



Incendio Urbano



CENEPRED

Centro Nacional de Estimación, Prevención y
Reducción del Riesgo de Desastres



MUNICIPALIDAD DE
LIMA

ESCENARIO DE RIESGO POR INCENDIO URBANO DEL CERCADO DE LIMA

Diciembre 2020



ESCENARIO DE RIESGO POR INCENDIO URBANO DEL CERCADO DE LIMA.

Elaborado por el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED) & la Municipalidad Metropolitana de Lima

Equipo Técnico del CENEPRED:

Ing. Juvenal Medina Rengifo
Jefe del CENEPRED

Arq. Guadalupe Masana García
Directora de la Dirección de Gestión de Procesos

Ing. Alfredo Zambrano Gonzáles
Subdirector de Gestión de la Información

Especialistas de la Subdirección de Gestión de la Información:
Bach. Ing. Karina Obregón Acevedo
Ing. José Epiquién Rivera

Equipo Técnico de la de la Municipalidad Metropolitana de Lima:

Arq. Zara Santillán Tafur
Gerente de Gestión del Riesgo de Desastres

Lic. Victoria Villarrubia La Plata
Subgerente de Estimación, Prevención, Reducción y Reconstrucción

Especialistas de la Subgerencia de Estimación, Prevención, Reducción y Reconstrucción:
Ing. Lander Manuel Gutiérrez Romero
Geog. Jhon Kevin Chávez Rojas
Ing. Marilia Benavides Carranza
Ing. José Montoya Delgado
Bach. Ing. Christian Ayala Jesús



CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	4
2. OBJETIVO DEL ESTUDIO.....	5
2.1 General	5
2.2 Específicos	5
3. FINALIDAD DEL ESTUDIO.....	5
4. INCENDIOS URBANOS: ASPECTOS GENERALES.....	5
4.1 Definición.....	5
4.2 Dinámica del fuego.....	6
4.3 Registros de incendios urbanos (1993 - 2018)	7
5. METODOLOGÍA	10
6. ELABORACIÓN DEL ESCENARIO DE RIESGO POR INCENDIOS URBANOS	12
6.1 Recopilación de información.....	12
6.2 Análisis de susceptibilidad a incendios urbanos	13
6.3 IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS	25
6.4 DETERMINACIÓN DEL ESCENARIO DE RIESGO POR INCENDIOS URBANOS.....	28
7. CONCLUSIONES	32
8. RECOMENDACIONES.....	32
9. BIBLIOGRAFÍA.....	34



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Reportes de Emergencia por incendios urbanos e industriales en Lima Metropolitana	8
Tabla 2. Cantidad de lotes, según el número de pisos de la edificación	16
Tabla 3. Resistencia de la edificación según el material constructivo	17
Tabla 4. Cantidad de lotes, según el área construida de la edificación	20
Tabla 5. Distancia de los lotes a las estaciones de bomberos	22
Tabla 6. Tabla de valores según la densidad de incendios registrados	25
Tabla 7. Cargas combustibles Media, según el uso general del lote	27
Tabla 8. Rangos según el nivel de riesgo	28
Tabla 9. Lotes del Cercado de Lima según el nivel de riesgo por incendios urbanos	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema del Triángulo de Fuego	6
Figura 2. Metodología para la elaboración del escenario de riesgo por Incendios urbanos	11
Figura 3. Modelamiento aplicado en la elaboración del escenario de riesgo por incendios urbanos ..	12
Figura 4. Mapa de lotes según el número de pisos de las edificaciones	16
Figura 5. Mapa de lotes según el material de construcción de la edificación	18
Figura 6. Mapa de lotes según el área construida	19
Figura 7. Mapa de isócronas de distancia (m) a las estaciones de bomberos	21
Figura 8. Mapa de lotes según la distancia de los lotes a las estaciones de bomberos	22
Figura 9. Mapa de registro histórico de incendios en el Cercado de Lima	23
Figura 10. Mapa de densidad de incendios en el Cercado de Lima	24
Figura 11. Elementos expuestos a incendios urbanos	25
Figura 12. Mapa de zonificación de uso general del lote	26
Figura 13. Mapa de zonificación según la Cargas Combustibles Media (CCM), a nivel de lote	28
Figura 14. Mapa del escenario de riesgo por incendios urbanos del Cercado de Lima	30



1. INTRODUCCIÓN

Lima Metropolitana está expuesta a la ocurrencia de incendios urbanos que a lo largo de su historia han provocado numerables daños y pérdidas, considerándose por lo tanto como un peligro potencial en su ámbito geográfico.

En Lima Metropolitana, las estadísticas indican que la ocurrencia de incendios urbanos son inducidos por la acción humana o están relacionados con la tecnología, que por lo general los incendios ocasionan lesiones, pérdida de vidas humanas, daños materiales, interrupción de los procesos de producción y deterioro del ambiente.

El CENEPRED en el marco de la Ley del SINAGERD y su reglamento, ha elaborado el documento “Escenario de Riesgo por Incendios Urbanos del Cercado de Lima”, el cual ha contado con la participación de la Municipalidad Metropolitana de Lima, a través de la Subgerencia de Estimación, Prevención, Reducción y Reconstrucción, de la Gerencia de Gestión de Riesgos de Desastres, de la Municipalidad Metropolitana de Lima.

En el presente documento “Escenario de Riesgo por Incendios Urbanos del Cercado de Lima”, está conformado por mapas temáticos correspondientes a los factores condicionantes y desencadenantes para el modelamiento de las áreas susceptibles a la ocurrencia de incendios urbanos. Asimismo, se ha realizado la identificación de los elementos expuestos, el cual ha permitido estimar los niveles de riesgo a una escala de detalle.

Este documento será de utilidad como un instrumento de valoración para la toma de decisiones en caso de ocurrencia de un incendio urbano, y a la vez ayudará en la planificación de medidas de intervención a través del Plan de Prevención y Reducción del Riesgos y otros instrumentos de gestión.



2. OBJETIVO DEL ESTUDIO

2.1 General

Desarrollar el escenario de riesgo por incendios urbanos en el distrito de Lima, provincia y departamento de Lima.

2.2 Específicos

- Contar con el mapa de susceptibilidad a incendios urbanos, de acuerdo a los factores condicionantes y el factor desencadenante.
- Identificar los elementos expuestos a la posible ocurrencia de incendios urbanos.
- Determinar los riesgos a nivel de exposición ante la ocurrencia de incendios urbanos-

3. FINALIDAD DEL ESTUDIO

Contar con una herramienta técnica de apoyo basado en información georreferenciada de detalle, orientado a la toma de decisión sobre la gestión del riesgo frente a la ocurrencia de incendios urbanos para la ejecución de intervenciones de prevención y reducción de riesgos mediante el Plan de Prevención y Reducción de Riesgos de Desastres.

4. INCENDIOS URBANOS: ASPECTOS GENERALES

4.1 Definición

Dougal Drysdale, experto en seguridad contra incendios, define un incendio como la manifestación de una combustión incontrolada en la que intervienen materiales combustibles que forman parte de las edificaciones o una gama de gases, líquidos y sólidos que se utilizan en la industria y el comercio. Estos materiales combustibles, en determinadas condiciones, pueden entrar en combustión si se les aplica una fuente de ignición capaz de iniciar una reacción en cadena, durante este proceso el material combustible reacciona con el oxígeno del aire liberando energía (calor), y generando productos de combustión, algunos de los cuales pueden ser tóxicos (Figura 1).



Figura 1. Esquema del Triángulo de Fuego



Fuente: CENEPRED

4.2 Dinámica del fuego

En un incendio que se desarrolla en un espacio libre o muy ventilado, el calor, los gases y humos de la combustión se difunden en la atmósfera. Pero si el incendio transcurre en un espacio cerrado, los gases y humos generados se acumulan en dicho espacio y el calor se transmite a los parámetros que lo delimitan.

Cuando se origina el incendio en este espacio cerrado, en la primera fase, la combustión cuenta con suficiente comburente (oxígeno generalmente) y se desarrolla con normalidad. A medida que se desarrolla el incendio, el fuego se propagara en dos direcciones: siguiendo la distribución espacial del combustible (por convección o conducción) y en sentido ascendente debido al calor de los gases calientes dada su menor densidad con respecto al aire (transmisión por radiación).

En una segunda fase, según va evolucionado el incendio, el fuego afecta a una mayor superficie, con lo que el calor que se transmite por convección aumenta en el recinto, disminuyendo la cantidad de calor que se transmite por radiación. El balance entre el comburente que se consume por el fuego y el que entra en el recinto es negativo por ser un espacio cerrado o confinado (el único aporte de comburente se hace a través de pequeñas aberturas o rendijas).

Ello se traduce en que la combustión, al enrarecerse el ambiente, se hace más incompleta, por lo que se generan más llamas y humo, formándose una mayor cantidad de gases procedentes de la mala combustión. Estos gases se van acumulando y distribuyendo bajo el techo del recinto, no pudiendo escaparse o difundirse en la atmósfera por estar confinados.



Llega un momento en que en el espacio confinado se alcanza la temperatura de ignición de todos los combustibles presentes, con lo que el incendio súbitamente se generaliza en todo el recinto, dando lugar a lo que se conoce como flashover. Dentro de la dinámica del fuego se define el flashover como el momento en que el fuego que está centrado en los alrededores del origen del incendio se generaliza súbitamente en todos los elementos combustibles presentes.

Cuando ocurre el flashover, la ignición súbita de todo el recinto genera una gran sobrepresión, que se traduce en una expansión de los gases generados que arrastra consigo la nube de humo formada. Este humo todavía contiene gases inflamables, que si antes no han ardido por falta de comburente, ahora van ardiendo a medida que avanza el frente de onda. La elevada temperatura de los gases y el nuevo frente de combustión producen la “bola de fuego” que se propagará hasta llegar a un espacio exterior formando lenguas de fuego.

4.3 Registros de incendios urbanos (1993 - 2018)

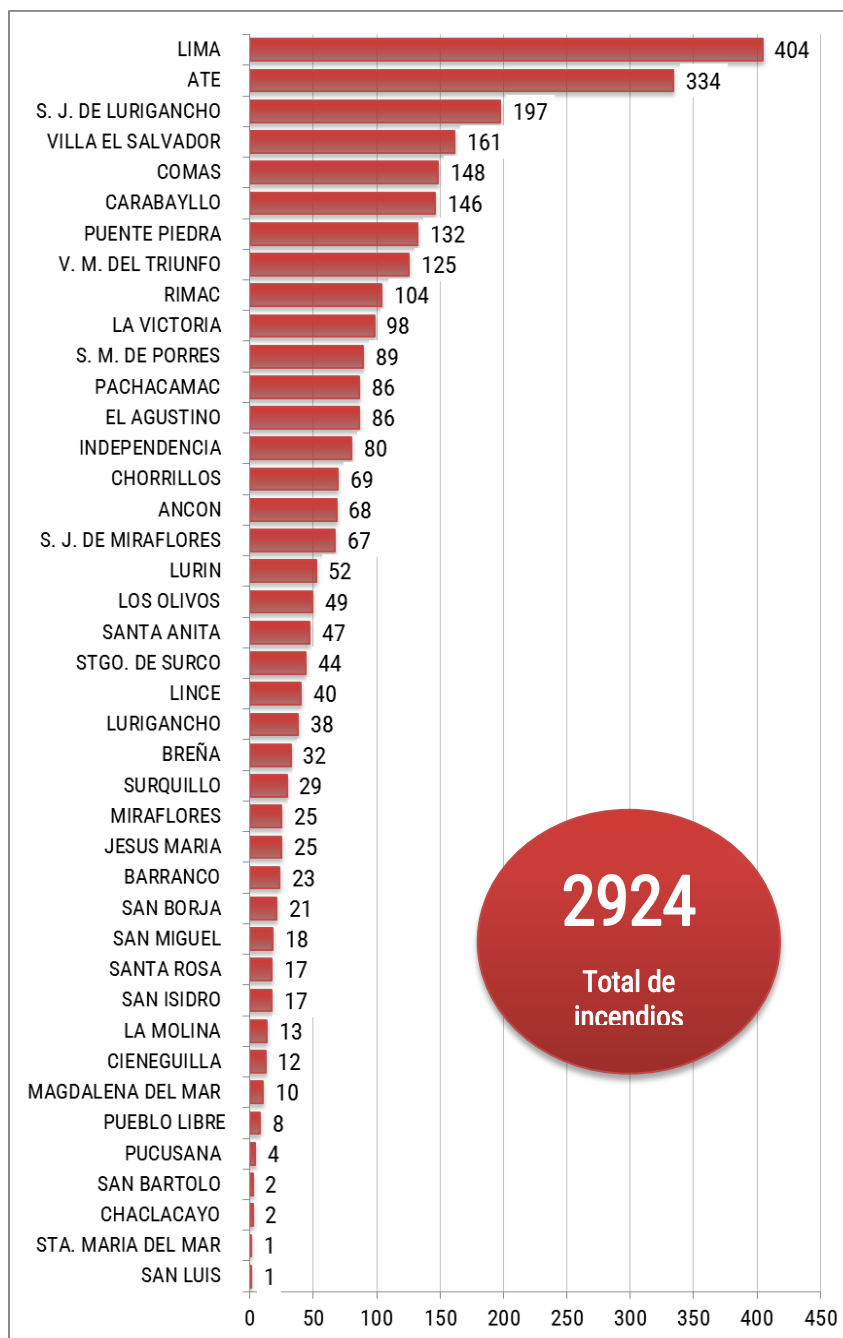
Por lo general los incendios ocasionan lesiones, pérdida de vidas humanas, daños materiales, interrupción de los procesos de producción y deterioro del ambiente.

Según los datos registrados en el Sistema Nacional de Información para la Prevención y Atención de Desastres – SINPAD, la provincia de Lima registró un total de 2.924 reportes durante el periodo de 1993 hasta el 2018, distribuidos en los 43 distritos que la conforman (Tabla 1).

En la Tabla 1 se observa que, el distrito de Lima (Cercado de Lima) registra 404 reportes por incendio urbano, ocupando el primer lugar como el distrito con más incendios urbanos registrados, seguido por el distrito de Ate con 334 reportes.



Tabla 1. Reportes de Emergencia por incendios urbanos e industriales en Lima Metropolitana
Periodo de 1993 hasta el 2018



Fuente: Equipo SEPRR

Para el periodo 2019 – 2020 se ha utilizado la data de registros de incendios de la Subgerencia de Defensa Civil de la GGRD-MML, con un total de 388 incendios en el Cercado de Lima, de los cuales 244 incendios fueron registrados en el 2019 y 144 incendios en el 2020 (hasta el mes de agosto).



Cronología de incendios de gran magnitud en el cercado de lima

De acuerdo a la recopilación de información histórica sobre la ocurrencia de Incendios en el Cercado de Lima, el incendio de mayor impacto fue el ocurrido el 29 de diciembre de 2001 en la zona comercial denominada “Mesa de Redonda”, el cual destruyó cinco galerías comerciales en el cruce de las calles Andahuaylas y Cusco y se extendió velozmente a cuatro manzanas a la redonda¹. Se ha obtenido la siguiente cronología de incendios de grandes proporciones, los cuales son los siguientes:

- El 08 de enero de 1990, se produjo un incendio que afectó un edificio comercial de ocho pisos y se destruyen cincuenta puestos de vendedores ambulantes en los alrededores del Mercado Central.
- El 05 de diciembre de 1991, ocurrió un incendio en el Jr. Andahuaylas, producido por la manipulación de pirotecnia, mueren doce personas y aproximadamente 100 establecimientos comerciales son afectados.
- El 01 de enero de 1993, alrededor de 1500 puestos de venta fueron destruidos por un incendio en el Campo Ferial de Polvos Azules, a pocos metros del Palacio de Gobierno y del Palacio Municipal.
- El 13 de noviembre de 1993, ocurre un incendio en la sexta cuadra del Jr. Cusco, sin víctimas fatales, reduciéndose a cenizas gran cantidad de material pirotécnico y juguetes plásticos.
- El 28 de diciembre de 1998, el fuego producido por la manipulación de un pirotécnico origina un incendio el cual tiene como saldo 7 víctimas mortales.
- El 01 de enero de 2000, se produce un incendio que destruye gran parte de la infraestructura de un almacén de tres pisos de la cuadra 8 del Jr. Miró Quesada, en el Cercado de Lima.
- El 29 de diciembre de 2001, se produjo un incendio en el cruce de las calles Andahuaylas y Cusco en la zona comercial denominada “Mesa Redonda”, en el siniestro fallecieron más de 270 personas entre vendedores, clientes y transeúntes, “, es considerado uno de los mayores incendios contemporáneos.
- El 12 de junio de 2017, se suscitó un incendio de grandes proporciones en la galería “La Cochera” ubicado en el Jr. Andahuaylas 955.

¹ Grandes Incendios Urbanos, Mesa Redonda. Lima 2001. Juan L. Arce-Palomino



- El 22 de junio de 2017, se registró un incendio de grandes proporciones en la zona comercial de la “Las Malvinas”, el incendio se originó en el centro comercial ferretero “JPEG SAC” para luego propagarse al centro comercial “Nicolini”, es considerado uno de los mayores incendios contemporáneos.
- El 15 de diciembre de 2018, se suscitó un incendio de gran magnitud en un edificio de la cuadra 7 del Jr. Cailloma.
- El 30 de Julio de 2020, se suscitó un incendio de gran proporción en la cuadra 9 del Jr. Callao en la zona denominada Monserrat.
- El 10 de octubre de 2020, se produjo un incendio de grandes proporciones en una feria artesanal ubicada en la cuadra 7 de la av. 28 de Julio, que dejó 70 puestos del centro comercial destruidos.

5. METODOLOGÍA

Existen diferentes métodos de evaluación del riesgo de incendio, las cuales son herramientas esenciales en la aplicación de medidas de prevención y reducción de riesgos frente a la probabilidad de ocurrencia de estos eventos peligrosos. Estos métodos pueden coincidir en ciertos aspectos del proceso de evaluación; sin embargo, cada uno de ellos puede hacer énfasis en parámetros diferentes.

Si bien es cierto, el método Meseri podría ser el más ideal para evaluar el riesgo por incendios en áreas urbanas, como es el caso del Cercado de Lima, ya que nos ofrece un procedimiento sencillo y rápido, obteniendo un valor del riesgo global obtenido del cálculo de dos factores cualitativos derivados de las características propias de las instalaciones y los medios de protección.

No obstante, la información disponible no cubrió los requerimientos solicitados por Meseri; por esta razón, el CENEPRED propuso la elaboración de un escenario de riesgos por incendios urbanos basado en el método de análisis jerárquico el cual consiste en la superposición de capas georreferenciada de indicadores (CENEPRED 2014). Este procedimiento implica el análisis cruzado de mapas y operaciones de geoprocursos mediante el análisis SIG utilizando para ello el software ArcGIS, en su versión 10.3.



La metodológica utilizada está compuesta por cuatro etapas, tal como se muestra en la Figura 2.

Figura 2. Metodología para la elaboración del escenario de riesgo por Incendios urbanos



Fuente: CENEPRED

La primera etapa, corresponde a la recopilación de información disponible de fuentes oficiales relacionadas con la temática de incendios urbanos, tales como el Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI, Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI, Subgerencia de Defensa Civil – GGRRD – MML, Instituto Metropolitano de Planificación – IMP y el Instituto Catastral de Lima - ICL. Una vez recopilada la información, fue sistematizada y estandarizada en formato vector, obteniendo de esta manera la información base que sirvió como insumo para la elaboración de los indicadores de evaluación. Cabe precisar que, la unidad de análisis para el presente escenario de riesgo es el lote urbano y el área de estudio es el distrito de Lima (Cercado de Lima).

La segunda etapa, se enfocó en el análisis de susceptibilidad, cuyo propósito es conocer las condiciones que favorecen la predisposición a la ocurrencia de incendios en el área de estudio. Para ello, se determinan los factores condicionantes y desencadenantes del ámbito geográfico respectivo (CENEPRED, 2014).

En la tercera etapa se realizó la identificación y análisis de los elementos expuestos, considerando como los elementos expuestos a los lotes urbanos, los cuales además de contener edificaciones con diferentes usos (viviendas, comercio, industrias, escuelas, hospitales, entre otros), están conformados por un conjunto de personas y patrimonios



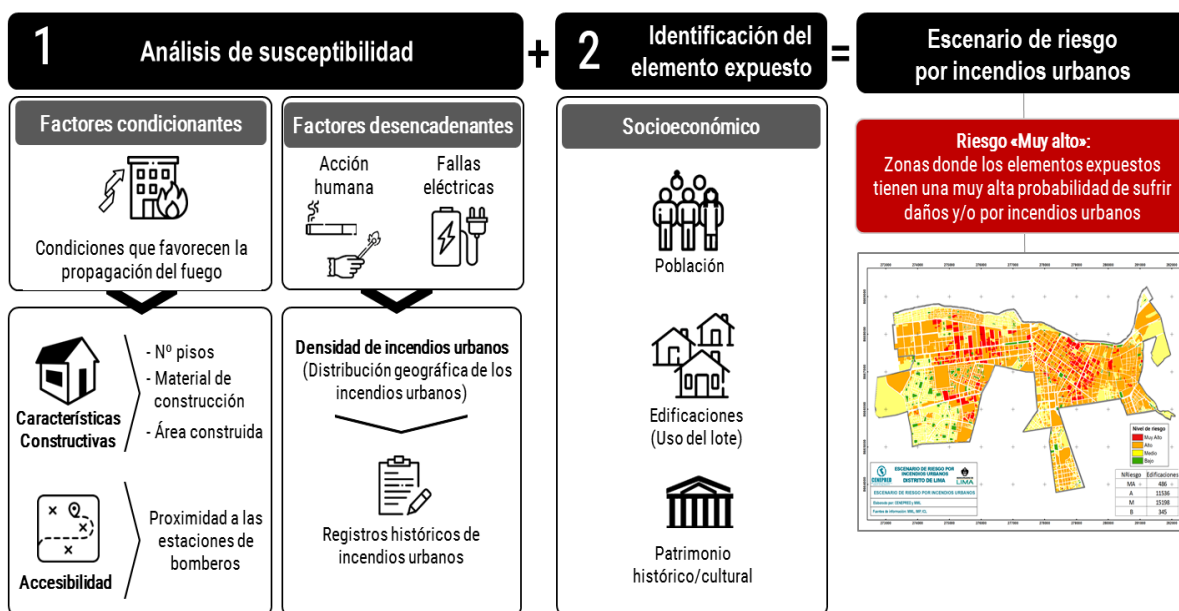
culturales que podrían verse afectados ante la ocurrencia de incendios urbanos, en el ámbito del Cercado de Lima.

Finalmente, en la cuarta etapa se elaboró el mapa del escenario de riesgo por incendios urbanos, mediante la ponderación de los ambos factores: susceptibilidad y exposición.

6. ELABORACIÓN DEL ESCENARIO DE RIESGO POR INCENDIOS URBANOS

La Subdirección de Gestión de Información de la Dirección de Gestión de Procesos del CENEPRED, elaboró el estudio piloto “Escenario de Riesgo por Incendios Urbanos del Cercado de Lima” con la participación de la Subgerencia de Defensa Civil de la Gerencia de Gestión del Riesgo de Desastres de la Municipalidad Metropolitana de Lima. La Figura 3, muestra el modelamiento aplicado en la elaboración del mencionado escenario de riesgo.

Figura 3. Modelamiento aplicado en la elaboración del escenario de riesgo por incendios urbanos



Fuente: CENEPRED

6.1 Recopilación de información

Para la elaboración del escenario de riesgos por incendios urbanos del Cercado de Lima se utilizó la siguiente información:



- Registro histórico de los reportes de emergencias relacionados a incendios urbanos en el Cercado de Lima obtenido del Sistema Nacional de Información para la Prevención y Atención de Desastres – SINPAD, correspondiente al periodo 2003 – 2018.
- Registro de los reportes de emergencia de incendios urbanos en el Cercado de Lima, elaborado por la Subgerencia de Defensa Civil de la Gerencia de Gestión del Riesgo de Desastres de la Municipalidad Metropolitana de Lima, del periodo 2019 – 2020.
- Mapa de zonificación de los usos de suelo del Cercado de Lima y Centro Histórico aprobado mediante la Ordenanza N° 893 MML del 2005, elaborado por el IMP en el 2005.
- Base gráfica de lotes y edificaciones, elaborado por el ICL.
- Instituciones educativas (2019), del Ministerio de Educación – MINEDU
- Centros de salud (2019), del Ministerio de salud – MINSA
- Información de población y vivienda a nivel de manzana censal con datos obtenidos del XII Censo de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas, realizado por INEI en el 2017.
- Redes de gas natural del Cercado de Lima de Calidda, actualizado a octubre de 2020.

6.2 Análisis de susceptibilidad a incendios urbanos

Este ítem describe el análisis de susceptibilidad a la ocurrencia de incendios en el área de estudio. La zonificación de la susceptibilidad se ha clasificado en cuatro niveles: muy alto, alto, medio y bajo, donde el nivel alcanzado dependerá de los factores condicionantes y desencadenantes presentes en su ámbito geográfico.

6.2.1 Factores condicionantes

Del registro de grandes incendios ocurridos en el Cercado de Lima, se puede observar que se distribuyen predominantemente en las zonas comerciales del Centro Histórico de Lima, en donde se conjuga una serie de características del área de estudio que influyen en la generación y propagación de los incendios urbanos en el Cercado de Lima², tales como:

² Adaptado por la MML de “Crónica de un Incendio Urbano: Mesa Redonda”, Ministerio de Salud 2005



- Alta concentración de centros comerciales, mercados, restaurantes, vendedores ambulantes formales e informales con predominancia de los informales.
- Presencia de locales comerciales que funcionan en casonas coloniales y republicanas construidas con materiales como la quincha, madera y adobe.
- Calles estrechas y muy tugurizadas por el comercio formal e informal, transeúntes y vehículos, esto dificulta grandemente el acceso de vehículos de ayuda como bomberos y ambulancias en caso de emergencias.

De lo antes mencionado, se precisa que dicha información disponible no reunió una base gráfica georreferenciada completa del área de estudio.

Sin embargo, existen otros factores que están vinculados a las características propias de las edificaciones y medios de protección, que pueden favorecer o no el desarrollo del incendio y el trabajo de los bomberos, es el caso de los utilizados en el método de Meseri.

En ese sentido, se estableció los indicadores de evaluación considerando lo recomendado en el método de Meseri, además de la información disponible, para luego dar la puntuación a cada uno de ellos. Para el análisis de los factores condicionantes se aplicó el método del análisis jerárquico, calculado mediante el software ArcGIS versión 10.3.

Cabe precisar, que estos indicadores de evaluación están relacionados a una serie de características o factores de construcción y accesibilidad, que favorecen de distinta manera en la propagación del fuego. A continuación se definen brevemente los factores evaluados en el método de análisis jerárquico, así como sus respectivas puntuaciones.

6.2.1.1 Factores de construcción

La resistencia al fuego de un elemento de construcción es la capacidad de un elemento constructivo para resistir la acción del fuego durante un período de tiempo determinado, manteniendo su seguridad estructural, estanqueidad y aislamiento (NBR 14432, 2000).



La OGUC (en Chile) y la NFPA (en Estados Unidos) tienen sus propias exigencias de resistencia al fuego para los elementos estructurales, dependiendo de los distintos factores que influyen en la determinación de estos requerimientos; y, cada una tiene su propio sistema de clasificación a partir de estos factores. Además, estos factores tienen una relación directa con los tiempos de evacuación, el trabajo de bomberos y el desarrollo del incendio, por lo cual a partir de estos van aumentando o disminuyendo las exigencias de resistencia al fuego de la estructura portante.

El presente análisis consideró dentro de los factores de construcción los siguientes elementos:

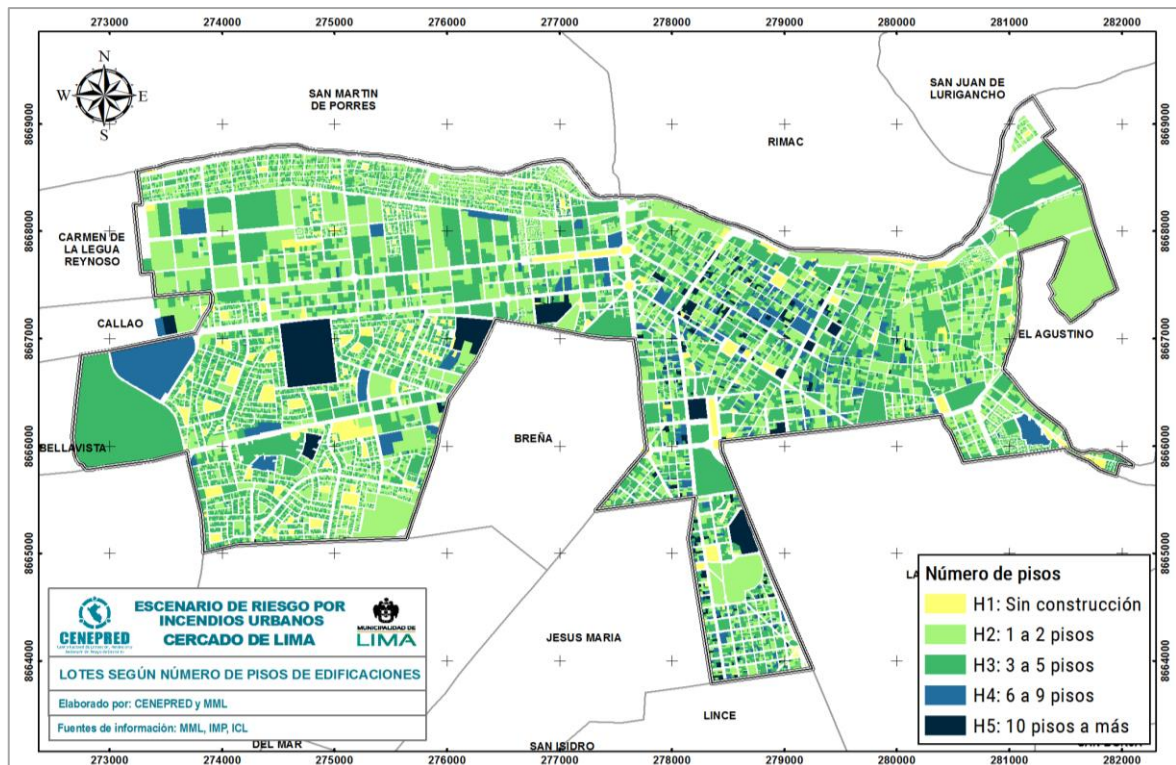
A) Número de pisos de la edificación

Según Meseri, en caso de incendio, cuanto mayor sea la altura de un edificio más fácil será su propagación y más difícil será su control y extinción. Además, el tiempo necesario para evacuar a una persona es mucho mayor en edificaciones con un mayor número de pisos, lo que se traduce en un periodo de tiempo más prolongado en las que éstas estarían expuestas al fuego y gases tóxicos. Cabe precisar que, para este caso se consideró como dato el número de pisos de la edificación, por no contar con la información de altura, utilizando para ello la información catastral del ICL, la cual está a nivel de lote, ya que el número de pisos tiene relación directa con la altura del edificio. La altura de un edificio debe ser entendida desde el nivel más bajo hasta la parte superior de la cubierta.

Para conocer la distribución de este indicador en el distrito de Lima se estableció una clasificación de cinco rangos según el número de pisos, siendo el rango H5 el de mayor peso por corresponder a las edificaciones con mayor número de pisos, es decir los de mayor altura. Por el contrario, el rango H1 está representado por terrenos sin construir, es el que tiene el menor peso debido a que el nivel de propagación es nulo (Figura 4).



Figura 4. Mapa de lotes según el número de pisos de las edificaciones



Fuente: CENEPRED & MML

La Tabla 2, muestra los rangos de clasificación, el nivel de propagación y el peso respectivo. Asimismo, el 50% de los lotes del área de estudio presenta edificaciones entre 1 a 2 pisos, y el 48,8% por lotes con edificaciones entre 3 a 5 pisos. Solo el 2,8% corresponde a lotes con edificaciones de 6 pisos a más y el 1,4% a lotes sin construcción.

Tabla 2. Cantidad de lotes, según el número de pisos de la edificación

Símbolo	Número de pisos	Nivel de propagación	Peso	Cantidad de lotes	%
H1	Sin construcción	Nulo	1	395	1,4%
H2	1 a 2	Muy alto	2	13.773	50,0%
H3	3 a 5	Alto	3	12.622	45,8%
H4	6 a 9	Medio	4	619	2,2%
H5	10 a más	Bajo	5	156	0,6%
Total				27.565	100,0%

Fuente: CENEPRED & MML



B) Material de construcción de la edificación

Los elementos constructivos que aquí se hace referencia son exclusivamente los sustentadores de la estructura de la edificación; la característica que se mide fundamentalmente es la estabilidad mecánica frente al fuego.

El método de Meseri considera “alta” la resistencia al fuego de elementos de hormigón, obra y similares; “media” a elementos metálicos proyectados; y “baja” la resistencia de elementos de madera delgada. Respecto a las construcciones de adobe, debido a su naturaleza físico-química, la tierra cruda presenta una gran estabilidad y resistencia al fuego, resultando claramente superior a otros industriales como el acero y el ladrillo (Sara & Champi, 2016). Quizhpe (2016) considera entre una de las características de los sistemas constructivos tradicionales como el adobe, que controlan las temperaturas extremas, y son también resistentes al fuego.

Considerando esta premisa, se ha adaptado una clasificación y puntuación basado en el material de construcción predominante de la edificación ubicada en cada lote del área de estudio, tomando como base el método de Meseri; y, la clasificación de Bestraten et al. (Tabla 3).

Tabla 3. Resistencia de la edificación según el material constructivo

Símbolo	Material de construcción predominante	Nivel de resistencia	Peso	Cantidad de lotes	%
M1	Sin construcción	Nula	1	371	1,3%
M2	Concreto	Muy Alta	2	2098	7,6%
M3	Ladrillo	Alta	3	22416	81,3%
M4	Adobe	Medio	4	1892	6,9%
M5	Madera	Baja	5	762	2,8%
M5	Otros (precario)	Muy baja	5	26	0,1%
Total				27.565	100,0%

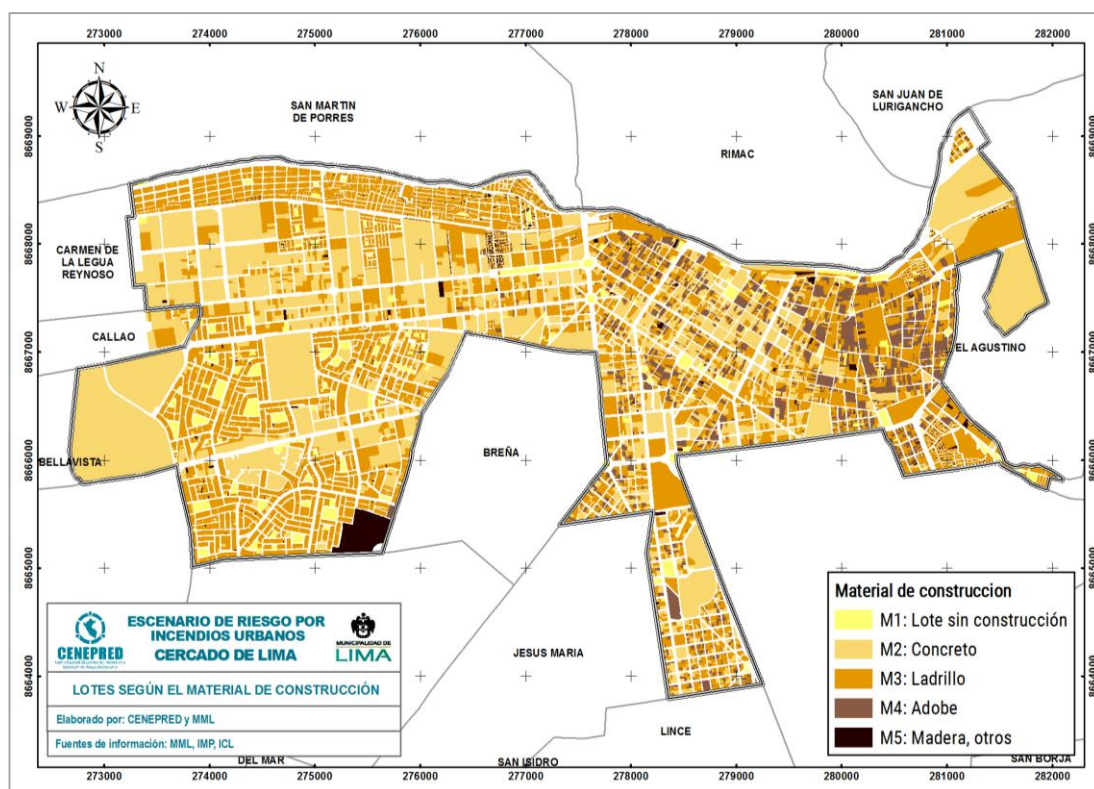
Fuente: CENEPRED

Adaptado de Bestraten et al., 2011 y Meseri, 1978



De acuerdo con la Tabla 3, el 81,3% de los lotes están conformados por edificaciones de ladrillo (material predominante), el 7,6% son lotes con edificaciones de concreto y el 9,8% corresponden a lotes con edificaciones de adobe, madera u otros de material precario. El 1,3% restante (371 lotes) representa a los lotes sin construcción (Figura 5).

Figura 5. Mapa de lotes según el material de construcción de la edificación



Fuente: CENEPRED & MML

La distribución de las edificaciones de acuerdo al tipo material constructivo en el Cercado de Lima, se representa en la Figura 4, denominando como M5 a los lotes con edificaciones de menor resistencia al fuego (color marrón oscuro: madera y otros) y las de tipo M2 a los lotes con mayor resistencia al fuego (color amarillo: concreto). Para la caracterización de este indicador, se utilizó la información del Catastro del Instituto Catastral de Lima, cuya información está a nivel de lote.



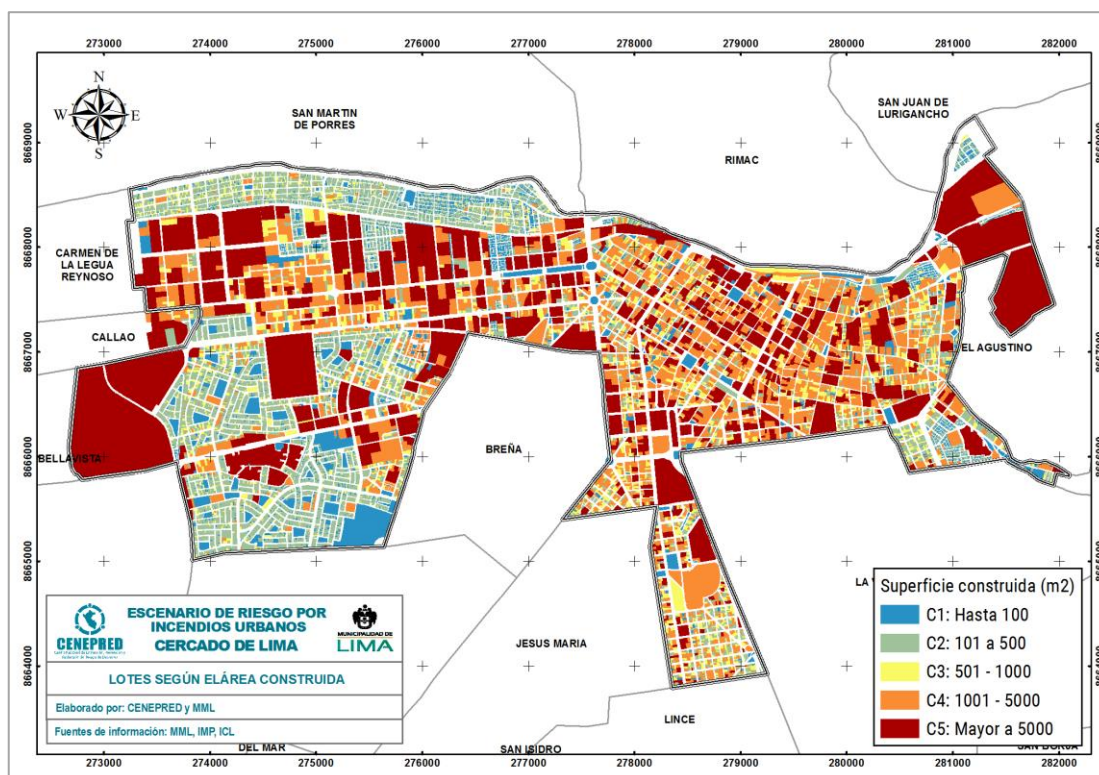
C) Área construida de la edificación

La OGUC establece requerimientos diferenciados para las exigencias de resistencia al fuego dependiendo de la superficie edificada. A partir del tipo de edificio que se desea construir, establece distintos rangos de superficie en [m²], aumentando los requerimientos a medida que el área edificada sea mayor.

Por otra parte, la NFPA establece que dependiendo del tipo de construcción y de su resistencia al fuego, hay ciertos límites en la superficie edificada. A medida que el área a edificar vaya aumentando, las exigencias de la resistencia al fuego aumentarán también.

El DBSI 2009, muestra que el riesgo de las edificaciones se encuentra directamente proporcional a la superficie construida o al volumen construido, es decir que el riesgo incrementa mientras mayor sea el área construida de la edificación.

Figura 6. Mapa de lotes según el área construida



Fuente: CENEPRED & MML



Para la construcción de este indicador se utilizó la información catastral del ICL, la cual se encuentra a nivel de lote. La distribución de los lotes de acuerdo con el área construida de las edificaciones se muestra en la Figura 6, la cual se ha clasificado en 5 rangos, denominando como C5 a los lotes con cuyas edificaciones presentan la mayor área construida, las mismas que superan los 5000 m². Caso contrario, son los lotes de tipo C1, que comprenden a los que tienen las edificaciones con menor área construida, es decir aquellas con menos de 100 m².

Continuando con el proceso, se estableció la ponderación para cada uno de los rangos, asignando el mayor peso a los lotes de tipo C5 y el menor peso a los lotes de tipo C1, tal como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Cantidad de lotes, según el área construida de la edificación

Símbolo	Área construida de la edificación (m2)	Nivel de exigencia	Peso	Cantidad de lotes	%
C1	0 a 100 m2	Muy bajo	1	4.325	15,7%
C2	100 a 250 m2	Bajo	2	9.606	34,8%
C3	250 a 1000 m2	Medio	3	10.260	37,2%
C4	1000 a 5000 m2	Alto	4	2.790	10,1%
C5	Mayor a 5000 m2	Muy Alto	5	584	2,1%
Total				27.565	100,0%

Fuente: CENEPRED

De acuerdo con la Tabla 4, el Cercado de Lima está conformado por un total 13.931 lotes con edificaciones que no exceden los 250 m², los mismos que representan el 37,2% del total. Seguido se encuentran los lotes con edificaciones con un área construida que oscilan en el rango de 250 m² a 1000 m², y solo el 12,2% corresponde a lotes con edificaciones que superan los 1000 m².

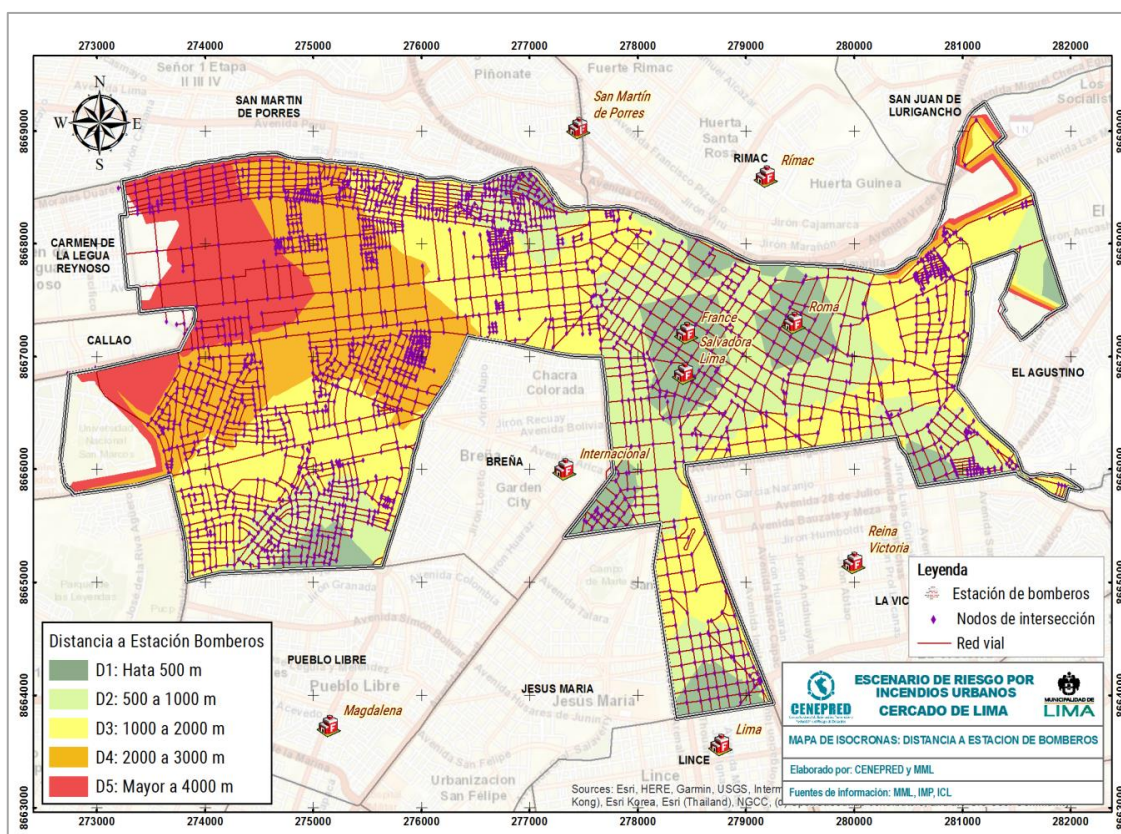


6.2.1.2 Factor de situación

A) Distancia a la estación de bomberos

Este factor valora la distancia de desplazamiento desde la estación de bomberos más cercana al lote en cuestión, tal como se muestra en la Figura 7.

Figura 7. Mapa de isócronas de distancia (m) a las estaciones de bomberos



Fuente: CENEPRED & MML

Este indicador está relacionado al tiempo necesario para que los bomberos puedan llegar al lugar del incendio para contener el fuego, se estima que por 1 kilómetro de distancia hay 1 minuto de tiempo de llegada (Método de Meseri). Cabe precisar que, sólo se tendrán en cuenta estaciones de bomberos con vehículos y personal que se consideren suficientes y disponibles 24 h al día y 365 días al año. En caso de que se obtengan diferentes puntuaciones por longitud, se debe tomar siempre la menor puntuación resultante.



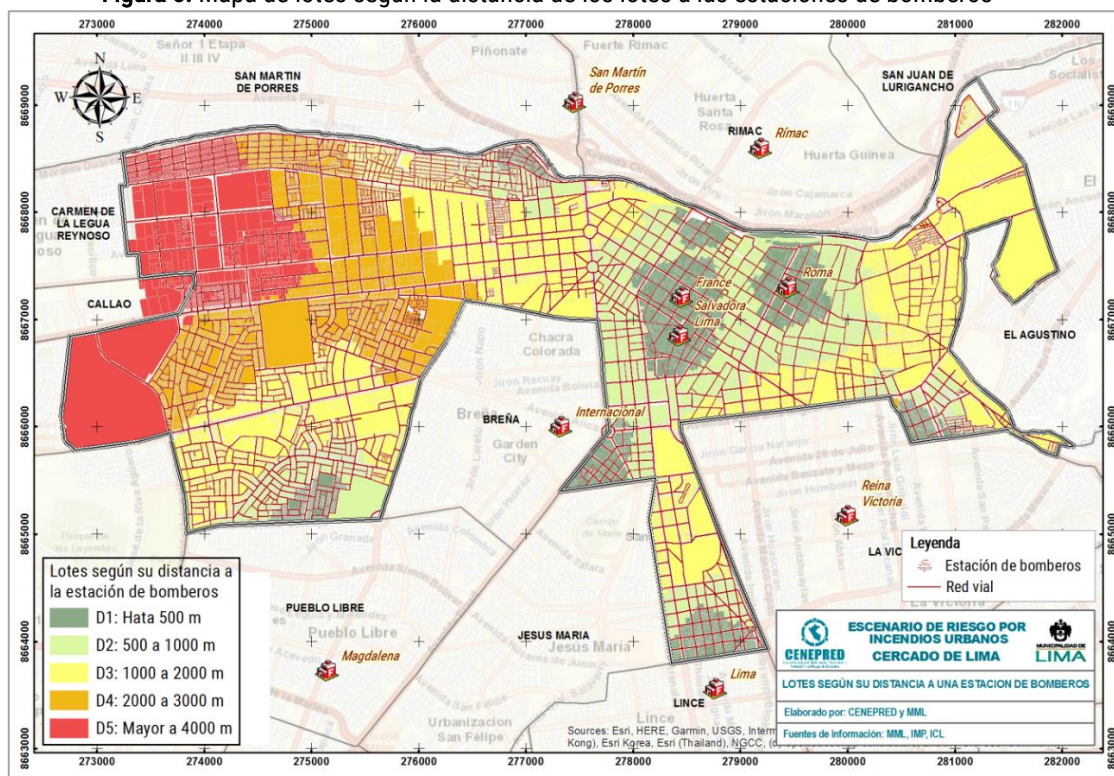
De acuerdo con la Tabla 5, el 34,6% de los lotes se encuentra ubicado a 1 Km de distancia de una estación de bombero, el 36,3% a 2Km de distancia, el 22,6% a 3 Km de una estación de bomberos, y el 6,5% entre 3 Km a 5 Km.

Tabla 5. Distancia de los lotes a las estaciones de bomberos

Símbolo	Distancia (m)	Peso	Cantidad de lotes	%
D1	Hasta 500	1	2.977	10,8%
D2	Hasta 1000	2	6.565	23,8%
D3	Hasta 2000	3	10.001	36,3%
D4	Hasta 3000	4	6.219	22,6%
D5	Hasta 5000	5	1.803	6,5%
Total			27.565	100,0%

Fuente: CENEPRED

Figura 8. Mapa de lotes según la distancia de los lotes a las estaciones de bomberos



Fuente: CENEPRED & MML

La distribución de lotes se encuentra representada en la Figura 8, siendo los lotes de tipo D1 aquellos que se encuentran más próximos a una estación de bomberos (Hasta 500 m de distancia) y los catalogados como D5, los más distantes.

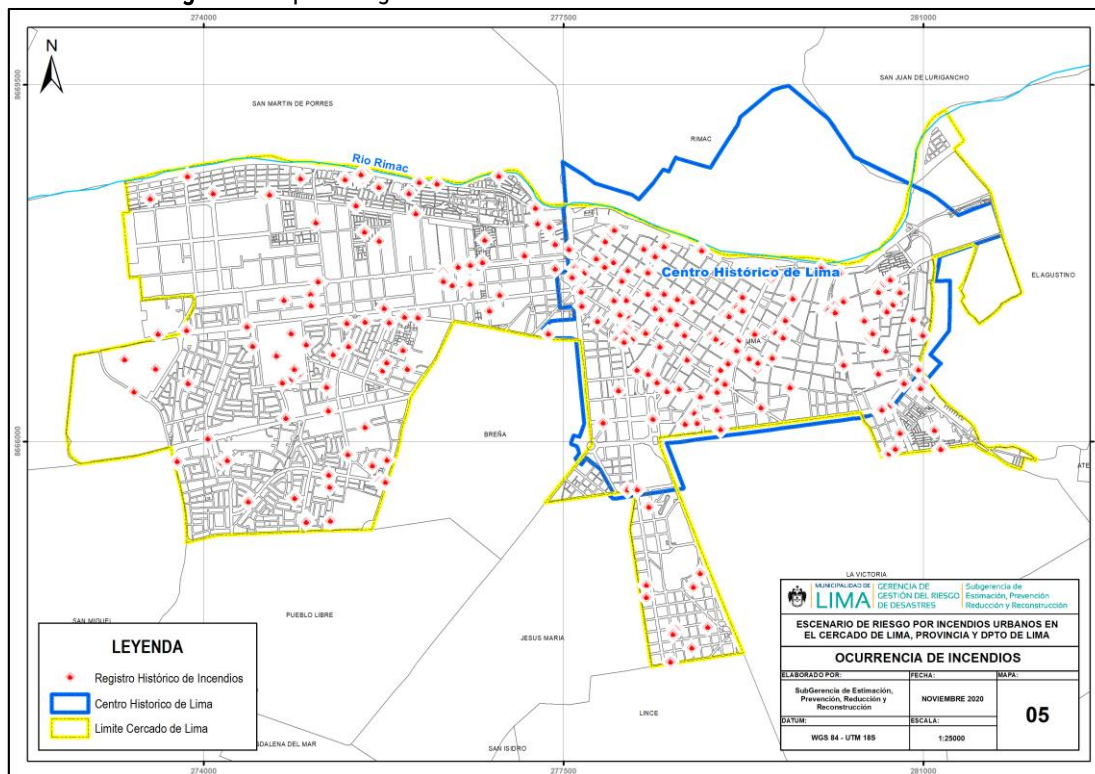


6.2.2 Factor desencadenante

Los incendios urbanos son causados principalmente por fallas en las instalaciones eléctricas, fugas de gas, manejo inadecuado de materiales inflamables, velas encendidas, mantenimiento deficiente de tanques contenedores de gas, entre otros.

Para la caracterización de este factor desencadenante se utilizó la información del registro histórico de incendios de gran magnitud obtenidos de la Subgerencia de Defensa Civil de la Municipalidad Metropolitana de Lima correspondiente a los años 2019 y 2020, la cual incluye información histórica recopilada de fuentes periodísticas del SINPAD (INDECI). La distribución geoespacial se representa en el mapa de ubicación del registro histórico de incendios en el cercado de Lima, mostrada en la Figura 9.

Figura 9. Mapa de registro histórico de incendios en el Cercado de Lima



Fuente: Equipo SEPRR en base a los datos del SINPAD-INDECI y SDC-GGRD-MML

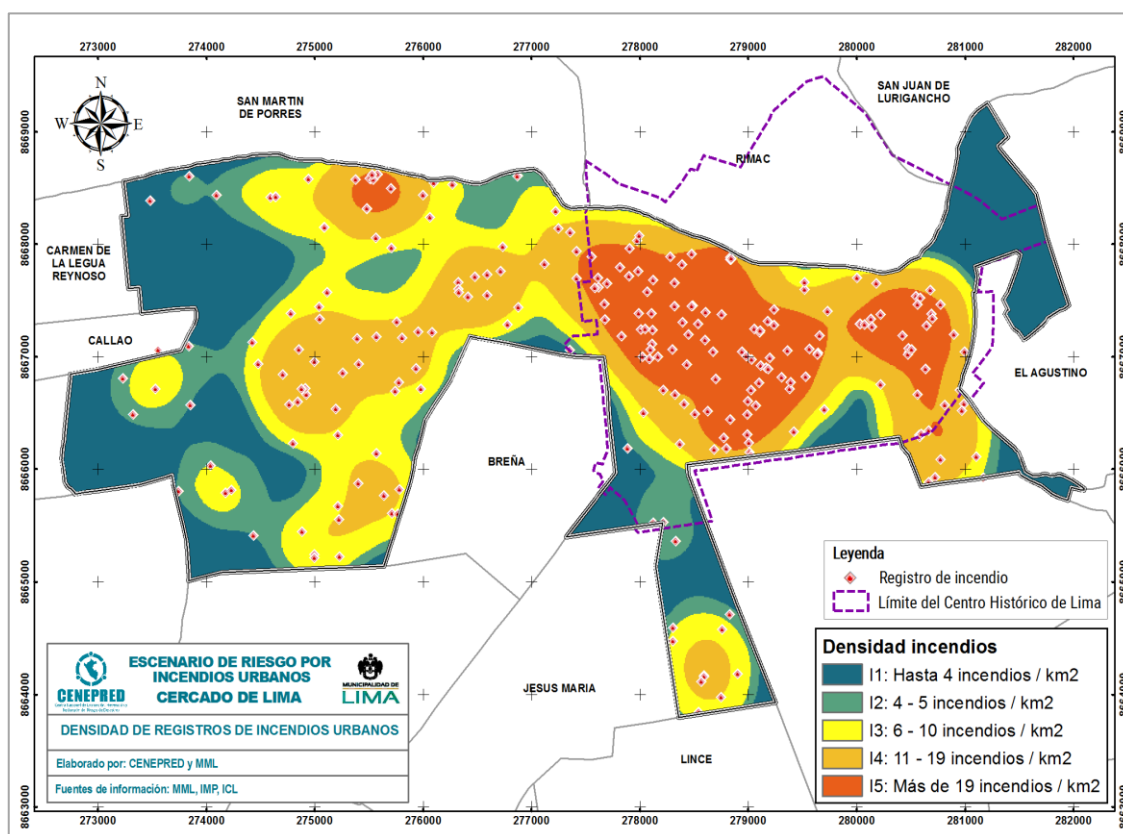
Para el modelado de las áreas con registros de incendios en el ámbito del Cercado de Lima primero con la ayuda del software SIG se realizó un análisis de densidad de puntos, logrando predecir valores en los lugares no muestreados a partir del cálculo de la intensidad de un patrón de puntos, que en este caso son los registros



históricos obtenidos. Luego se clasificó en 5 rangos mediante la opción de intervalos geométricos (Geometrical Interval), que van desde el rango I1 (áreas con menos registros de incendios) hasta el I5 (áreas con más registros de incendios), tal como se muestra en el mapa de densidad de incendios en el Cercado de Lima representado en la Figura 10. Es importante mencionar que, este resultado fue convertido a la unidad de análisis (lote).

Según la Figura 10, el área donde se evidencia la mayor ocurrencia de incendios es en el ámbito del Centro Histórico de Lima.

Figura 10. Mapa de densidad de incendios en el Cercado de Lima



Fuente: CENEPRED & MML

Continuando con el proceso de análisis, se fijó la ponderación respectiva para los rangos generados, asignando el mayor peso a las áreas de tipo I5 (áreas con más de 19 incendios / km²), por presentar la mayor cantidad de incendios registrados y el menor peso al rango I1 donde se evidencia el menor número de ocurrencias de incendios (áreas con hasta 4 incendios / km²) (Tabla 6).

**Tabla 6.** Tabla de valores según la densidad de incendios registrados

Símbolo	Densidad de incendios registrados	Peso
I1	Hasta 4 incendios / km ²	1
I2	4 a 5 incendios / km ²	2
I3	6 a 10 incendios / km ²	3
I4	11 a 19 incendios / km ²	4
I5	Más de 19 incendios / km ²	5

Fuente: CENEPRED & SDC-GGRD-MML

6.3 Identificación de elementos expuestos

De acuerdo a las estadísticas de la Municipalidad Metropolitana de Lima, el registro de grandes incendios que ocurrieron en el Cercado de Lima se distribuye predominantemente en las zonas comerciales del Centro Histórico de Lima. Estos eventos causaron la muerte de varias personas, heridos que sufrieron quemaduras, asfixia, politraumatismos, y varios desaparecidos. Asimismo, la pérdida material representó un impacto negativo en la economía de comerciantes, empresarios y familias que fueron afectados por los siniestros.

Entre los elementos expuestos a un incendio urbano tenemos en primer lugar a las personas, seguido de las edificaciones (viviendas, fábricas, tiendas comerciales, hospitales, escuelas, etc.), maquinarias y equipos, mercancía e insumos, entre otros.

Figura 11. Elementos expuestos a incendios urbanos

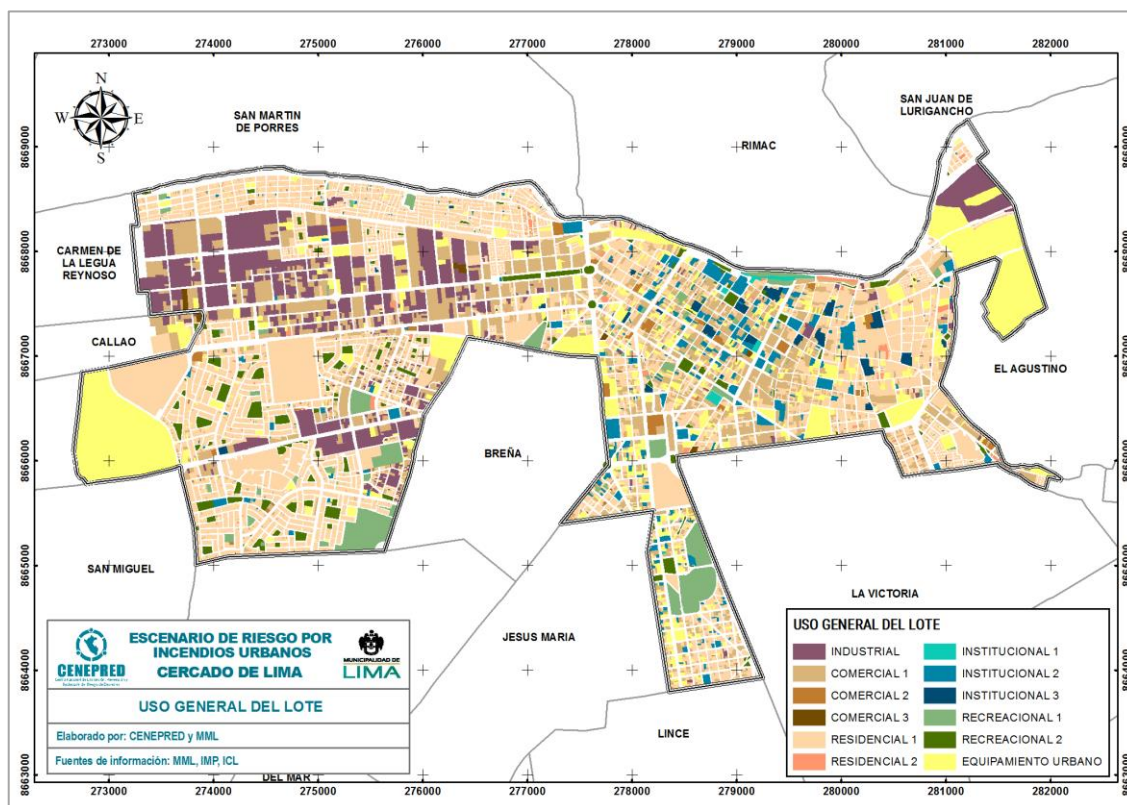
Fuente: CENEPRED

El presente estudio consideró como elementos expuestos a la población, las edificaciones y el patrimonio cultural, que está representado por el lote urbano en vista a la información disponible.



De lo antes mencionado, se propone incorporar en esta etapa del análisis el indicador de carga combustible o de fuego según el uso de la edificación con la finalidad de conocer su nivel de exposición frente a la ocurrencia del evento.

Figura 12. Mapa de zonificación de uso general del lote



Fuente: CENEPRED & MML

La Figura 12 muestra una zonificación según el uso del lote, con base en la tipología del uso general a nivel de lote (base catastral) asignada por el ICL, la cual a su vez fue subdividida de acuerdo con el valor de la carga combustible respectiva.

6.3.1 Carga de fuego o carga combustible

La carga de fuego, corresponde a la cantidad de energía resultante de la combustión completa de los materiales combustibles existentes en un espacio contenido en el edificio. La carga de fuego en los edificios es comúnmente expresada cómo la densidad de carga combustible, la cual es el promedio de carga por metro cuadrado, expresada en MJ/m^2 . A partir de esto se tiene que a mayor carga combustible, mayor energía liberada, lo que se traduce a una mayor tasa de liberación de calor,



mayor calor implica mayores temperaturas y ya sea por convección, conducción, radiación o contacto directo, estas altas temperaturas transmitirán el calor rápidamente expandiendo el incendio.

Tabla 7. Cargas combustibles Media, según el uso general del lote

Uso general	Actividad	Carga Combustible Media (MJ/m ²)	Nivel	Peso	Cantidad de lotes	%
Institucional (1)	Biblioteca	1500	Muy alto	5	5	0,02%
Institucional (2)	Oficina, agencia bancaria o similares	500	Alto	4	341	1,2%
Institucional (3)	Iglesia, convento o similares	200	Bajo	2	25	0,1%
Industrial	Industria	750	Muy alto	5	559	2,0%
Comercial (1)	Centro comercial, galería, tienda comercial o similares	500	Alto	4	2.913	10,6%
Comercial (2)	Supermercado, mercado	400	Medio	3	49	0,2%
Comercial (3)	Estacionamientos	200	Bajo	2	7	0,0%
Residencial (1)	Vivienda	300	Medio	3	22.347	81,1%
Residencial (2)	Terreno sin construir	0	Nulo	1	217	0,8%
Equipamiento urbano	Educación	300	Medio	3	843	3,1%
	Hospital, centro de salud o similares	300	Medio	3		
Recreacional (1)	Cultura física, deportes, museo o similares	300	Medio	3	97	0,4%
Recreacional (2)	Parque, losas deportivas	0	Nulo	1	162	0,6%
Total					27.565	100,0%

Fuente: Elaborado por CENEPRED,
Adaptado de la norma técnica NBR 14432 (Junio 2000)

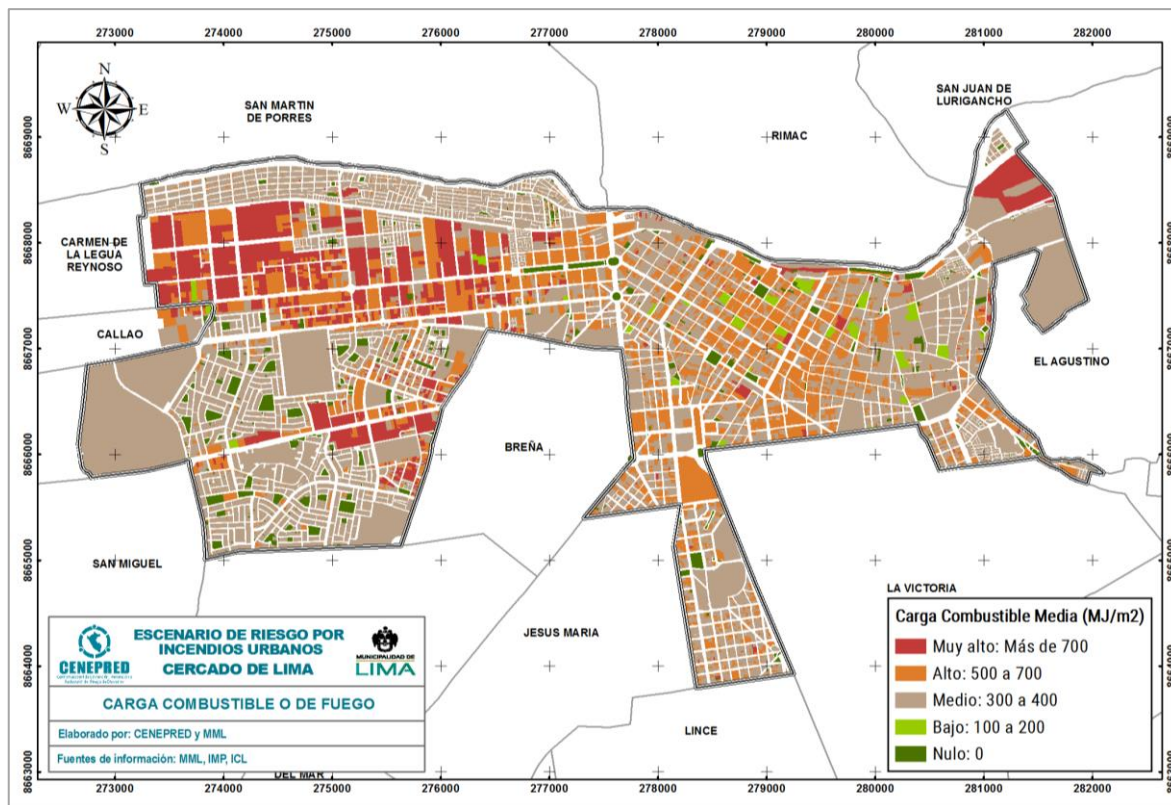
Si tomamos como referencia las cargas de fuego publicadas en la norma técnica brasilera NBR 14432: Requisitos de resistencia al fuego de los elementos constructivos – Procedimiento, podemos obtener la carga de fuego aproximada de diferentes recintos en función del uso previsto en la Figura 12. La Tabla 7 presenta las cargas combustibles medias adaptadas de la NBR 14432, según las distintos usos desarrollados en cada lote.

En la Tabla 7 se observa que, el 81% de los lotes del Cercado de Lima corresponden a un uso residencial, el 11% de los lotes están destinados a la actividad comercial, el 2% al uso industrial, mientras que el 6% de los lotes restantes se utiliza para otras actividades.



La Figura 13 muestra la distribución de los lotes según el nivel de carga combustible obtenido.

Figura 13. Mapa de zonificación según la Cargas Combustibles Media (CCM), a nivel de lote



Fuente: CENEPRED & MML

6.4 Determinación del escenario de riesgo por incendios urbanos

El escenario de riesgo se determinó de la superposición de las capas de susceptibilidad a la ocurrencia de incendios urbanos y de los elementos de expuestos (carga combustible del lote). Los valores obtenidos son el resultado de la ponderación equitativa asignada a cada una de las capas (susceptibilidad y elementos expuestos), los cuales fueron clasificados en 4 niveles, tal como se detalla en la Tabla 8.

Tabla 8. Rangos según el nivel de riesgo

NIVELES DE RIESGO	RANGO
Muy Alto	$4.01 \leq R \leq 5.00$
Alto	$3.01 \leq R < 4.00$
Medio	$2.01 \leq R < 3.00$
Bajo	$1.00 \leq R < 2.00$

Fuente: CENEPRED

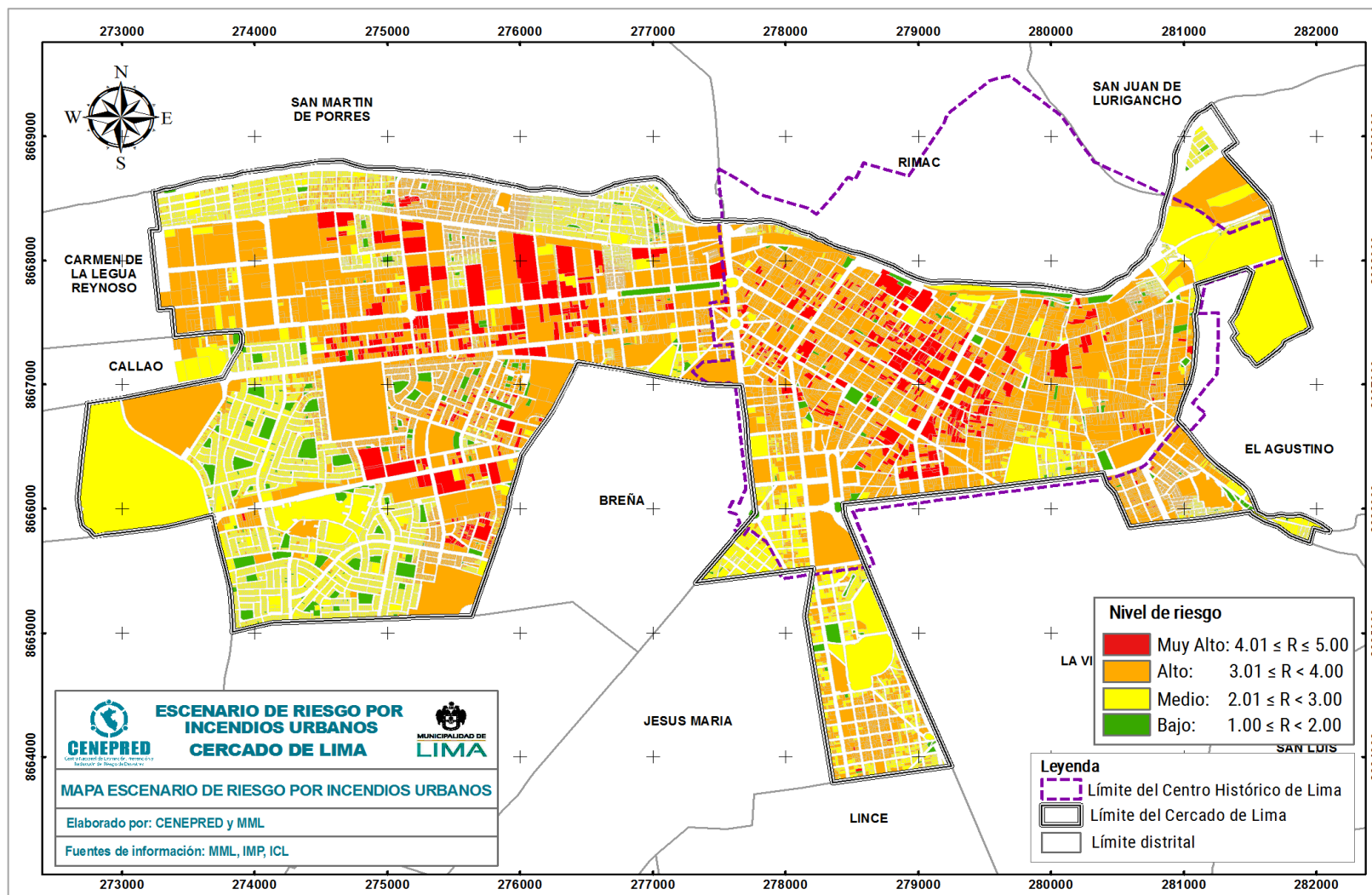


La Figura 14, muestra el escenario de riesgo por incendios urbanos en el Cercado de Lima, a nivel de lotes urbanos, el cual se ha clasificado en cuatro niveles: muy alto, alto, medio y bajo. El nivel muy alto está simbolizado por los polígonos de color rojo que representan a los lotes con mayor posibilidad de daño y/o pérdidas de materializarse la ocurrencia de incendios urbanos. Por el contrario, el nivel de riesgo bajo, simbolizado por el color verde representa los lotes con una mínima posibilidad de daño y/o pérdidas, en relación con los otros niveles.



ESCENARIO DE RIESGO POR INCENDIO URBANO DEL CERCADO DE LIMA

Figura 14. Mapa del escenario de riesgo por incendios urbanos del Cercado de Lima



Fuente: Elaborado por CENEPRED & SDC-GGRD-MML



La Tabla 9 muestra la cantidad de los lotes ubicados en el Cercado de Lima, según el nivel de riesgo obtenido. De acuerdo con los resultados, de un total de 27.565 lotes, 654 lotes (2,4%) se encuentran expuestos a un riesgo muy alto, de los cuales 370 lotes forman parte del Centro Histórico de Lima, y 186 lotes cuentan con un patrimonio cultural. Al respecto, si bien existe una predominancia de lotes con edificaciones de 1 a 5 pisos, de material constructivo de adobe y ladrillo, estos se encuentran distantes de las estaciones de bomberos (a más de 2 Km), incrementando su nivel de exposición al peligro y con ello el nivel de riesgo.

Tabla 9. Lotes del Cercado de Lima según el nivel de riesgo por incendios urbanos

Nivel de riesgo	Cantidad de Lotes			
	Total distrital	Total distrital (%)	Centro Histórico	Con Patrimonio Cultural
Muy alto	654	2,4%	370	186
Alto	12.487	45,3%	4.032	1.193
Medio	14.075	51,1%	935	177
Bajo	349	1,3%	85	2
Total	27.565	100,0%	5.422	1.558

Fuente: Elaborado por CENEPRED & SDC-GGRD-MML

Asimismo, se refiere que 12.487 lotes están considerados en riesgo alto, el cual representa el 45,3% del total, ubicándose a 4.032 de estos lotes en el Centro Histórico de Lima, de los cuales 1.193 tienen un patrimonio cultural.

Respecto al riesgo medio, los lotes expuestos suman un total de 14.075 (51,1%), con 935 lotes en el Centro Histórico de Lima y 177 de estos cuentan con un patrimonio cultural.

Finalmente, el resultado muestra un total de 349 lotes con un nivel de riesgo bajo, que representa el 1,3% del total. De este total, 85 lotes se ubican en el Centro Histórico de Lima y solo lotes cuentan con patrimonio cultural.



7. CONCLUSIONES

- El presente informe muestra de manera detallada el procedimiento de la construcción del escenario de riesgo por incendios urbanos en el distrito de Lima (Cercado de Lima), el cual fue desarrollado mediante la aplicación del método de análisis jerárquico. Asimismo, la selección de los indicadores de evaluación, así como la asignación de pesos (puntajes) estuvo basada principalmente en el método Meseri y la norma técnica NBR 14432.
- El resultado obtenido en el distrito de Lima fue verificado con la información de registros históricos de incendios urbanos georreferenciados, observándose que la mayor cantidad de estos se agrupa en los lotes con niveles riesgo alto y muy alto. El resultado comprobó la representatividad de las capas empleadas en el análisis.
- De acuerdo al análisis de riesgo, existe 654 lotes (2,4%) expuestos a un riesgo muy alto frente a la ocurrencia de un incendio urbano, de los cuales 370 lotes forman parte del Centro Histórico de Lima, y 186 lotes cuentan con un patrimonio cultural.

8. RECOMENDACIONES

- Es necesario que la Municipalidad Metropolitana de Lima complemente la base de datos geoespacial de lotes urbanos, principalmente con información de población, viviendas, establecimientos de salud, instituciones educativas u otros, para reforzar el análisis de elementos expuestos realizado en el presente estudio.
- La Municipalidad Metropolitana de Lima deberá formular el Plan de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres ante Incendios Urbanos tomando como referencia el presente escenario de riesgo, para implementar medidas preventivas y correctivas del riesgo por incendios urbanos.
- Difundir el presente escenario de riesgo a las entidades relacionadas a la Gestión del Riesgo de Desastres (GRD) en el ámbito jurisdiccional del Cercado de Lima.



9. BIBLIOGRAFÍA

- Oficina Internacional del Trabajo – OIT. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo Incendios. (1998). España. Tomo II. p. 41.2 – 41.26. Disponible en <https://www.insst.es/tomo-ii>
- Asociación Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. (2020). NBR 14432 Requisitos de resistencia al fuego de los elementos constructivos - Procedimiento.
- Fundación MAPFRE Estudios, Instituto de Seguridad Integral. (1998). Método Simplificado de Evaluación del Riesgo de Incendio: MESERI.
<https://www.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/en/consulta/registro.do?id=52190>
- Macari Lagos, R. (2015). Criterios que determinan los requerimientos de resistencia al fuego de elementos estructurales. Disponible en <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/136490>
- CENEPRED (2014). Manual de Evaluación del Riesgo por Fenómenos Naturales, Versión 2.
- CENEPRED (2014). Manual de Evaluación de Riesgos inducidos por la acción humana.
- Torrealva Dávila, D. (2007). Caracterización de daños, reparaciones y refuerzo en construcciones de adobe”. Pontificia Universidad Católica el Perú.
- Universidad Autónoma de Barcelona (2007). Técnicas de Investigación de Incendios.
- Arce-Palomino, J. (2008). Grandes Incendios Urbanos: Mesa Redonda - Lima 2001. Rev Peru Med Exp Salud Pública. 2008; 25(1): 118-24.



Av. Del Parque Norte 313 - 319. San Isidro Lima - Perú
Central Telefónica: (051) 2013550



MUNICIPALIDAD DE
LIMA

Jirón de la Unión 300 - Jirón Conde de Superunda 141 -
Cercado de Lima

Central telefónica (051) 632-1300