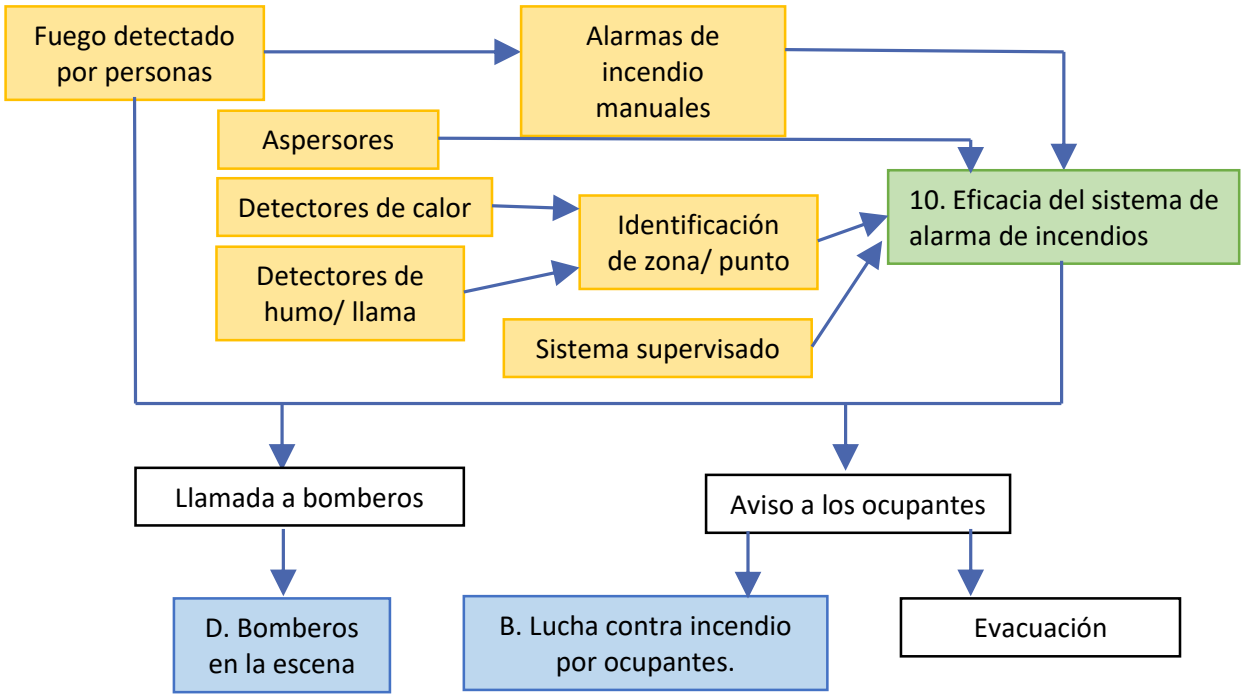
Nodo 18:
EL subsistema F crea el nodo 18. Este nodo combina las variables del factor "S" de la cantidad disponible de agua, la confiabilidad, la redundancia de los sistemas y las fuentes de energía.

*Árbol Riesgo a la propiedad*

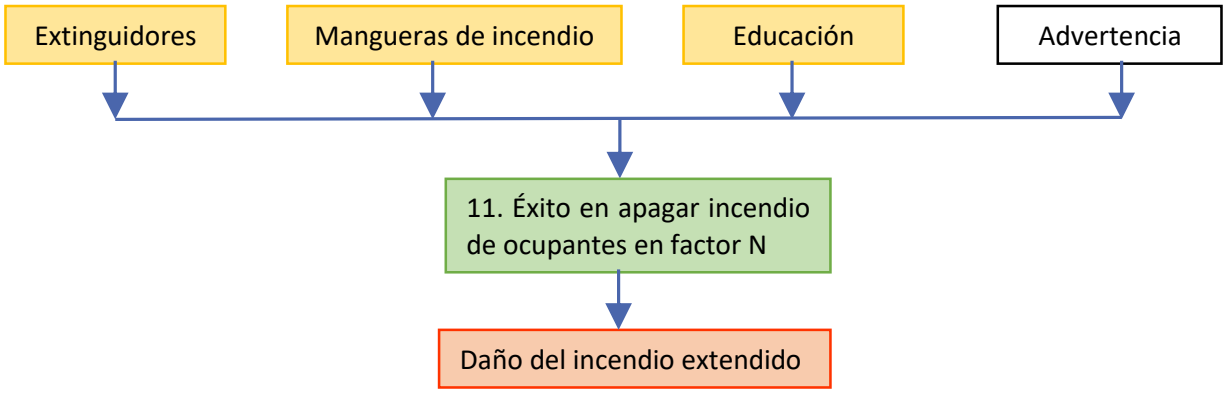



Fuego se propaga: Continuación
El fuego se propaga en el compartimiento, todavía controlable por bomberos antes del flashover
Daño Mediano
Flashover en el compartimiento
Contenido destruido
Daño Grande
Colapso del edificio
Catástrofe
5. Tamaño y forma del compartimiento = factor g
6. Pisos = factor e
7. Accesibilidad del compartimiento = factor z
F. Confiabilidad / Cantidad del recurso de agua
8. Integridad estructural = factor f
9. Valor de la propiedad = factor c
Largo
Ancho
Altura
Acceso al edificio
Estructura
Paredes externas
Techo/ Cielo
Paredes internas
Valor monetario
¿Remplazable?

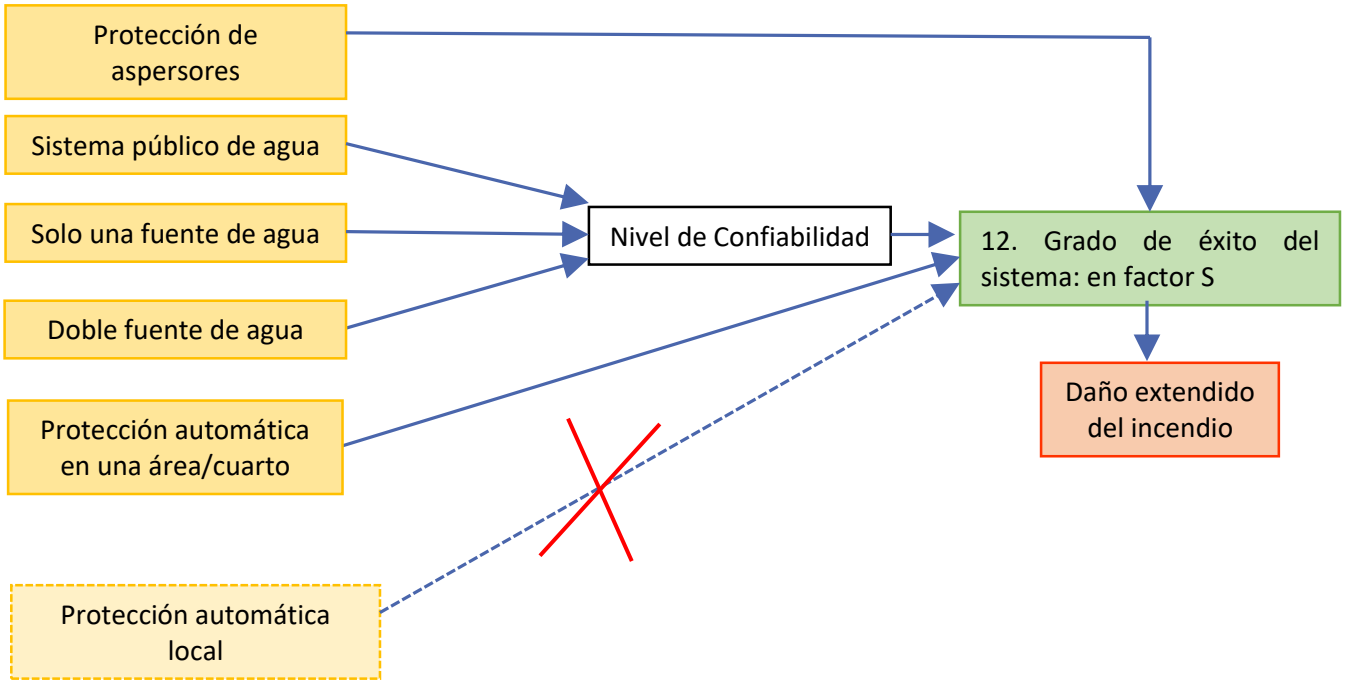
Subsistema A: Descubrimiento/ Notificación



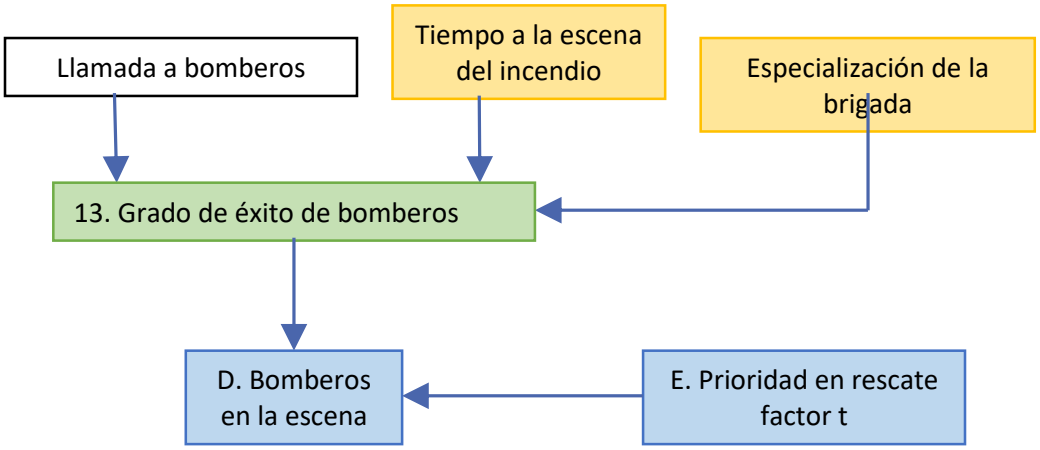

Subsistema B: Combate contra el fuego por habitantes / Staff



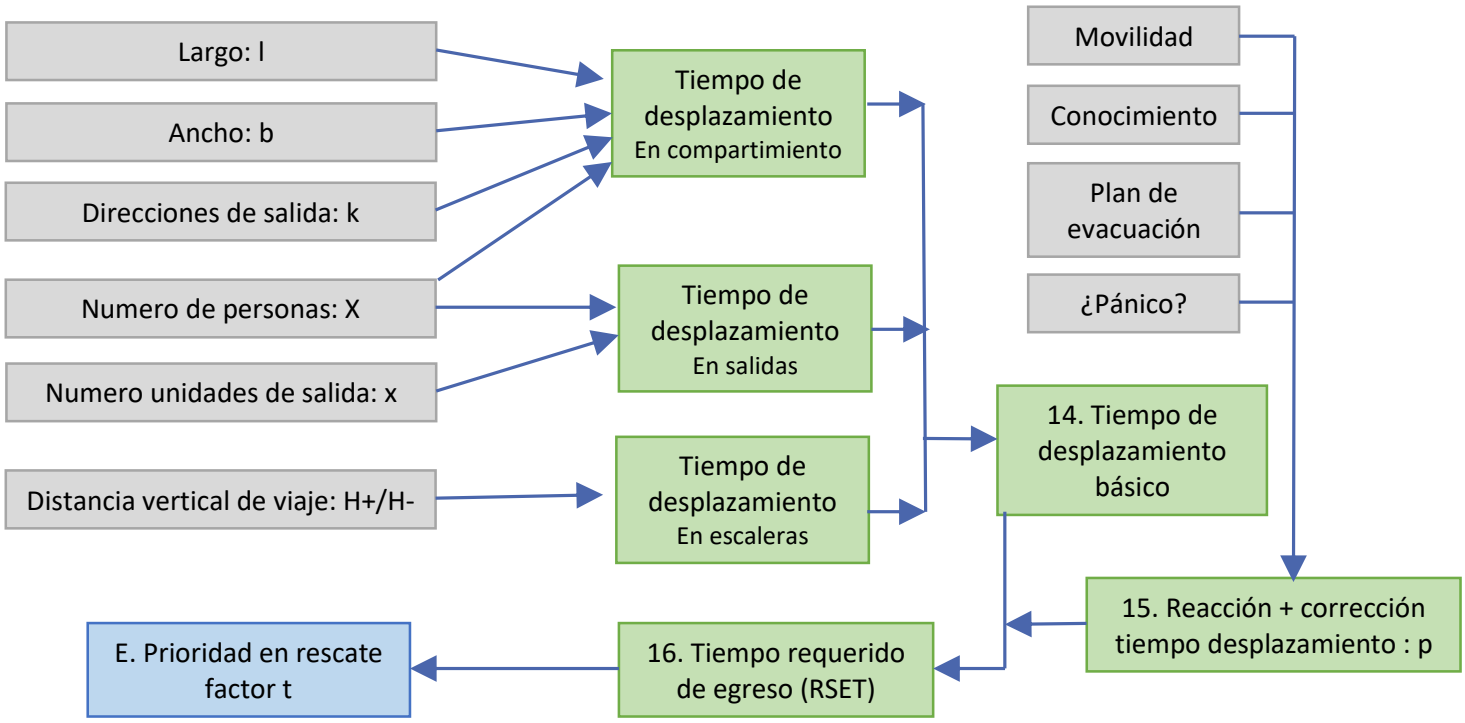
Subsistema C: Sistemas de extinción automática



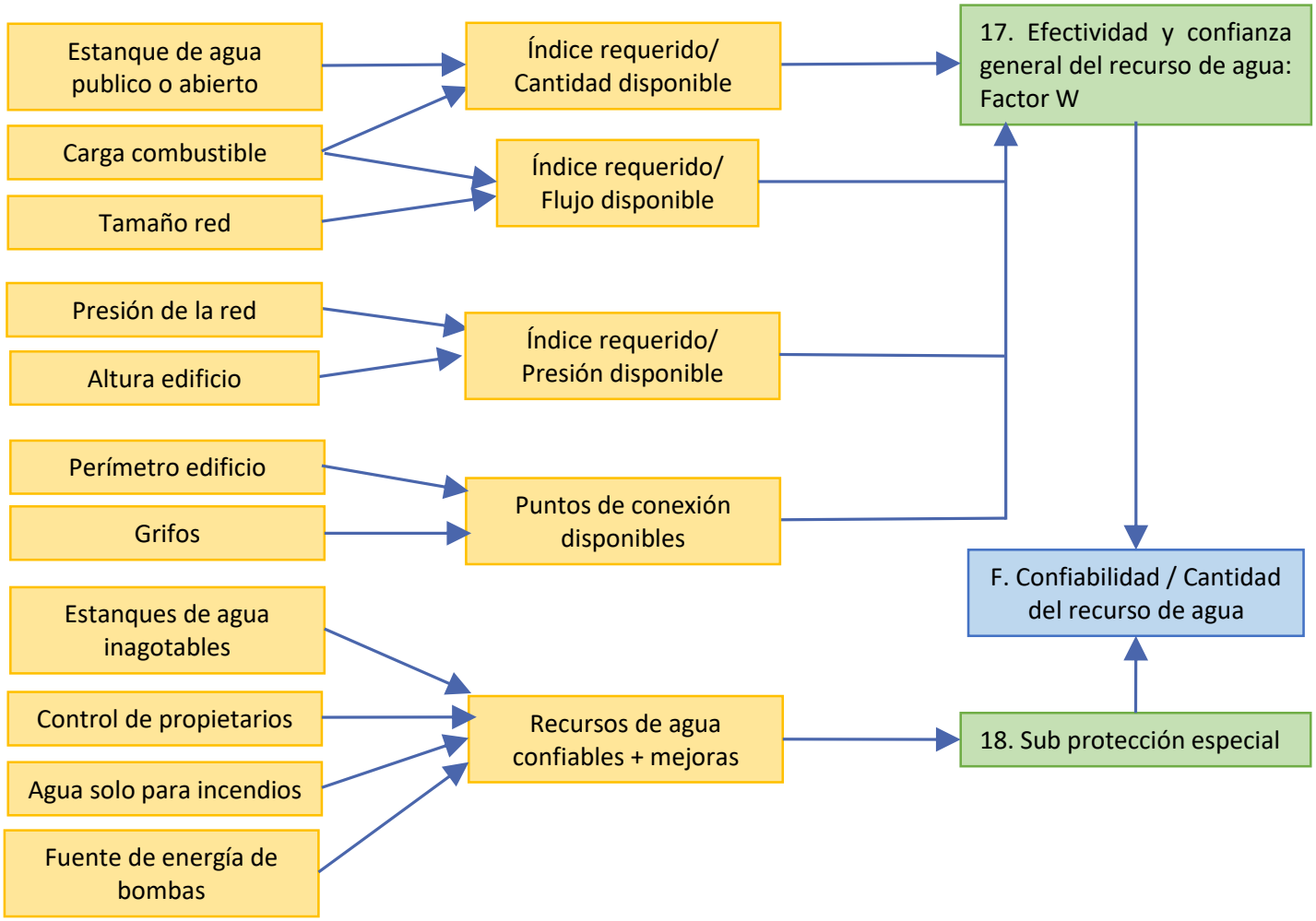

Subsistema D: Bomberos en la escena



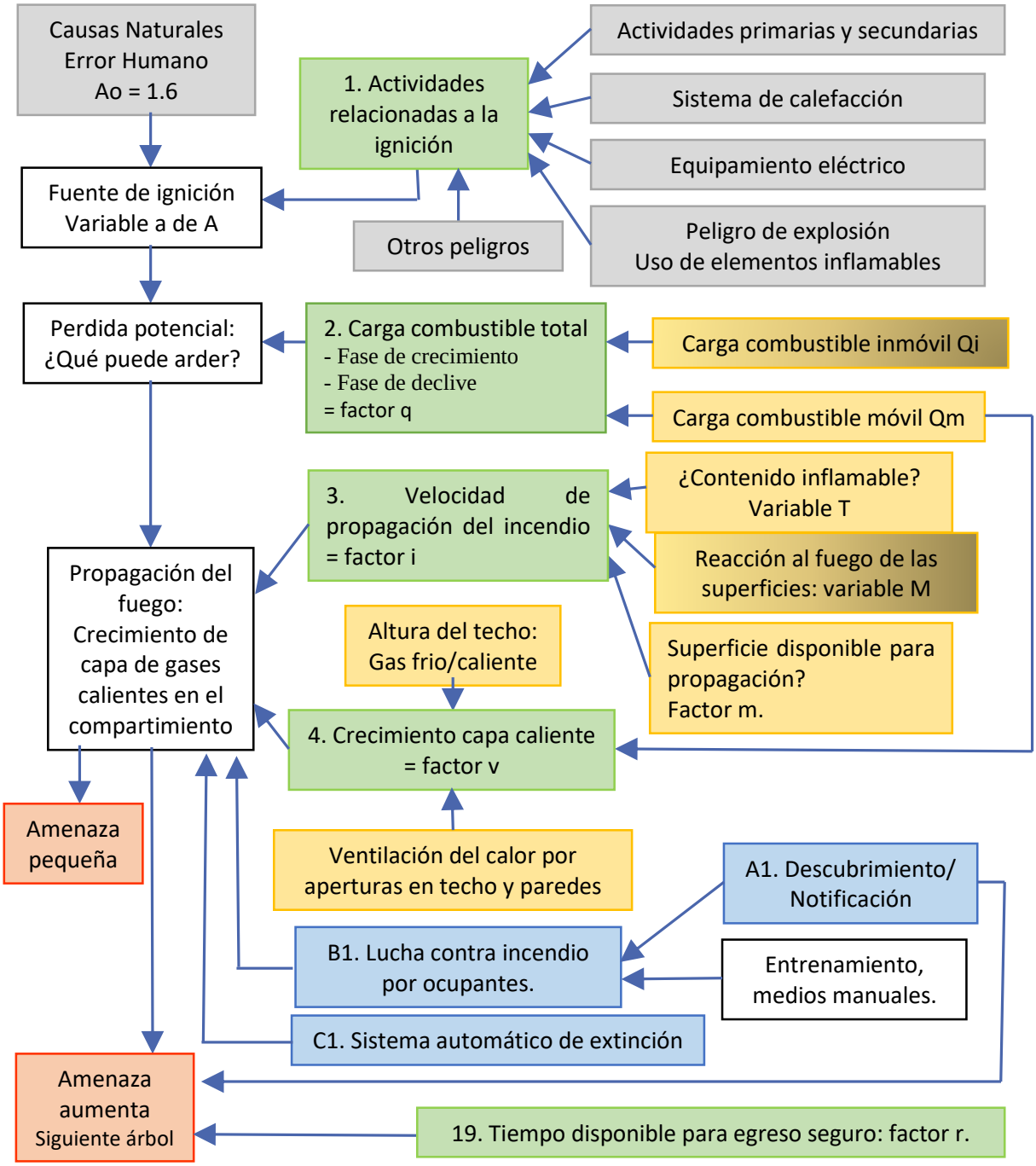
Subsistema E: Prioridad de rescate/ Tiempo de evacuación

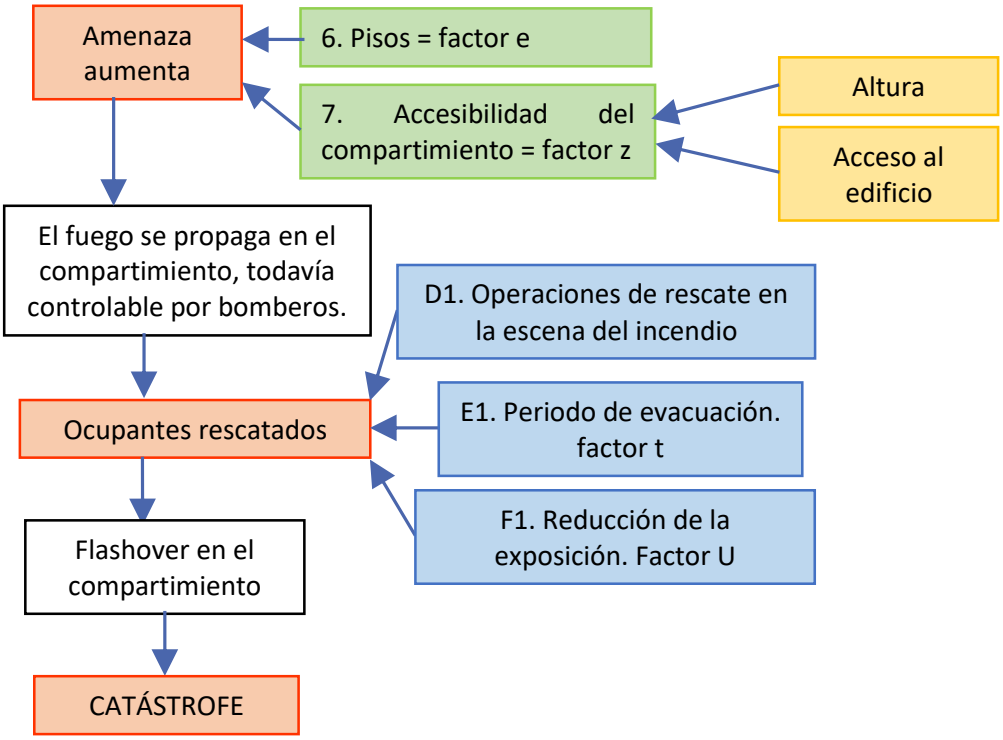


Subsistema F: Suministro de agua

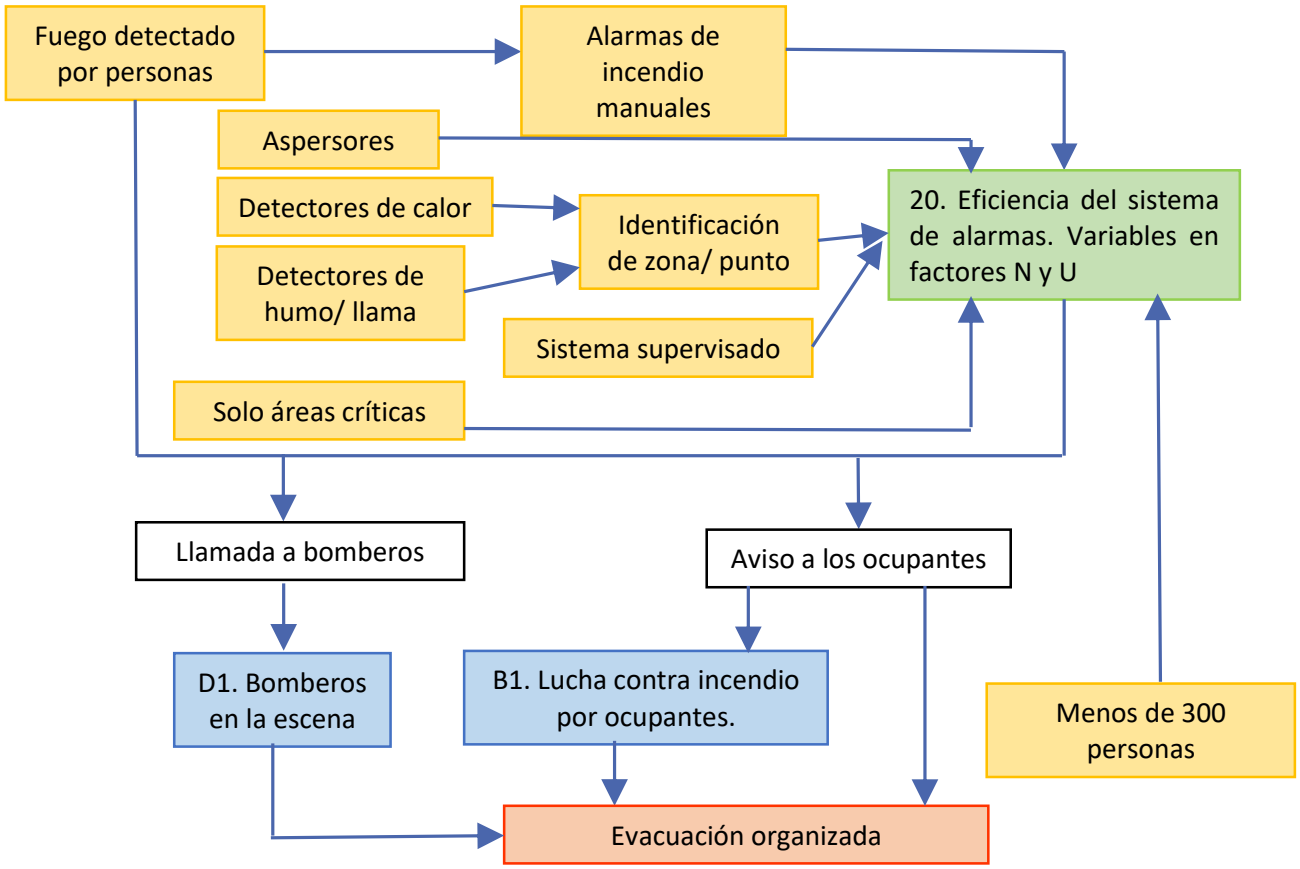


*Árbol Riesgo a los ocupantes:*

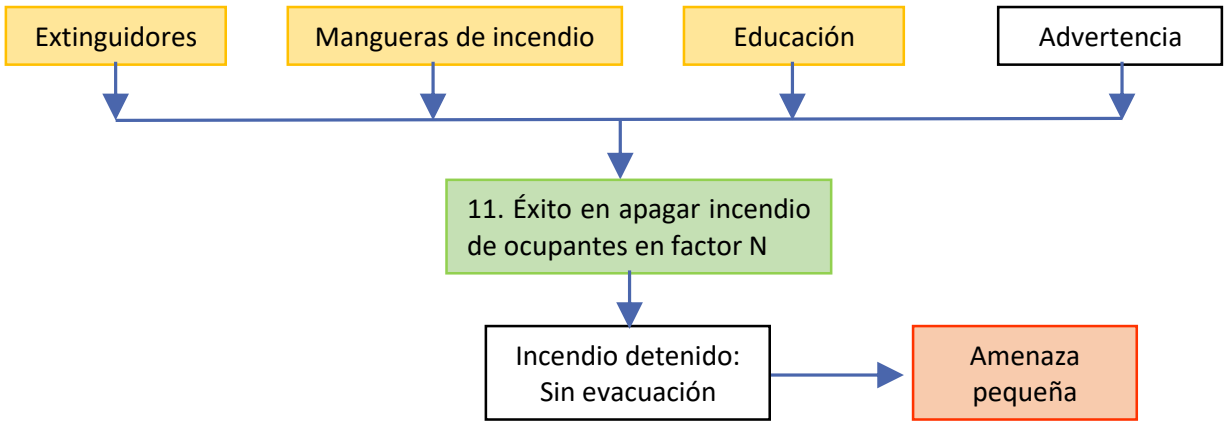



Amenaza aumenta
6. Pisos = factor e
7. Accesibilidad del compartimiento = factor z
Altura
Acceso al edificio
El fuego se propaga en el compartimiento, todavía controlable por bomberos.
D1. Operaciones de rescate en la escena del incendio
Ocupantes rescatados
E1. Periodo de evacuación. factor t
F1. Reducción de la exposición. Factor U
Flashover en el compartimiento
CATÁSTROFE

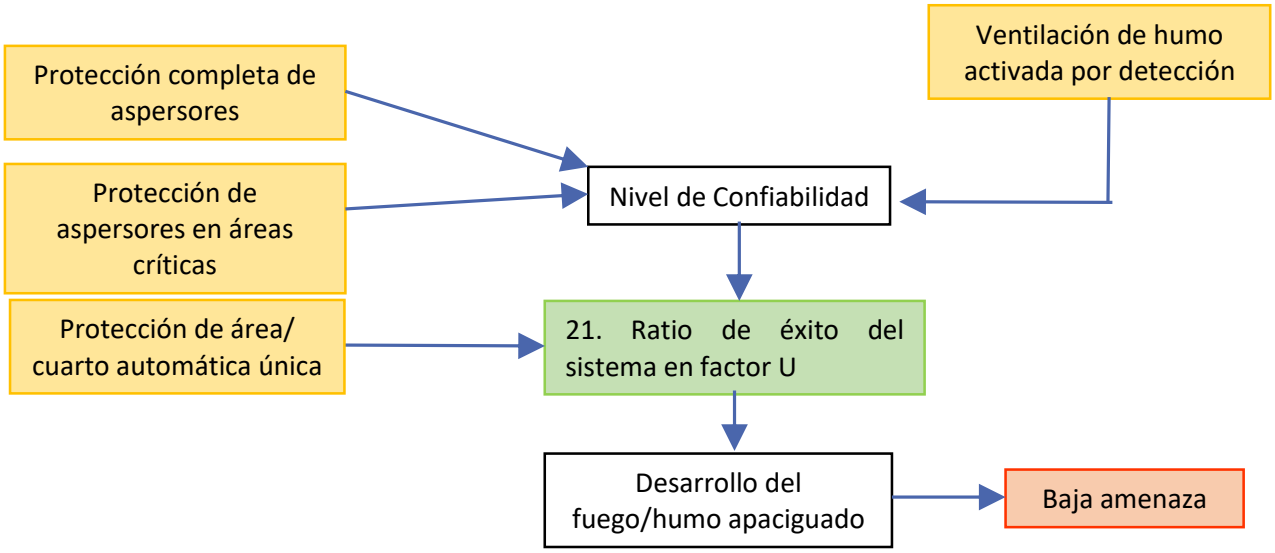
Subsistema A1: Descubrimiento y Notificación



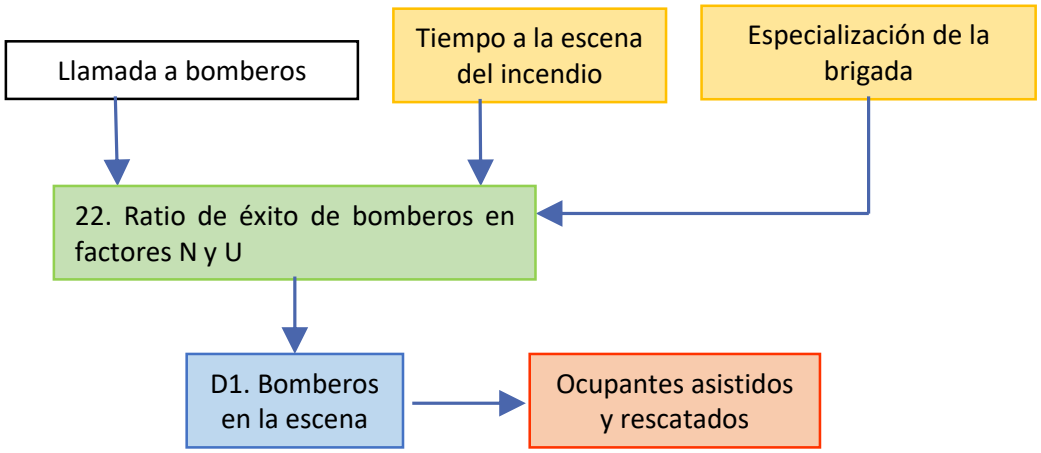

Subsistema B1: Combate contra el fuego por habitantes y Staff



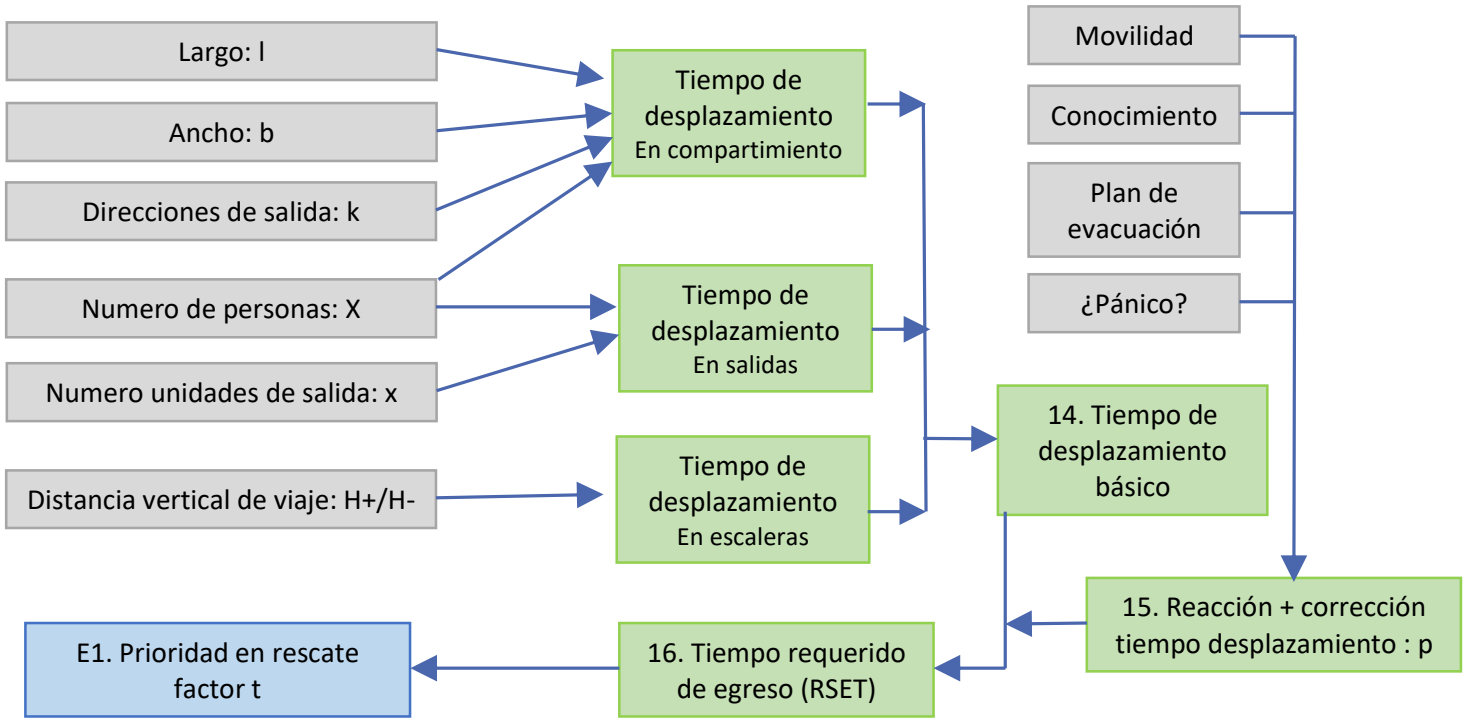
Subsistema C1: Sistema de extinción automática.



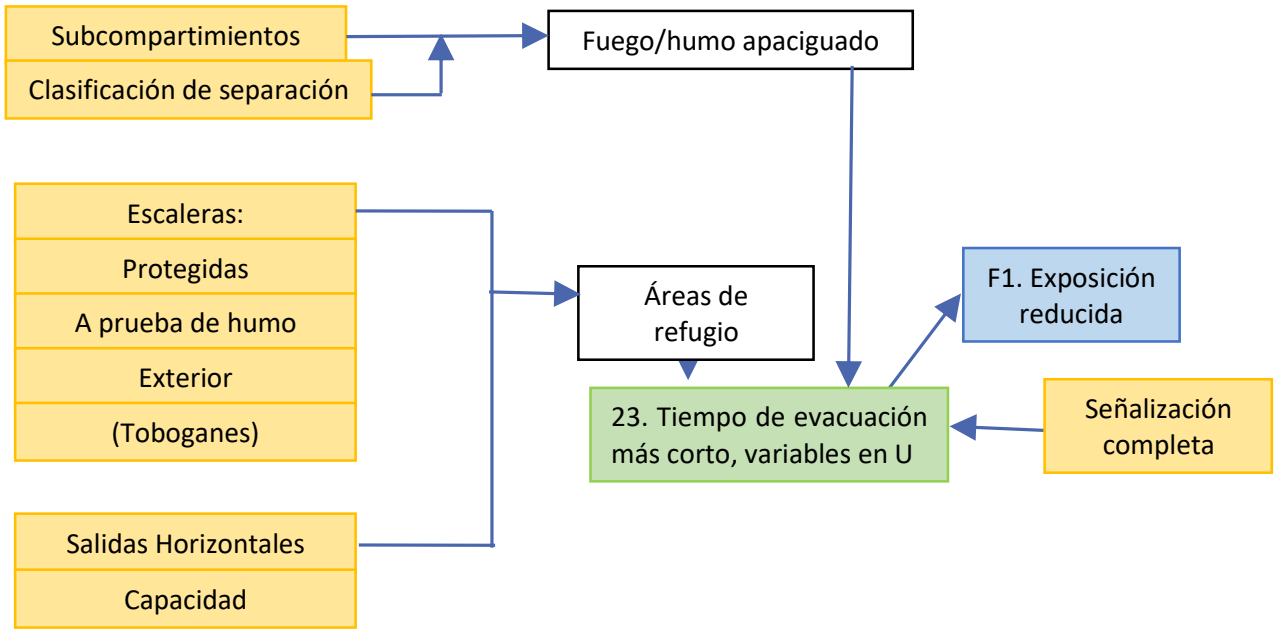

Subsistema D1: Bomberos en la escena del incendio.



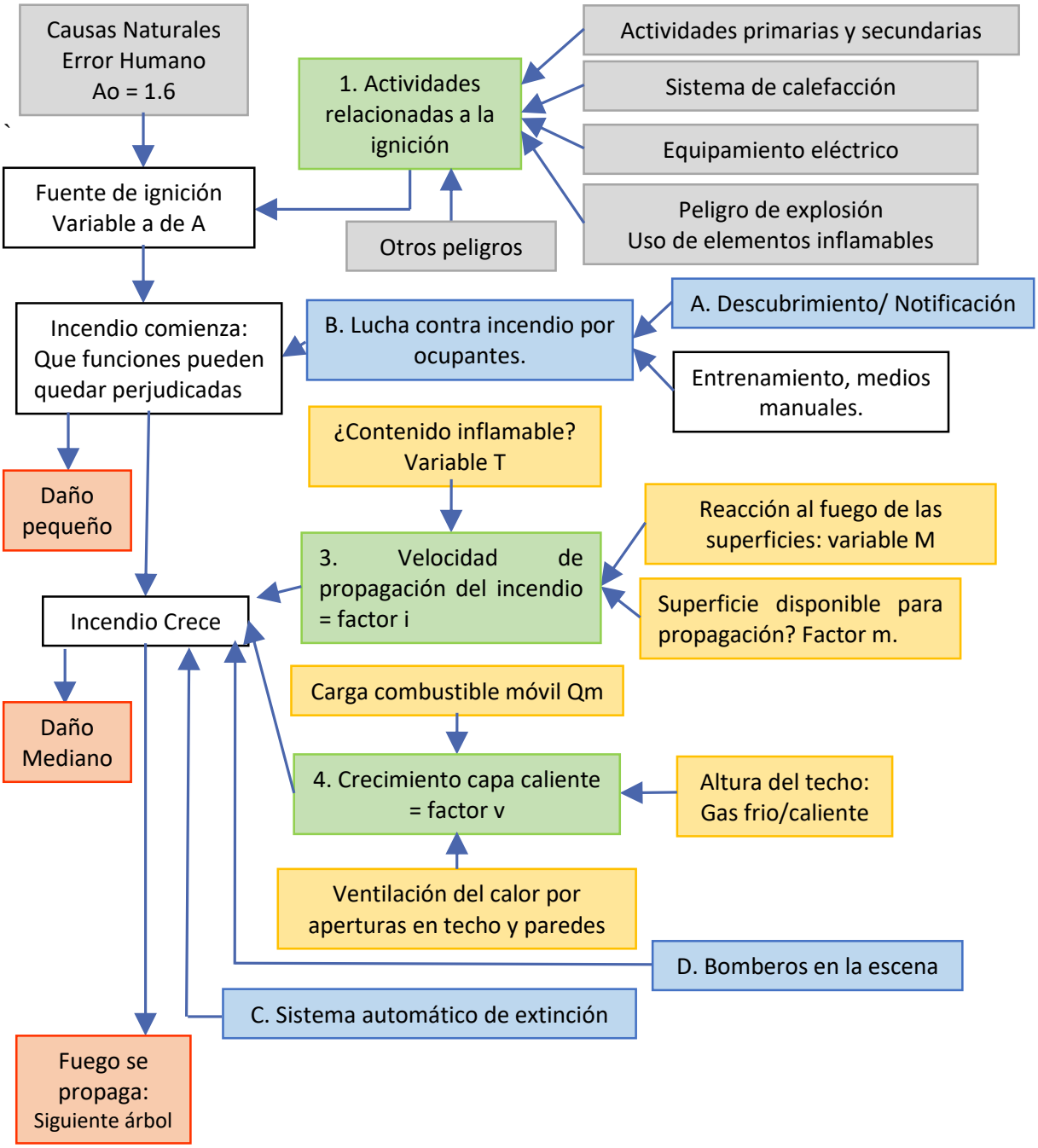
Subsistema E1: Tiempo de evacuación

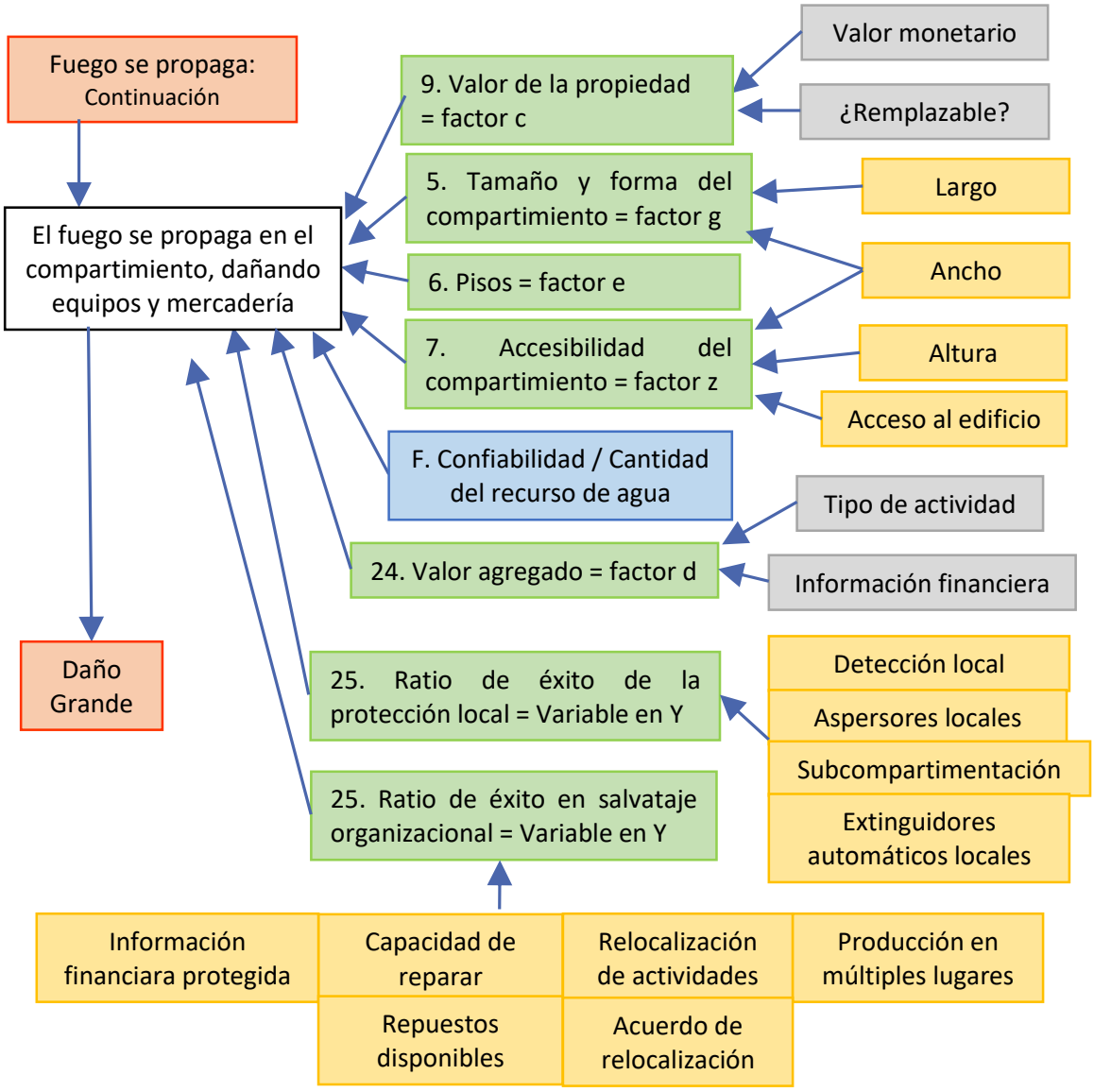



Subsistema F1: Reducción de exposición.



*Árbol Riesgo a la actividad:*




Fuego se propaga: Continuación
El fuego se propaga en el compartimiento, dañando equipos y mercadería
Daño Grande
9. Valor de la propiedad = factor c
Valor monetario
¿Remplazable?
5. Tamaño y forma del compartimiento = factor g
Largo
Ancho
6. Pisos = factor e
7. Accesibilidad del compartimiento = factor z
Altura
Acceso al edificio
F. Confiabilidad / Cantidad del recurso de agua
Tipo de actividad
24. Valor agregado = factor d
Información financiera
25. Ratio de éxito de la protección local = Variable en Y
Detección local
Aspersores locales
Subcompartimentación
Extinguidores automáticos locales
25. Ratio de éxito en salvataje organizacional = Variable en Y
Información financiara protegida
Capacidad de reparar
Repuestos disponibles
Relocalización de actividades
Acuerdo de relocalización
Producción en múltiples lugares

# Anexo N°2: Método Fire Risk Index Method (versión 1.2)

Esta es la versión 1.2 del "Risk Index Method" para departamentos en edificios de múltiples pisos. La siguiente lista presenta diferentes niveles de decisión; objetivos, estrategias y parámetros. Las ponderaciones de los parámetros están calculadas usando el sistema de ponderación explicadas a continuación. En el esquema de ponderación los dos niveles más bajos de decisión son usados; sub-parámetros y ítems de medición. Actualmente, consideraremos ocupación ordinaria.

## Principio.

Proveer un nivel de seguridad contra incendios aceptable en un edificio de departamentos de múltiples pisos.

Definición: Los edificios de departamentos de múltiples pisos deberán ser diseñados de manera que asegure suficiente seguridad a la vida y protección a la propiedad en concordancia con lo listado abajo

## Objetivos

- $O_1$ Proveer protección a la vida
  - Definición: salvaguardar la vida de los ocupantes en el compartimiento de origen, el resto del edificio, afuera y en edificios adyacentes y salvaguardar la vida de los bomberos.
- $O_2$ Proveer protección a la propiedad
  - Definición: Proteger la propiedad en el compartimiento de origen, en el resto del edificio, afuera y en edificios adyacentes.

## Estrategias

- $S_1$ Control del crecimiento del fuego por medios activos
  - Definición: Controlar el crecimiento de fuego usando sistemas activos (sistemas de supresión y de control de humo) y el servicio de bomberos
- $S_2$ Confinar el incendio por medio de la construcción
  - Definición: Proveer estabilidad estructural, control al movimiento del fuego por el compartimiento y uso de materiales resistentes al fuego (revestimiento y fachada). Esto tiene relación con los sistemas pasivos o materiales que están constantemente en el lugar.
- $S_3$ Establecer salida segura
  - Definición: Causar el movimiento de los ocupantes y proveer medios de salida para los ocupantes. Esto se realiza diseñando sistemas de detección, sistemas de señaléticas, diseñando rutas de escape y educando o entrenado a los ocupantes. En algunos casos el diseño de las rutas de escape puede involucrar acciones de las brigadas de bomberos (escape por escaleras por ventanas)
- $S_4$ Establecer rescate seguro
  - Definición: Proteger las vidas y asegurar seguridad a las brigadas de bomberos durante el rescate. Esto se cumple proveyendo una estabilidad estructural, previniendo la rápida e inesperada propagación y el colapso de partes del edificio.

## Parámetros

- $P_1$ Revestimiento en el interior del departamento

- Definición: Posibilidad de revestimiento interno en un departamento para retardar la ignición de la estructura y reducir la propagación del fuego.

- $P_2$ Sistema de supresión
  - Definición: Equipo y sistema de supresión de incendios.
- $P_3$ Servicio de brigadas anti-incendio
  - Definición: Posibilidad de servicio de brigadas anti-incendios para salvar vidas y para prevenir mayor propagación del fuego
- $P_4$ Compartimentación
  - Definición: Extensión por el cual el espacio del edifico está dividido en compartimientos de fuego.
- $P_5$ Estructura separadora
  - Definición: Estructura resistente al fuego del montaje del edificio que separa los compartimientos de fuego.
- $P_6$ Puertas
  - Definición: Función separadora de humo y fuego de las puertas entre los compartimientos
- $P_7$ Ventanas
  - Definición: Ventanas y protección de las ventanas, esto es factores que afectan la posibilidad de propagación a través de las aberturas
- $P_8$ Fachada
  - Definición: Material de la fachada y factores que afectan la posibilidad de propagación sobre la fachada
- $P_9$ Ático
  - Definición: Prevención de la propagación del fuego hacia y dentro del ático
- $P_{10}$ Edificios adyacentes
  - Definición: Separación mínima de distancia de otros edificios
- $P_{11}$ Sistema de control de humo
  - Definición: Equipo y sistema para limitar la propagación de productos tóxicos del incendio.
- $P_{12}$ Sistema de detección
  - Definición: Equipo y sistema para detectar incendios
- $P_{13}$ Sistema de señalética
  - Definición: Equipo y sistema para transmitir la alarma de incendios.
- $P_{14}$ Rutas de escape
  - Definición: Rutas de escape adecuadas y confiables
- $P_{15}$ Estructura resistente
  - Definición: Estabilidad de la estructura del edificio cuando se expone al fuego
- $P_{16}$ Mantención e información
  - Definición: Inspección y mantenimiento de los equipos anti-incendios, rutas de escape, etc. E información para los ocupantes en supresión y evacuación.
- $P_{17}$ Sistema de Ventilación
  - Definición: Prevención de la propagación del humo por el sistema de ventilación

*Esquema de ponderación*

### $P_1$ Revestimiento en el interior del departamento

Ponderación del parámetro:

Esto se refiere al revestimiento de peor clase (pared o cielo) que puede ser encontrado en el departamento.

| *Clase de Revestimiento* | | | | | | *Ponderación* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Proposición a la Euroclases.* | *Productos Típicos* | *DK* | *FIN* | *NO* | *SWE* | |
| A1 | Piedra, Hormigón | A | 1/l | ln1 | I | 5 |
| A2 | Paneles de Yeso | A | 1/l | ln1 | I | 5 |
| B | Maderas de FR altos (impregnadas) | A | 1/l | ln1 | I | 4 |
| C | Cubiertas textiles de paneles de Yeso | | 1/ll 2- | ln2 | II | 3 |
| D | Madera (sin tratar) | B | 1/- | ln2 | III | 2 |
| E | Maderas de baja densidad, fibras | U | U | U | U | 1 |
| F | Algunos plásticos | U | U | U | U | 0 |

(Ponderación mínima = 0 y ponderación máxima = 5)

### $P_2$ Sistema de supresión

Sub-parámetros

**Sistema automático de aspersores**

Tipos de aspersores (N = sin aspersores, R = aspersores residenciales, O = aspersores ordinarios) y ubicación de aspersores (A = dentro del departamento, E = en la ruta de escape, B = tanto en el departamento como en la ruta de escape)

| *Ítem de medición* | *Regla de decisión* | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tipo de aspersor | N | R | R | R | O | O | O |
| Ubicación de aspersor | - | A | E | B | A | E | B |
| **Ponderación** | N | M | L | H | M | L | H |

(N = sin ponderación, L = baja ponderación, M = ponderación media y H = ponderación alta)

**Equipo portátil**

| | |
|---|---|
| N | No existen |
| F | Equipo de extinción en cada piso |
| A | Equipo de extinción en cada departamento |

Ponderación del parámetro:

| *Sub- parámetros* | *Regla de decisión* | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sistema automático de aspersores | N | N | N | L | L | L | M | M | M | H | H | H |
| Equipo portátil | N | F | A | N | F | A | N | F | A | N | F | A |
| Ponderación | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 |

(Ponderación mínima = 0 y ponderación máxima = 5)

### $P_3$ Servicio de brigadas anti-incendio

Sub-parámetros

**Capacidad de respuesta del servicio de bomberos ($P_{3a}$)**

| *Capacidad de respuesta de servicio de bomberos* | *Ponderación* |
|---|---|
| Sin brigadas disponibles | 0 |
| Capacidad de combatir incendios solo fuera del edificio | 1 |
| Capacidad de combatir incendios pero sin capacidad de inmersión en humo | 2 |
| Capacidad de combatir incendios e inmersión en humo | 4 |
| Combate de incendios, inmersión en humo y recate por escalera externa de manera simultánea. | 5 |

(Ponderación mínima = 0 y ponderación máxima = 5)

**Tiempo de respuesta** de los servicios de bomberos al sitio **($P_{3b}$)**

| *Tiempo de respuesta (min)* | *Ponderación* |
|---|---|
| >20 | 0 |
| 15-20 | 1 |
| 10-15 | 2 |
| 5-10 | 3 |
| 0-5 | 5 |

(Ponderación mínima = 0 y ponderación máxima = 5)

**Equipo y accesibilidad** (i.e. número de ventanas (o balcones) que son accesibles por el servicio de escalera de los carros de bomberos) **($P_{3c}$)**

| *Equipo y accesibilidad* | *Ponderación* |
|---|---|
| Menos de una ventana en cada departamento accesible por escaleras de bomberos | 0 |
| Al menos una ventana en cada departamento accesibles para escaleras de bomberos | 3 |
| Todas las ventanas accesibles por escaleras de bomberos | 5 |

(Ponderación mínima = 0 y ponderación máxima = 5)

Ponderación del parámetro:

**El cálculo para $P_3$ es:**

$$(\mathbf{0.31} \times \boldsymbol{P_{3a}} + \mathbf{0.47} \times \boldsymbol{P_{3b}} + \mathbf{0.22} \times \boldsymbol{P_{3c}})$$

### $P_4$ Compartimentación

Ponderación del parámetro:

| *Área máxima en compartimiento de fuego* | *Ponderación* |
|---|---|
| > 400 m$^2$ | 0 |
| 200-400 m$^2$ | 1 |
| 100-200 m$^2$ | 2 |
| 50-100 m$^2$ | 3 |
| < 50 m$^2$ | 5 |

(Ponderación mínima = 0 y ponderación máxima = 5)

### $P_5$ Estructura separadora

Sub-parámetros

**Integridad y aislamiento ($P_{5a}$)**

| *Integridad y aislamiento (EI)* | *Ponderación* |
|---|---|
| EI < EI15 | 0 |
| EI15 < EI < EI30 | 1 |
| EI30 <EI < EI45 | 3 |
| EI45 <EI < EI60 | 4 |
| EI60 <EI | 5 |

(Ponderación mínima = 0 y ponderación máxima = 5)

**Macilla Firestop en junturas, intersecciones y espacios ocultos ($P_{5b}$)**

| *Estructura y diseño retardante al fuego* | *Ponderación* |
|---|---|
| Estructura de marcos de madera con espacios sin retardante al fuego | 0 |
| Diseño ordinario de junturas, intersecciones y espacios ocultos, sin consideración especial por la seguridad al fuego. | 1 |
| Junturas, intersecciones y espacios ocultos has sido probados y muestran resistencia en concordancia con el EI de otras partes de la construcción | 2 |
| Junturas, intersecciones y espacios ocultos están diseñados especialmente para prevenir la propagación del fuego y considerado por ingenieros de buen desempeño | 3 |
| Construcción homogénea sin espacios | 5 |

(Ponderación mínima = 0 y ponderación máxima = 5)

**Penetración** $(\boldsymbol{P_{5c}})$

Penetración entre separaciones de compartimientos de fuego

| *Penetración* | *Ponderación* |
|---|---|
| Penetración sin sellos entre los compartimientos | 0 |
| Sistema de sellos sin certificar entre los compartimientos | 1 |
| Sistema de sellos certificado entre compartimientos | 2 |
| Instalación especial de shafts o conductos en su propio compartimiento con sistema de sellos certificado hacia otros compartimientos | 3 |
| Sin penetración entre compartimientos | 5 |

(Ponderación mínima = 0 y ponderación máxima = 5). Nota: Si $\boldsymbol{P_{5c} = 0}$, entonces $\boldsymbol{P_{5a,b,d} = 0}$

**Combustibilidad** $(\boldsymbol{P_{5c}})$

Parte combustible de la estructura separadora

| *Parte combustible* | *Ponderación* |
|---|---|
| Tanto la estructura separadora como aislante es combustible | 0 |
| Solo el aislante es combustible | 2 |
| Solo la estructura separadora es combustible | 3 |
| Tanto la estructura separadora como aislante no es combustible | 5 |

(Ponderación mínima = 0 y ponderación máxima = 5).

Ponderación del parámetro:

**El cálculo para $\boldsymbol{P_5}$ es:**

$$(\boldsymbol{0.35 \times P_{5a} + 0.28 \times P_{5b} + 0.24 \times P_{5c} + 0.13 \times P_{5d}})$$

Nota: Si $\boldsymbol{P_{5c} = 0}$, entonces $\boldsymbol{P_{5a,b,d} = 0}$

## $P_6$ Puertas

Sub-parámetros

**Puertas que llevan a una ruta de escape** $(\boldsymbol{P_{6a}})$

Integridad y aislamiento (EI) $(A = EI < EI15, B = EI15 \leq EI < EI30, C = EI30 \leq EI < EI60, D = EI \geq EI60)$ y el tipo de cierre (M= manual, S= cierre automatico)

| *Ítem de medición* | *Regla de decisión* | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Integridad y aislamiento | A | A | B | B | C | C | D | D |
| Tipo de cierre | M | S | M | S | M | S | M | S |
| **Ponderación** | 0 | 1 | 1 | 3 | 2 | 4 | 3 | 5 |

(Ponderación mínima = 0 y ponderación máxima = 5)

**Puertas en ruta de escape** $(\boldsymbol{P_{6b}})$

Integridad y aislamiento (EI) $(A = EI < EI15, B = EI15 \leq EI < EI30, C = EI30 \leq EI < EI60, D = EI \geq EI60)$ y el tipo de cierre (M= manual, S= cierre automático)

Si no hay necesidad de puertas en las rutas de escape la ponderación máxima es recibida.

| *Ítem de medición* | *Regla de decisión* | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Integridad y aislamiento | A | A | B | B | C | C | D | D | - |
| Tipo de cierre | M | S | M | S | M | S | M | S | - |
| **Ponderación** | 0 | 1 | 1 | 3 | 2 | 4 | 3 | 5 | 5 |

(Ponderación mínima = 0 y ponderación máxima = 5)

Ponderación del parámetro:

**El cálculo para $P_6$ es:**

$$(\mathbf{0.67} \times \boldsymbol{P_{6a}} + \mathbf{0.33} \times \boldsymbol{P_{6b}})$$

$P_7$ Ventanas

Sub-parámetros

**Distancia relativa vertical**

La distancia relativa vertical es definida como la altura de la ventana inferior (H) dividiendo la distancia vertical entre las ventanas (L)

- R (distancia relativa vertical), R=L/H.
- (A = R < 1, B = R > 1)

**Clases de ventanas**

(C= clase de ventana < E15, D= clase de ventana > E15, E = diseño de solución especial probado o clase de ventana > E30)

Ponderación del parámetro:

| *Sub-parámetros* | *Regla de decisión* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Distancia relativa vertical | A | A | A | B | B | B |
| Clase de ventana | C | D | E | C | D | E |
| **Ponderación** | 0 | 3 | 5 | 2 | 5 | 5 |

(Ponderación mínima = 0 y ponderación máxima = 5)

## $P_8$ Fachada

Sub-parámetros

**Parte combustible de la fachada ($P_{8a}$)**

| *Parte Combustible* | *Ponderación* |
|---|---|
| > 40 % | 0 |
| 20 - 40% | 2 |
| < 20 % | 3 |
| 0 % | 5 |

(Ponderación mínima = 0 y ponderación máxima = 5)

**Material combustible sobre ventanas ($P_{8b}$)**

| *Material combustible sobre ventanas* | *Ponderación* |
|---|---|
| SI | 0 |
| NO | 5 |

(Ponderación mínima = 0 y ponderación máxima = 5)

**Vacíos ($P_{8c}$)**

¿Existe acaso un vacío continuo entre el material de la fachada y la pared soportante?

| *Tipo de vacío* | *Ponderación* |
|---|---|
| Vacío continuo en fachada combustible | 0 |
| Vacío con solución diseñada especialmente para prevenir propagación de fuego | 3 |
| Sin vacíos | 5 |

Ponderación del parámetro:

**El cálculo para $P_8$ es:**

$$(\mathbf{0.41} \times \boldsymbol{P_{8a}} + \mathbf{0.30} \times \boldsymbol{P_{8b}} + \mathbf{0.29} \times \boldsymbol{P_{8c}})$$

## $P_9$ Ático

Sub-parámetros

**Prevención de propagación al ático** (e.g. ¿Es el diseño tal que la ventilación del ático no está proveída por los aleros? El sistema más común de propagación por el exterior de fuego hacia el ático es por los aleros. Soluciones especiales de ventilación evitan eso.)

| | |
|---|---|
| N | NO |
| Y | SI |

**Separación al fuego en el ático** (e.g. Extensión en el cual el área del ático está separada en compartimientos de fuego)

| *Área máxima de compartimiento de fuego en el ático* | *Ponderación* |
|---|---|
| Sin ático | H |
| < 100 $m^2$ | M |
| 100-300 $m^2$ | L |
| 300-600 $m^2$ | L |
| > 600 $m^2$ | N |

(N= sin ponderación, L = baja ponderación, M = ponderación media y H = ponderación alta).

Ponderación del parámetro:

| *Sub-parámetros* | *Regla de decisión* | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Prevención de propagación al ático | N | N | N | N | Y | Y | Y | Y |
| Separación al fuego en el ático | N | L | M | H | N | L | M | H |
| **Ponderación** | 0 | 1 | 2 | 5 | 2 | 3 | 4 | 5 |

(Ponderación mínima = 0 y ponderación máxima = 5)

### $P_{10}$ Edificios adyacentes

Ponderación del parámetro:

| *Distancia a edificios adyacentes, D* | *Ponderación* |
|---|---|
| $D < 6\,m$ | 0 |
| $6 \leq D < 8\,m$ | 1 |
| $8 \leq D < 12\,m$ | 2 |
| $12 \leq D < 20\,m$ | 3 |
| $D \geq 20\,m$ | 5 |

(Ponderación mínima = 0 y ponderación máxima = 5)

### $P_{11}$ Sistema de control de humo

Sub-parámetros

**Activación del sistema de control de humo**

| | |
|---|---|
| N | No existe sistema de control de humo |
| M | Activación manual |
| A | Activación automática |

**Tipo de sistema de control de humo**

| | |
|---|---|
| N | Ventilación natural por aberturas en cercanas al cielo |
| M | Ventilación mecánica |
| PN | Presurización y ventilación natural para humo saliente |
| PM | Presurización y ventilación mecánica para humo saliente |

Ponderación del parámetro:

| *Sub-parámetros* | *Regla de decisión* | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Activación de sistema de control de humo | N | M | M | M | M | A | A | A | A |
| Aberturas de ventilación de humo | - | N | M | PN | PM | N | M | PN | PM |
| **Ponderación** | 0 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 |

(Ponderación mínima = 0 y ponderación máxima = 5)

### $P_{12}$ Sistema de detección

Sub-parámetros

**Cantidad de detectores**

Detectores en departamento (N = ninguno, A = al menos uno en cada departamento, R = más de uno en cada departamento) y detectores en la ruta de escape (N = no, Y = sí)

| *Ítem de medición* | *Regla de decisión* | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Detectores en departamento | N | R | R | R | O | O | O |
| Detectores en ruta de escape | - | A | E | B | A | E | B |
| **Ponderación** | N | M | L | H | M | L | H |

(N= sin ponderación, L =baja ponderación, M= ponderación media, H= ponderación alta)

**Confiabilidad de los detectores**

Tipo de detector (H= detector de calor, S= detector de humo) y fuente de energía del detector (B= batería, P= matriz eléctrica, BP= matriz eléctrica con batería de respaldo)

| *Ítem de medición* | *Regla de decisión* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tipo de detector | H | H | H | S | S | S |
| Fuente de energía | B | P | BP | B | P | BP |
| Ponderación | L | M | M | M | H | H |

(N= sin ponderación, L =baja ponderación, M= ponderación media, H= ponderación alta)

Ponderación del parámetro:

| *Sub-parámetros* | *Regla de decisión* | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cantidad de detectores | N | L | L | L | M | M | M | H | H | H |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Confiabilidad de detectores | - | L | M | H | L | M | H | L | M | H |
| **Ponderación** | 0 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 |

(Ponderación mínima = 0 y ponderación máxima = 5)

### $P_{13}$ Sistema de aviso

Sub-parámetros

**Tipo de señal**

Señal luminosa (N= No, Y= Si) y señal de sonido (N= no, A= alarma, S= mensaje hablado)

| *Ítem de medición* | *Regla de decisión* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Señal luminosa | N | Y | N | N | Y | Y |
| Señal de sonido | N | N | A | S | A | S |
| **Ponderación** | N | L | M | H | M | H |

(N= sin ponderación, L =baja ponderación, M= ponderación media, H= ponderación alta)

**Ubicación del aviso**

¿Recibes solo el aviso dentro del compartimiento de fuego o es también posible advertir a otros ocupantes?

| | |
|---|---|
| A | La señal es enviada solo al compartimiento |
| B | Es posible de enviar manualmente una señal al edificio completo o al menos a una sección grande del edificio. |

Ponderación del parámetro:

| *Sub-parámetros* | *Regla de decisión* | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tipo de aviso | N | L | L | M | M | H | H |
| Ubicación del aviso | - | A | B | A | B | A | B |
| **Ponderación** | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 |

(Ponderación mínima = 0 y ponderación máxima = 5)

### $P_{14}$ Rutas de escape

Sub-parámetros

**Tipo de ruta de escape ($P_{14a}$)**

Escaleras (A= una escalera puede ser utilizada como ruta de escape, B= ruta de escape que lleva a 2 escalera independientes, C= escape directo a dos escaleras independientes) y Ventanas/Balcones (D= ventanas y balcones no pueden ser usados de ruta de escape, E= una ventana puede ser usada como ruta de escape, F, al menos dos ventanas independientes pueden ser usadas como rutas de escape, G= el balcón puede ser usado como ruta de escape, H= al menos una ventana y el balcón pueden ser usados como ruta de escape)

| *Sub-parámetros* | *Regla de decisión* | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Escaleras | A | A | A | A | B | B | B | B | C | C | C | C | C |
| Ventanas/Balcones | E | F | G | H | E | F | G | H | D | E | F | G | H |
| **Ponderación** | 0 | 1 | 1 | 3 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 |

(Ponderación mínima = 0 y ponderación máxima = 5)

**Dimensiones y diseño ($P_{14b}$)**

Distancia máxima de desplazamiento hasta la ruta de escape (A< 10m, B= 10-20m, C> 20m), número de pisos ($D \leq 4, E = 5 - 8$) y máximo número de departamentos por piso conectados a una ruta de escape ($F \leq 4, G \geq 5$)

| *Sub-parámetros* | *Regla de decisión* | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Distancia de desplazamiento | C | C | C | C | B | B | B | B | A | A | A | A |
| Número de pisos | E | E | D | D | E | E | D | D | E | E | D | D |
| Número de departamentos | G | F | G | F | G | F | G | F | G | F | G | F |
| **Ponderación** | 0 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 |

(Ponderación mínima = 0 y ponderación máxima = 5)

**Equipamiento ($P_{14c}$)**

Señales de guía (A= ninguna, B= normal, C= luz iluminadora), Iluminación general (D= prendido manual, E= siempre encendida) y Luces de emergencia (F= no provista, G= provista)

| *Sub-parámetros* | *Regla de decisión* | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Señales de guía | A | A | A | A | B | B | B | B | C | C | C | C |
| Iluminación general | D | D | E | E | D | D | E | E | D | D | E | E |
| Luces de emergencia | F | G | F | G | F | G | F | G | F | G | F | G |
| **Ponderación** | 0 | 3 | 3 | 4 | 2 | 4 | 3 | 4 | 2 | 4 | 3 | 5 |

(Ponderación mínima = 0 y ponderación máxima = 5)

**Revestimiento interior y suelos ($P_{14d}$)**

Esto se refiere a la peor clase de revestimiento y suelo que puede encontrarse en la ruta de escape (excluyendo las pequeñas cantidades permitidas por norma). Para Euroclases A1, A2 y B, el suelo debe ser por lo menos clase D, si no los revestimientos y suelos están acordes a la Euroclase C.

| *Clase de Revestimiento* | | | | | | *Ponderación* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Proposición a la Euroclases.* | *Productos Típicos* | *DK* | *FIN* | *NO* | *SWE* | |
| A1 | Piedra, Hormigón | A | 1/l | ln1 | I | 5 |
| A2 | Paneles de Yeso | A | 1/l | ln1 | I | 5 |
| B | Maderas de FR altos (impregnadas) | A | 1/l | ln1 | I | 4 |
| C | Cubiertas textiles de paneles de Yeso | | 1/ll 2- | ln2 | II | 3 |
| D | Madera (sin tratar) | B | 1/- | ln2 | III | 2 |
| E | Maderas de baja densidad, fibras | U | U | U | U | 1 |
| F | Algunos plásticos | U | U | U | U | 0 |

(Ponderación mínima = 0 y ponderación máxima = 5)

Ponderación del parámetro:

**El cálculo para $P_{14}$ es:**

$$(\mathbf{0.34} \times \boldsymbol{P_{14a}} + \mathbf{0.27} \times \boldsymbol{P_{14b}} + \mathbf{0.16} \times \boldsymbol{P_{14c}} + \mathbf{0.23} \times \boldsymbol{P_{14d}})$$

$P_{15}$ Estructura resistente

Sub-parámetros

**Capacidad de carga** $(\boldsymbol{P_{15a}})$

| Capacidad de carga | Ponderación |
|---|---|
| $LBC < R30$ | 0 |
| $R30 \leq LBC < R60$ | 2 |
| $R60 \leq LBC < R90$ | 4 |
| $R90 \leq LBC$ | 5 |

(Ponderación mínima = 0 y ponderación máxima = 5)

**Combustibilidad** $(\boldsymbol{P_{15b}})$

Parte combustible de la estructura resistente.

| Parte combustible | Ponderación |
|---|---|
| Tanto la estructura resistente y aislante son combustibles | 0 |
| Solo el aislante es combustible | 2 |
| Solo la estructura resistente es combustible | 3 |
| Tanto la estructura resistente como el aislante son no-combustibles | 5 |

(Ponderación mínima = 0 y ponderación máxima = 5)

Ponderación del parámetro:

**El cálculo para $\boldsymbol{P_{15}}$ es:**

$$(\mathbf{0.34} \times \boldsymbol{P_{15a}} + \mathbf{0.27} \times \boldsymbol{P_{15b}})$$

$P_{16}$ Mantención e información

Sub-parámetros

**Mantención de sistemas de seguridad contra fuego** i.e. detección, alarma, supresión y sistema de control de humo. $(\boldsymbol{P_{16a}})$

| Mantención de sistemas de seguridad contra fuego | Ponderación |
|---|---|
| Llevadas a cabo con frecuencia mayor a tres años | 0 |
| Llevadas a cabo por lo menos una vez al año | 2 |
| Llevadas a cabo por lo menos cada 3 meses | 4 |
| Llevadas a cabo al menos una vez al mes | 5 |

(Ponderación mínima = 0 y ponderación máxima = 5)

**Inspección de rutas de escape** $(\boldsymbol{P_{16b}})$

| Inspección de rutas de escape | Ponderación |
|---|---|
| Llevadas a cabo con frecuencia mayor a tres años | 0 |
| Llevadas a cabo por lo menos una vez a l año | 1 |
| Llevadas a cabo por lo menos cada 3 meses | 3 |
| Llevadas a cabo al menos una vez al mes | 5 |

(Ponderación mínima = 0 y ponderación máxima = 5)

**Información** a los ocupantes en supresión de incendios y evacuación $(\boldsymbol{P_{16c}})$

Información escrita (A= ninguna, B= información escrita sobre la evacuación y supresión disponible en una parte importante del edificio, C= información escrita disponible en una parte importante del edificio y distribuida a cada nuevo habitante) y Simulacros (D= sin simulacros, E= simulacros de supresión llevados a cabo regularmente, F= simulacros de evacuación llevados a cabo regularmente, G= simulacros de supresión y evacuación llevados a cabo regularmente)

| **Sub-parámetros** | **Regla de decisión** | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Información escrita | A | A | A | A | B | B | B | B | C | C | C | C |
| Simulacro | D | E | F | G | D | E | F | G | D | E | F | G |
| **Ponderación** | 0 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | 3 | 4 | 2 | 4 | 4 | 5 |

(Ponderación mínima = 0 y ponderación máxima = 5)

Ponderación del parámetro:

**El cálculo para $\boldsymbol{P_{16}}$ es:**

$$(\mathbf{0.40} \times \boldsymbol{P_{16a}} + \mathbf{0.27} \times \boldsymbol{P_{16b}} + \mathbf{0.33} \times \boldsymbol{P_{16c}})$$

$P_{17}$ Sistema de Ventilación

Ponderación del parámetro:

| **Tipos de sistemas de ventilación** | **Ponderación** |
|---|---|
| Sin sistema de ventilación específico para prevenir la propagación del humo | 0 |
| Sistema de ventilación central, diseñada para evacuar el humo más fácilmente a ductos externos de aire en lugar de ductos que llevan a otros compartimientos. La proporción entre la caída de presión ene estos ductos es del orden 5:1 | 2 |
| Sistema de ventilación especialmente diseñado para estar en operación bajo condiciones de incendio con capacidad suficiente para dificultar la propagación de humo a otros compartimientos. | 3 |
| Sistema de ventilación con regulador de no retorno, o un regulador de gases de incendio controlado por un detector de humo, en ductos en servicio para cada compartimiento | 4 |
| Sistema de ventilación individual para cada compartimiento | 5 |

(Ponderación mínima = 0 y ponderación máxima = 5)

## Anexo 3: Bomberos

En el sistema chileno de combate de incendios urbanos son los bomberos quienes principalmente se encargan de extinguirlos, siendo su funcionamiento y coordinación fundamental. Es por esto que se considera importante contar con una explicación detallada de su funcionamiento y modo de operar.

### Reseña histórica:

La ciudad de Valparaíso tiene un historial de incendios importante, teniendo desde sus inicios la necesidad de combatirlos. Al comienzo, se crearon los batallones cívicos, un cuerpo de orden civil con funciones agregadas de extinción de incendios. Dado la inefectividad de estos, y posterior a un gran incendio que azotó la ciudad, el 30 de junio de 1851 se crea la 1° Compañía de Bomberos de Valparaíso, siendo también la primera del país. Desde sus inicios los bomberos tuvieron un carácter voluntario, convirtiéndose en una labor de la aristocracia de la ciudad, es así como las distintas colonias crearon sus propias compañías y consideraban un honor pertenecer a ellas. En 1901 se creó la última de estas compañías aristocráticas, la 11°, para en el año 1969 la clase media toma el relevo y surgen nuevas compañías (Tapia V., 2008). Actualmente la comuna cuenta con 16 compañías, delas cuales 13 están en la ciudad (la 13° está en Placilla, la 15° en Rodelillo y la 16° en Laguna Verde) (Cuerpo de bomberos Valparaíso, 2018).

### Organización institucional y local.

La organización nacional de los bomberos está condicionada por la ley 20.564, en donde se establece la Junta nacional de bomberos, los cuerpos de bomberos y las compañías. La junta nacional es el estamento coordinador que vela por las relaciones entre los diversos cuerpos, celebra convenios y mantiene la academia nacional de bomberos. Los cuerpos de bomberos es la corporación privada, con personalidad jurídica y estatutos propios agrupa y organiza las distintas compañías del territorio que cubren, solo puede existir uno por comuna con la posibilidad de ser multi-comunal. Los cuerpos cuentan con un mando activo a cargo del Comandante y un mando administrativo a cargo del Superintendente.

Por último, las compañías de bomberos, las directamente encargadas de combatir los incendios, son autónomas y con personalidad jurídica propias, como ya se dijo se agrupan en los cuerpos de bomberos correspondientes y pueden establecer relaciones con otras compañías del país que compartan características comunes. En las compañías el Capitán es el mando activo a cargo y el Directo el mando administrativo (Tapia V., 2008).

Las compañías tienen especialización y sub-especialización, la especialización ha sido históricamente agua o escala, agua son aquellas compañías que se encargan de apagar un incendio, en cambio, escala es las especialistas en el rescate de las personas durante un incendio. Las sub-especializaciones son actualmente forestal, rescate o hazmat, están son ajenas a el hecho que la función principal del bombero es combatir el fuego y surgen cuando se les agrego responsabilidades en otro tipo de emergencias (Tapia V., 2008).

En cuanto a las personas que componen una compañía se distinguen 3 tipos; los voluntarios activos, los voluntarios honorarios y el personal remunerado. El primero de estos, es el bombero que asiste directamente a las emergencias y dependen del Capitán, ellos cuentan con menos de 10 años de servicio en general. Los honorarios son aquellos que ya se retiraron del servicio activo y cuentan con larga trayectoria en la Compañía, son honorarios los mandos administrativos y el capitán. Por último, están el personal remunerado, usualmente solo es el cuartelero, que está a cargo del aseo,

mantenimiento del cuartel y maneja el carro principal, él vive en el cuartel con su familia. En algunas compañías tienen además un maquinista remunerado (Tapia V., 2008).

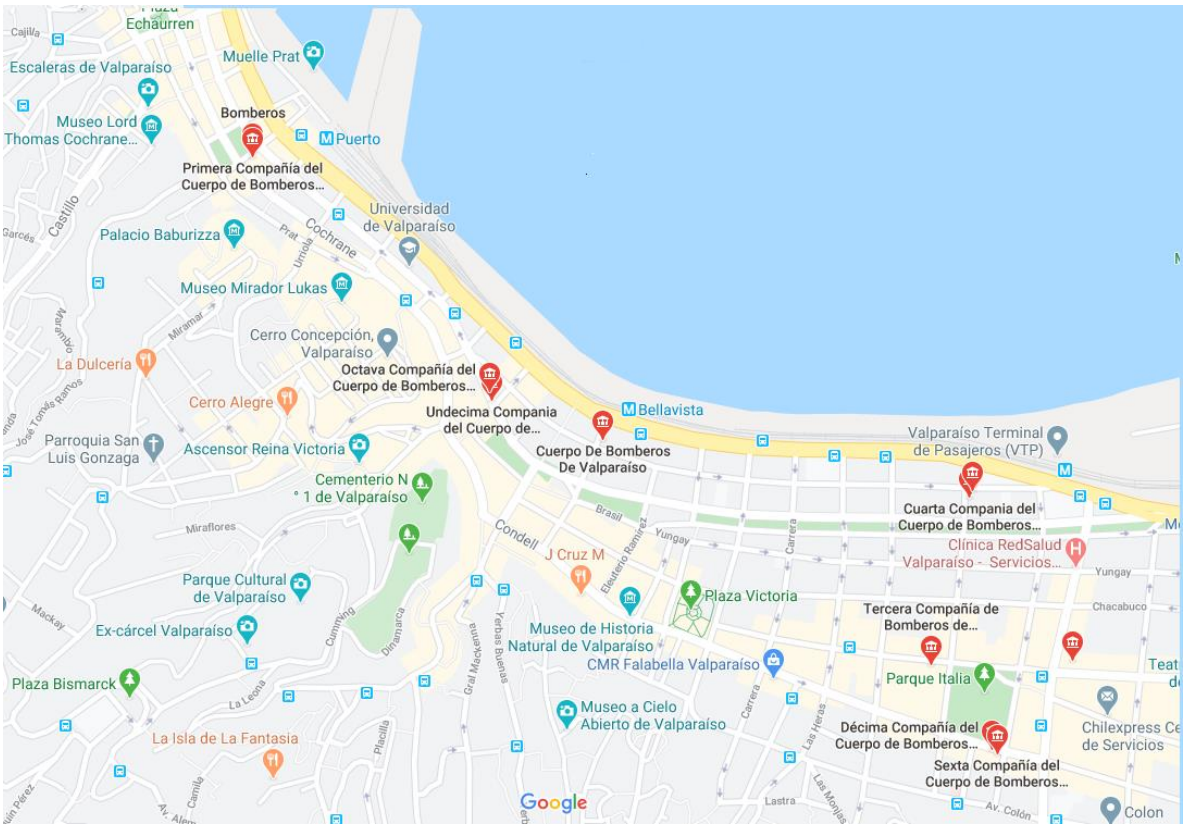
| | *N°* | *Nombres* | *Año* | *Loc.* | *Especialidad* | *Sub esp.* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1° Compañía | Bomba Americana | 1851 | Plan | Agua | Forestal |
| | 2° Compañía | Bomba Germania | 1851 | Plan | Escala | Rescate |
| | 3° Compañía | Bomba Cousiño y Agustín Edwards | 1854 | Plan | Agua | Hazmat |
| | 4° Compañía | Bomba Manuel Blanco Encalada | 1865 | Plan | Agua | Forestal |
| | 5° Compañía | Pompe France | 1865 | Plan | Agua | Hazmat |
| | 6° Compañía | Cristoforo Colombo | 1858 | Plan | Agua | Forestal |
| | 7° Compañía | Bomba España | 1893 | Plan | Agua | Hazmat |
| | 8° Compañía | Zapadores Franco-chilenos | 1856 | Plan | Escala | Rescate |
| | 9° Compañía | Zapadores Freire | 1858 | Plan | Escala | Rescate |
| | 10° Compañía | Eduardo Farley, Bomba Chileno-árabe | 1851 | Plan | Escala | Rescate |
| | 11° Compañía | George Garland | 1901 | Plan | Agua | Hazmat |
| | 12° Compañía | Luís Bravo Osses "Bomba Suiza" | 1969 | P. Ancha | Agua | Forestal |
| | 13° Compañía | De Bomberos | 1973 | Placilla | Agua y Escala | Forestal |
| | 14° Compañía | Bomba "Reino de Bélgica" | 1973 | C. Placeres | Agua | Forestal |
| | 15° Compañía | Bomba Israel | 1973 | Rodelillo | Agua | Forestal |
| | 16° Compañía | Laguna Verde | 2000 | Lag. Verde | Agua | Forestal |

*Compañías de Bomberos (Tapia V., 2008)*

### Voluntariado:

Como ya se mencionó, los bomberos realizan un quehacer voluntario, calidad que les interesa mantener, ya que argumentan que se perdería su entrega al servicio si dejara de serlo.

Aun con este carácter voluntario, las compañías de Bomberos se distinguen por una férrea disciplina y jerarquización interna. Son una organización de tradiciones con dos principios básicos, democracia y jerarquía, de esta manera son capaces de realizar su labor de manera profesional, siguiendo los protocolos establecidos.


Echaurren
Escaleras de Valparaíso
Muelle Prat
Museo Lord Thomas Cochrane...
Bomberos
Puerto
Primera Compañía del Cuerpo de Bomberos...
Universidad de Valparaíso
Palacio Baburizza
Museo Mirador Lukas
Cerro Concepción, Valparaíso
La Dulcería
Octava Compañía del Cuerpo de Bomberos...
Cerro Alegre
Undecima Compania del Cuerpo de...
Bellavista
Cuerpo De Bomberos De Valparaíso
Parroquia San Luis Gonzaga
Ascensor Reina Victoria
Valparaíso Terminal de Pasajeros (VTP)
Cementerio N° 1 de Valparaíso
Cuarta Compania del Cuerpo de Bomberos...
Clínica RedSalud Valparaíso - Servicios...
J Cruz M
Parque Cultural de Valparaíso
Plaza Victoria
Tercera Compañía de Bomberos de...
Ex-cárcel Valparaíso
Museo de Historia Natural de Valparaíso
CMR Falabella Valparaíso
Parque Italia
Plaza Bismarck
Museo a Cielo Abierto de Valparaíso
Décima Compañía del Cuerpo de Bomberos...
Chilexpress Ce de Servicios
La Isla de La Fantasia
Sexta Compañía del Cuerpo de Bomberos...
Colon
Google

# Anexo 4: Datos de entrada de incendios evaluados con FRAME modificado.

## Incendio 24 de abril 2017, Av. Francia con Pedro Montt:

Este incendio tiene dos inmuebles involucrados, cada uno será considerado un compartimiento separado para su evaluación en la herramienta, y por cada uno se presentará la tabla de los datos ingresados y el razonamiento detrás de cada entrada.

### Datos ingreso Inmueble 1 (Esquina Francia con P. Montt):

| *Elemento* | *Factor* | *Variable* | *Dato* | *Observaciones* | *Razonamiento* |
|---|---|---|---|---|---|
| *P* | *q* | *Qi* | C1. | Opción 1 (tablas original de FRAME para cargas calóricas) | Se desconoce carga real. Se usan las tabuladas para residencia en opción 1 |
| | | *Qm* | F. | | |
| | *i* | *T %* | 22% | Textiles, madera, papel, alimentos (200°C ) | Dado el primer piso del inmueble es un restaurant se considera un tercio de sus elementos mescla entre madera y maquinas |
| | | | 67% | El contenido promedio de edificios residenciales ( 250°C ) | |
| | | | 11% | Para máquinas, aparatos electrodomésticos, etc. ( 300°C ) | |
| | | *m* | 0,3 | Dato personalizado de m | Valor por defecto |
| | | *M %* | 100% | e. (1) Menor a F-120 (2) Menor a F-60 (3) Menor a F-60 (4) Menor a F-60 (5) Menor a F-30 (6) -- (7) -- (8) Menor a F-30 (9) Menor a F-15 | No se conoce entonces se considera lo menor posible dado materialidad |
| | | *J* | 3 | (1) aisladas (2) pareadas (3) continua | Dato en ficha del incendio |
| | *g* | *Largo* | 20 | m | Ficha: Origen google earth |
| | | *Area tot* | 180 | m² | |
| | | *Acceso* | Largo | | |
| | *v* | *h* | 9 | Altura techo (m) | Se considera altura por piso de 3 metros |
| | | *Paso 1* | 46 | Area ventanas, vidrios, traslucidos y otros (m²) | Obtenido de análisis de AutoCAD en porcentaje de área de fachada, sin otro tipo de ventilación. |
| | | *Paso 2* | 0 | Superficie aerodinámica de los sistemas de extracción natural de humos (m²) | |
| | | *Paso 3* | 0 | Capacidad de sistemas de extracción mecánica de humos (Nm³/h) | |
| | *e* | *E* | 3 | | Dato en ficha del incendio |
| | *z* | *Z* | 2 | | Observación de imágenes del inmueble y el área circundante |
| | | *H* | 0 | m | |
| | | *Lc* | 0 | m | |
| | | *Casos entrada* | b. | | |
| | | *Pendiente* | 0 | % | |
| *A* | *a* | *a1* | A1. | Actividades principales | Dato en ficha del incendio |
| | | *a2.1* | No | Actividades secundarias soldadura | |
| | | *a2.2* | No | Actividades secundarias madera/plásticos | |
| | | *a2.3* | H2. | Uso de productos inflamables | |
| | | *a2.4* | No | Otros | |
| | | *a3.1* | E2. | Sistemas de calefacción (procesos y lugares) | Se asume calefacción personal de cada residencia, eléctrica a gas u otros |
| | | *a3.2* | F2. | | |
| | | *a3.3* | G1. | | |
| | | *a4* | I2. | Instalaciones eléctricas | Se considera que en el momento de instalación estaban de |

| *Elemento* | *Factor* | *Variable* | *Dato* | *Observaciones* | *Razonamiento* |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | acuerdo a norma pero no ha sido inspeccionada después |
| | | *a5.1* | Z. | Riesgos de explosión | |
| | | *a5.2* | K0. | Riesgo de polvo | |
| | *t* | *X* | 03. | Número de personas | Dado por ocupación y formulario |
| | | *O* | 2 | Cantidad de salidas al aire libre | Visible en imágenes |
| | | *x'* | 60,00 | Ancho 1 salidas (cm) | Puerta a residencies es normal (60 cm) |
| | | *x'* | 120,0 | Ancho 2 salidas (cm) | Puerta de restaurant doble |
| | | $x_c$ | 1 | Cantidad de salidas ancho 1 | |
| | | $x_c$ | 1 | Cantidad de salidas ancho 2 | |
| | | | 2 | Número de rutas | Restaurant y residencia |
| | | *p* | 67% | A. Personas móviles e independientes (p.e. Adultos, obreros) | Se sabe que existen niños, se considera su cantidad 1/3 de la de los adultos. No se estima que existan personas con capacidades limitadas ni peligro de pánico, tampoco un plan de evacuación conocido |
| | | | 33% | B. Personas móviles pero dependientes (p.e. Alumnos, visitantes) | |
| | | | No | Personas con capacidad de percepción limitada | |
| | | | No | Hay un plan de evacuación claro | |
| | | | No | Peligro de pánico | |
| | *c* | *c1* | a. | Importancia funcional | |
| | | *c2* | 0,602 | Valor Contenido (incluye valor de compartimiento) en millones de dólares | En base a valor uf/m$^2$ |
| | | *c3* | 4 | Clasificación patrimonial | Dato en ficha del incendio |
| | *d* | | d. | Tipo de actividad | Dato en ficha del incendio |
| *D* | *W* | *w1* | 3 | Tipo de reserva de agua | Sistema de agua potable |
| | | *w2* | 200 | Reserva de agua (m³) | Se toma 200 m$^3$ como mínimo por los estanques de reserva del sistema de agua potable. |
| | | *w3* | 100 | Red de distribución (mm) | Mínimo de norma |
| | | | Si | Redes cerradas? | |
| | | *w4* | 3 | Distancia mínima a grifo | Se observa los alrededores con google earth, existe uno en esquina Victoria con Francia. |
| | | | 2 | Aislada, Continuas, más de 50 unidades | Dato en ficha del incendio |
| | | *w5* | 55,32 | Presión estática disponible en la red (mca) | Dato en ficha del incendio |
| | *N* | *n1* | Si | Descubrimiento | Dado que es residencia y restaurant se considera ocupación continua, sin mayor medida de protección |
| | | | No | Señalización | |
| | | | No | Aviso del incendio a los bomberos | |
| | | | No | Alarma interior | |
| | | *n2* | 2 | Extintores | Se considera que el restaurant tiene extintores adecuados pero no la parte residencial |
| | | | 1 | Bocas y mangueras adecuadas | |
| | | *n3* | 1 | Tiempo de llegada de los bomberos | Muy cerca de compañías de bomberos, tiempo mínimo |
| | | | No | Cerro | Dato en ficha del incendio |
| | | *n4* | 3 | Formación propia | |
| | | *n5* | 1 | Mantención de sistemas | Se considera mantenciones irregulares |
| | *S* | *s1* | No | Transmisión garantizada de la señal de detección a los | Se considera que no hay |

| *Elemento* | *Factor* | *Variable* | *Dato* | *Observaciones* | *Razonamiento* |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | bomberos, directamente o por medio de una sala de control. | medidas de seguridad extraordinarias, por lo tanto en general son todos las respuestas negativas o el valor por defecto |
| | | | 0 | Detección automática | |
| | | | No | con supervisión de los circuitos electrónicos | |
| | | | No | con identificación del detector o de una zona pequeña (cuarto) | |
| | | *s2* | No | Reserva de agua inagotable ( 4 veces el mínimo) | |
| | | | No | Reserva de agua destinada a la extinción de incendios | |
| | | | No | Reserva de agua independiente ( = en propiedad) | |
| | | | 1 | Presión/ flujo | |
| | | *s3* | 0 | Protección por rociadores | |
| | | | No | Otra protección automática | |
| | | *s4* | 1 | Parque de bomberos respondiendo | Se sabe que varias compañías están en las cercanías, sin bomberos particular |
| | | | 0 | Bomberos de empresa | |
| | *F* | *fs* | 60 | Estructura /compartimentación (min.) | Se considera lo mínimo en base a informes de resistencia de la madera |
| | | *ff* | 30 | muros exteriores (min.) | |
| | | *fd* | 15 | techo (min.) | |
| | *U* | *u1* | No | Detección parcial en zona de alto riesgo para las personas | Se considera que no existen medidas especiales ni planes de evacuación conocidos para el inmueble, las rutas de evacuación serán las rutas habituales de movimiento |
| | | | No | Información simultánea de máx. 300 personas | |
| | | | No | Sistema de alarma por voz (Sistemas electroacústicos de emergencia.) | |
| | | *u2* | 0 | Subcompartimentación | |
| | | | 1 | Inspección de rutas | |
| | | | 1 | Rutas de salida verticales | |
| | | | 0 | Salidas horizontales | |
| | | | No | Señalización y alumbrado | |
| | | *u3* | No | Sistema para el control de humo accionado por la detección automática | |
| | | *u4* | 0 | Aspersores | |
| | *Y* | *y1* | No | Detección parcial en zona de alto riesgo para la actividades | Dado la actividad del inmueble y la falta de medidas extraordinarias se considera que este ítem es negativo en su totalidad |
| | | | No | Rociadores locales para equipo critico | |
| | | | No | Otra sistema automático para equipo critico ( espuma, polvo, CO2, gas inerte) | |
| | | *y2* | No | Datos financieros y económicos protegidos | |
| | | | No | Repuestos protegidos | |
| | | | No | Reparaciones inmediatas posibles con medios propios | |
| | | | No | Traslado inmediato de la actividad posible | |
| | | | No | Acuerdos de cooperación con otras empresas | |
| | | | No | Distribución de la actividad en varios centros de producción | |

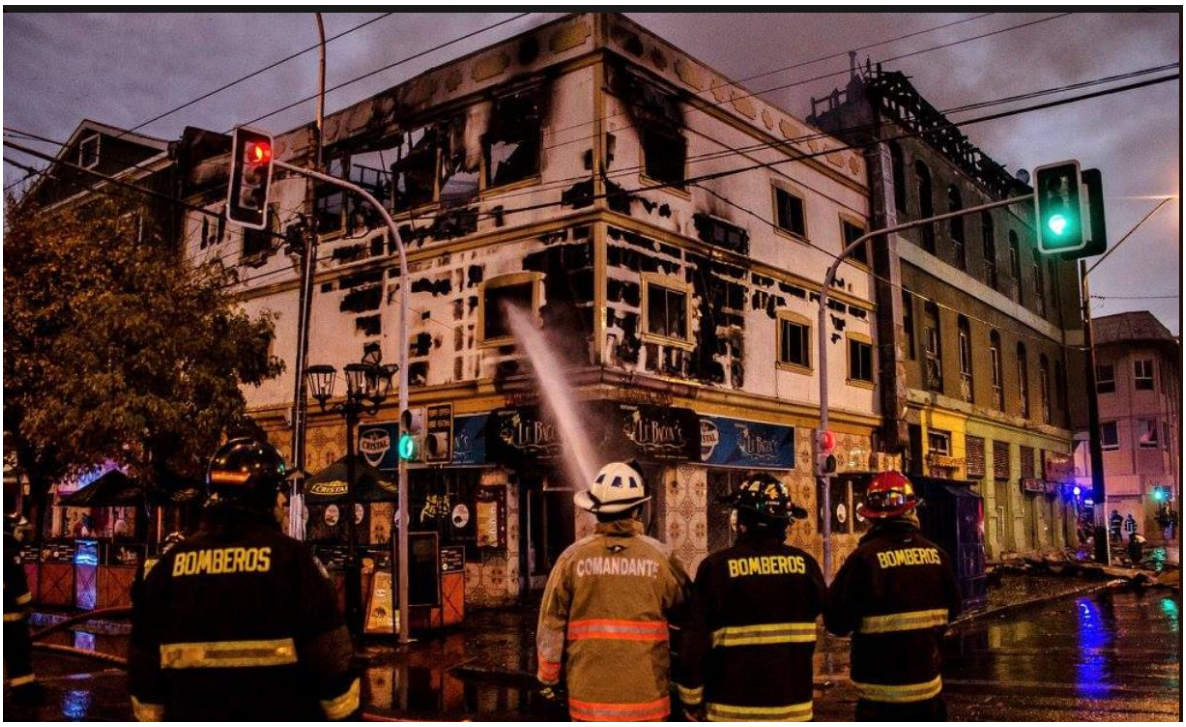
## Datos ingreso Inmueble 2 (Esquina Francia con Victoria):

| *Elemento* | *Factor* | *Variable* | *Dato* | *Observaciones* | *Razonamiento* |
|---|---|---|---|---|---|
| *P* | *q* | *Qi* | C1. | Opción 1 (tablas original de FRAME para cargas calóricas) | Se desconoce carga real. Se usan las tabuladas para residencia en opción 1 |
| | | *Qm* | C. | | |

| *Elemento* | *Factor* | *Variable* | *Dato* | *Observaciones* | *Razonamiento* |
|---|---|---|---|---|---|
| | *i* | *T %* | 100% | El contenido promedio de edificios residenciales ( 250°C ) | Aun cuando hay una panadería en el primer piso se considera contenido residencial |
| | | *m* | 0,3 | Dato personalizado de m | Valor por defecto |
| | | *M %* | 100% | d. (1) F-120 (2) F-60 (3) F-60 (4) F-60 (5) F-30 (6) -- (7) -- (8) F-30 (9) F-15 | Se sabe que había un cortafuego. |
| | | *J* | 3 | (1) aisladas (2) pareadas (3) continua | Dato en ficha del incendio |
| | *g* | *Largo* | 19 | m | Dato en ficha del incendio, Google earth |
| | | *Area tot* | 210 | m² | |
| | | *Acceso* | Largo | | |
| | *v* | *h* | 11 | Altura techo (m) | Se considera altura por piso de 3.5 metros |
| | | *Paso 1* | 79 | Area ventanas, vidrios, traslucidos y otros (m²) | Obtenido de análisis de AutoCAD en porcentaje de área de fachada, sin otro tipo de ventilación |
| | | *Paso 2* | 0 | Superficie aerodinámica de los sistemas de extracción natural de humos (m²) | |
| | | *Paso 3* | 0 | Capacidad de sistemas de extracción mecánica de humos (Nm³/h) | |
| | *e* | *E* | 3 | | Dato en ficha del incendio |
| | *z* | *Z* | 2 | | Observación de imágenes del inmueble y el área circundante |
| | | *H* | 0 | m | |
| | | *Lc* | 0 | m | |
| | | *Casos entrada* | b. | | |
| | | *Pendiente* | 0 | % | |
| *A* | *a* | *a1* | A1. | Actividades principales | Dato en ficha del incendio |
| | | *a2.1* | No | Actividades secundarias soldadura | |
| | | *a2.2* | No | Actividades secundarias madera/plásticos | |
| | | *a2.3* | H0. | Uso de productos inflamables | |
| | | *a2.4* | No | Otros | |
| | | *a3.1* | E2. | Sistemas de calefacción (procesos y lugares) | Se asume calefacción personal de cada residencia, eléctrica a gas u otros |
| | | *a3.2* | F2. | | |
| | | *a3.3* | G2. | | |
| | | *a4* | I2. | Instalaciones eléctricas | Se considera que en el momento de instalación estaban de acuerdo a norma pero no ha sido inspeccionada después |
| | | *a5.1* | Z. | Riesgos de explosión | Por la panadería se considera riesgo de explosión de polvo |
| | | *a5.2* | K1. | Riesgo de polvo | |
| | *t* | *X* | 03. | Número de personas | Dado por ocupación y formulario |
| | | *O* | 4 | Cantidad de salidas al aire libre | Visible en imágenes |
| | | *x'* | 80,00 | Ancho 1 salidas | Puerta a residencies es normal (80 cm) |
| | | *x'* | 120,00 | Ancho 2 salidas | Puertas comercios (120 cm) |
| | | $x_c$ | 1 | Cantidad de salidas ancho 1 | |
| | | $x_c$ | 3 | Cantidad de salidas ancho 2 | |
| | | | 2 | Número de rutas | Comercios y residencia |
| | | *p* | 67% | A. Personas móviles e independientes (p.e. Adultos, obreros) | Se sabe que existen niños, se considera su cantidad 1/3 de la de los adultos. No |

| *Elemento* | *Factor* | *Variable* | *Dato* | *Observaciones* | *Razonamiento* |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 33% | B. Personas móviles pero dependientes (p.e. Alumnos, visitantes) | se estima que existan personas con capacidades limitadas ni peligro de pánico, tampoco un plan de evacuación conocido |
| | | | No | Personas con capacidad de percepción limitada | |
| | | | No | Hay un plan de evacuación claro | |
| | | | No | Peligro de pánico | |
| | *c* | *c1* | a. | Importancia funcional | |
| | | *c2* | 0,7025 | Valor Contenido (incluye valor de compartimiento) en millones de dólares | En base a valor uf/m$^2$ |
| | | *c3* | 4 | Clasificación patrimonial | Dato en ficha del incendio |
| | *d* | | d. | Tipo de actividad | Dato en ficha del incendio |
| *D* | *W* | *w1* | 2 | Tipo de reserva de agua | Sistema de agua potable |
| | | *w2* | 200 | Reserva de agua (m³) | Se toma 200 m$^3$ como mínimo por los estanques de reserva del sistema de agua potable. |
| | | *w3* | 100 | Red de distribución (mm) | Mínimo de norma |
| | | | Si | Redes cerradas? | |
| | | *w4* | 3 | Distancia mínima a grifo | Se observa los alrededores con google earth |
| | | | 2 | Aislada, Continuas, más de 50 unidades | Dato en ficha del incendio |
| | | *w5* | 55,32 | Presión estática disponible en la red (mca) | Dato en ficha del incendio |
| | *N* | *n1* | Si | Descubrimiento | Dado que es residencia y comercios se considera ocupación continua, sin mayor medida de protección |
| | | | No | Señalización | |
| | | | Si | Aviso del incendio a los bomberos | |
| | | | No | Alarma interior | |
| | | *n2* | 0 | Extintores | Se considera que no tiene extintores adecuados |
| | | | 1 | Bocas y mangueras adecuadas | |
| | | *n3* | 1 | Tiempo de llegada de los bomberos | Muy cerca de compañías de bomberos, tiempo mínimo |
| | | | No | Cerro | Dato en ficha del incendio |
| | | *n4* | 3 | Formación propia | |
| | | *n5* | 1 | Mantención de sistemas | Se considera mantenciones irregulares |
| | *S* | *s1* | No | Transmisión garantizada de la señal de detección a los bomberos, directamente o por medio de una sala de control. | Se considera que no hay medidas de seguridad extraordinarias, por lo tanto en general son todos las respuestas negativas o el valor por defecto |
| | | | 0 | Detección automática | |
| | | | No | con supervisión de los circuitos electrónicos | |
| | | | No | con identificación del detector o de una zona pequeña (cuarto) | |
| | | *s2* | No | Reserva de agua inagotable ( 4 veces el mínimo) | |
| | | | No | Reserva de agua destinada a la extinción de incendios | |
| | | | No | Reserva de agua independiente ( = en propiedad) | |
| | | | 1 | Presión/ flujo | |
| | | *s3* | 0 | Protección por rociadores | |
| | | | No | Otra protección automática | |
| | | *s4* | 1 | Parque de bomberos respondiendo | Se sabe que varias compañías están en las cercanías, sin bomberos particular |
| | | | 0 | Bomberos de empresa | |

| *Elemento* | *Factor* | *Variable* | *Dato* | *Observaciones* | *Razonamiento* |
|---|---|---|---|---|---|
| | *F* | *fs* | 30 | Estructura /compartimentación (min.) | Se sabe que existe un cortafuego entre inmuebles, además de la materialidad |
| | | *ff* | 60 | muros exteriores (min.) | |
| | | *fd* | 15 | techo (min.) | |
| | *U* | *u1* | No | Detección parcial en zona de alto riesgo para las personas | Se considera que no existen medidas especiales ni planes de evacuación conocidos para el inmueble, las rutas de evacuación serán las rutas habituales de movimiento |
| | | | No | Información simultánea de máx. 300 personas | |
| | | | No | Sistema de alarma por voz (Sistemas electroacústicos de emergencia.) | |
| | | *u2* | 0 | Subcompartimentación | |
| | | | 1 | Inspección de rutas | |
| | | | 1 | Rutas de salida verticales | |
| | | | 0 | Salidas horizontales | |
| | | | No | Señalización y alumbrado | |
| | | *u3* | No | Sistema para el control de humo accionado por la detección automática | |
| | | *u4* | 0 | Aspersores | |
| | *Y* | *y1* | No | Detección parcial en zona de alto riesgo para la actividades | Dado la actividad del inmueble y la falta de medidas extraordinarias se considera que este ítem es negativo en su totalidad |
| | | | No | Rociadores locales para equipo critico | |
| | | | No | Otra sistema automático para equipo critico ( espuma, polvo, CO2, gas inerte) | |
| | | *y2* | No | Datos financieros y económicos protegidos | |
| | | | No | Repuestos protegidos | |
| | | | No | Reparaciones inmediatas posibles con medios propios | |
| | | | No | Traslado inmediato de la actividad posible | |
| | | | No | Acuerdos de cooperación con otras empresas | |
| | | | No | Distribución de la actividad en varios centros de producción | |



*Estado final de inmuebles incendio esquina Av. Francia con Pedro Montt (@dplopez_1992, 2017)*

### Incendio 12 de Julio 2018, Cerro Alegre

Este incendio tiene solo un inmueble involucrado, será considerado un compartimiento en su totalidad para su evaluación en la herramienta, y se presentará la tabla de los datos ingresados y el razonamiento detrás de cada entrada.

#### Datos ingreso Inmueble 1

| *Elemento* | *Factor* | *Variable* | *Dato* | *Observaciones* | *Razonamiento* |
|---|---|---|---|---|---|
| *P* | *q* | *Qi* | C1. | Opción 1 (tablas original de FRAME para cargas calóricas) | Se desconoce carga real. Se usan las tabuladas para residencia en opción 1 |
| | | *Qm* | C. | | |
| | *i* | *T %* | 100% | El contenido promedio de edificios residenciales ( 250°C ) | Tabulado para residencia |
| | | *m* | 0,3 | Dato personalizado de m | Valor por defecto |
| | | *M %* | 100% | e. (1) < F-120 (2) < F-60 (3) < F-60 (4) < F-60 (5) < F-30 (6) -- (7) -- (8) < F-30 (9) < F-15 | Desconocido. Se considera el menor valor |
| | | *J* | 3 | (1) aisladas (2) pareadas (3) continua | Dato en ficha del incendio |
| | *g* | *Largo* | 18 | m | Se usa Ficha ICH para el área, Google Earth para el perímetro |
| | | *Área tot* | 165 | m² | |
| | | *Acceso* | Corto | | |
| | *v* | *h* | 6 | Altura techo (m) | Valor por defecto: 3 m/piso |
| | | *Paso 1* | 40 | Área ventanas, vidrios, traslucidos y otros (m²) | Se obtuvo el porcentaje de área de fachada a través de imágenes. Sin otro tipo de ventilación. |
| | | *Paso 2* | 0 | Superficie aerodinámica de sistemas de extracción natural de humo (m²) | |
| | | *Paso 3* | 0 | Sistemas de extracción mecánica de humo (Nm³/h) | |
| | *e* | *E* | 2 | | Dato en ficha del incendio |
| | *z* | *Z* | 2 | | Observación de imágenes del |

| *Elemento* | *Factor* | *Variable* | *Dato* | *Observaciones* | *Razonamiento* |
|---|---|---|---|---|---|
| | | *H* | 0 | m | inmueble y el área circundante |
| | | *Lc* | 41 | m | |
| | | *Casos entrada* | c. | | |
| | | *Pendiente* | 16,6 | % | |
| *A* | *a* | *a1* | A1. | Actividades principales | Dato de actividades en ficha del incendio |
| | | *a2.1* | No | Actividades secundarias soldadura | |
| | | *a2.2* | No | Actividades secundarias madera/plásticos | |
| | | *a2.3* | H0. | Uso de productos inflamables | |
| | | *a2.4* | No | Otros | |
| | | *a3.1* | E1. | Sistemas de calefacción (procesos y lugares) | Por ser residencia y no tener mayor instalación visible se suponen estufas personales de gas o eléctricas |
| | | *a3.2* | F0. | | |
| | | *a3.3* | G0. | | |
| | | *a4* | I3. | Instalaciones eléctricas | Por el año de construcción se consideran fuera de norma |
| | | *a5.1* | Z. | Riesgos de explosión | |
| | | *a5.2* | K0. | Riesgo de polvo | |
| | *t* | *X* | 16. | Número de personas | Obtenido de tabulación |
| | | *O* | 1 | Cantidad de salidas al aire libre | Visible en imágenes |
| | | *x'* | 120,00 | Ancho 1 salidas | Puerta es doble (120 cm) según imágenes |
| | | $x_c$ | 1 | Cantidad de salidas ancho 1 | |
| | | *p* | 1 | Número de rutas | |
| | | | 100% | A. Personas móviles e independientes (ej. Adultos, obreros) | Por la información sobre el incendio se sabe que no había niños ni adultos mayores y una rápida evacuación. |
| | | | No | Personas con capacidad de percepción limitada | |
| | | | No | Hay un plan de evacuación claro | |
| | | | No | Peligro de pánico | |
| | *c* | *c1* | b. | Importancia funcional | En base a valor uf/m$^2$ del sector |
| | | *c2* | 0,301 | Valor Contenido e inmueble en millones de dólares | |
| | | *c3* | 2 | Clasificación patrimonial | Ficha ICH |
| | *d* | | h. | Tipo de actividad | Dato en ficha del incendio |
| *D* | *W* | *w1* | 1 | Tipo de reserva de agua | Sistema de agua potable |
| | | *w2* | 200 | Reserva de agua (m³) | Mínimo: 200 m$^3$ (estanques de reserva de ESVAL). |
| | | *w3* | 100 | Red de distribución (mm) | Mínimo de norma |
| | | | Si | Redes cerradas? | |
| | | *w4* | 1 | Distancia mínima a grifo | Google Earth: análisis área circundante |
| | | | 2 | Aislada, Continuas, más de 50 unidades | Dato en ficha del incendio |
| | | *w5* | 87,98 | Presión estática disponible en la red (m.c.a) | Dato en ficha del incendio |
| | *N* | *n1* | Si | Descubrimiento | Edificación residencial a la que se considera de ocupación continua. |
| | | | No | Señalización | |
| | | | No | Aviso del incendio a los bomberos | |
| | | | No | Alarma interior | |

| *Elemento* | *Factor* | *Variable* | *Dato* | *Observaciones* | *Razonamiento* |
|---|---|---|---|---|---|
| | | *n2* | 0 | Extintores | No se exigen extintores |
| | | | 1 | Bocas y mangueras adecuadas | |
| | | *n3* | 2 | Tiempo de llegada de los bomberos | Muy cerca de compañías de bomberos, tiempo mínimo |
| | | | Si | Cerro | Dato en ficha del incendio |
| | | *n4* | 3 | Formación propia | |
| | | *n5* | 1 | Mantención de sistemas | Se considera mantenciones irregulares |
| | *S* | *s1* | No | Transmisión garantizada de la señal de detección a los bomberos, directamente o por medio de una sala de control. | Se considera que no hay medidas de seguridad extraordinarias, por lo tanto en general son todos las respuestas nulas o el valor por defecto |
| | | | 0 | Detección automática | |
| | | | No | con supervisión de los circuitos electrónicos | |
| | | | No | con identificación del detector o de una zona pequeña (cuarto) | |
| | | *s2* | No | Reserva de agua inagotable ( 4 veces el mínimo) | |
| | | | No | Reserva de agua destinada a la extinción de incendios | |
| | | | No | Reserva de agua independiente ( = en propiedad) | |
| | | | 1 | Presión/ flujo | |
| | | *s3* | 0 | Protección por rociadores | |
| | | | No | Otra protección automática | |
| | | *s4* | 2 | Parque de bomberos respondiendo (tabla) | Varias compañías están en las cercanías, sin particulares |
| | | | 0 | Bomberos de empresa | |
| | *F* | *fs* | 60 | Estructura /compartimentación (min.) | En base a los mínimos valores de resistencia de la madera |
| | | *ff* | 30 | muros exteriores (min.) | |
| | | *fd* | 15 | techo (min.) | |
| | *U* | *u1* | No | Detección parcial en zona de alto riesgo para las personas | Al ser una residencia no existen medidas especiales ni planes de evacuación conocidos, las rutas de evacuación serán las rutas habituales de movimiento |
| | | | No | Información simultánea de máx. 300 personas | |
| | | | No | Sistema de alarma por voz (Sistemas electroacústicas de emergencia.) | |
| | | *u2* | 0 | Subcompartimentación | |
| | | | 1 | Inspección de rutas | |
| | | | 1 | Rutas de salida verticales | |
| | | | 0 | Salidas horizontales | |
| | | | No | Señalización y alumbrado | |
| | | *u3* | No | Sistema para el control de humo accionado por la detección automática | |
| | | *u4* | 0 | Aspersores | |
| | *Y* | *y1* | No | Detección parcial en zona de alto riesgo para la actividades | Dado la actividad del inmueble se considera que este ítem es nulo en su totalidad |
| | | | No | Rociadores locales para equipo critico | |
| | | | No | Otra sistema automático para equipo critico ( espuma, polvo, CO2, gas inerte) | |
| | | *y2* | No | Datos financieros y económicos protegidos | |
| | | | No | Repuestos protegidos | |
| | | | No | Reparaciones inmediatas posibles con medios propios | |
| | | | No | Traslado inmediato de la actividad posible | |
| | | | No | Acuerdos de cooperación con otras empresas | |

| *Elemento* | *Factor* | *Variable* | *Dato* | *Observaciones* | *Razonamiento* |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | No | Distribución de la actividad en varios centros de producción | |

*Estado final del inmueble incendio Cerro Alegre (Seguel, 2018)*

## Incendio 19 de Febrero de 2018, Av. Errazuriz

Este incendio tiene solo un inmueble involucrado, será considerado un compartimiento en su totalidad para su evaluación en la herramienta, y se presentará la tabla de los datos ingresados y el razonamiento detrás de cada entrada.

### Datos ingreso Inmueble 1

| *Elemento* | *Factor* | *Variable* | *Dato* | *Observaciones* | *Razonamiento* |
|---|---|---|---|---|---|
| *P* | *q* | *Qi* | B. | Opción 1 (tablas original de FRAME para cargas calóricas) | Se desconoce carga real. Se usan las tabuladas para residencia en opción 1 |
| | | *Qm* | H. | | |
| | *i* | *T %* | 50% | Personas, plásticos, o electrónica ( 100°C ) | Dado que el uso del inmueble es de locales nocturnos se considera que hay elementos eléctricos y mobiliario típico de clubes |
| | | | 50% | Textiles, madera, papel, alimentos (200°C ) | |
| | | *m* | 0,3 | Dato personalizado de m | Valor por defecto |
| | | *M %* | 100% | c. (1) F-120 (2) F-90 (3) F-60 (4) F-60 (5) F-60 (6) -- (7) F-15 (8) F-60 (9) F-30 | Se observan cortafuegos y por el uso y la norma se considera esa resistencia |
| | | *J* | 3 | (1) aisladas (2) pareadas (3) continua | Dato en ficha del incendio |
| | *g* | *Largo* | 22 | m | Ficha: Origen google earth |
| | | *Area tot* | 363 | m² | |
| | | *Acceso* | Largo | | |
| | *v* | *h* | 6 | Altura techo (m) | Se considera altura por piso de 3 metros |
| | | *Paso 1* | 43 | Area ventanas, vidrios, traslucidos y otros (m²) | Obtenido de análisis de AutoCAD en porcentaje de área de fachada, sin otro tipo de ventilación. |
| | | *Paso 2* | | Superficie aerodinámica de los sistemas de extracción natural de humos (m²) | |

| *Elemento* | *Factor* | *Variable* | *Dato* | *Observaciones* | *Razonamiento* |
|---|---|---|---|---|---|
| | | *Paso 3* | | Capacidad de sistemas de extracción mecánica de humos (Nm³/h) | |
| | *e* | *E* | 3 | | Dato en ficha del incendio |
| | *z* | *Z* | 2 | | Observación de imágenes del inmueble y el área circundante |
| | | *H* | 0 | m | |
| | | *Lc* | 0 | m | |
| | | *Casos entrada* | b. | | |
| | | *Pendiente* | 0 | % | |
| *A* | *a* | *a1* | A1. | Actividades principales | Dato en ficha del incendio |
| | | *a2.1* | No | Actividades secundarias soldadura | |
| | | *a2.2* | No | Actividades secundarias madera/plásticos | |
| | | *a2.3* | H0. | Uso de productos inflamables | |
| | | *a2.4* | No | Otros | |
| | | *a3.1* | E1. | | Sin calefacción |
| | | *a3.2* | F0. | Sistemas de calefacción (procesos y lugares) | |
| | | *a3.3* | G0. | | |
| | | *a4* | I1. | Instalaciones eléctricas | Por el permiso del comercio se consideran conforme |
| | | *a5.1* | Z2. | Riesgos de explosión | Se considera que bajo mal funcionamiento equipos eléctricos puede haber explosión |
| | | *a5.2* | K0. | Riesgo de polvo | |
| | *t* | *X* | 11. | Número de personas | Dado por ocupación y formulario |
| | | *O* | 4 | Cantidad de salidas al aire libre | Visible en imágenes |
| | | *x'* | 80,00 | Ancho 1 salidas (cm) | Visibles en imágenes |
| | | *x'* | 120,00 | Ancho 2 salidas (cm) | |
| | | $x_c$ | 3 | Cantidad de salidas ancho 1 | |
| | | $x_c$ | 1 | Cantidad de salidas ancho 2 | |
| | | | 2 | Número de rutas | Restaurant y residencia |
| | | *p* | 100 | A. Personas móviles e independientes (p.e. Adultos, obreros) | Dado que en clubes nocturnos no se permiten menores de 18 años se consideran todos independientes y con los trabajadores conocedores de plan de evacuación. Por la aglomeración se considera peligro de pánico |
| | | | No | Personas con capacidad de percepción limitada | |
| | | | Si | Hay un plan de evacuación claro | |
| | | | Si | Peligro de pánico | |
| | *c* | *c1* | a. | Importancia funcional | En base a valor uf/m² |
| | | *c2* | 0,880619 | Valor Contenido (incluye valor de compartimiento) en millones de dólares | |
| | | *c3* | 2 | Clasificación patrimonial | Dato en ficha del incendio |
| | *d* | | d. | Tipo de actividad | Dato en ficha del incendio |
| *D* | *W* | *w1* | 1 | Tipo de reserva de agua | Sistema de agua potable |
| | | *w2* | 200 | Reserva de agua (m³) | Se toma 200 m³ como mínimo por los estanques de reserva del sistema de agua potable. |
| | | *w3* | 100 | Red de distribución (mm) | Mínimo de norma |
| | | | Si | Redes cerradas? | |
| | | *w4* | 1 | Distancia mínima a grifo | Se observa los alrededores con google earth |

| *Elemento* | *Factor* | *Variable* | *Dato* | *Observaciones* | *Razonamiento* |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 2 | Aislada, Continuas, más de 50 unidades | Dato en ficha del incendio |
| | | *w5* | 74,94 | Presión estática disponible en la red (mca) | Dato en ficha del incendio |
| | *N* | *n1* | No | Descubrimiento | Ya que su ocupación es nocturna no se considera ocupación continua, pero por norma se considera alarma interior |
| | | | No | Señalización | |
| | | | No | Aviso del incendio a los bomberos | |
| | | | Si | Alarma interior | |
| | | *n2* | 1 | Extintores | Se considera que tiene las medidas adecuadas por norma |
| | | | 1 | Bocas y mangueras adecuadas | |
| | | *n3* | 1 | Tiempo de llegada de los bomberos | Muy cerca de compañías de bomberos, tiempo mínimo |
| | | | No | Cerro | Dato en ficha del incendio |
| | | *n4* | 2 | Formación propia | |
| | | *n5* | 1 | Mantención de sistemas | Se considera mantenciones regulares por permiso funcionamiento |
| | *S* | *s1* | No | Transmisión garantizada de la señal de detección a los bomberos, directamente o por medio de una sala de control. | |
| | | | 3 | Detección automática | Se considera una detección de humo por norma |
| | | | No | con supervisión de los circuitos electrónicos | |
| | | | No | con identificación del detector o de una zona pequeña (cuarto) | |
| | | *s2* | No | Reserva de agua inagotable ( 4 veces el mínimo) | |
| | | | No | Reserva de agua destinada a la extinción de incendios | No se consideran otro tipo de medida de seguridad dado que no es requerido por norma. |
| | | | No | Reserva de agua independiente ( = en propiedad) | |
| | | | 1 | Presión/ flujo | |
| | | *s3* | 0 | Protección por rociadores | |
| | | | No | Otra protección automática | |
| | | *s4* | 1 | Parque de bomberos respondiendo | Se sabe que varias compañías están en las cercanías, sin bomberos particular |
| | | | 0 | Bomberos de empresa | |
| | *F* | *fs* | 60 | Estructura /compartimentación (min.) | Se sabe que hay compartimentación por los distintos clubes y una resistencia acorde a M |
| | | *ff* | 30 | muros exteriores (min.) | |
| | | *fd* | 30 | techo (min.) | |
| | *U* | *u1* | No | Detección parcial en zona de alto riesgo para las personas | |
| | | | 0 | Información simultánea de máx. 300 personas | |
| | | | 0 | Sistema de alarma por voz (Sistemas electroacústicos de emergencia.) | Se considera que no existen medidas especiales ni planes de evacuación conocidos para el inmueble, las rutas de evacuación serán las rutas habituales de movimiento. La única consideración especial es la compartimentación dada por la existencia de distintos clubes |
| | | *u2* | 1 | Subcompartimentación | |
| | | | 1 | Inspección de rutas | |
| | | | 0 | Rutas de salida verticales | |
| | | | 0 | Salidas horizontales | |
| | | | No | Señalización y alumbrado | |
| | | *u3* | No | Sistema para el control de humo accionado por la detección automática | |
| | | *u4* | 0 | Aspersores | |
| | *Y* | *y1* | No | Detección parcial en zona de alto riesgo para la actividades | Dado la actividad del inmueble y la falta de medidas extraordinarias |

| Elemento | Factor | Variable | Dato | Observaciones | Razonamiento |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | No | Rociadores locales para equipo critico | se considera que este ítem es negativo en su totalidad |
| | | | No | Otra sistema automático para equipo critico ( espuma, polvo, CO2, gas inerte) | |
| | | *y2* | No | Datos financieros y económicos protegidos | |
| | | | No | Repuestos protegidos | |
| | | | No | Reparaciones inmediatas posibles con medios propios | |
| | | | No | Traslado inmediato de la actividad posible | |
| | | | No | Acuerdos de cooperación con otras empresas | |
| | | | No | Distribución de la actividad en varios centros de producción | |

## Incendio 12 de mayo de 2016, Calle Márquez con Cochrane

Este incendio tiene solo un inmueble involucrado tipo edificio manzana, será considerado un compartimiento en su totalidad para su evaluación en la herramienta, y se presentará la tabla de los datos ingresados y el razonamiento detrás de cada entrada.

### Datos ingreso Inmueble 1

| Elemento | Factor | Variable | Dato | Observaciones | Razonamiento |
|---|---|---|---|---|---|
| *P* | *q* | *Qi* | C1. | Opción 1 (tablas original de FRAME para cargas calóricas) | Se desconoce carga real. Se usan las tabuladas para residencia en opción 1 |
| | | *Qm* | C. | | |
| | *i* | *T %* | 25% | Textiles, madera, papel, alimentos (200°C ) | Piso 1 de 4 es comercial, se estima ¼ distinto. |
| | | | 75% | El contenido promedio de edificios residenciales ( 250°C ) | |
| | | *m* | 0,3 | Dato personalizado de m | Valor por defecto |
| | | *M %* | 100% | d. (1) F-120 (2) F-60 (3) F-60 (4) F-60 (5) F-30 (6) -- (7) -- (8) F-30 (9) F-15 | En base a materialidad |
| | | *J* | 3 | (1) aisladas (2) pareadas (3) continua | Dato en ficha del incendio |
| | *g* | *Largo* | 30 | m | Se usa Ficha ICH para el área, Google Earth para el perímetro |
| | | *Área tot* | 757 | m² | |
| | | *Acceso* | Largo | | |
| | *v* | *h* | 12 | Altura techo (m) | Valor por defecto: 3 m/piso |
| | | *Paso 1* | 106 | Área ventanas, vidrios, traslucidos y otros (m²) | Se obtuvo el porcentaje de área de fachada a través de imágenes. Sin otro tipo de ventilación. |
| | | *Paso 2* | 0 | Superficie aerodinámica de sistemas de extracción natural de humo (m²) | |
| | | *Paso 3* | 0 | Sistemas de extracción mecánica de humo (Nm³/h) | |
| | *e* | *E* | 2 | | Dato en ficha del incendio |
| | *z* | *Z* | 4 | | Observación de imágenes del inmueble y el área circundante |
| | | *H* | 0 | m | |
| | | *Lc* | 0 | m | |
| | | *Casos entrada* | h. | | |
| | | *Pendiente* | | % | |
| *A* | *a* | *a1* | A1. | Actividades principales | Dato de actividades en ficha del incendio |
| | | *a2.1* | No | Actividades secundarias soldadura | |
| | | *a2.2* | No | Actividades secundarias madera/plásticos | |
| | | *a2.3* | H0. | Uso de productos inflamables | |

| *Elemento* | *Factor* | *Variable* | *Dato* | *Observaciones* | *Razonamiento* |
|---|---|---|---|---|---|
| | | *a2.4* | No | Otros | |
| | | *a3.1* | E2. | | Por ser residencia y no tener mayor instalación visible se suponen estufas personales de gas o eléctricas |
| | | *a3.2* | F2. | Sistemas de calefacción (procesos y lugares) | |
| | | *a3.3* | G1. | | |
| | | *a4* | I2. | Instalaciones eléctricas | Por el año de construcción se consideran fuera de norma |
| | | *a5.1* | Z. | Riesgos de explosión | |
| | | *a5.2* | K0. | Riesgo de polvo | |
| | *t* | *X* | 09. | Número de personas | Obtenido de tabulación |
| | | *O* | 9 | Cantidad de salidas al aire libre | Visible en imágenes |
| | | *x'* | 60,00 | Ancho 1 salidas | Puertas tipo (60 cm) según imágenes |
| | | $x_c$ | 9 | Cantidad de salidas ancho 1 | |
| | | *p* | 4 | Número de rutas | |
| | | | 67% | A. Personas móviles e independientes (ej. Adultos, obreros) | |
| | | | 33% | B. Personas móviles pero dependientes (p.e. Alumnos, visitantes) | Se sabe que habitaban familias, se considera 1/3 de ocupación de niños o tercera edad. |
| | | | No | Personas con capacidad de percepción limitada | |
| | | | No | Hay un plan de evacuación claro | |
| | | | No | Peligro de pánico | |
| | *c* | *c1* | b. | Importancia funcional | |
| | | *c2* | 3,5 | Valor Contenido e inmueble en millones de dólares | En base a valor uf/m$^2$ del sector |
| | | *c3* | 1 | Clasificación patrimonial | Ficha ICH |
| | *d* | | d. | Tipo de actividad | Dato en ficha del incendio |
| *D* | *W* | *w1* | 1 | Tipo de reserva de agua | Sistema de agua potable |
| | | *w2* | 200 | Reserva de agua (m³) | Mínimo: 200 m$^3$ (estanques de reserva de ESVAL). |
| | | *w3* | 100 | Red de distribución (mm) | Mínimo de norma |
| | | | Si | Redes cerradas? | |
| | | *w4* | 1 | Distancia mínima a grifo | Google Earth: análisis área circundante |
| | | | 1 | Aislada, Continuas, más de 50 unidades | Dato en ficha del incendio |
| | | *w5* | 75,06 | Presión estática disponible en la red (m.c.a) | Dato en ficha del incendio |
| | *N* | *n1* | Si | Descubrimiento | |
| | | | Si | Señalización | Edificación residencial a la que se considera de ocupación continua. |
| | | | No | Aviso del incendio a los bomberos | |
| | | | No | Alarma interior | |
| | | *n2* | 2 | Extintores | |
| | | | 1 | Bocas y mangueras adecuadas | |
| | | *n3* | 1 | Tiempo de llegada de los bomberos | Muy cerca de compañías de bomberos, tiempo mínimo |
| | | | No | Cerro | Dato en ficha del incendio |
| | | *n4* | 3 | Formación propia | |
| | | *n5* | 1 | Mantención de sistemas | Se considera mantenciones irregulares |
| | *S* | *s1* | No | Transmisión garantizada de la señal de detección a los bomberos, directamente o por medio de una sala de control. | Se considera que no hay medidas de seguridad extraordinarias, por lo tanto |
| | | | 0 | Detección automática | |

| *Elemento* | *Factor* | *Variable* | *Dato* | *Observaciones* | *Razonamiento* |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | No | con supervisión de los circuitos electrónicos | en general son todos las respuestas nulas o el valor por defecto |
| | | | No | con identificación del detector o de una zona pequeña (cuarto) | |
| | | *s2* | No | Reserva de agua inagotable ( 4 veces el mínimo) | |
| | | | No | Reserva de agua destinada a la extinción de incendios | |
| | | | No | Reserva de agua independiente ( = en propiedad) | |
| | | | 1 | Presión/ flujo | |
| | | *s3* | 0 | Protección por rociadores | |
| | | | No | Otra protección automática | |
| | | *s4* | 1 | Parque de bomberos respondiendo (tabla) | Varias compañías están en las cercanías, sin particulares |
| | | | 0 | Bomberos de empresa | |
| | *F* | *fs* | 120 | Estructura /compartimentación (min.) | En base a los mínimos valores de resistencia de la madera |
| | | *ff* | 120 | muros exteriores (min.) | |
| | | *fd* | 15 | techo (min.) | |
| | *U* | *u1* | No | Detección parcial en zona de alto riesgo para las personas | Al ser una residencia no existen medidas especiales ni planes de evacuación conocidos, las rutas de evacuación serán las rutas habituales de movimiento |
| | | | No | Información simultánea de máx. 300 personas | |
| | | | No | Sistema de alarma por voz (Sistemas electroacústicas de emergencia.) | |
| | | *u2* | 0 | Subcompartimentación | |
| | | | 1 | Inspección de rutas | |
| | | | 1 | Rutas de salida verticales | |
| | | | 0 | Salidas horizontales | |
| | | | No | Señalización y alumbrado | |
| | | *u3* | No | Sistema para el control de humo accionado por la detección automática | |
| | | *u4* | 0 | Aspersores | |
| | *Y* | *y1* | No | Detección parcial en zona de alto riesgo para la actividades | Dado la actividad del inmueble se considera que este ítem es nulo en su totalidad |
| | | | No | Rociadores locales para equipo critico | |
| | | | No | Otra sistema automático para equipo critico ( espuma, polvo, CO2, gas inerte) | |
| | | *y2* | No | Datos financieros y económicos protegidos | |
| | | | No | Repuestos protegidos | |
| | | | No | Reparaciones inmediatas posibles con medios propios | |
| | | | No | Traslado inmediato de la actividad posible | |
| | | | No | Acuerdos de cooperación con otras empresas | |
| | | | No | Distribución de la actividad en varios centros de producción | |

# Anexo 5: Otros datos de Valparaíso

## Caracterización urbana de la ciudad de Valparaíso

La trama urbana de la ciudad del Valparaíso actual está determinada por el crecimiento que siguió a través de los años de desarrollo, la geografía y sus condiciones ya detallados y los desastres que han azotado la ciudad. (Gobierno de Chile, 2004)

El crecimiento de la ciudad ha seguido dos patrones; uno radial alrededor del núcleo histórico de la ciudad, la iglesia de la Matriz y el otro correspondiente a la persistencia de crecer hacia el norte. El pick del desarrollo, que establece la configuración urbana definitiva, se logra en la segunda mitad del siglo XIX con la densificación de los cerros alrededor de la Matriz y el barrio del Almendral además del establecimiento de la población en los cerros del norte de la ciudad. (Gobierno de Chile, 2004)

Este desarrollo urbano está marcado por la falta de terrenos en el plan, de esta manera se inician dos procesos que marcan la ciudad. El primero es la batalla constantes por agrandar la superficie plana, a través de rellenos para lograr la retirada del océano y escarpes para quitarle terreno a los cerros. El otro proceso es el poblamiento y densificación de los cerros, que gracias a las pendientes abruptas de los cerros dieron origen al entramado urbano único con una arquitectura que se adaptó a estos problemas. (Gobierno de Chile, 2004)

A medida que se fue desarrollando la ciudad por su crecimiento económico podemos destacar las siguientes obras que originaron la trama urbana actual; en el área que actualmente es la Plaza Sotomayor se levantaron en 1848 los primeros almacenes de la Aduana, y luego en 1892 se funda la Bolsa de Valores de Valparaíso, se encauza en la misma época los cursos de agua que bajan por diversas quebradas reconfigurando el escenario original de la ciudad, esto junto con los ya mencionados escarpes a la primera línea de cerros para ensanchar el Plan permiten crear las distintas plazas y espacios públicos necesarios para la presionada ciudad (González C., 2015).

Otros vestigios de la época son las mejoras urbanas de accesibilidad entre ellas las calles empedradas, posibles de ver en algunas subidas a los cerros, en 1870 dado la densidad poblacional de dichos cerros se inicia la construcción en la cota 100 de lo que hoy se conoce como Camino Cintura o Avenida Alemania, por último se inauguró en 1883 el primer ascensor (Ascensor Concepción), siguiendo con su implementación hasta 1930 con una treintena instalados, siendo estos de un elemento fundamental de la identidad urbana de la urbe. (González C., 2015)

Para las zonas residenciales, en los cerros del siglo XIX, se encuentran con barrios habitados por personas provenientes de distintos orígenes (principalmente europeos) y condiciones sociales, que adoptan esta ciudad como propia y aprovechando la diversidad comparten talentos, conocimientos y mentalidades para crean entramados urbanos de una diversidad cultural pluralista y heterogénea. Siendo esto la principal riqueza de esta ciudad-puerto que trascendió el periodo de prosperidad económica y es parte de la identidad actual de la misma. (Gobierno de Chile, 2004)

De esta manera, dicha época crea la identidad de la ciudad con la construcción de los principales edificaciones patrimoniales de hoy en día, además de la identidad constructiva de la ciudad en la búsqueda de soluciones para la geografía tan especial. Hacia el declive de la ciudad se siguieron realizando grandes obras como el molo de abrigo en 1930, una de las principales obras públicas del país, y la fundación de las universidades Federico Santa María en 1931 y Católica de Valparaíso en 1928, iniciando el carácter de ciudad universitaria (González C., 2015).

Actualmente la ciudad mantiene el entramado en los cerros del final del siglo XIX, habiendo el plan sufrido cambios luego del terremoto de 1906, dando origen al entramado de hoy en día. La ciudad posee población en cotas muy superiores al Camino Cintura (100 m.s.n.m. app) y tiene el área protegida por la UNESCO además de 10 zonas de conservación históricas.

En conclusión, desde un punto de vista urbano, el resultado del dialogo intercultural y de la necesidad de adaptación al ambiente y geografía es una ciudad original, formada en la segunda mitad del siglo XIX de acuerdo a los parámetros de Europa central. La originalidad se vislumbra en las soluciones constructivas con que adaptaron sus culturas a la ciudad. (Gobierno de Chile, 2004)

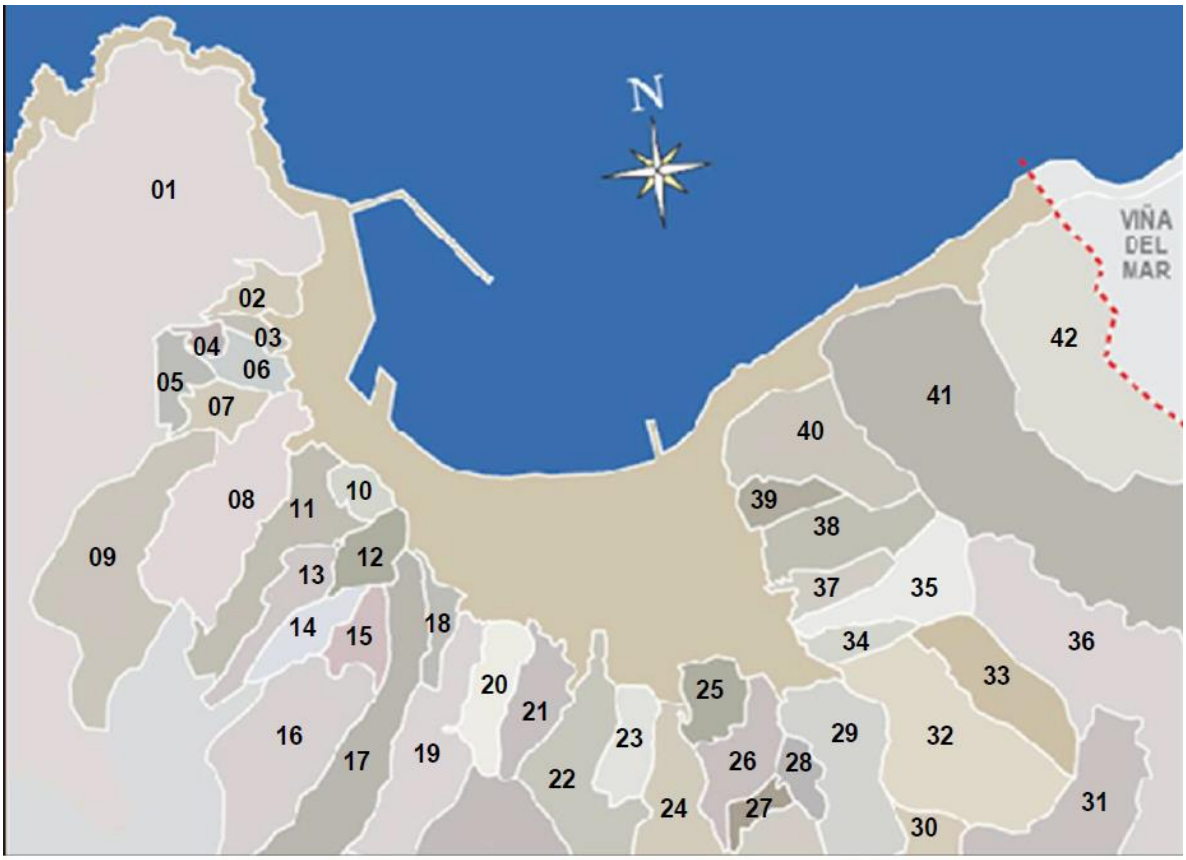
### Áreas relevantes de la ciudad:

*Zonas típicas:*

En la Zona misma de Patrimonio Mundial se pueden destacar 5 zonas típicas distintas, cada una con sus características particular e importancia propia. Estas zonas y sus características más relevantes se describirán a continuación (Consejo de Monumentos Nacionales, 2004):

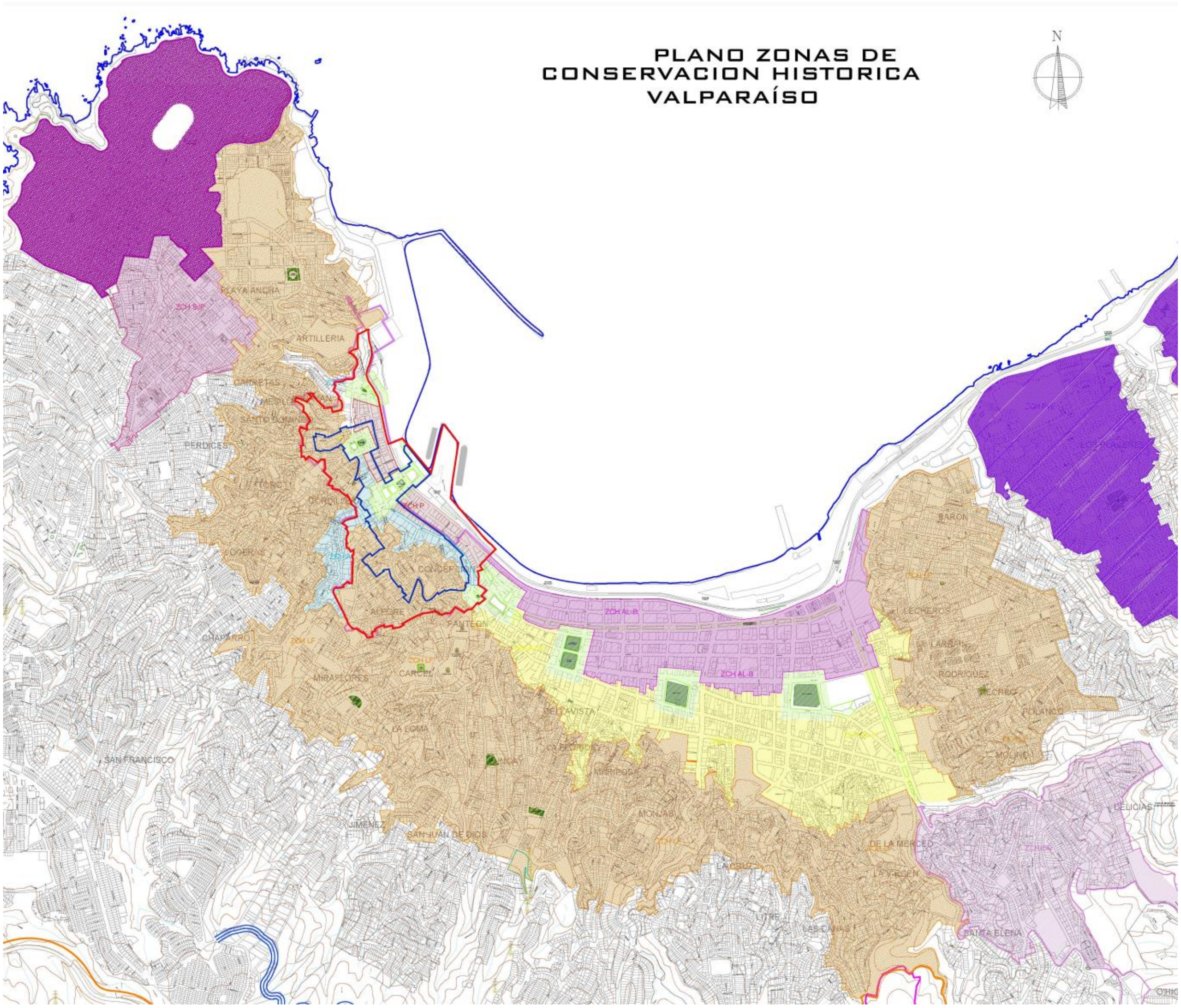
- Sector Iglesia La Matriz y Plazuela Santo Domingo:
  - Realidad intermedia entre el cerro y el plan
  - Edificios de importancia
    - Iglesia La Matriz: es la cuarta versión, construida en 1842, de la iglesia original construida con la llegada de los españoles.
    - Entorno de la iglesia: edificaciones de fines del S XIX
  - Plazuela Santo Domingo: espacio público de trazado irregular propia de la orgánica de cerro.
- Sector Plaza Echaurren, calle Serrano y entorno
  - Es un sector de carácter comercial
  - Edificios de importancia
    - Sector plaza Echaurren: edificios historicista-eclécticos de carácter monumental usualmente cubriendo una manzana.
      - Edificio Astoreca (1906)
      - Mercado Puerto (1922)
    - Sector calle Serrano: Edificios de carácter monumental, algunos con elementos palaciegos tardo-historicistas
      - Edificio Subercaseaux
      - Edificio Guillermo Rivera
    - Ascensor Cordillera (1887)
  - Plaza Echaurren: Antigua Recova, remodelada por Intendente Francisco Echaurren en 1886.
- Sector Muelle Prat, Plaza Sotomayor y Justicia y Museo del Mar
  - Eje transversal del Sitio Unesco, caracterizado por una amplitud espacial y su carácter público y de tránsito.
  - Edificios de importancia:
    - Museo del Mar: Ubicado en cerro Cordillera en la ubicación original del Castillo San José, el edificio actual es de 1840.
    - Edificios administrativos de tipología edificio-cabezal:
      - Antigua intendencia actual Comandancia en Jefe de la 1ª Zona Naval: (1906-1910) de estilo ecléctico.
      - Hotel Reina Victoria

        - Edificio Firma Comercial Grace
        - Edificio Correos (1940): de estilo racionalismo temprano
- Sector Calle Prat, Plazuela Turri y entorno
    - Espacio público singular con carácter de pie de cerro. En su origen es centro financiero de la ciudad.
    - Edificios monumentales de estilo historicista-ecléctico de principios de S. XX característico de la reconstrucción post terremoto 1906, concebidos para la función financiera y comercial.
        - Edifico Bolsa de Valores (1908): edificio de hormigón armado
- Sector Cerro Alegre y Concepción
    - Este sector está plenamente ubicado en territorio de cerro. Los cerros Alegre y Concepción conforman históricamente un sector unitario urbanizado mayormente poblado de inmigrantes alemanes e ingleses en principio del S. XIX.
    - El sector posee distintas adaptaciones de un entramado urbano a la pendiente del cerro, con plaza paseos miradores, pasajes, escaleras de manera de crear medios de circulación. Estos elementos producen un entramado estrecho e irregular.
    - En cuanto a las construcciones se presentan ejemplos de todos los modos de adaptación de los pobladores a la pendiente. Edificios de relevancia en el sector son:
        - Palacio Baburizza (1916): edificio de estilo art nouveau de un alhajamiento y construcción peculiar al que debe su nombre de palacio.
        - Pasaje Bavestrello (1927): edificio residencial con carácter público por su calidad de pasaje. De estilo historicista con detalles de racionalismo.
        - Iglesia Anglicana de San Pablo: construida aún bajo prohibición de culto diferente al católico, es una iglesia austera de rasgos neorromántico y neogóticos.
        - Iglesia Evangélica Luterana (1897): se erige sobre un terreno irregular de pronunciada pendiente de estilo neogótico
    - Ascensores El Peral, Reina Victoria y Concepción




01 C° Playa Ancha
02 C° Artillería
03 C° Arrayan
04 C° Mesilla
05 C° Perdices
06 C° Santo Domingo
07 C° Toro
08 C° Cordillera
09 C° San Francisco
10 C° Concepción
11 C° Alegre
12 C° Panteón
13 C° Cárcel
14 C° La Loma
15 C° San Juan de Díos
16 C° Jiménez
17 C° Yungay
18 C° Bellavista
19 C° Florida
20 C° Mariposas
21 C° Monjas
22 C° La Cruz
23 C° Litre
24 C° Las Cañas
25 C° Merced
26 C° La Virgen
27 C° Pajonal
28 C° Santa Elena
29 C° Ramaditas
30 C° Rocuant
31 C° San Roque
32 C° O'Higgins
33 C° Delicias
34 C° Molino
35 C° Polanco
36 C° Rodelillo
37 C° Rodríguez
38 C° Larraín
39 C° Lecheros
40 C° Barón
41 C° Placeres
42 C° Esperanza

*Mapa de los cerros de Valparaíso (González C., 2015)*




*:Plano de Zonas de conservación histórica Valparaíso (Municipalidad de Valparaiso, 2016)*

*Simbología Plano zonas de conservación histórica Valparaíso (Municipalidad de Valparaiso, 2016)*

### Recorrido por una zona de Valparaíso como ejemplificación de problemas de accesibilidad.

La accesibilidad a través de las calles de la cuidad es un factor muy relevante en cuanto incendios se refiere, la capacidad de un carro de bomberos de llegar rápidamente al lugar afectado define el grado de accesibilidad de este. Para una aproximación inicial se tiene las dimensiones establecidas en la LGUC, donde las calles locales tiene que tener un mínimo de 7 metros y los pasajes 3 metros. De este modo, se tiene las siguientes clasificaciones, expuestas en el mapa y tabla a continuación (M. Indirli, 2008):

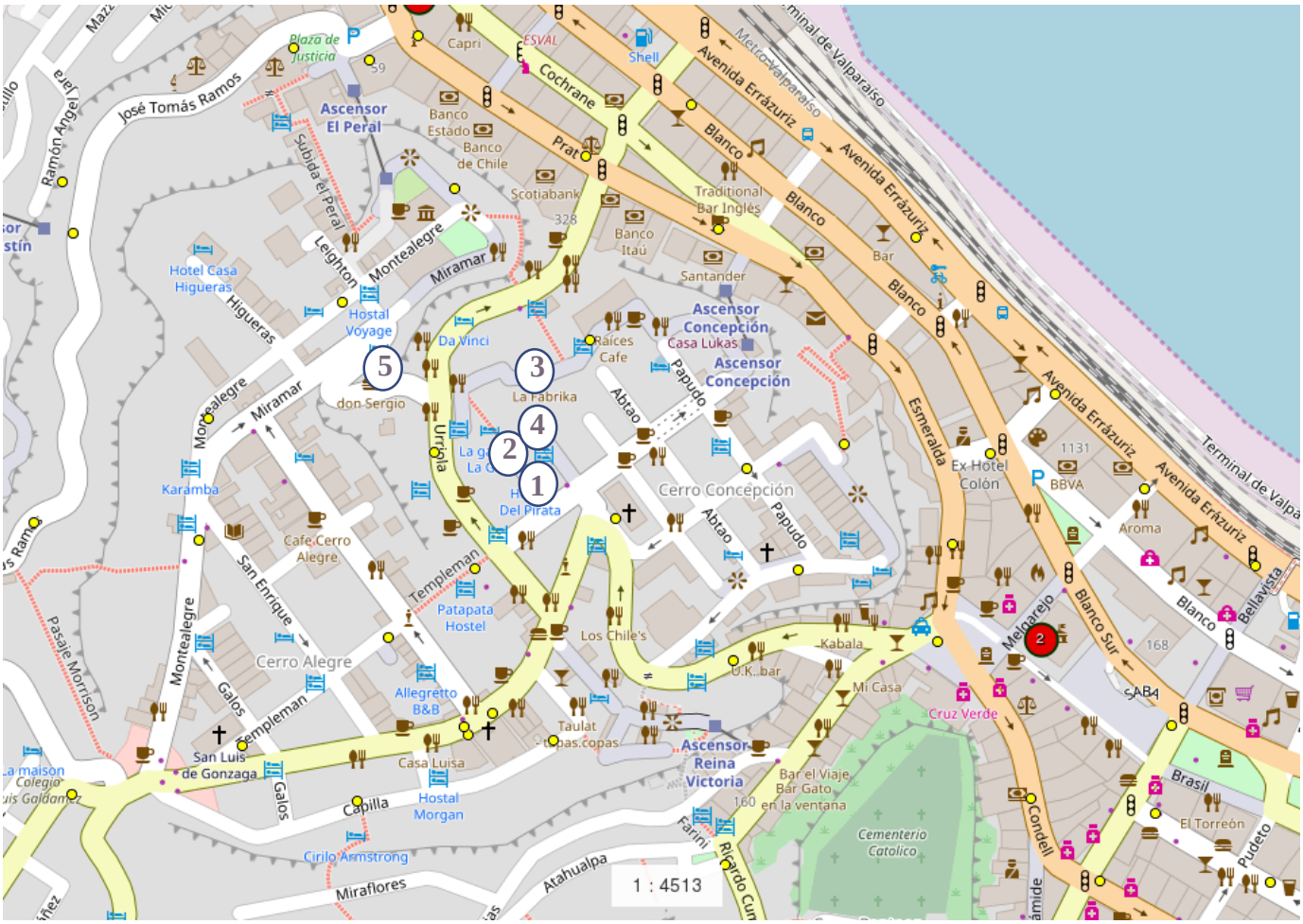
| Ancho de las calles y color correspondiente | | |
|---|---|---|
| Ancho < 3 m | 3 m < ancho < 7 m | Ancho > 7 m |
| Rojo | Verde | Azul |

*Clasificación anchos calles y pasajes*

*Mapa Valparaíso con ancho de calles (M. Indirli, 2008)*

Se puede observar en el mapa, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**que las calles con medidas menores a 3 metros se encuentran en su mayoría en el casco histórico, siendo un elemento muy relevante a la hora de evaluar la vulnerabilidad del patrimonio arquitectónico de la ciudad.

Además del ancho de las calles, se tiene la relación cerro-plan con las pendientes de las rutas. Como ya se comentó, la ciudad posee una especial interacción entre el plan y el cerro, siendo de vital relevancia el acceso desde el plan a los cerros. Para ilustrar las dificultades que existen, se presenta la realidad de un sector de Valparaíso, la cual se puede extrapolar a otras áreas de la ciudad. La zona escogida se encuentra en el cerro Concepción, en donde existe un gran número de pasajes peatonales sin grifos ni acceso vehicular expedito. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, s e muestra un plano de los cerros mencionados, en donde se remarca el sector de los pasajes. En esta imagen, los grifos son los puntos amarillos y el punto rojo con un dos es la ubicación de dos compañías de bomberos. Además se demarcan la localización en donde se tomaron las fotografías presentadas más adelante.




*Grifos y bomberos en Cerros Concepción y Alegre (Bomberos, s.f.)*

Observando el área remarcada por las fotografías tomadas, se puede apreciar que es un área no despreciable sin acceso vehicular y en su mayoría sin grifos. La densidad habitacional del lugar tampoco es despreciable, ya que estos pasajes están rodeados en su mayoría de edificaciones pareadas de 2 pisos en general, casi sin terrenos baldío, pero con inmuebles abandonados. Esto impacta negativamente en la vulnerabilidad, ya que no solo el acceso es difícil, sino que es más probable que el fuego se inicie o propague dado los inmuebles vacíos.

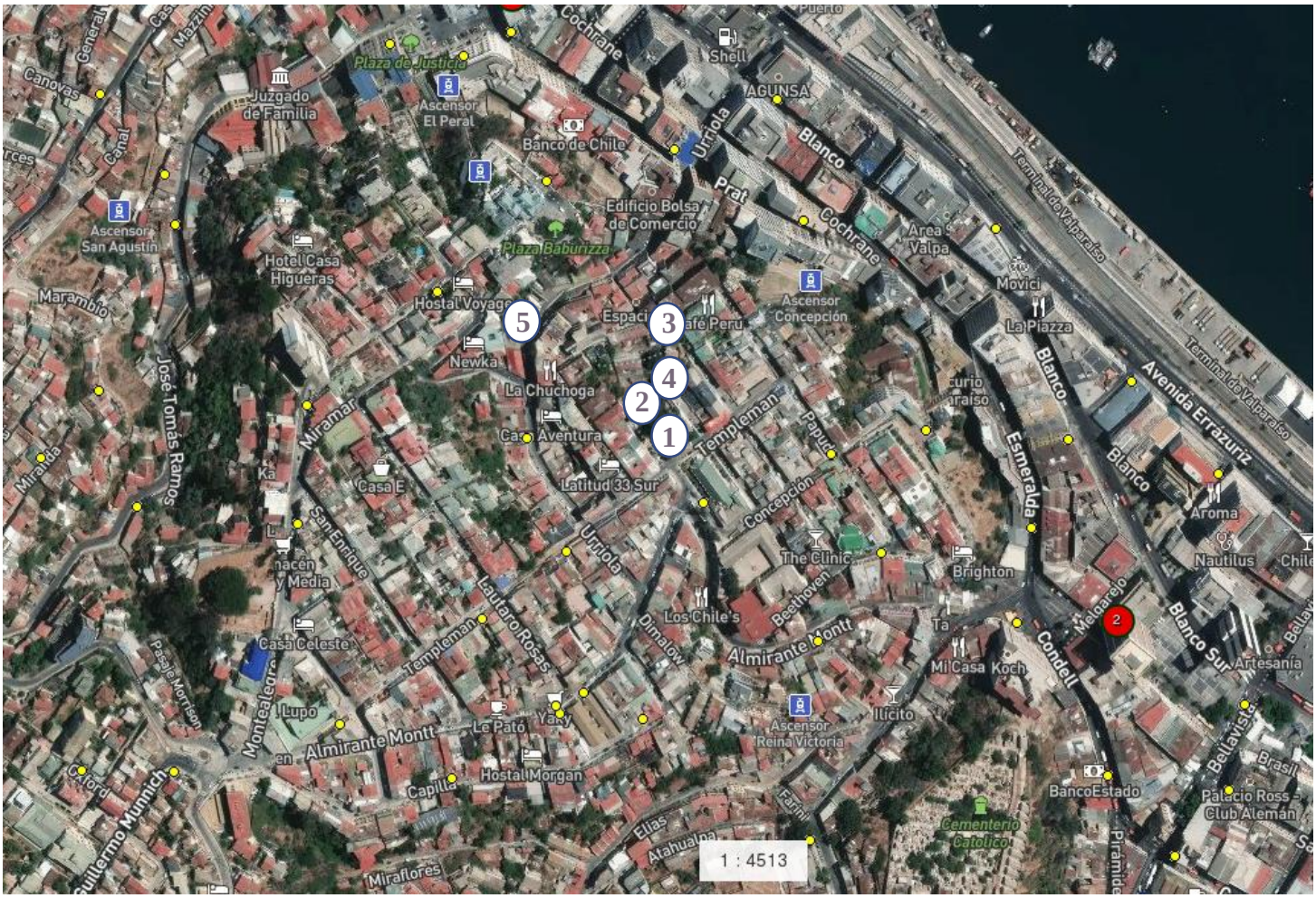
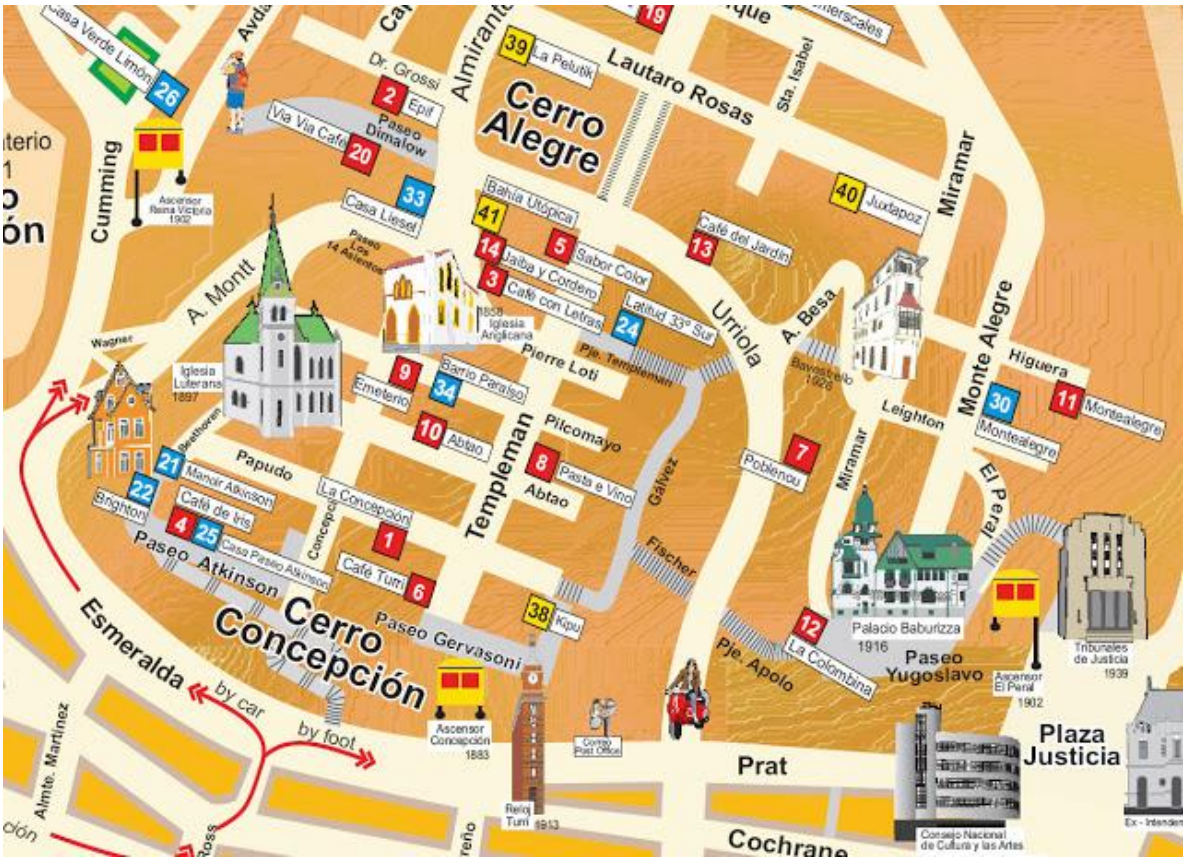



*Imagen satelital del cerro Concepción y alegre. (Bomberos, s.f.)*

Además de observar la densidad habitacional, en esta imagen también se observa que las calles de acceso son estrechas y con curvas cerradas, dificultando aún más la accesibilidad. fotografiado corresponde al pasaje Templeman, paseo Gálvez y pasaje Bavestrello, además de este existen el paseo Atkinson, Gervasoni y Dimalow en la misma área también con dificultad de acceso. Para una comprensión adecuada se presenta el siguiente diagrama de los cerros, con los pasaje , escaleras y puntos de interés representados.




*Detalle de zona a recorrer*

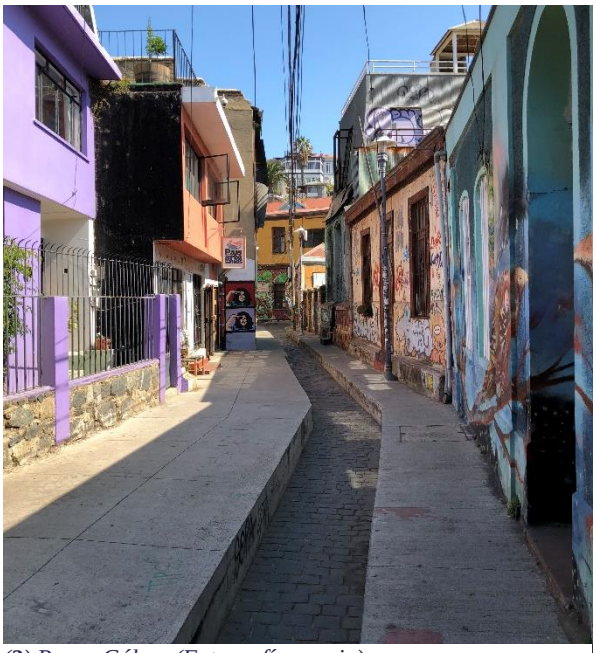
A continuación se muestran la fotografías del recorrido realizado y numerado en los mapas, de manera de comprender como la ciudad se enfrenta a la interacción con la pendiente usando pasajes y distintas cotas de construcción.

*(**1**) Fotografía entrada pasaje Templeman (Fotografía propia)*

En esta fotografía se observa el ancho (2 metros app de calzada con 1 metro app de vereda) del pasaje Templeman, con su entrada (acceso a calle) al fondo. Esta distribución imposibilita la entrada de un carro de bomberos, sin contar con las instalaciones eléctricas y objetos (como la escalera de la foto) que aumentan estas dificultades. También se observa que las casas son pareadas en su mayoría, con fachadas continuas, como ya se había comentado.

*(**2**) Pasaje Templeman (Fotografía propia)*

En esta fotografía se tiene una vista más alejada de la entrada del pasaje, se observa que el pasaje se abre (mayor ancho, 4.5 metros app de calzada más 1 de vereda por lado), las casas siguen siendo pareadas, pero como se observa en el área demarcada en azul, aquellas edificaciones restauradas se les incluyeron cortafuegos. Este pasaje termina en una escalera que desciende hacia el paseo Gálvez que se ve en la siguiente fotografía.



*(**3**) Paseo Gálvez (Fotografía propia)*

Aquí se observa que el paseo Gálvez, que se encuentra bajo el pasaje Templeman tiene menos capacidad de acceso, con veredas y canal para el agua lluvia. Este pasaje tiene solo acceso peatonal a través de escaleras y no tiene grifos.

*IPasaje Pierre Lotti, su final y vista completa*

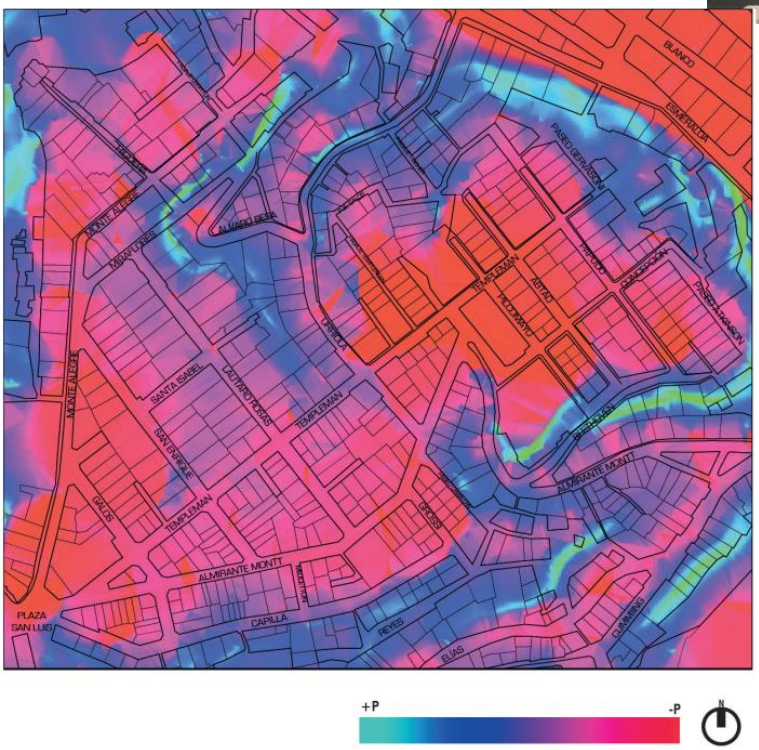



*Diagrama de pendientes de Cerros Alegre y Concepción (Jimenez, 2014)*

Otro pasaje existente en el área es el pasaje Pierre Lotti, que posee casas, por un lado, y al otro se observan las techumbres de las edificaciones que tienen una cota más baja. Este hecho representa otra dificultad usual en los cerros, en donde muchas veces el terreno adyacente tiene otra cota, al igual que la calle y los accesos a vehículos. Por último, el otro elemento que presentaría problemas en cuanto al acceso y a la evacuación es el enrejado de los pasajes, ventanas, puertas, etc.

Este cambio de pendiente queda representado en el diagrama, donde se aprecia la gran dispersión que existe.

*(**5**) Sistema de extinción de incendio en el interior del pasaje Bavestrello*

Por último, se observó en el pasaje Bavestrello (5 en plano), recientemente restaurado, que se puede solucionar la falta de acceso con redes propias (como en la foto) para el combate del incendio.

## Anexo 6: Análisis de sensibilidad.

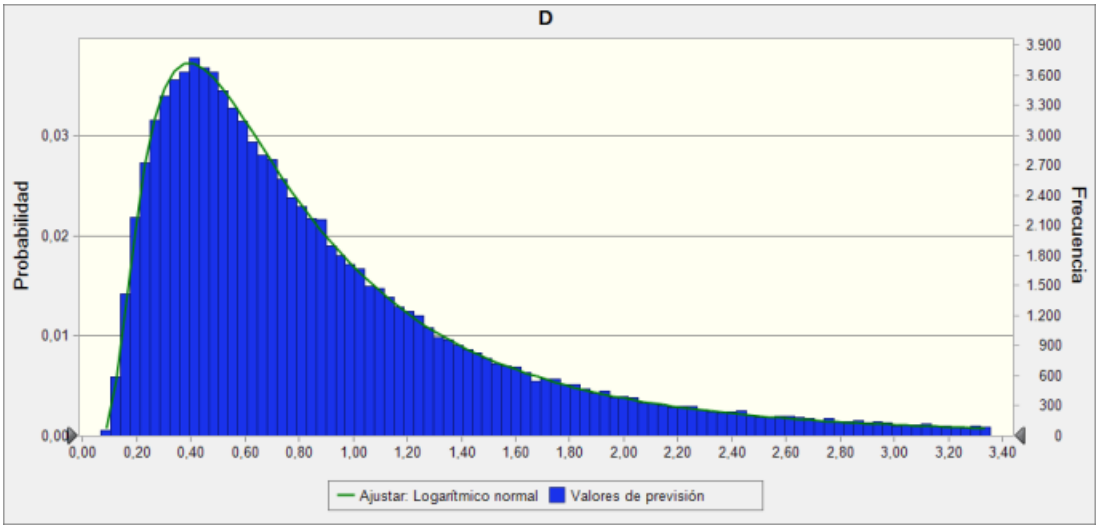
*Simulación del elemento D, Nivel de protección*

D: Nivel de protección para bienes

Para obtener el nivel de protección para los bienes se multiplican los factores W, N, S, F. Para la simulación se ingresan todos los factores relacionados con el elemento D por lo que la sensibilidad de aquellos que no participan en la ecuación particular serán 0%

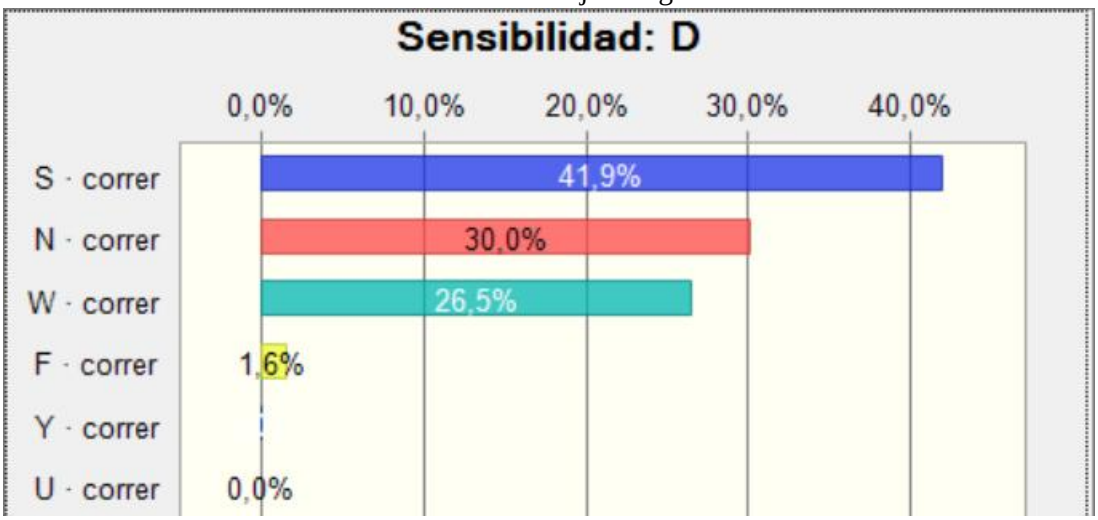
El resultado de la simulación es el siguiente:

| Elemento | Distribución | Mínimo | Máximo | Ubicación | Media | Desviación estándar |
|---|---|---|---|---|---|---|
| D | Log-Normal | 0.07 | 14.74 | 0.05 | 0.98 | 0.90 |




*Gráficos 1: Simulación elemento D y ajuste distribución Log-normal*

La distribución log-normal es congruente con el comportamiento del elemento, el máximo en la realidad es más acotado por la imposibilidad de suceder todos los casos más favorables instantáneamente. El análisis de sensibilidad arroja lo siguiente:




*Gráficos 2: Sensibilidad elemento D*

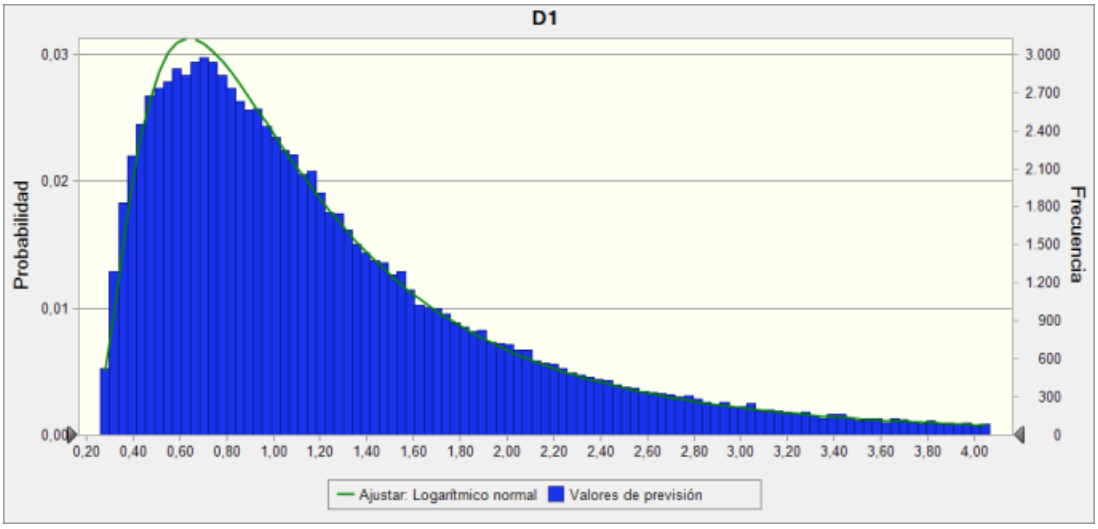
Se observa que las medidas especiales son las más influyentes en el elemento, seguidas de cerca por las medidas normales, esto se debe a que son estas medidas en concreto las que sirven para

extinguir al fuego, en cambio los otros dos factores son facilitadores de la labor de extinguir incendios, pero por si solos no lo terminan.

D1: Nivel de protección para personas

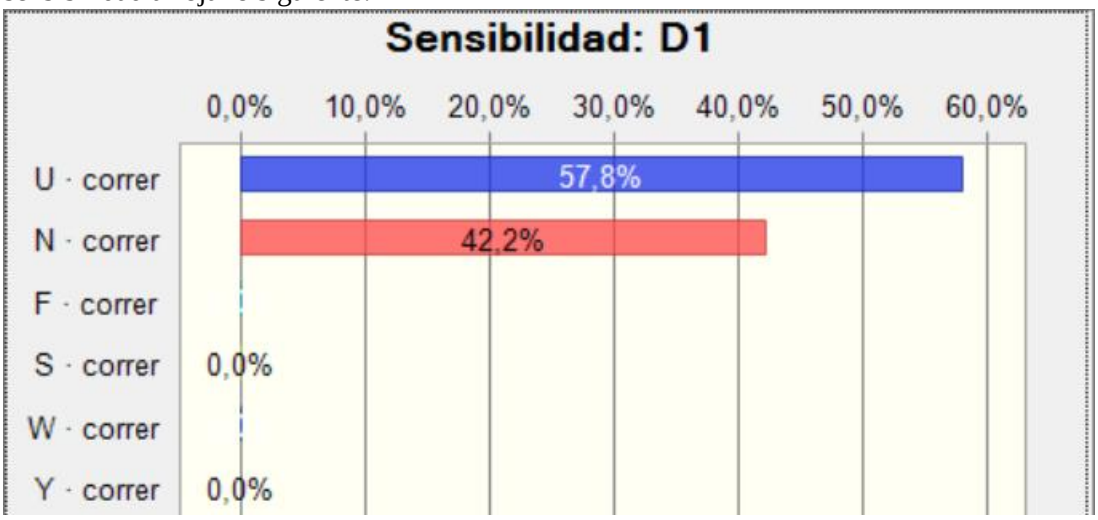
Para este elemento se multiplican los factores N y U. Se utiliza solo las medidas normales porque el caso más desfavorable para las personas es el inicio de un incendio y en ese caso las medidas especiales no son utilizadas. Los resultados de la simulación son los siguientes:

| Elemento | Distribución | Mínimo | Máximo | Ubicación | Media | Desviación estándar |
|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | Log-Normal | 0.26 | 18.4 | 0.18 | 1.34 | 1.07 |




*Gráficos 3: Simulación elemento D1 y ajuste a distribución Log-normal*

Tal como el elemento D, D1 distribuye congruentemente en log-normal. El análisis de sensibilidad arroja lo siguiente:



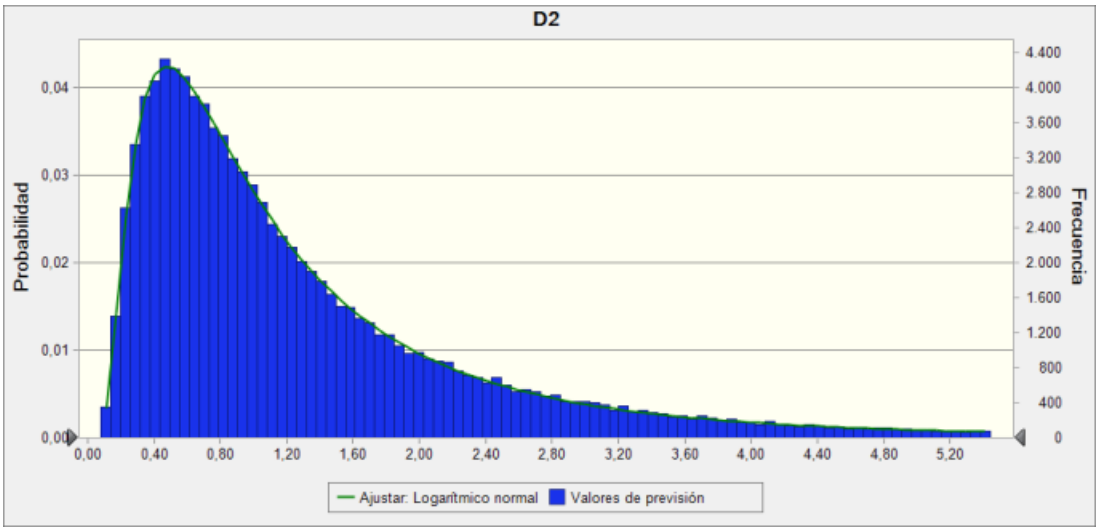

*Gráficos 4: Sensibilidad de elemento D1*

En este caso solo dos factores están involucrados en el elemento, el factor de las rutas de escape (U), y el factor de las medidas normales (N). El factor U es el más importante para este elemento, dado que representa el medio principal por el que las personas se resguardan, siendo ayudados por las medidas normales.

D2: Nivel de protección para actividades

Para este último elemento del nivel de protección se utilizan los factores W, N, S, Y multiplicados entre sí. En este elemento no se utiliza la resistencia al fuego de los materiales porque el fuego puede destruir los objetos presentes en el inmueble y con ello destruir lo necesario para reanudar la actividad, y esos objetos no están evaluados en el factor de resistencia. Los resultaos de la simulación son:

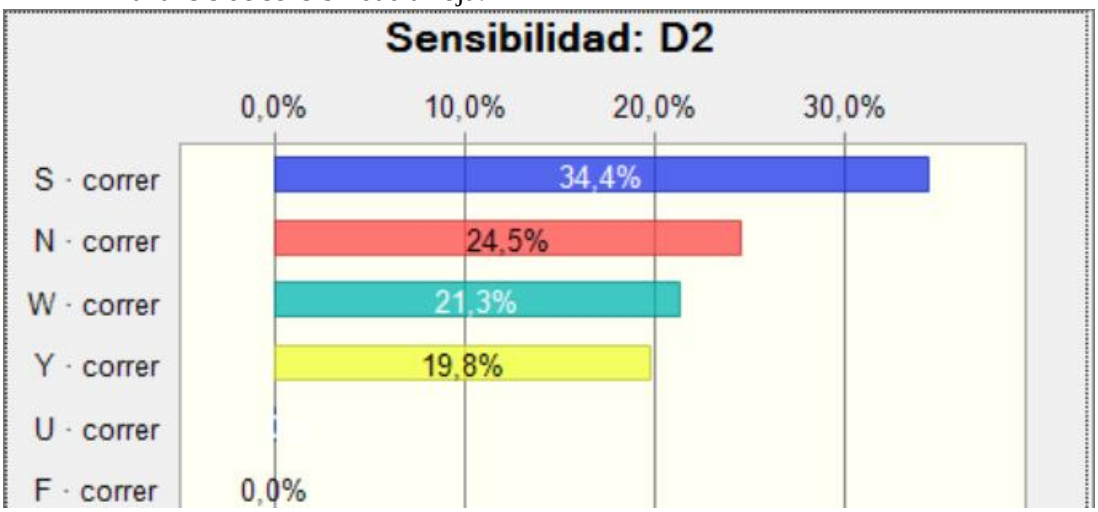
| Elemento | Distribución | Mínimo | Máximo | Ubicación | Media | Desviación estándar |
|---|---|---|---|---|---|---|
| D2 | Log-Normal | 0.08 | 32.6 | 0.06 | 1.43 | 1.50 |




*Gráficos 5: Simulación elemento D2 y ajuste a distribución Log-normal*

Siendo coherentes con los otros elementos D estudiados, D2 distribuye como Log-normal. Su máximo, al igual que D está sobreestimado por la casi nula posibilidad de que se cumplan todas las variables de seguridad simultáneamente.

El análisis de sensibilidad arroja:




*Gráficos 6: Sensibilidad elemento D2*

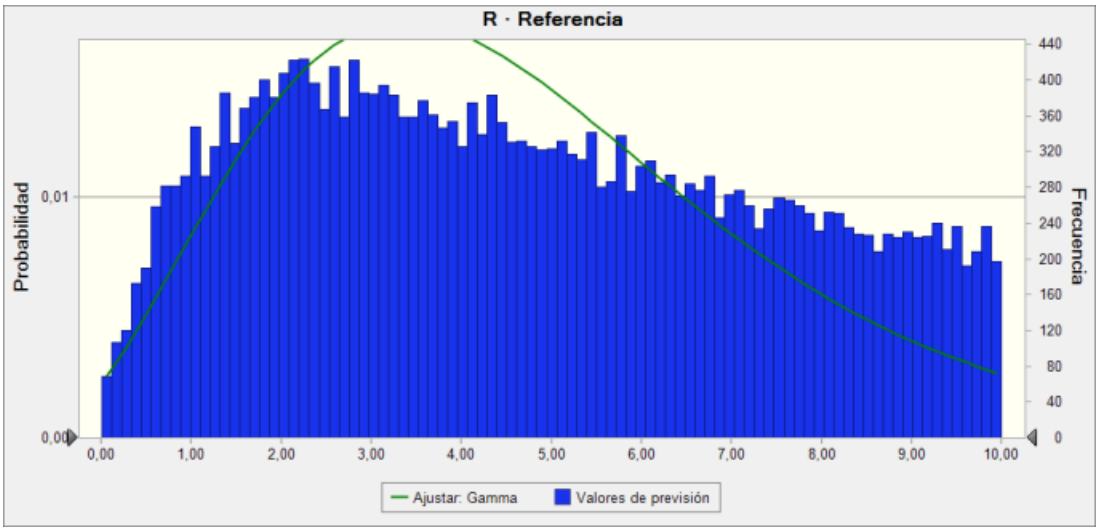
Al igual que D, D2 también tiene más sensibilidad a las medidas especiales y normales que a los otros dos factores que lo conforman, esto por el mismo razonamiento.

### Análisis de sensibilidad del riesgo

*Riesgo para los bienes R*

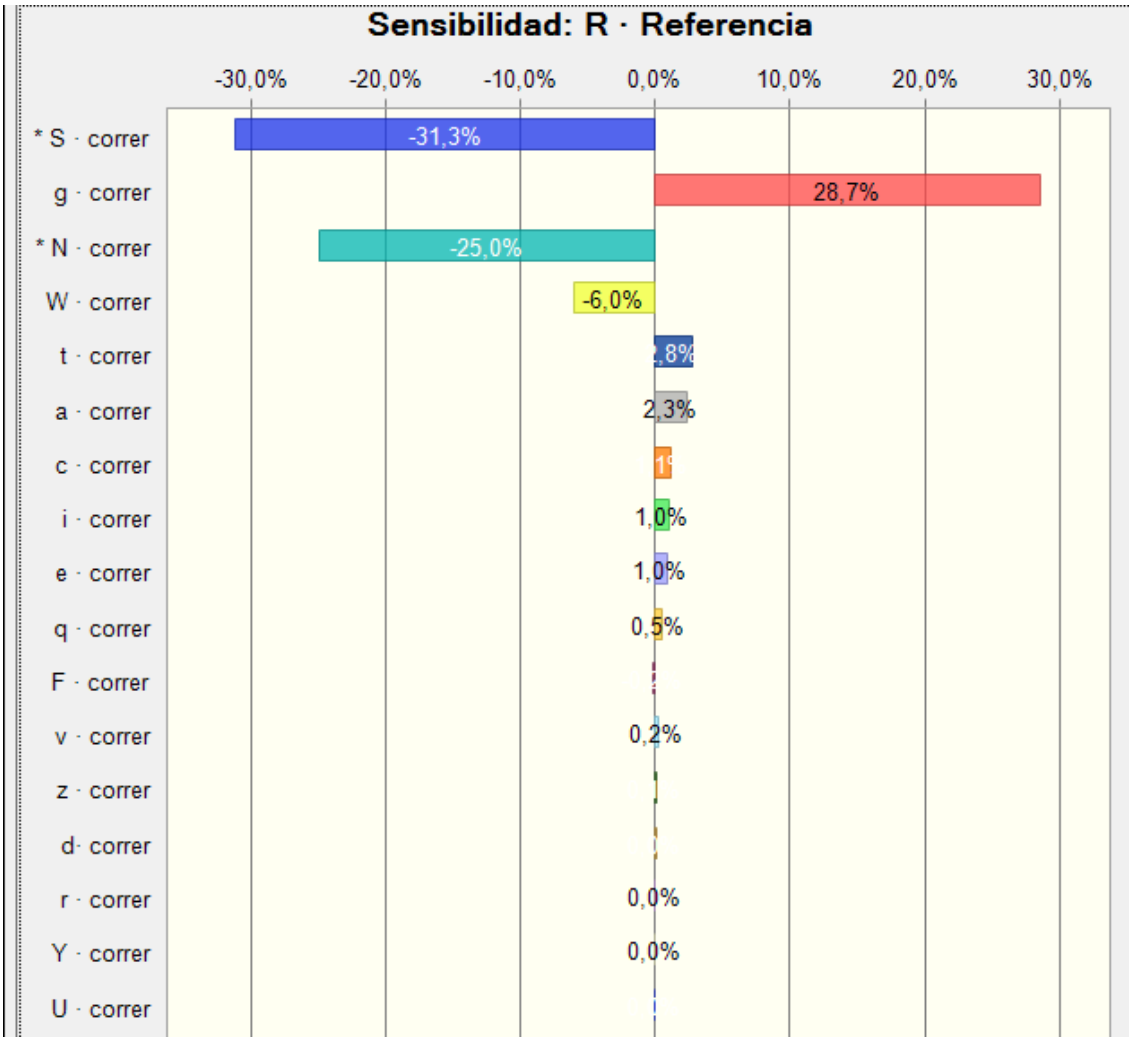
El valor de riesgo va teóricamente desde 0.05 a 10, pero un valor mayor a 2 significa que el compartimiento será destruido completamente. Para la simulación, se utilizan los elementos P, A, D los cuales representan el riesgo potencial, el riesgo aceptable y el nivel de protección para los bienes respectivamente.

| | Distribución | Mínimo | Máximo | Ubicación | Escala | Forma |
|---|---|---|---|---|---|---|
| R | Gamma | 0.01 | 10 | -1.18 | 1.36 | 4.35289 |




*Gráficos 7: Simulación R y ajuste a distribución Gamma*

La distribución resultante de la simulación para el valor R es gamma con una probabilidad alta de tener valores mayores a 2. Posiblemente esto se deba al gran rango de valores que poseen algunas variables. En caso de poseer más datos reales de la situación, se deberá considerar volver a correr la simulación desde el nivel de las variables. Finalmente, lo importante de la simulación es el análisis de sensibilidad del valor de riesgo R.



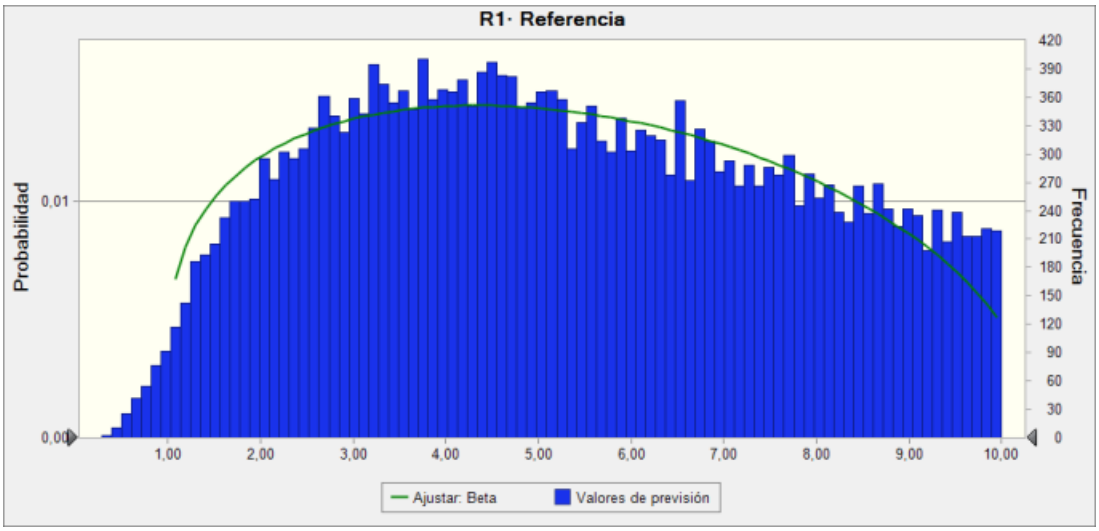

*Gráficos 8: Sensibilidad R*

El análisis de sensibilidad arroja 3 factores de gran importancia, el factor de g que influye positivamente (aumenta el riesgo), y los factores N y S de medidas de seguridad influyen negativamente (disminuyendo el riesgo). De esta manera con compartimientos grandes se debe paliar sus efectos con medidas de seguridad.

### *Riesgo para las personas R1*

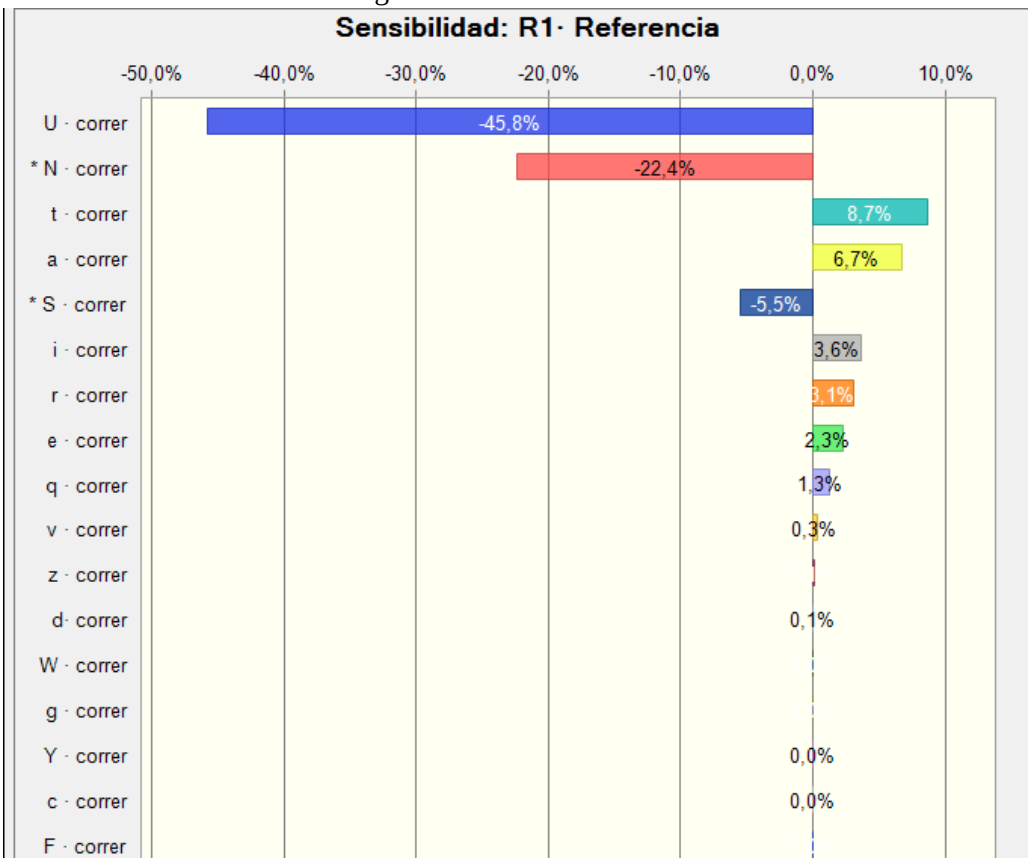
El valor de riesgo va teóricamente desde 0.05 a 10, y al igual que el valor R un valor mayor a 2 es catastrófico. Para la simulación, se utilizan los elementos P1, A1, D1 los cuales representan el riesgo potencial, el riesgo aceptable y el nivel de protección para las personas respectivamente.

| | Distribución | Mínimo | Máximo | Alfa | Beta |
|---|---|---|---|---|---|
| R1 | Beta | 0.97 | 10.42 | 1.27874 | 1.50243 |




*Gráficos 9: Simulación R1 y ajuste distribución Beta*

La distribución resultante de la simulación para el valor R1 es Beta con una probabilidad alta de tener valores mayores a 2. Esto seguramente posee la misma explicación que el valor R. En caso de poseer más datos reales de la situación, se deberá considerar volver a correr la simulación desde el nivel de las variables. Finalmente, al igual que en R, lo importante de la simulación es el análisis de sensibilidad del valor de riesgo R1.



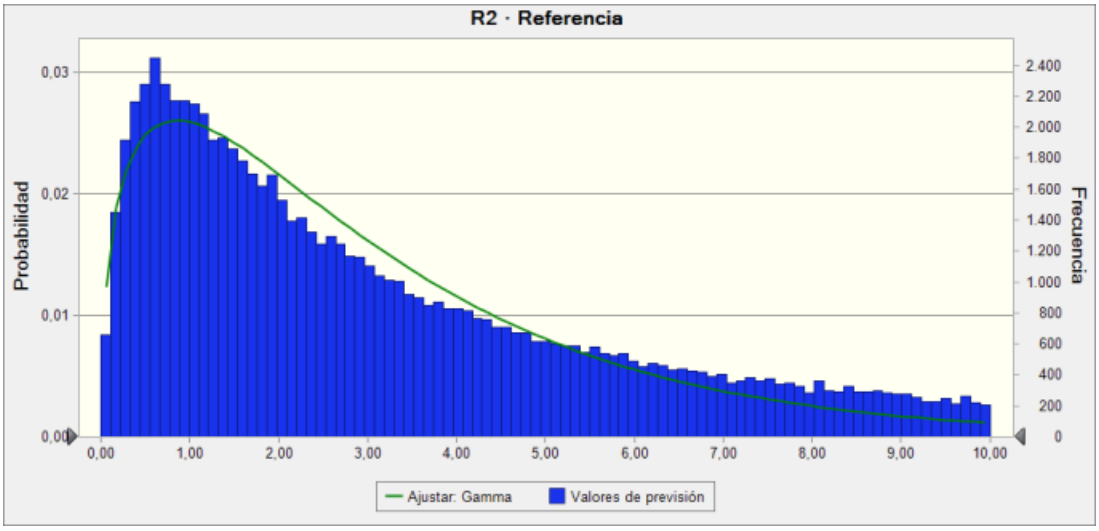

*Gráficos 10: Sensibilidad R1*

El análisis de sensibilidad arroja 2 factores de gran importancia, los factores N y U de medidas de seguridad influyen negativamente (disminuyendo el riesgo). Esto debido a que, en especial U, son el principal resguardo para asegurar la vida de las personas.

### *Riesgo para la actividad R2*

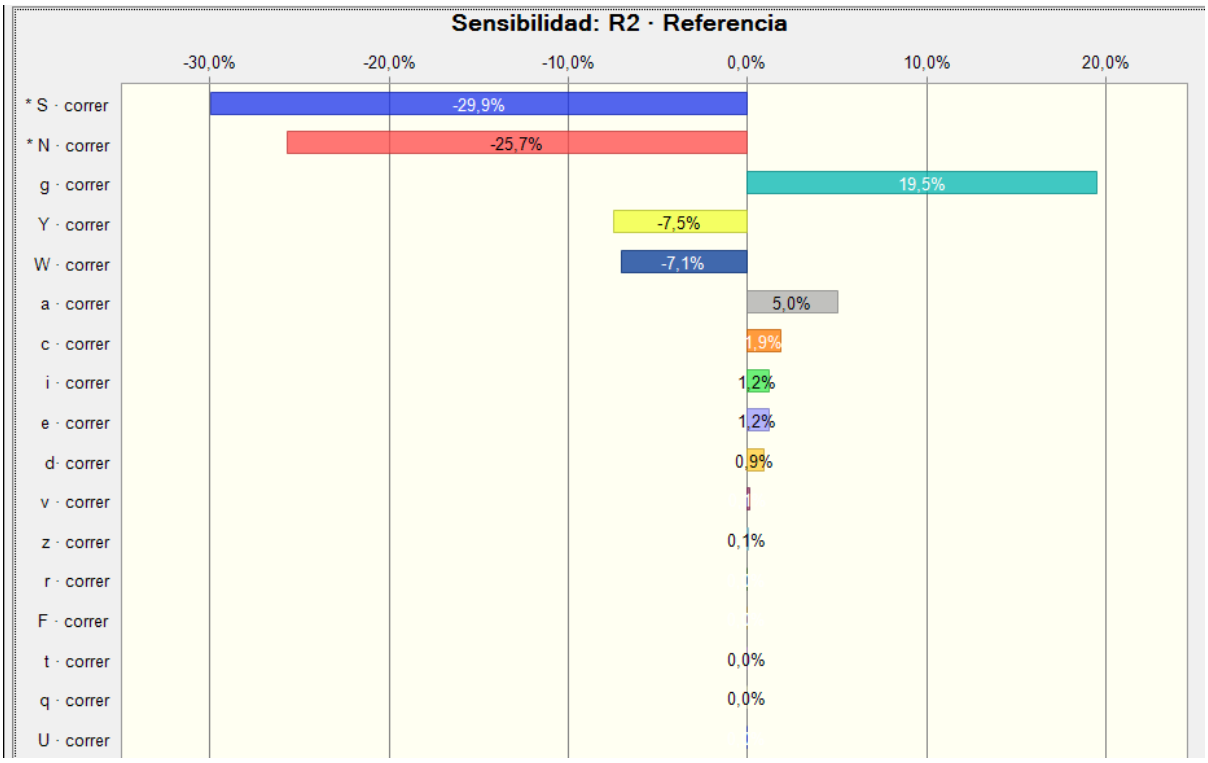
El valor de riesgo va teóricamente desde 0.05 a 10, y al igual que el valor R un valor mayor a 2 es catastrófico. Para la simulación, se utilizan los elementos P2, A2, D2 los cuales representan el riesgo potencial, el riesgo aceptable y el nivel de protección para la actividad respectivamente.

| | Distribución | Mínimo | Máximo | Ubicación | Escala | Forma |
|---|---|---|---|---|---|---|
| R2 | Gamma | 0.01 | 10 | 0.0 | 2.25 | 1.37784 |




*Gráficos 11: Simulación R2 y ajuste a distribución Beta*

La distribución resultante de la simulación para el valor R2 es Beta, está a diferencia del valor R y R1, posee las probabilidades más altas para valores bajo 2 siendo coherente con lo que se espera. Aun así, se deberá correr de nuevo en caso de poseer más datos. Finalmente, al igual que en R, lo importante de la simulación es el análisis de sensibilidad del valor de riesgo R2.



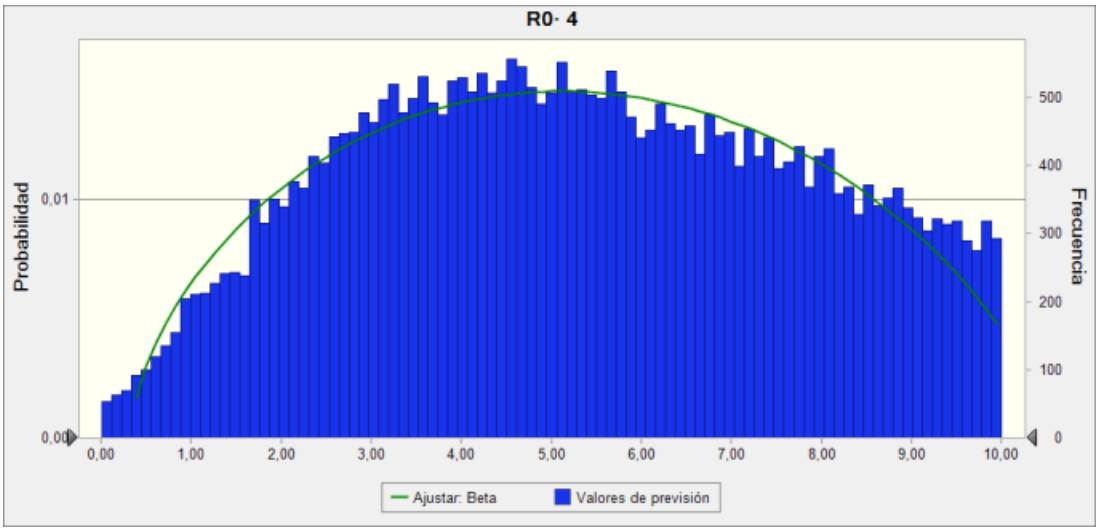

*Gráficos 12: Sensibilidad R2*

El análisis de sensibilidad arroja 3 factores de gran importancia, el factor de g que influye positivamente (aumenta el riesgo), y los factores N y S de medidas de seguridad influyen negativamente (disminuyendo el riesgo). De esta manera con compartimientos grandes se debe paliar sus efectos con medidas de seguridad.

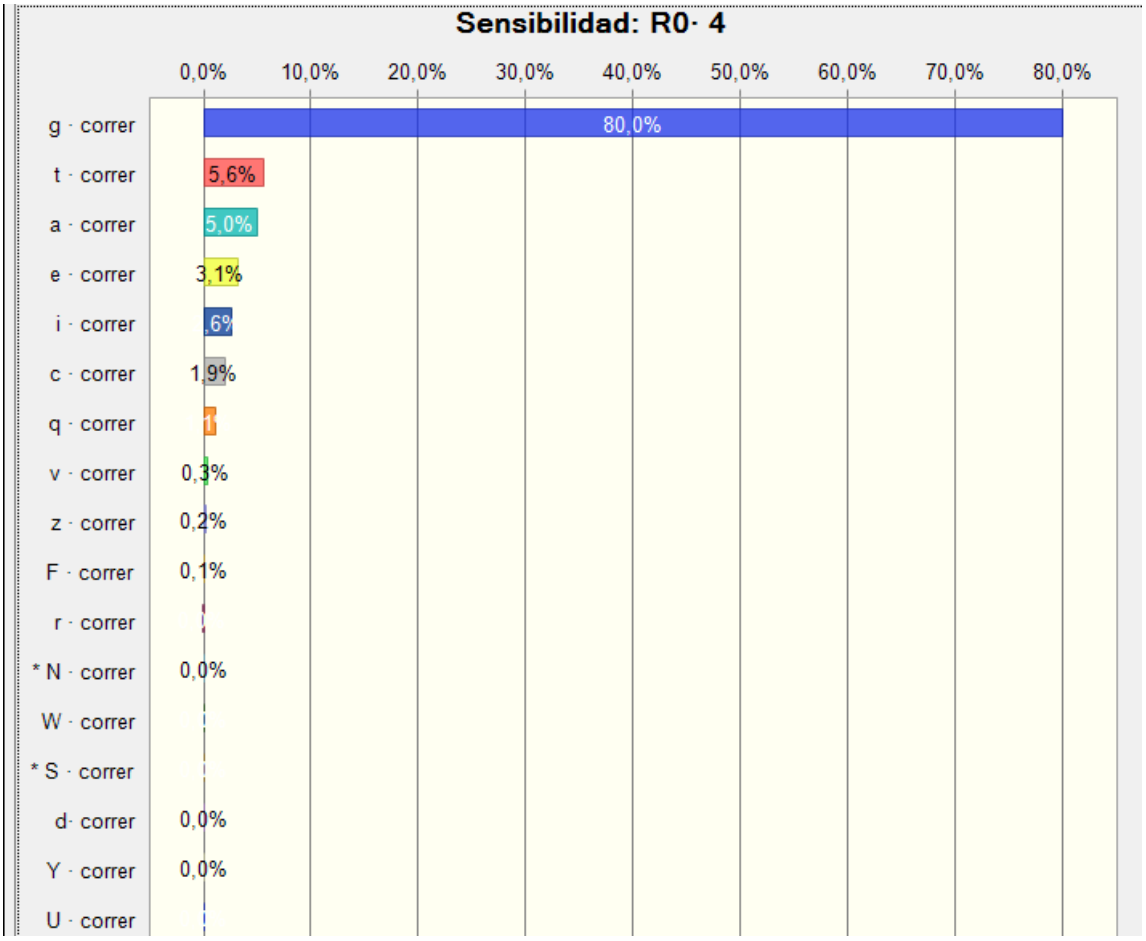
## *Riesgo inicial R0*

R0 es el riesgo inicial que utiliza los elementos P, A, F0, este riesgo muestra que tan alto es el riesgo sin ninguna medida de protección, por eso usa F0, que se basa en la variable $f_s$ de resistencia estructural. Con este valor se puede conocer de antemano la necesidad colocar medidas de protección.

| | Distribución | Mínimo | Máximo | Alfa | Beta |
|---|---|---|---|---|---|
| R0 | Beta | 0.32 | 10.52 | 1.61198 | 1.6877 |




*Gráficos 13: Simulación valor R0 y ajuste a distribución Gamma*




*Gráficos 14: Sensibilidad R0*