

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**ANÁLISIS COMPARATIVO DE DESEMPEÑO FÍSICO Y DE
RECUPERACIÓN ANTE TERREMOTOS DE LAS CIUDADES DE
KAMAISHI Y PISCO**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

AUTOR:

Carlos Anthony Quispe Pérez

ASESOR:

Sandra Cecilia Santa Cruz Hidalgo

Lima, Julio, 2021

RESUMEN

Los desastres naturales son eventos físicamente explicables, aunque no necesariamente predecibles siendo los terremotos aquellos que ocasionan grandes pérdidas. Por ello, los Gobiernos cumplen un rol importante en la elaboración de medidas preventivas, reactivas y de recuperación ante tales eventos sísmicos, y lo hacen mediante la Gestión de Riesgos de Desastres. Es así que la presente investigación identificó las carencias en el desempeño en lo que a gestión de riesgos respecta en Perú a través de una comparación de indicadores de desempeño físico y de recuperación entre el caso de la ciudad de Pisco cuando ocurrió el terremoto de Pisco del año 2007 y el caso de la ciudad de Kamaishi durante el terremoto de Tohoku del año 2011.

Dicha comparación se realizó a través del cálculo de una serie de descriptores de desempeño físico y de recuperación de cada ciudad, de los cuales, mediante una serie de cálculos, se obtuvo un Índice de Daño (ID) y un Índice de Recuperación (IR). Finalmente se determinó la correlación entre las condiciones sociales y de preparación inherentes de las ciudades con los desempeños físicos y de recuperación ante los eventos sísmicos correspondientes.

Para ello, se emplearon herramientas como el Proceso Analítico Jerárquico (PAJ), que requirió de la opinión de expertos con amplios conocimientos en la gestión de riesgos para la asignación de pesos de cada descriptor de desempeño. También se usó la Matriz Cualitativa de Daño Conjunto (MCDC) para normalizar el daño ocasionado por los terremotos en cada caso de estudio y que estos puedan ser comparados. Los resultados indicaron que los daños, en el caso de Japón, fueron relativamente menores y hubo una recuperación rápida y eficaz luego del Terremoto de Tohoku. Esto se debió principalmente a las condiciones de preparación (registro de amenazas, inclusión de programas educativos de gestión de riesgos).

Por otro lado, en el caso de Perú se tuvo una mayor cantidad de daño y menor rapidez en su recuperación. Uno de los factores de mayor diferencia con su contraparte japonesa fue la gran informalidad en la construcción, junto con un inferior grado de gestión de riesgos de desastres que desencadenó una serie de fallas en los protocolos de comunicación interinstitucional durante el terremoto de Pisco.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por darme soporte durante esta etapa universitaria tan maravillosa.

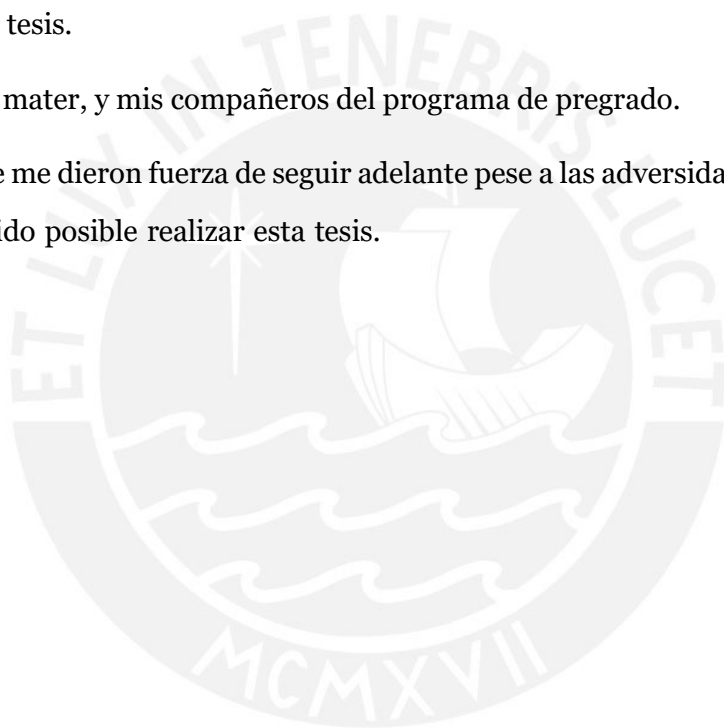
A mi asesora Sandra Santa Cruz por motivarme constantemente y ser la guía que necesitaba para poder realizar este gran trabajo.

Al profesor Toru Inui con quien pude iniciar este tema de investigación y quien me apoyó en el desarrollo de la presente durante mi estadía en Japón.

A los docentes y expertos que se tomaron el tiempo de responder mis preguntas y dar sus opiniones para esta tesis.

A la PUCP, mi alma mater, y mis compañeros del programa de pregrado.

A todos aquellos que me dieron fuerza de seguir adelante pese a las adversidades y sin los cuales no hubiera sido posible realizar esta tesis.



Índice general

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos.....	4
1.1.1. Objetivo General.....	4
1.1.2. Objetivos Específicos	5
1.2. Hipótesis.....	5
1.3. Justificación.....	5
2. ESTADO DEL ARTE	7
2.1. Indicadores de gestión de riesgos.....	7
2.2. Relación entre parámetros sociales y físicos.....	8
2.3. EL Proceso Analítico Jerárquico en los estudios de vulnerabilidad	10
2.4. Relación entre las actividades pre y post desastre.....	11
3. ÁMBITOS DE ESTUDIO	15
3.1. Situación en Perú.....	15
3.1.1. Desastres pasados en Perú	15
3.1.2. Terremoto de Pisco, 2007	17
3.2. Situación en Japón	19
3.2.1. Desastres pasados en Japón.....	19
3.2.2. Terremoto de Tohoku, 2011	20
4. METODOLOGÍA	25
4.1. Tipo de investigación	25

4.2. Métodos.....	25
4.2.1. Definición de Índices	25
4.2.2. Identificación de descriptores relevantes.....	26
4.2.3. Ajuste por Intensidad de Daño	27
4.2.4. Cálculo de pesos	28
4.3. Proceso Analítico Jerárquico (PAJ)	29
4.4. Índice de Daño (ID)	31
4.4.1. Descriptores	31
4.4.2. Cálculo de pesos	34
4.4.3. Ponderación	35
4.5. Índice de Recuperación (IR)	35
4.5.1. Descriptores	35
4.5.2. Cálculo de pesos	39
4.5.3. Ponderación	40
4.6. Análisis de correlación	40
4.6.1. Descriptores de desarrollo humano.....	40
4.6.2. Descriptores de preparación.....	41
4.7. Comparación	44
4.8. Alcance	44
5. ANÁLISIS Y RESULTADOS	47
5.1. Determinación del factor de normalización.....	47
5.1.1. Intensidades de sismo y tsunami.....	47
5.1.2. Factor de amplificación	48
5.2. Cálculo del ID.....	49
5.2.1. Determinación de subindicadores	49
5.2.2. Ponderación.....	52
5.3. Cálculo del IR.....	52
5.3.1. Determinación de subindicadores	52
5.3.2. Ponderación.....	55

5.4. Cálculo de descriptores de desarrollo humano	56
5.4.1. Tasa de mortalidad infantil (H_1)	56
5.4.2. Tasa de delincuencia (H_2).....	56
5.4.3. Densidad poblacional (H_3)	57
5.4.4. Envejecimiento de la población (H_4)	57
5.4.5. Tasa de informalidad en la construcción (H_5)	57
5.5. Cálculo de descriptores de preparación.....	58
5.5.1. Monitoreo y Comunicación de amenazas (P1).....	58
5.5.2. Capacitación y Educación en gestión de riesgos (P2).....	59
5.5.3. Simulacros y simulaciones (P3).....	62
5.5.4. Inventario de pérdidas (P4)	63
5.5.5. Evaluación y representación de amenazas (P5).....	64
5.6. Análisis de Resultados	66
5.6.1. Índices de Desempeño.....	66
5.6.2. Descriptores de desarrollo humano.....	67
5.6.3. Descriptores de Preparación	69
5.6.4. Fuentes de error	70
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
6.1. Conclusiones	73
6.2. Recomendaciones	75
Referencias	79
Anexo	88
A. Escala de Intensidad	91
B. Fichas de llenado	97
C. Resultados de encuestas a expertos	99



Índice de figuras

1.1. Ubicación del Cinturón de Fuego del Pacífico (Britannica, T. Editors of Encyclopaedia, 2020)	2
1.2. Evacuación de los ciudadanos de Kamaishi durante el terremoto de Tohoku, Japón (The Hazard Blog, 2014).....	3
1.3. Factores que influyen al riesgo de un desastre ((Cabinet Office Japan, 2016))	4
2.1. Mapa de localidades analizadas en Bogotá (Cardona, 2005).....	9
2.2. Esquematización de la relación entre HMP y la resiliencia local Urteaga-Tirado y cols. (2021).....	12
3.1. Daños económicos de desastres ocurridos en Perú ((World Bank Group, 2012)).	16
3.2. Pérdidas totales a causa del terremoto de Pisco,2007.....	18
3.3. Tectónica de placas de Japón ((Nippon Communications Foundation, 2018)).	19
3.4. Pérdidas humanas ocasionadas por desastres en Japón (Cabinet Office, Government of Japan, 2015b).....	20
3.5. Evacuación de estudiantes de la Escuela Secundaria de Kamaishi Higashi (Cabinet Office, Government of Japan).	22
4.1. Asociación de dimensiones a los índices de desempeño.	26
4.2. Matriz Cualitativa de Daño Conjunto.....	28
4.3. Gráfica de transformación de viviendas destruidas	32
4.4. Gráfica de transformación de pérdidas humanas. Fuente: adaptado de Cardona (2005)	33
4.5. Gráfica de transformación de heridos. Fuente: adaptado de Cardona (2005)	33
4.6. Gráfica de transformación de damnificados.....	34

4.7. Gráfica de transformación de daño económico.	35
4.8. Gráfica de transformación de reconstrucción temprana.....	36
4.9. Gráfica de transformación de irretornabilidad remanente.....	37
4.10. Gráfica de transformación de recuperación económica.	38
4.11. Gráfica de transformación de ayuda económica.	39
4.12. Gráfica de transformación de recuperación de empleo.....	39
5.1. Alcance del tsunami en la ciudad de Pisco (Tavera, 2008).	48
5.2. Alcance del tsunami en la ciudad de Kamaishi (JNN [TBS NEWS], 2021).	48
5.3. Sistema de comunicación ante desastres de Perú.	59
5.4. Puntos de observación de intensidad sísmica (Cabinet Office, Government of Japan, 2015a).....	60
5.5. Sistema de comunicación ante desastres de Japón (Cabinet Office, Government of Japan, 2015a).	61
5.6. Mapa de daños del Terremoto de Tohoku, 2011. Elaborado por la Agencia Meteorológica de Japón.....	64
5.7. Mapa de Peligro de Perú. Elaborado por el SIGRID.....	65
5.8. Descriptores e índices de daño y de recuperación para las ciudades de Pisco y Kamaishi. Elaborado en Excel.	66
5.9. Descriptores de desarrollo humano para las ciudades de Pisco y Kamaishi. Elaborado en Excel.....	68
5.10. Descriptores de preparación. Elaborado en Excel.	69
6.1. Porcentajes de influencia de cada descriptor a ID e IR respectivamente.	75
6.2. Contribución de cada descriptor a los índices de daño y de recuperación.	76

Índice de tablas

3.1. Cuadro comparativo de los sistemas educativos de prevención de desastres.	23
4.1. Tabla resumen de descriptores para cada índice de desempeño.	27
4.2. Escala numérica de Saaty. Adaptado de Marins y cols. (2009).	30
4.3. Ejemplo de matriz de comparación entre 3 sub indicadores. Adaptado de Cardona (2005).....	30
4.4. Valores de la consistencia aleatoria de acuerdo al orden de la matriz Aznar Bellver y Guijarro Martínez (2012).....	31
4.5. Escala de valoración cualitativa de P_1 (Cardona, 2005).....	42
4.6. Escala de valoración cualitativa de P_2 (Cardona, 2005).....	42
4.7. Escala de valoración cualitativa de P_3 (Cardona, 2005).....	43
4.8. Escala de valoración cualitativa de P_4 (Cardona, 2005).....	43
4.9. Escala de valoración cualitativa de P_5 (Cardona, 2005).....	44
5.1. Tabla comparativa del descriptor D_1	49
5.2. Tabla comparativa del descriptor D_2	50
5.3. Tabla comparativa del descriptor D_3	50
5.4. Tabla comparativa del descriptor D_4	51
5.5. Tabla comparativa del descriptor D_5	51
5.6. Pesos de cada descriptor de daño y ponderación.....	52
5.7. Tabla comparativa del descriptor R_1	53
5.8. Tabla comparativa del descriptor R_2	53
5.9. Tabla comparativa del descriptor R_3	54

5.10. Tabla comparativa del descriptor R_4	54
5.11. Tabla comparativa del descriptor R_5	55
5.12. Pesos de cada descriptor de recuperación y ponderación.....	55
5.13. Tabla comparativa del descriptor H_1	56
5.14. Tabla comparativa del descriptor H_2	56
5.15. Tabla comparativa del descriptor H_3	57
5.16. Tabla comparativa del descriptor H_4	57
5.17. Tabla comparativa del descriptor H_5	58
6.1. Calificación de la participación de las organizaciones en la respuesta y recuperación post desastre el año del terremoto de Pisco (Organización Panamericana de la Salud, 2010).	74
A.1. Escala de Mercalli Modificada (Oviedo Vega, 2017)	91
A.2. Escala de Imamura y Papadopoulos (2001)	94
B.1. Ficha de llenado para el cálculo del ID (Cardona, 2005).	97
B.2. Ficha de llenado para el cálculo del IR (Cardona, 2005).	98
C.1. Encuesta realizada al ing. Cueto para el índice ID.	99
C.2. Encuesta realizada al ing. Cueto para el índice IR.....	100
C.3. Encuesta realizada al ing. Zeballos para el índice ID.....	101
C.4. Encuesta realizada al ing. Zeballos para el índice IR.....	102
C.5. Encuesta realizada al ing. Parodi para el índice ID.	103
C.6. Encuesta realizada al ing. Parodi para el índice IR.	104
C.7. Encuesta realizada al ing. Vargas para el índice ID.	105
C.8. Encuesta realizada al ing. Vargas para el índice IR.	106

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN

"There is no such thing as natural disaster, only natural hazards"[No existen los desastres naturales, solo las amenazas naturales] (UNDRR, 2019, p.xii) . Con esta premisa, se pretende decir que los desastres naturales no existen en la naturaleza. Esto se debe a que se requiere de una interacción de esta con un entorno de desarrollo humano, ergo generan pérdidas en la sociedad (Baas y cols., 2009). Estas pueden ser materiales o humanas y pueden llegar a generar resultados realmente devastadores bajo determinadas condiciones; es decir, cuando hay una alta vulnerabilidad y baja capacidad de afrontar y aplacar los efectos negativos de tales eventos. Por si fuera poco, los desastres poseen la característica de ser físicamente explicables. Sin embargo, esto no los hace necesariamente predecibles. Dentro del abanico de posibles desastres, se puede hacer mención especial a aquellos que se dan de manera cuasi impredecible, como son los terremotos. Por si fuera poco, dada su ubicación geográfica, Perú, junto con otros países como Chile, Costa Rica, Guatemala, Estados Unidos y demás, pertenecen a una zona denominada Cinturón de fuego del Pacífico (ver figura1.1). Esta zona se caracteriza ser el foco de un promedio de casi el 90 % de eventos sísmicos ocurridos anualmente a nivel mundial. A su vez, cerca del 75 % de los volcanes activos a nivel mundial se encuentran ubicados dentro de este lugar (Daza, 2017).

Dicho esto, son los terremotos para los que, debido a su incertidumbre no solo temporal, sino espacial, así como de su nivel destructivo, la población debe estar mejor preparada. Así, los Gobiernos cumplen un rol importante en la elaboración de medidas preventivas,

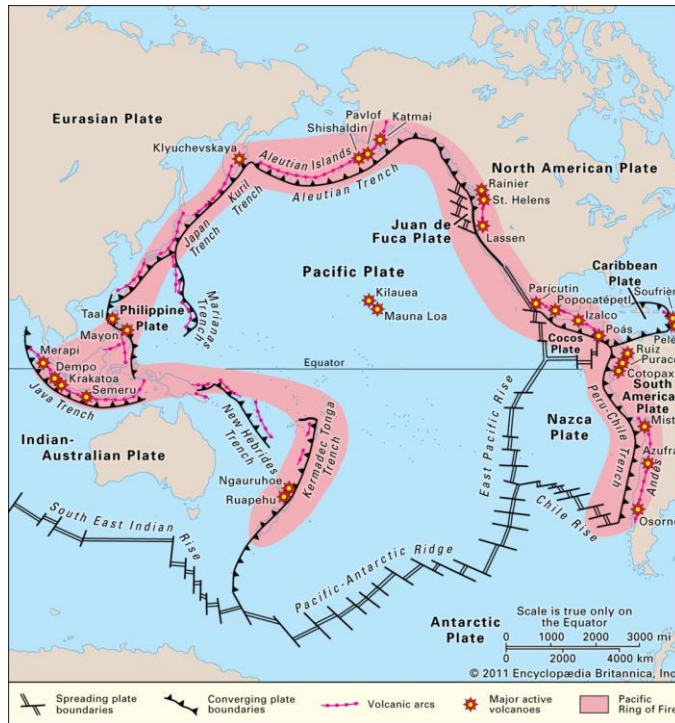


Figura 1.1: Ubicación del Cinturón de Fuego del Pacífico (Britannica, T. Editors of Encyclopaedia, 2020)

reactivas y de recuperación ante tales sismos, y lo hacen mediante la Gestión de Riesgos de Desastres.

Si bien cada país posee su propio Plan de Gestión de Riesgos de Desastres, los cuales están basados en los diversos fenómenos naturales que se puedan presentar en sus respectivas regiones, todos comparten una misma visión: salvaguardar las vidas humanas, reducir las pérdidas materiales, generar una respuesta inmediata ante el desastre e incrementar la capacidad y velocidad de recuperación de la comunidad. En otras palabras, lo que se busca conseguir con un adecuado Plan de Gestión de Riesgos es aumentar la resiliencia de la comunidad (UNISDR, 2013).

Adicionalmente, Japón es un país que también pertenece al Cinturón de Fuego del Pacífico. Sin embargo, dado su alto grado de organización a nivel local, gran calidad en sus construcciones y buena cooperatividad, se ha logrado reducir el riesgo ante desastres.

Por otro lado, en Perú, después de 10 años, aún hay personas que permanecen sin hogar a causa de un terremoto. Un estudio realizado en el 2017 indicó que, para ese año, las

viviendas dañadas por el último gran terremoto que ocurrió en la ciudad de Pisco en el año 2007 habían sido reconstruidas tan sólo el 80 % (Peña, 2017).



Figura 1.2: Evacuación de los ciudadanos de Kamaishi durante el terremoto de Tohoku, Japón (The Hazard Blog, 2014)

Para una mejor comprensión de la presente tesis, se procederá a describir brevemente los conceptos de peligro, vulnerabilidad y exposición. En simples términos, el peligro está relacionado con la probabilidad de que ocurra un desastre natural en un área determinada. Por otro lado, la vulnerabilidad está relacionada con la probabilidad de que una estructura o características económico-sociales se vean afectadas en cierto grado por un desastre natural, sin importar el lugar. Por último, La exposición muestra cuán distribuidos están los recursos valiables que pueden verse afectados por un desastre natural en el área analizada (UNDRR, 2016).

Finalmente, el riesgo se evalúa teniendo en cuenta estos 3 aspectos. Es así que, incluso si se está analizando un área con un alto registro de actividad sísmica durante las últimas décadas (alto peligro sísmico), el riesgo sísmico resultante podría ser bajo en caso de que casi nadie viva en los alrededores (baja exposición) o las estructuras construidas sean sismorresistentes (baja vulnerabilidad).

Sin embargo, el riesgo varía no solo debido a cambios en la resistencia de las estructuras o la intensidad del desastre, sino también de aspectos sociales y demográficos como se

puede notar en la figura 1.3. Por ejemplo, el riesgo sísmico puede verse acrecentado por el constante envejecimiento de los habitantes y uso extensivo de tierras bajas, o disminuido por la generación de conciencia sobre gestión de desastres en las personas (Cabinet Office Japan, 2016). Por el contrario, la existencia de programas de preparación, educación o reforzamiento pueden disminuir el riesgo. En aras de poder construir una sociedad peruana

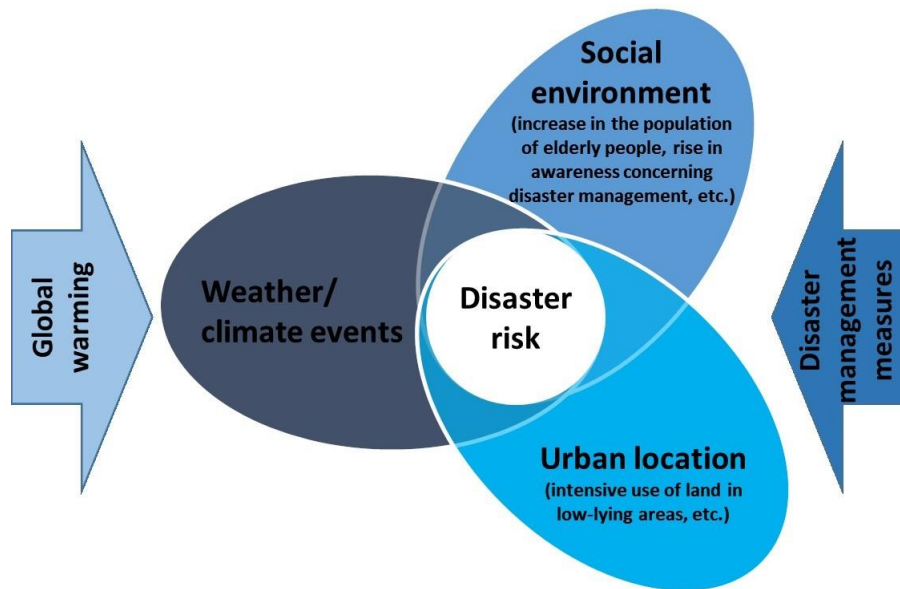


Figura 1.3: Factores que influyen al riesgo de un desastre ((Cabinet Office Japan, 2016))

mucho mejor preparada para posibles desastres a futuro, la presente investigación busca identificar las carencias en el actuar de este a través de una comparación de indicadores de desempeño físico y de recuperación a través del análisis de respuesta de la ciudad de Pisco cuando ocurrió el terremoto de Pisco del año 2007 con la respuesta de la ciudad de Kamaishi durante el terremoto de Tohoku del año 2011 (ver figura 1.2).

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo General

El objetivo principal de la presente investigación es identificar las deficiencias en el desempeño post desastre de los sistemas físicos y sociales de la ciudad de Pisco debido al terremoto de Pisco (2007) comparándolo con la situación de la ciudad de Kamaishi debido al terremoto de Tohoku (2011) mediante índices que cuantifiquen los desempeños físico y

de recuperación, así como una serie de descriptores sociales y de preparación inherentes de las ciudades de análisis.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Analizar y comparar los desempeños físicos de cada ciudad ante los respectivos terremotos mediante un Índice de Daño (ID).
- Analizar y comparar los desempeños de recuperación de cada ciudad ante los respectivos terremotos mediante un Índice de Recuperación (IR).
- Determinar la relación entre las condiciones sociales y de preparación inherentes de las ciudades con los desempeños físicos y de recuperación ante los eventos sísmicos correspondientes.
- Establecer las causas y posibles mejoras en los sistemas de gestión de riesgo locales.

1.2. Hipótesis

La baja respuesta de la sociedad después del sismo de Pisco se debió principalmente a las malas condiciones de preparación ante desastres comparadas con las del sismo de Tohoku.

1.3. Justificación

Para aclarar la razón de esta investigación, es necesario mencionar algunos datos relevantes con respecto a las condiciones geográficas y demográficas de Perú. En primer lugar, dicho país pertenece a la zona intertropical de América del Sur, entre la Línea Ecuatorial y el Trópico de Capricornio, con un área total de aproximadamente 1 285 215 km², lo cual convierte al Perú en el 19° país más grande del mundo y, a su vez, en el 3° más grande de América del Sur (PLANAGERD, 2014). Adicionalmente, este posee una población total de cerca 32 millones de habitantes y se divide en 3 regiones: Costa, Sierra y Selva, donde aproximadamente el 54,6 % de la población total vive en la Costa, el 32 %, en Sierra y el 13,4 %, en la Selva (INEI, 2018b).

Dentro de la Costa, tan sólo en Lima, la capital del país, se concentra cerca del 30 % de la población dando un total de 10 millones de habitantes, lo cual la convierte en una megaciudad desde el año 2000 (Fuchs y cols., 1994). Esto muestra que Perú es un país altamente centralizado, en donde Lima es la ciudad más habitada. Esto implica una mayor asignación de recursos para la GRD a dicha megaciudad dejando de lado a otras ciudades de gran relevancia en cuanto a peligro sísmico se refiere, tal y como es el caso de Pisco.

“Las zonas de riesgo sísmico se concentran a lo largo de la región costera, hogar de la capital de la nación, Lima. Esta es la zona roja de desastres del Perú” (World Bank Group, 2012). Por si fuera poco, la informalidad prácticamente normalizada en el sector de la construcción se debe a las bajas regulaciones para verificar las prácticas adecuadas durante la construcción y ni siquiera existe una cultura de prevención o preparación para los desastres, que solo empeoran más la situación (Mebarki, 2015).

Por todo lo ya mencionado, la presente investigación resultará de utilidad para un mejor entendimiento de las carencias y virtudes del sistema de gestión de eventos sísmicos en el Perú y, a su vez, se podrá plantear mejoras a partir de las buenas prácticas observadas de la comparativa con el sistema japonés.

Capítulo 2

ESTADO DEL ARTE

2.1. Indicadores de gestión de riesgos

En el año 2005, con ayuda de la Universidad Nacional de Colombia, se elaboró un Informe Técnico para la evaluación de la gestión de riesgos, tanto ante desastres naturales como artificiales, a nivel nacional en Latinoamérica y El Caribe (Cardona, 2005). Dicho material ha servido de base para la elaboración de diversos trabajos y surgió de la necesidad de evaluar de forma estandarizada y con un enfoque multidisciplinario cuán bien se estaba desempeñando un país en materia de gestión de riesgos.

Se propone un total de 4 indicadores, cada uno cubriendo cuatro aspectos clave de desempeño. El primero es el Índice de Déficit por Desastre (IDD), el cual representa las pérdidas económicas ante un desastre mayor y la capacidad de recuperación económica del país. El segundo es el Índice de Desastres Locales (IDL), el cual representa el grado de propensión que posee el país ante la ocurrencia de eventos menores, recurrentes y acumulativos; y cuánto pueden influir estos al desarrollo local. El tercero es el Índice de Vulnerabilidad Prevalente (IVP), el cual representa vulnerabilidad del país a través de descriptores de exposición, de fragilidad socioeconómica, de falta de resiliencia, los cuales llegan a amplificar el impacto generado por un desastre de manera considerable. Finalmente, se tiene al Índice de Gestión de Riesgo (IGR), el cual representa el desempeño de la gestión de riesgos llegando a abarcar todas las etapas de desempeño (antes, durante y después del desastre).

Dichos indicadores fueron usados para evaluar la gestión de riesgos en 12 países en Latinoamérica (Perú, Ecuador, Chile, Colombia, México, Guatemala, El Salvador, República Dominicana, Trinidad y Tobago, Jamaica y Costa Rica) en 5 años diferentes (1980, 1985, 1990, 1995 y 2000).

Los resultados indicaron que, para el año 2000, Costa Rica sería el único país que no podría afrontar completamente en términos económicos si ocurriera un desastre con periodo de retorno de 500 años, mientras que Colombia sería el país que tendría las pérdidas más grandes (aunque de acuerdo con el estudio, sí tendría la capacidad de recuperarse). Asimismo, entre 1996 y 2000 Guatemala fue el país con mayores pérdidas ocasionadas por desastres menores. Resulta interesante también mencionar que, salvo Guatemala y Ecuador, la vulnerabilidad prevalente de cada país no ha mejorado, e incluso en algunos ha aumentado con el pasar del tiempo. Esto refleja la poca atención dada a mejorar las condiciones socioeconómicas locales de cada país, pese a que, posteriormente, varios autores demuestran que este es un factor clave para la reducción del riesgo. Los resultados también mostraron que ninguno de los países analizados presenta un adecuado nivel de gestión de riesgos.

En adición a ello se plantea una serie de indicadores para la evaluación de la gestión de riesgos a nivel subnacional y/o urbano (Cardona, 2005). Estos son agrupados dentro de dos variables: el Riesgo Físico (R_F) y el Factor de Impacto(F), los cuales representan el impacto directo y la amplificación de este debido al impacto indirecto que ocasionó el terremoto respectivamente. Para su aplicación, se evaluó la gestión de riesgos en un total de 19 ciudades ubicadas dentro de Bogotá (ver imagen 2.1). Los resultados indicaron que los índices de riesgo físico fueron amplificados en un 50 % debido a las condiciones socioeconómicas y de falta de resiliencia, lo cual es un valor para nada despreciable.

2.2. Relación entre parámetros sociales y físicos

Los estudios realizados por Cardona muestran la complejidad y variedad de enfoques a tomar en cuenta en la gestión de riesgos, así como la importancia de considerar, no solo parámetros de naturaleza física, sino también aquellos de naturaleza socioeconómica como cruciales para la evaluación de gestión de riesgos. Este concepto logra ser desarrollado más



Figura 2.1: Mapa de localidades analizadas en Bogotá (Cardona, 2005).

a profundidad por el trabajo de Schmidlein y cols. (2011). Dicho trabajo analiza la relación directa entre la vulnerabilidad social y las pérdidas estimadas en una serie de terremotos de distinta magnitud en la ciudad de Charleston, South Carolina. Para ello, elaboró el modelo de pérdidas a través del paquete de software HAZUS-MH de la Federal Emergency Management Agency (FEMA), mientras que para la determinación de la vulnerabilidad social se usó el Índice de Vulnerabilidad Social (SoVI).

Para analizar dicha relación de variables, se usó un análisis de regresión lineal múltiple. Los resultados indicaron que, efectivamente existía una relación significativa entre la vulnerabilidad social y las pérdidas económicas directas ante un terremoto. Los modelos de regresión lineal determinados presentaron un coeficiente R^2 de entre 0.76 y 0.830. Estos resultados contribuyeron positivamente a la gestión de riesgos, ya que previos estudios no habían podido encontrar una fuerte relación entre ambos parámetros debido a la baja calidad de la información usada para la vulnerabilidad social (estos provenían usualmente de censos que se daban cada 10 años).

Otro trabajo de suma relevancia es aquel realizado por Fallah-Aliabadi y cols. (2015) en donde critica el principal enfoque dado al daño físico en todos los estudios hechos hasta

alrededor del Siglo XX (esencialmente a la infraestructura y la tecnología) sin haber prestado la debida importancia a la vulnerabilidad social. Sin embargo, mencionan también que esto puede deberse principalmente a la dificultad al cuantificar este parámetro. Para esta investigación, se tomó como caso de estudio al distrito de Fahadan, ubicado en la ciudad de Yazd, Irán. Asimismo, para el análisis de vulnerabilidad se usó un total de 16 parámetros, dentro de los cuales se incluyeron parámetros de vulnerabilidad física y social.

2.3. EL Proceso Analítico Jerárquico en los estudios de vulnerabilidad

El Proceso Analítico Jerárquico (PAJ) es una metodología para la toma de decisiones bajo situaciones de alta complejidad, incertidumbre y que requieren de la intervención de diversos puntos de vista (Moreno Jiménez y cols., 1998) . Este método ha sido utilizado para calcular índices de vulnerabilidad de diversas ciudades que se mencionan a continuación.

Para el estudio de vulnerabilidad social en el estado de Fahadan realizado por Fallah-Aliabadi y cols. (2015) se aplicó el PAJ y se contó con la participación de 25 expertos que permitieron establecer una distribución de pesos acertada. Dicho análisis permitió que los autores planteen propuestas de mejora en la zona a través de la designación como refugio a una mezquita que se encontraba en construcción, ya que esta se encontraba ubicada en una zona estratégica (de baja vulnerabilidad física y social). Por otro lado, se descartó a otra mezquita como refugio, ya que esta, si bien también se encontraba en una buena ubicación, a esta acudían muchas más personas ajenas a la ciudad de análisis, lo cual incrementaba la vulnerabilidad social en horas diurnas.

Del mismo modo, el trabajo de Zhang y Huang (2013) determinó la vulnerabilidad social en la ciudad de Beijing, China, a través de la elaboración de una serie de mapas de vulnerabilidad. Asimismo, se calculó un índice de vulnerabilidad social a partir de 4 subíndices denominados vulnerabilidad poblacional, vulnerabilidad profesional, vulnerabilidad económica y vulnerabilidad de infraestructura, los cuales incluyeron en total 26 parámetros

sociales de análisis, a los cuales se les asignó pesos mediante, igual que en el caso anterior, el PAJ. Los resultados indicaron que, a la zona media de Beijing, la cual resulta poseer una altísima densidad poblacional, se le debería de dar gran énfasis para la elaboración planes de prevención de desastres, ya que, pese a tener una relativamente baja vulnerabilidad social, presenta una considerablemente alta vulnerabilidad poblacional.

Esto muestra que el PAJ es un método bastante popular que suele ser usado para el cálculo de índices de vulnerabilidad en donde se incluyen parámetros con diferentes unidades, orígenes y que, de otro modo, no podrían ser incluidos en un solo resultado tan fácil y eficazmente. Por otro lado, incluir los aspectos sociales para estimar la vulnerabilidad de una ciudad no es solo importante, sino imprescindible, especialmente en zonas de alta densidad poblacional ((Rahman y cols., 2015)). Es así que, para establecer un adecuado plan de mitigación que reduzca la vulnerabilidad latente local, se debe tomar en cuenta no solo la mejora del desempeño estructural, sino también la participación activa de la comunidad.

Los resultados indicaron que, si bien la vulnerabilidad ante terremotos resulto ser baja debido a que alrededor del 50 % de las edificaciones eran nuevas, la vulnerabilidad ante incendios era alta dada las actividades múltiples que se realizaban dentro de una misma edificación. Asimismo, estos resultados mostraron que, aún cuando la vulnerabilidad social ante terremotos e incendios sea baja, existe una gran posibilidad de que ocurra un gran desastre si la vulnerabilidad social es alta. De esto se puede concluir que un enfoque multi desastre y multi dimensional brinda un mayor panorama sobre qué puede llegar a ocurrir ante un efecto en cadena de desastres.

2.4. Relación entre las actividades pre y post desastre

Centrándose en el tema local, la gestión de riesgos de desastres (GRD) se subdivide en tres tipos de gestión. Estas son gestión prospectiva, cuyo enfoque es evitar el riesgo futuro, gestión correctiva, cuyo enfoque es en corregir el riesgo existente, y gestión reactiva, que se encarga de afrontar situaciones en las que el riesgo se materializa y el peligro es inminente.

Mientras que el CENEPRED se encarga tanto la gestión prospectiva como correctiva, el INDECI se encarga de la gestión reactiva. Asimismo, la GRD también divide sus actividades en un total de seis, las cuales son estimación, prevención, reducción, preparación, respuesta, rehabilitación y reconstrucción siendo esta última junto con las tres primeras actividades desarrolladas y planificadas por el CENEPRED (gestión correctiva y prospectiva), mientras que las demás son cubiertas por el INDECI (gestión reactiva) (CENEPRED, 2018).

Aparentemente estas actividades de las GRD no guardan relación más que de secuencialidad; sin embargo, Urteaga-Tirado y cols. (2021) muestran cuán importante es la calidad de los planes de mitigación de desastres (HMP) para poder reducir las pérdidas directas post desastre e incrementar la velocidad de rehabilitación y reconstrucción de este mismo. De este modo, el autor relaciona las condiciones de preparación previas e inherentes al desastre con la resiliencia local emergente del desastre. (ver figura 2.2).

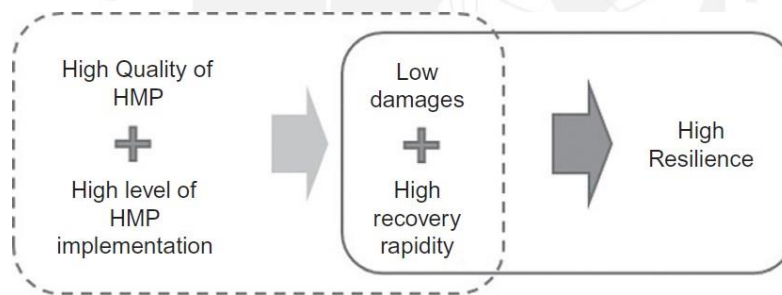


Figura 2.2: Esquematación de la relación entre HMP y la resiliencia local Urteaga-Tirado y cols. (2021).

Este estudio analizó los efectos del ENSO del año 2017 en un total de 11 ciudades ubicadas en los departamentos de Tumbes, Piura y La Libertad. Para ello, se definió 4 indicadores de análisis. El primero, Quality of Plan Index (QPI), representa qué tan bien elaborada fue la documentación relacionada al plan de mitigación de desastres. El segundo, Level of Implementation Index (LII), representa qué tan bien fue implementado el plan de mitigación local. El tercero, Level of Damage Index (LDI), representa el daño directo normalizado. Dicha normalización toma en cuenta las condiciones socioeconómicas de la localidad y la intensidad del evento. Este procedimiento resulta de suma importancia, ya que al estar

comparando localidades con intensidades de lluvia diferentes, los daños no pueden ser adecuadamente comparados. Por último, el Recovery Rapidity Index (RRI), representa cuán bien se recuperó la localidad respecto a lo planeado en un tiempo de recuperación determinado. De este modo, se puede identificar qué lugar se recuperó más velozmente.

Los resultados indicaron que LII y LDI guardan una relación exponencial; es decir, las ciudades que más invirtieron en gestión de riesgos de desastres pudieron reducir exponencialmente los daños directos. También se encontró que, en aquellas ciudades con presupuestos de reconstrucción considerables, aquellas que invirtieron en gestión de riesgo de desastres presentaron una recuperación más veloz.





Capítulo 3

ÁMBITOS DE ESTUDIO

3.1. Situación en Perú

3.1.1. Desastres pasados en Perú

Debido a la presencia de la Cordillera de los Andes, Perú se divide en 3 regiones principales (como ya se mencionó en la sección 1.3): Costa, Sierra y Selva. Como resultado, Perú posee 84 de las 117 zonas de vida del planeta y 28 de los 32 climas existentes en todo el mundo dando lugar a una extraordinaria diversidad en flora y fauna (PNUD, 2011). Sin embargo, debido a su morfología, el Perú se encuentra expuesto a menudo a fenómenos geológicos como deslizamientos de tierra, avalanchas, movimientos de masas, aluviones y demás (PLANAGERD, 2014).

Todos estos hechos hacen que la GRD de Perú sea un gran desafío. Dentro de todos los eventos catastróficos pasados, se resaltan los siguientes (PLANAGERD, 2014):

- Terremoto de Ancash, 1970: se registró 67 000 fallecidos, 500 000 damnificados y pérdidas por USD 800 millones. Debido a este evento, se creó la Institución de Defensa Civil en Perú.
- Terremoto de Callao, 1974: afectó a los distritos de Callao, La Molina, Chorrillos y Barranco. Se registró 78 fallecidos, 2450 heridos, 692 damnificados y pérdidas de USD 82 millones.

- Fenómeno El Niño de 1982-1983: afectó a la zona norte con fuertes lluvias, inundaciones y a la sur con sequías. Se registró 512 fallecidos, 907720 personas sin hogar e incluso disminuyeron en 12 la economía peruana. Las pérdidas económicas estimadas fueron de alrededor de USD 3283 millones.
- Terremoto de Pisco, 2007: afectó a los departamentos de Ica, Lima y Huancavelica. Se registró 596 fallecidos, 292 heridos, 655 674 damnificados y pérdidas de USD 2000 millones.

Con esto se puede observar que la mayoría de desastres que han generado un gran impacto en el territorio peruano resultan ser terremotos. Para dar una idea de cuán catastrófico puede ser un terremoto, en la figura 3.1 se muestran los desastres que han generado mayor daño económico en toda la historia del Perú. Asimismo, en términos estadísticos, de acuerdo



Figura 3.1: Daños económicos de desastres ocurridos en Perú ((World Bank Group, 2012)).

con el INDECI, SINPAD y COEN, entre 2003 y 2012, el 30.8 % del total de fallecidos fueron producidos por actividad sísmica, el 22.49 % por acción humana (incendios urbanos, contaminación ambiental, etc.) En cuanto a heridos, el 43.87 % se debió a fuertes lluvias e inundaciones, y el 31.34 % debido a la actividad sísmica. En cuanto a las viviendas destruidas, el 48,57 % pertenece a la actividad sísmica y el 29,43 % a las fuertes lluvias e inundaciones.

Con estos datos se puede inferir que, a pesar de que las fuertes lluvias e inundaciones son los eventos que más provocan heridos, los terremotos son los que ocasionan la mayor cantidad

de fallecidos y viviendas destruidas. Esto puede explicarse debido a la fragilidad de las casas (alta vulnerabilidad) y también al alto grado de exposición de las áreas afectadas (PLANAGERD, 2014). Adicionalmente, ahora hablando en términos globales, dentro de todos los desastres, aquellos ocasionados por terremotos han matado la mayor cantidad de personas entre los años 1993 y 2013 (UNISDR y cols., 2015).

3.1.2. Terremoto de Pisco, 2007

Datos generales

El 15 de agosto del 2007 a las 18:41 y con una duración de 4 minutos tuvo lugar uno de los eventos sísmicos contemporáneos de mayor relevancia nacional. Dicho terremoto presentó un epicentro localizado a 60 km. mar adentro de la costa de la ciudad de Pisco. Con una profundidad de 40 km. y magnitud momento de 7.9 Mw, el terremoto de Pisco llegó a afectar notablemente a 5 departamentos: Ica, Junín, Lima, Huancavelica y Ayacucho. Asimismo, llegó a ser sentido por los países vecinos de Ecuador y Colombia. (INDECI, 2008)

A consecuencia del terremoto, entre 15 a 20 minutos después de haber iniciado este, se produjo un tsunami llegando a las playas de Lima por el norte y a las de Paracas por el sur. Esta última fue la zona más afectada por dicho tsunami en donde las olas llegaron a alcanzar una altura de 6 metros (INDECI, 2008).

De acuerdo con el INEI (2008), se registró a nivel nacional un total de 434 614 damnificados, 221 060 afectados (personas cuyas viviendas sufrieron algún daño sin llegar al colapso), 1 292 heridos y 596 fallecidos. Con respecto a las viviendas, 48 208 fueron destruidas, 45 500, inhabitables y 45 813, afectadas siendo el departamento de Ica el más afectado por el terremoto.

Daño ocasionado en Pisco

Con respecto a las pérdidas humanas en la ciudad de Pisco, una de las zonas más afectadas del terremoto, y objeto de análisis por la presente investigación, se registró un total de 59 971 damnificados, 50 522 afectados, 701 heridos y 383 fallecidos dando un total

de 111 577 personas. Dicho valor equivale aproximadamente al 89 % de la población total de la zona de acuerdo con el Censo Nacional del 2007 (INEI, 2018b).

Con respecto a los daños a las viviendas, se registró un total de 11 707 viviendas destruidas y 9 550 afectadas dando un total de 21 257 viviendas. Dicho valor equivale aproximadamente al 67 % del total de viviendas de la zona de acuerdo con el Censo Nacional del 2007 (INEI, 2018b). Dichos valores se representan en la figura 3.2.



Figura 3.2: Pérdidas totales a causa del terremoto de Pisco, 2007.

Respuesta inmediata

Dado que Pisco fue una de las zonas más afectadas por el terremoto, se dio una gran énfasis por parte de distintas entidades para su rápida recuperación mediante medidas rápidas, aunque insuficientes considerando el nivel de daño ocasionado.

Como parte de las medidas de acción tomadas, se resalta la acción inmediata del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) mediante la movilización del Grupo de Intervención Rápida para Emergencias y Desastres (GIRED) a las regiones afectadas, organización de Centros de Operaciones de Emergencia y establecimiento de un puente aéreo entre Lima y Pisco para la movilización de recursos clave (INDECI, 2008).

Asimismo, se debe mencionar también las diversas contribuciones de entidades a nivel nacional, como los Ministerios de Salud, Energía y Minas, Producción, Agricultura y de

la Mujer, Seguro Social de Salud (Essalud), Fuerzas Armadas, Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (Sedapal) y demás. Finalmente, a nivel internacional tenemos a los gobiernos de Colombia y Bolivia, Defensa Civil de España, TELMEX y demás. Es importante mencionar que las entidades mencionadas datan de los dos primeros días de haber ocurrido el terremoto. Posteriormente se recibió ayuda de otros países, como Chile, México, Francia, Italia, etcétera (INDECI, 2008).

3.2. Situación en Japón

3.2.1. Desastres pasados en Japón

Debido a sus peculiares características geográficas, Japón es conocido no solo por su veloz crecimiento económico y desarrollo como país, sino también por la abrumadora cantidad de desastres que ocurren cada año. Desde un punto de vista geológico, es en Japón donde



Figura 3.3: Tectónica de placas de Japón ((Nippon Communications Foundation, 2018)).

convergen 4 de las 12 más grandes placas tectónicas del mundo (Live Japan, 2019), que son las placas de Ojotsk, Euroasiática, Filipina y Pacífica (ver figura 3.3). Como ya se mencionó en el capítulo 1, Japón se ubica en una zona de alta actividad sísmica y volcánica. Debido a esto, alrededor del 7.1 % de volcanes activos y el 18.5 % de los terremotos que ocurren anualmente en el mundo tienen lugar en el país del sol naciente (Cabinet Office, Government of Japan, 2015b).

Sin embargo, en respuesta a esto, el gobierno japonés ha mejorado tanto la capacidad de respuesta como la manera en la prevención de desastres a través de planes de gestión de desastres cada vez más elaborados y sistematizados (Cabinet Office, Government of Japan, 2015b). Dicha mejora se ve reflejada en el número de pérdidas por cada desastre. En la figura 3.4, se puede ver que, exceptuando los terremotos de Awaji y el Tohoku, la cantidad de muertos y desaparecidos ha disminuido con el paso del tiempo. Es de conocimiento general que el terremoto de Tohoku ha sido hasta el momento uno de los eventos sísmicos más grandes del mundo moderno, por ello, se hablará más a detalle sobre este a continuación.

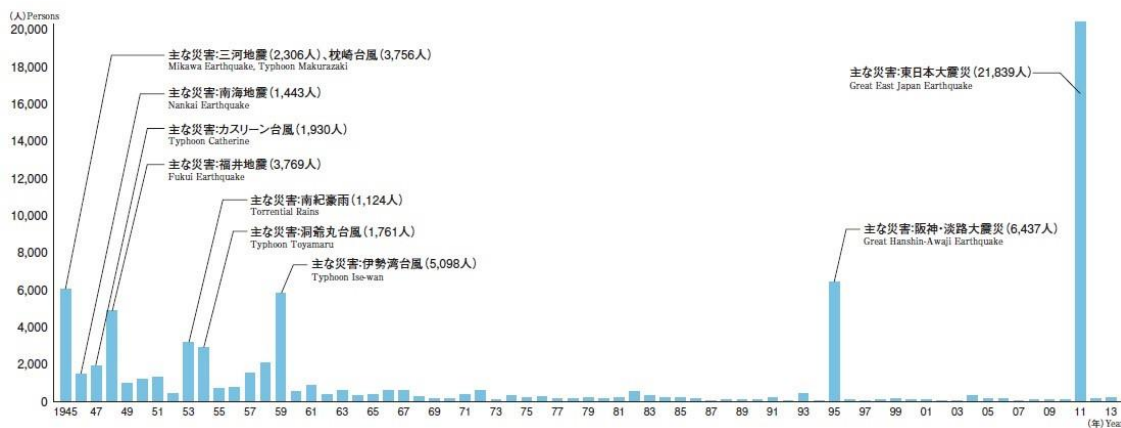


Figura 3.4: Pérdidas humanas ocasionadas por desastres en Japón (Cabinet Office, Government of Japan, 2015b).

3.2.2. Terremoto de Tohoku, 2011

El 11 de marzo de 2011, cerca de la costa de la región de Tohoku, Japón, ocurrió uno de los eventos sísmicos de mayor relevancia a nivel mundial, el cual fue denominado como el Gran Terremoto del Este de Japón o Terremoto de Tohoku. Dicho evento registró una magnitud momento de 9.0 Mw y seguidamente ocurrió un tsunami cuyas olas llegaron a sobrepasar los 10 metros de altura. La combinación de ambos desastres resultó en alrededor de 15829 muertes humanas, 3 686 desaparecidos, 119 879 viviendas destruidas y 186 863 viviendas dañadas (Kumagai, 2011).

Muchas ciudades fueron afectadas tanto por el terremoto como el tsunami. Sin embargo, hubo un lugar en específico cuya respuesta a tales eventos castastróficos fue de admiración

de muchos: la ciudad de Kamaishi, ubicada en la Prefectura de Iwate. Este evento fue llamado el "Milagro de Kamaishi", ya que casi todos los ciudadanos pudieron evacuar efectivamente hasta llegar a un lugar seguro. Solo 1000 de los aproximadamente 40000 habitantes (alrededor del 2.5 %), la mayoría de ellos ancianos, murieron o desaparecieron (Sugimoto, 2014). Asimismo, el hecho más sorprendente fue que solo 5 niños de un total de 3000 que estaban en la ciudad (alrededor del 0,17 %) murieron o desaparecieron (Katada y Kanai, 2016).

Sin embargo, este no fue un milagro en lo absoluto, sino el producto de una adecuada preparación para desastres por parte de la Escuela Secundaria Kamaishi Higashi y la Escuela Primaria Unosumai, así como el nivel de preparación general de la ciudad ante los eventos sísmicos. Pese a que la educación no es un tema directo de análisis, se procederá a mencionarla brevemente en aras de comprender el alcance de la presente investigación. Para ello, se usará como base principalmente el artículo de Katada y Kanai (2016).

Imprevistos y primera decisión

En primer lugar, los ciudadanos de Kamishi se encontraron en una situación muy desfavorable desde el inicio ya que la intensidad del terremoto de Tohoku supero en creces la intensidad para la cual ellos se venían preparando. El terremoto ocurrió durante el horario típico de clase, por lo que los estudiantes se encontraban en la escuela en ese momento. Del mismo modo, el tsunami generado por el terremoto fue mucho más devastador de lo esperado cubriendo así un área de daño más amplio, por lo que los mapas de peligro de toda la ciudad no fueron de ayuda en lo absoluto.

Evacuación

Además de evacuar inmediatamente las escuelas, los estudiantes alertaron a las personas mayores para que pudieran evacuar a tiempo. Gracias a esto, se pudo salvar muchas más vidas. Por otro lado, hubo otros hechos que ayudaron a que la evacuación fuese exitosa. Por ejemplo, el hecho de que los estudiantes habrían mantenido una conversación previa con sus padres sobre lo que harían en caso de una emergencia (en este caso, un terremoto y posteriormente un tsunami). Debido a esto, los padres no tuvieron que preocuparse



Figura 3.5: Evacuación de estudiantes de la Escuela Secundaria de Kamaishi Higashi (Cabinet Office, Government of Japan).

por ellos y perder tiempo y energía valiosos al tratar de encontrarlos en zonas altamente afectadas por el desastre natural (lo cual incurre en un riesgo, a su vez, para los padres de familia). Es así que ellos optaron por ir directamente a los refugios confiando en que sus niños también hicieron lo mismo (ver figura 3.5).

Trasfondo del caso

En ese momento, el sistema educativo sobre riesgos aplicado en la ciudad de Kamaishi difería significativamente del típico modelo educativo que se impartía en otras escuelas de todo Japón, lo cual marcó un hito en este campo y permitió la formación del nuevo sistema educativo japonés. El trasfondo teórico del Milagro de Kamaishi se explicará a continuación. El tipo de sistema educativo empleado en esa ciudad es denominado “Educación de Prevención de Desastres Orientada a la Actitud” (AODPE por sus siglas en inglés). Para un mejor entendimiento, se explicará también la denominada “Educación de Prevención de Desastres Amenazante” (TDPE por sus siglas en inglés) y la “Educación de Prevención de Desastres Orientada al Conocimiento” (KODPE por sus siglas en inglés).

En simples términos, La TDPE se basa en concientizar a las personas sobre la importancia de una buena preparación para terremotos mediante la infusión de miedo (comunicación a través del miedo). Asimismo, el KODPE se basa en la difusión de información objetiva sobre desastres pasados (fechas, nivel de daños y demás) con el fin de que las personas se encuentren mejor preparadas para los siguientes desastres. Finalmente, el AODPE se

Tabla 3.1: Cuadro comparativo de los sistemas educativos de prevención de desastres.

Sistema educativo	Aspectos comparativos		
	Desligamiento del tiempo	Irrefutabilidad de datos	Autonomía conductual
TDPE	-	-	-
KODPE	✓	✓	-
AODPE	✓	-	✓

funda en la autonomía en la toma de decisiones y promueve el uso del sentido común de la persona para generar una mejor respuesta ante un desastre. A diferencia de los otros dos sistemas, este consiste en proporcionar todas las herramientas e información necesarias para hacer que las personas usen su propio juicio y tomen las decisiones más sensatas durante el desastre, de modo que haya una 'independencia temporal' (a diferencia de la TDPE) y se evite una "irrefutabilidad de la información" de los mapas de peligro (a diferencia de la KODPE). En la tabla 3.1 se puede notar las diferencias entre los 3 sistemas.



Capítulo 4

METODOLOGÍA

4.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación presentada es de orden cuantitativo, ya que se basa en las mediciones previamente hechas sobre los eventos acontecidos. Asimismo, presenta una parte cualitativa al momento de hacer la comparación entre los resultados obtenidos de los casos presentados.

4.2. Métodos

4.2.1. Definición de Índices

En concordancia con los dos primeros objetivos secundarios propuestos, la presente tesis propone dos índices a través de los cuales se realizará la comparación de desempeño de ambas ciudades. Estos son el Índice de Daño (ID) y el Índice de Recuperación (IR). Por un lado, el ID busca representar el desempeño local tomando en cuenta la información correspondiente a los daños ocasionados por el terremoto. Para ello, se usará una serie de descriptores que serán mencionados posteriormente en el presente acápite. Por otro lado, el IR busca cuantificar cuán responsivas fueron las ciudades a analizar tomando en cuenta información correspondiente a su grado de recuperación del evento sísmico ocurrido. Del mismo modo, para el cálculo de este indicador se usará una serie de descriptores que serán definidos y mencionados posteriormente más a detalle en el presente acápite.

4.2.2. Identificación de descriptores relevantes

Cardona (2005) propone el cálculo de dos indicadores para cuantificar el riesgo probable ante un desastre natural a nivel urbano. Estos son el índice de riesgo físico y el factor de impacto. Estos engloban una serie de descriptores que determinan el daño físico probable y la amplificación de este daño debido a condiciones socioeconómicas y de resiliencia inherentes de la ciudad de análisis. Sin embargo, estos descriptores no fueron pensados para ser aplicados ni en el cálculo de desempeños, ni para países del continente asiático.

Por otro lado, tenemos al Manual para la Evaluación de Riesgo por Sismos (CENEPRED, 2017), el cual propone las dimensiones a considerar para el análisis de vulnerabilidad, componente que se relaciona estrechamente con el análisis de desempeño a calcular en esta tesis. Estas son las dimensiones física, económica, social y ambiental.

La razón para no tomar en cuenta los aspectos ambientales es el siguiente. Solo se consideraron los aspectos físicos, sociales y económicos debido a la limitación en el tiempo de realización de esta tesis. Queda pendiente para estudios futuros incluir la gestión ambiental en los índices de recuperación (ver figura 4.1).

Cabe mencionar que, por cuestiones de localización y dada la presente situación de emer-

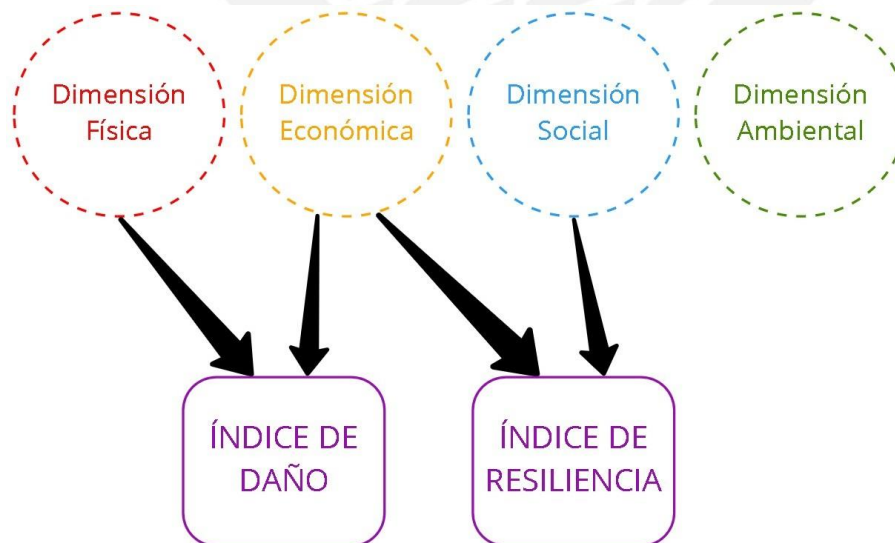


Figura 4.1: Asociación de dimensiones a los índices de desempeño.

Tabla 4.1: Tabla resumen de descriptores para cada índice de desempeño.

Índice de Daño (ID)		Índice de Recuperación (IR)	
D_1	Viviendas destruidas	R_1	Recuperación temprana
D_2	Pérdidas humanas	R_2	Irretornabilidad remanente
D_3	Heridos	R_3	Recuperación económica
D_4	Damnificados	R_4	Ayuda económica
D_5	Daño económico	R_5	Recuperación de empleo

gencia sanitaria global debido al Covid 19, solo se dispuso con la información disponible en la web. Dicha información se basó principalmente en bases de datos de páginas oficiales de entidades públicas a nivel nacional y municipal para ambos países que se mencionarán más a detalle en el siguiente capítulo.

Asimismo, el idioma predominante en las bases de datos y reportes técnicos correspondientes a la ciudad de Kamaishi fue el japonés y en un formato difícilmente traducible (documentos escaneados como jpg y transformados a pdf). Por ello, la determinación de descriptores también se vio fuertemente determinada por la disponibilidad de información.

Es así que los descriptores elegidos para el cálculo del ID e IR se muestran a continuación en la tabla 4.1.

4.2.3. Ajuste por Intensidad de Daño

Se está analizando el desempeño de cada ciudad ante dos terremotos distintos. Estos, a su vez, generaron tsunamis que también causaron daños. Es así que, para poder comparar ambos desempeños, se optó por normalizar parte de los descriptores elegidos en base a las escalas de intensidad resultantes, tanto del evento sísmico, como del tsunami subsecuente.

Para caracterizar cada evento de acuerdo a la intensidad sísmica, se usó la Escala de Mercalli Modificada (Oviedo Vega, 2017) presentada en el apéndice A (ver tabla A.1).

Por otro lado, para caracterizar cada evento de acuerdo a la intensidad del tsunami, se usó la escala propuesta por Imamura y Papadopoulos (2001) presentada en el apéndice A (ver tabla A.2). Tomando en cuenta ambas escalas, se procederá a asignar un valor representativo del daño general ocasionado por el terremoto y el tsunami en conjunto. Para la asignación de dicho valor, se usará una matriz representada en la gráfica 4.2, a la cual se denominará Matriz Cualitativa de Daño Conjunto (MCDJ). Finalmente, una vez

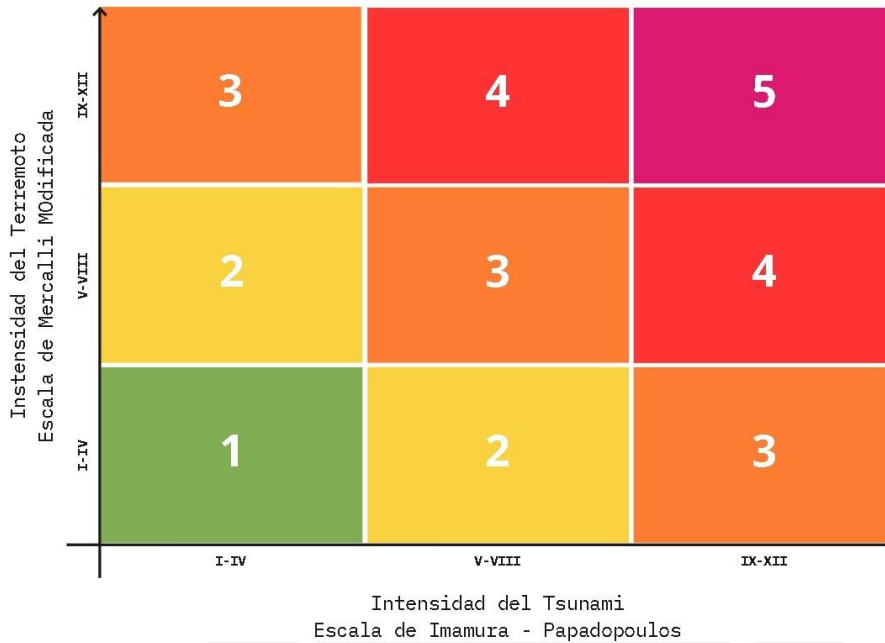


Figura 4.2: Matriz Cualitativa de Daño Conjunto.

obtenidos los valores de la matriz para cada caso, se amplificará el daño del terremoto de Pisco, lo cual se verá traducido en la amplificación de ciertos parámetros usados para el cálculo de cada descriptor. Estos serán definidos más adelante en el presente capítulo.

4.2.4. Cálculo de pesos

El cálculo de ambos índices será a través de la ponderación de los valores de los descriptores previamente normalizados a través de una serie de funciones de transformación.

Para la asignación de dichos pesos se usará el Proceso Analítico Jerárquico (PAJ). La metodología a seguir será descrita paso a paso y con un mayor detalle a continuación. Finalmente, se analizará la correlación de los descriptores de desempeño físico y de recupe-

ración con una serie de descriptores característicos de orden socioeconómico y se plantearán propuestas de mejora en base a ellos.

4.3. Proceso Analítico Jerárquico (PAJ)

El Proceso Analítico Jerárquico es una metodología de la toma de decisiones bajo situaciones de gran complejidad, alta incertidumbre e intervención de diversos personajes y puntos de vista (Moreno Jiménez y cols., 1998). Dado que los desastres naturales, por su misma naturaleza, son eventos que envuelven dichas características, se hace prácticamente imposible utilizar metodologías de toma de decisión como las de la Investigación Operativa, o, aún peor, la mera intuición.

Dicho esto, la presente metodología resulta ser la de mayor pertinencia para el cálculo de los pesos de todos los subindicadores, ya que transforma las diversas opiniones y criterios de discriminación de la relevancia de parámetros a analizados en pares, los cuales pueden llegar incluso a conflictos, en “consensos” concretos, numéricos y, ergo, introducibles a las fórmulas de cálculo de indicadores. En otras palabras, el PAJ incluye los aspectos cualitativos a través de aspectos cuantitativos. Por si fuera poco, el PAJ no requiere de una escala universal y tolera inconsistencias debido a que el número de ecuaciones excede el número de pesos por definir (Cardona, 2005). Los pasos a seguir para la correcta ejecución del PAJ se describen a continuación.

Primero, se eligen dos sub indicadores y se define cuál es el más importante y cuántas veces más lo es. Dicho valor debe ser un número entero entre el 1 y el 9 como se indica en la escala de Saaty (ver tabla 4.2). Por ejemplo, si se compararan dos sub indicadores A y B , se tendría una respuesta del tipo “el sub indicador A es 3 veces más importante que B ”. Segundo, se repite dicho procedimiento para todas las combinaciones de pares de sub indicadores pertenecientes un mismo indicador. Para n sub indicadores se tendría un total de $n(n - 1)/2$ combinaciones.

Tercero, se colocan todos estos valores definidos en una matriz cuadrada de comparación como en la tabla 4.3, en donde se cumple para cada elemento de la matriz que X_{ij} es igual a $1/X_{ji}$. Los pesos serán proporcionales a las sumas de elementos de cada fila respectiva-

Tabla 4.2: Escala numérica de Saaty. Adaptado de Marins y cols. (2009).

Escala	Descripción
1	Igual de importante
3	Ligeramente más importante
5	Más importante
7	Mucho más importante
9	Muchísimo más importante
2,4,6,8	Valores intermedios

mente. Por último, estos valores serán escalados de tal modo que la suma total de pesos

Tabla 4.3: Ejemplo de matriz de comparación entre 3 sub indicadores. Adaptado de Cardona (2005)

Objetivo	Indicador A	Indicador B	Indicador C
Indicador A	1	3	1
Indicador B	1/3	1	1/5
Indicador C	1	5	1

sea 1. Asimismo, para calcular la consistencia de los pesos calculados, se usará la relación de consistencia (CR) presentada en la fórmula 4.1, cuyo valor debe ser menor o igual a 0.1. Asimismo, para su cálculo se hará uso del índice de consistencia (CI) presentado en la fórmula 4.2.

$$CR = \frac{CI}{CI_{aleatorio}} \leq 0,1 \quad (4.1)$$

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (4.2)$$

Donde λ_{max} es el mayor valor propio, n es el orden de la matriz de comparación y $CI_{aleatorio}$ es la consistencia aleatoria, la cual es un valor que depende del orden de la matriz de comparación (ver tabla 4.4). En caso de que el valor de CR sea mayor a 0.1, los pesos calculados no se podrán utilizar y se deberá volver a comparar los sub indicadores en pares nuevamente en aras de conseguir una mejor consistencia.

Finalmente, cabe mencionar que, para facilitar la toma de datos, se usarán ficheros adjuntos

Tabla 4.4: Valores de la consistencia aleatoria de acuerdo al orden de la matriz Aznar Bellver y Guijarro Martínez (2012).

Tamaño de la matriz (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$Cl_{aleatorio}$	0.00	0.00	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

a la presente tesis que serán descritos más a detalle en posteriores apartados del presente capítulo.

4.4. Índice de Daño (ID)

4.4.1. Descriptores

Para el cálculo del ID se hará uso de una serie de descriptores mencionados a continuación. Una vez se obtenga el valor bruto de cada descriptor, este será estandarizado mediante una gráfica de transformación. Los valores obtenidos de esta transformación oscilarán entre 0 y 1. El ID también se encontrará en este rango de valores y, mientras más cercano a 1 sea, mayor habrá sido el daño causado por el terremoto. Es importante indicar que parte de las gráficas de transformación presentadas a continuación fueron extraídas directamente del trabajo de Cardona 2005, mientras que otra parte se refiere a estimaciones gruesas definiendo puntos específicos de las gráficas y uniéndolos de manera lógica. Sin embargo, no existe un estudio que sustente empíricamente estas últimas gráficas. Asimismo, los valores transformados se estimaron directamente de estas gráficas, pues la documentación correspondiente no proporcionó una expresión matemática para su obtención.

Viviendas destruidas (D_1)

Este indicador denota el daño ocasionado por el terremoto a las viviendas. Para el cálculo de D_1 se hará uso de la fórmula 4.3.

$$D_1 = \frac{N^\circ \text{ de viviendas destruidas}}{N^\circ \text{ de viviendas totales}} \quad (4.3)$$

Asimismo, la función de transformación de D_1 se basó en aquella planteada por Cardona 2005. En resumen, se tomará como valor límite superior el 70 % de viviendas destruidas

y como límite inferior el 0%. Además, el daño incrementará rápidamente entre el 30% y 50%, como se puede ver en la gráfica 4.3. Por último, para el caso de Pisco, el N° de

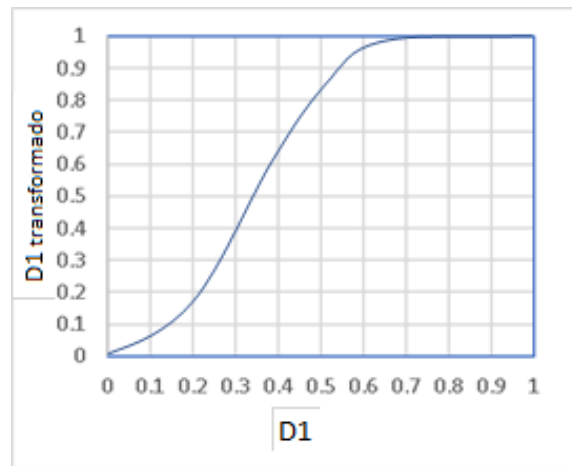


Figura 4.3: Gráfica de transformación de viviendas destruidas.

viviendas destruidas se verá amplificado al hacer el ajuste por intensidad de daño.

Pérdidas humanas (D_2)

Este indicador denota las muertes ocasionadas por el terremoto por cada mil habitantes. Para el cálculo de D_2 se hará uso de la fórmula 4.4.

$$D_2 = \frac{N^{\circ} \text{ de muertos}}{N^{\circ} \text{ de habitantes}} * 1000 \quad (4.4)$$

Asimismo, la función de transformación de D_2 es aquella planteada por Cardona (2005). Esta se puede ver en la gráfica 4.4.

Por último, para el caso de Pisco, el N° de muertos se verá amplificado al hacer el ajuste por intensidad de daño.

Heridos (D_3)

Este indicador denota los heridos por el terremoto por cada mil habitantes. Para el cálculo de D_3 se hará uso de la fórmula 4.5.

$$D_3 = \frac{N^{\circ} \text{ de heridos}}{N^{\circ} \text{ de habitantes}} * 1000 \quad (4.5)$$

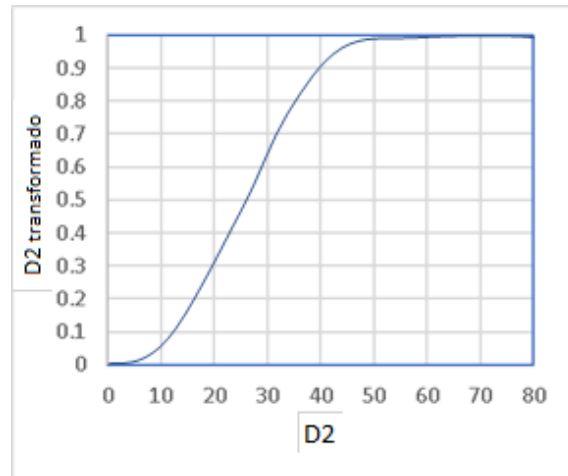


Figura 4.4: Gráfica de transformación de pérdidas humanas. Fuente: adaptado de Cardona (2005)

Asimismo, la función de transformación de D_3 es aquella planteada por Cardona (2005). Esta se puede ver en la gráfica 4.5. Por último, para el caso de Pisco, el N° de heridos se

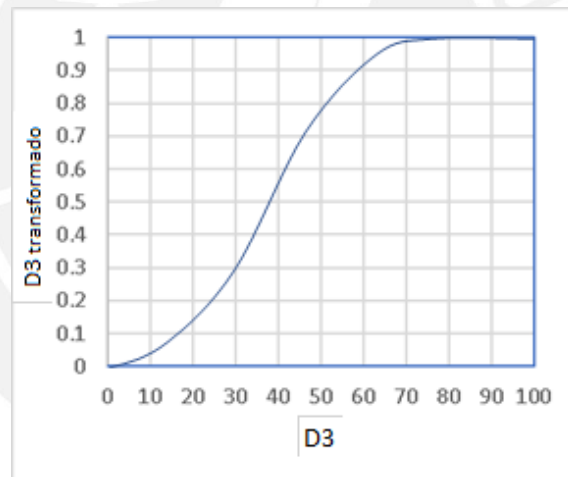


Figura 4.5: Gráfica de transformación de heridos. Fuente: adaptado de Cardona (2005)

verá amplificado al hacer el ajuste por intensidad de daño.

Damnificados (D_4)

Este indicador denota los damnificados por el terremoto por cada mil habitantes. Para el cálculo de D_4 se hará uso de la fórmula 4.6.

$$D_4 = \frac{N^{\circ} \text{ de damnificados}}{N^{\circ} \text{ de habitantes}} * 1000 \quad (4.6)$$

Asimismo, la función de transformación de D_4 se puede ver en la gráfica 4.6. Para su elaboración, se consideró que la curva presenta un comportamiento similar a las aquellas correspondientes a D_2 y D_3 , dado que poseen la misma naturaleza. Por último, para el

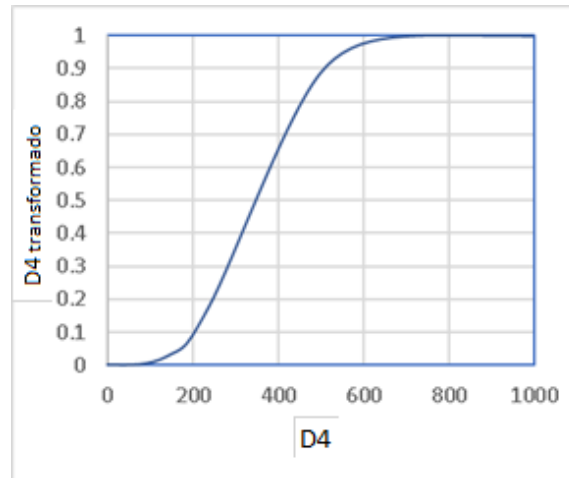


Figura 4.6: Gráfica de transformación de damnificados.

caso de Pisco, el N° de damnificados se verá amplificado al hacer el ajuste por intensidad de daño.

Daño Económico (D_5)

Este indicador denota las pérdidas económicas directas con respecto al PBI del sector construcción. Para el cálculo de D_5 se hará uso de la fórmula 4.7.

$$D_5 = \frac{\text{Pérdidas económicas directas}}{\text{PBI local}} \quad (4.7)$$

Asimismo, la función de transformación de D_5 se puede ver en la gráfica 4.7. Para su elaboración, se consideró un crecimiento lineal del subíndice de daño a medida que el D_5 crece. Por último, para el caso de Pisco, la pérdida económica directa se verá amplificada al hacer el ajuste por intensidad de daño.

4.4.2. Cálculo de pesos

Junto con el cálculo y transformación de los descriptores, se calcularán los pesos w_i de cada descriptor. Para ello se hará uso de la cartilla de llenado indicado en el apéndice

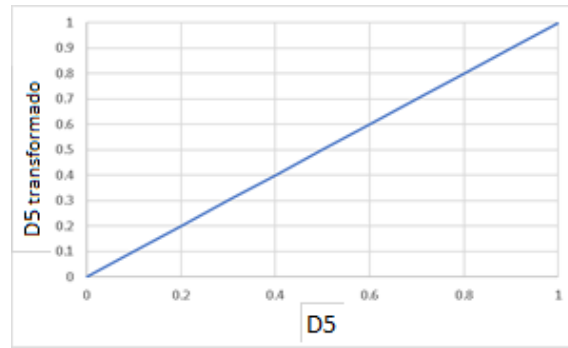


Figura 4.7: Gráfica de transformación de daño económico.

B (ver tabla B.1). Dicho contenido será usado para la aplicación del método PAJ. Dado que se obtendrán distintas asignaciones de pesos por cada especialista, se tomará un valor promedio de todos aquellos que hayan aprobado el análisis de consistencia del PAJ.

4.4.3. Ponderación

Finalmente, se obtendrá el ID ponderando los valores de los descriptores transformados haciendo uso de la fórmula 4.8.

$$ID = \sum_{i=1}^5 w_i \cdot D_i^{\text{transformado}} \quad (4.8)$$

Una vez calculado el índice de daño, se procederá con el índice de recuperación

4.5. Índice de Recuperación (IR)

4.5.1. Descriptores

Para el cálculo del IR, al igual que para ID, se hará uso de una serie de descriptores mencionados a continuación. Una vez se obtenga el valor bruto de cada descriptor, este será estandarizado mediante una función de transformación. Los valores obtenidos de dicha transformación oscilarán entre 0 y 1. El IR también se encontrará en este rango de valores y, a diferencia de ID, mientras más cercano a 1 sea, mayor facilidad de recuperación habrá presentado la ciudad para el terremoto correspondiente. Es importante indicar que parte de las gráficas de transformación presentadas a continuación fueron extraídas directamente

del trabajo de Cardona 2005, mientras que otra parte se refiere a estimaciones gruesas definiendo puntos específicos de las gráficas y uniéndolos de manera lógica. Asimismo, los valores transformados se estimaron directamente de estas gráficas, pues la documentación correspondiente no proporcionó una expresión matemática para su obtención.

Reconstrucción temprana (R_1)

Este indicador denota el porcentaje de viviendas que fueron reconstruidas dentro del primer año de ocurrido el terremoto. Para el cálculo de R_1 se hará uso de la fórmula 4.9.

$$R_1 = \frac{N^{\circ} \text{ viviendas reconstruidas dentro del 1}^{\circ} \text{ año}}{N^{\circ} \text{ de viviendas destruidas}} \quad (4.9)$$

Asimismo, la función de transformación de R_1 se puede ver en la gráfica 4.8. Para su elaboración, se consideró que, si la reconstrucción temprana fue mayor al 50 %, la ciudad fue completamente resiliente. Por último, para el caso de Pisco, el N° de viviendas destruidas

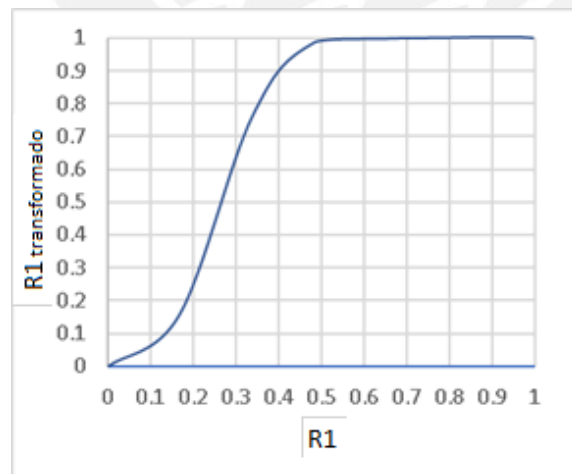


Figura 4.8: Gráfica de transformación de reconstrucción temprana.

se verá amplificado al hacer el ajuste por intensidad de daño.

Irretornabilidad remanente (R_2)

Este indicador denota el porcentaje de viviendas que aún no han sido reconstruidas luego de 8 años de ocurrido el terremoto. Para el cálculo de R_2 se hará uso de la fórmula 4.10.

$$R_2 = \frac{N^{\circ} \text{ viviendas aún no reconstruidas luego de 8 años}}{N^{\circ} \text{ de viviendas destruidas}} \quad (4.10)$$

Asimismo, la función de transformación de R_2 se puede ver en la gráfica 4.9. Para su elaboración, se consideró que, si el descriptor calculado excede el 5 %, se tuvo un desempeño óptimo; sin embargo, si este es mayor del 20 %, se tuvo un desempeño completamente deficiente.

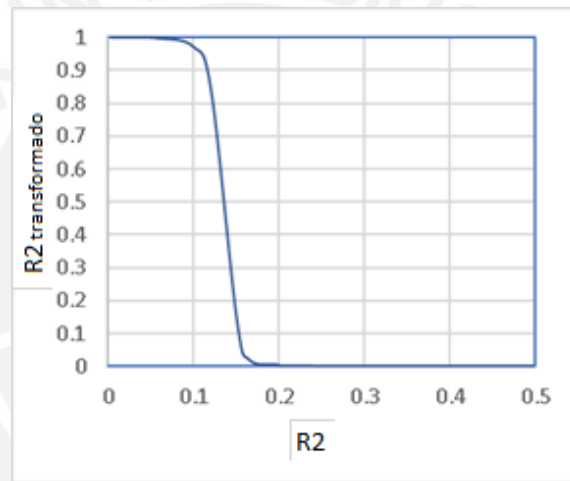


Figura 4.9: Gráfica de transformación de irretornabilidad remanente.

Recuperación económica (R_3)

Este indicador representa cuántas fueron las pérdidas físicas en viviendas en proporción al presupuesto público asignado para terremotos. Para el cálculo de R_3 se hará uso de la fórmula 4.11.

$$R_3 = \frac{\text{Pérdidas físicas en viviendas}}{\text{Recursos del presupuesto público para el terremoto}} \quad (4.11)$$

Asimismo, la función de transformación de R_3 se puede ver en la gráfica 4.10. Para su elaboración, se consideró una distribución lineal con inicio en 0 y fin en 1. Esto se debe

a que valores mayores a 1 se traducen como una incapacidad económica del país para poder responder ante el desastre natural y, a medida que el descriptor sea más cercano a 1, mayor será la probabilidad de que el siguiente desastre natural pueda no ser cubierto completamente en gastos. Por último, para el caso de Pisco, las pérdidas físicas en viviendas

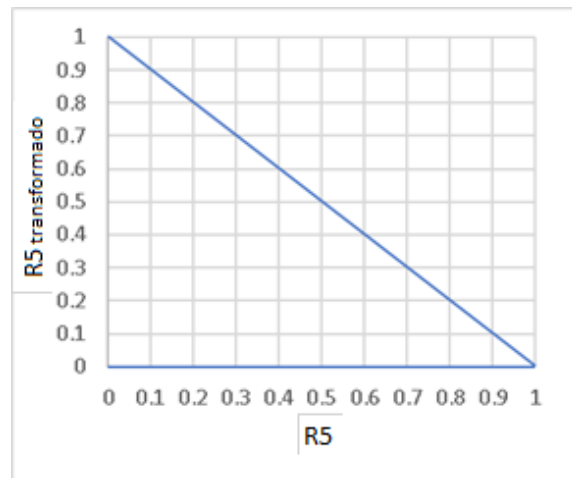


Figura 4.10: Gráfica de transformación de recuperación económica.

se verán amplificadas al hacer el ajuste por intensidad de daño.

Ayuda económica (R_4)

Este indicador denota el porcentaje de familias que pudo percibir ayuda económica alguna por parte del Estado debido al terremoto ocurrido. Para el cálculo de R_4 se hará uso de la fórmula 4.12.

$$R_4 = \frac{N^{\circ} \text{ beneficiarios de ayuda económica}}{N^{\circ} \text{ de damnificados}} \quad (4.12)$$

Asimismo, la función de transformación de R_4 se puede ver en la gráfica 4.11. Para su elaboración, se consideró una distribución lineal. Por último, para el caso de Pisco, el N° de damnificados se verá amplificado al hacer el ajuste por intensidad de daño.

Recuperación de empleo (R_5)

Este indicador denota el porcentaje de personas que recuperaron su empleo luego del primer trimestre de ocurrido el terremoto con respecto a aquellas que lo perdieron debido

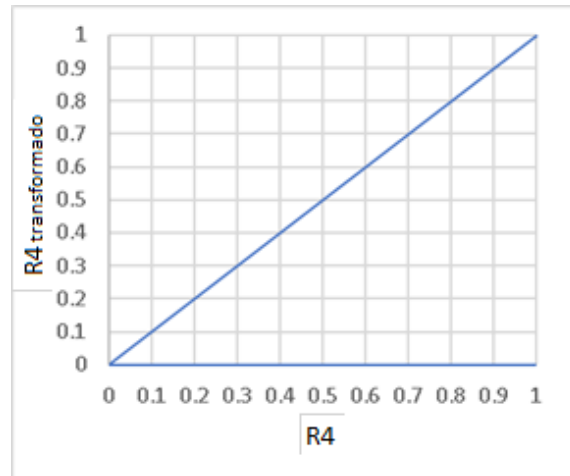


Figura 4.11: Gráfica de transformación de ayuda económica.

a este. Para el cálculo de R_5 se hará uso de la fórmula 4.13.

$$R_5 = \frac{\text{N}^\circ \text{ personas que recuperaron su empleo en 3 meses}}{\text{N}^\circ \text{ de personas que perdieron su empleo}} \quad (4.13)$$

Asimismo, la función de transformación de R_5 se puede ver en la gráfica 4.12. Para su elaboración, se consideró una distribución lineal.



Figura 4.12: Gráfica de transformación de recuperación de empleo.

4.5.2. Cálculo de pesos

Junto con el cálculo y transformación de los descriptores, se calcularán los pesos w_i de cada descriptor. Para ello se hará uso de la cartilla de llenado indicado en el apéndice

B (ver tabla B.2). Dicho contenido será usado para la aplicación del método PAJ. Dado que se obtendrán distintas asignaciones de pesos por cada especialista, se tomará un valor promedio de todos aquellos que hayan aprobado el análisis de consistencia del PAJ.

4.5.3. Ponderación

Finalmente, se obtendrá IR ponderando los valores de los descriptores transformados haciendo uso de la fórmula 4.14.

$$IR = \frac{\sum_{i=1}^5 w_i \cdot R_i^{transformado}}{5} \quad (4.14)$$

4.6. Análisis de correlación

Se analizará el tipo de relación que existe entre los descriptores de desempeño físico y de recuperación, así como la relación de estos con una serie de descriptores de desarrollo humano y de preparación mencionados a continuación. Para esto se utilizará un método gráfico cualitativo en donde se colocarán todos los descriptores (desempeño físico, recuperación desarrollo humano, preparación) con sus valores correspondientes.

4.6.1. Descriptores de desarrollo humano

Estos descriptores reflejan el nivel de desarrollo humano de los lugares de análisis en aspectos relacionados estrechamente con los descriptores correspondientes a IR e ID.

Tasa de mortalidad (H_1)

Este indicador denota la cantidad de muertes anuales en la ciudad por cada 100 000 habitantes. Para el cálculo de H_1 se hará uso de la fórmula 4.15.

$$H_1 = \frac{N^{\circ} \text{ muertes}}{N^{\circ} \text{ habitantes}} * 100000 \quad (4.15)$$

Tasa de delincuencia (H_2)

Este indicador denota la cantidad de delitos anuales por cada 100 000 habitantes. Para el cálculo de H_2 se hará uso de la fórmula 4.16.

$$H_2 = \frac{N^{\circ} \text{delitos}}{N^{\circ} \text{habitantes}} * 100000 \quad (4.16)$$

Densidad poblacional (H_3)

Este indicador denota la cantidad de personas que viven por km^2 del área de análisis. Para el cálculo de H_3 se hará uso de la fórmula 4.17.

$$H_3 = \frac{N^{\circ} \text{habitantes}}{\text{Área total en } km^2} \quad (4.17)$$

Envejecimiento de la población (H_4)

Este indicador denota la cantidad de personas mayores de 65 años hay por cada persona menor de 15 años. Para el cálculo de H_4 se hará uso de la fórmula 4.18.

$$H_4 = \frac{N^{\circ} \text{ personas mayores de 65 años}}{N^{\circ} \text{ personas menores de 15 años}} \quad (4.18)$$

Tasa de informalidad (H_5)

Este indicador denota qué porcentaje de las construcciones de la zona son informales. Para el cálculo de H_5 se hará uso de la fórmula 4.19.

$$H_5 = \frac{N^{\circ} \text{ construcciones informales}}{N^{\circ} \text{ construcciones totales}} \quad (4.19)$$

4.6.2. Descriptores de preparación

Estos descriptores reflejan el nivel preparación ante eventos sísmicos en cuestiones administrativas, comunicativas y educativas.

Monitoreo y comunicación de amenazas (P_1)

Este indicador denota el grado de comunicación y monitoreo presente a partir de una escala cualitativa numérica. Para la determinación de dicho valor, se hará uso de la tabla 4.5.

Tabla 4.5: Escala de valoración cualitativa de P_1 (Cardona, 2005)

1	Instrumentación mínima o deficiente de algunos importantes eventos sísmicos
2	Redes básicas de instrumentación con problemas de actualización tecnológica y mantenimiento continuo
3	Algunas redes con tecnología avanzada a nivel nacional o de zonas puntuales; pronósticos mejorados y protocolos de información establecidos para las principales amenazas
4	Buena y progresiva cobertura de la instrumentación a nivel nacional, investigación avanzada de la mayoría de fenómenos y algunos sistemas de alerta automáticos funcionando
5	Amplia cobertura de redes de estaciones y sensores para eventos sísmicos en todo el territorio, análisis permanente y oportuno de información y sistemas de alerta automáticos funcionando continuamente a nivel local, regional y nacional

Capacitación y educación (P_2)

Este indicador denota el grado de capacitación y educación que recibe la comunidad en lo que a gestión de riesgos respecta. Para la determinación de dicho valor, se hará uso de la tabla 4.6.

Tabla 4.6: Escala de valoración cualitativa de P_2 (Cardona, 2005)

1	Incipiente incorporación de temas sobre amenazas y desastres en la educación formal y en programas de capacitación comunitaria
2	Algunas adecuaciones curriculares puntuales en la educación básica y media; producción de materiales de instrucción para docentes y líderes comunitarios en algunas localidades o distritos de la ciudad
3	Progresiva incorporación de la gestión del riesgo en los programas curriculares; apreciable producción de materiales de instrucción de alta calidad y frecuente realización de cursos de capacitación de la comunidad
4	Amplia cobertura de la educación formal, no formal y de la capacitación comunitaria en la ciudad; programas de educación superior y de cursos de especialización en varias universidades
5	Alta capacidad técnica de la ciudad para generar conocimiento sobre riesgos; amplia cobertura de los programas de educación y producción de materiales; permanente capacitación de la comunidad

Simulacros y simulaciones (P_3)

Este indicador denota el grado en el que la ciudad prepara a sus habitantes para eventos sísmicos a través de simulacros y simulaciones. Para la determinación de dicho valor, se

hará uso de la tabla 4.7.

Tabla 4.7: Escala de valoración cualitativa de P_3 (Cardona, 2005)

1	Algunos programas de capacitación y simulación de respuesta institucional a nivel interno de cada entidad y en conjunto entre varias entidades operativas de la ciudad
2	Entrenamiento del personal y ejercicios esporádicos de simulación de situaciones de emergencia y respuesta interinstitucional con todas las entidades operativas
3	Capacitación de equipos especializados; simulaciones de escritorio y simulacros con la participación adicional de las entidades de servicios públicos y de la administración local en varias localidades o distritos
4	Coordinación de simulaciones y simulacros con la participación de las personas de la comunidad, el sector privado y los medios de comunicación a nivel de la ciudad y en algunas localidades o distritos
5	Entrenamiento permanente de grupos de respuesta; prueba de planes de emergencia y contingencia y actualización de procedimientos operativos con base en ejercicios de simulación y simulacros frecuentes en la mayoría de localidades

Inventario de pérdidas (P_4)

Este indicador denota la cantidad y calidad de inventarios de pérdidas por cada evento sísmico ocurrido. Para la determinación de dicho valor, se hará uso de la tabla 4.8.

Tabla 4.8: Escala de valoración cualitativa de P_4 (Cardona, 2005)

1	Algunos datos básicos y superficiales de eventos históricos que han afectado la ciudad
2	Rregistro continuo de eventos actuales, catálogos incompletos de ocurrencia de algunos fenómenos e información limitada de efectos y pérdidas
3	Algunos catálogos completos, sistematización generalizada de eventos actuales y de sus efectos económicos, sociales y ambientales
4	Inventario completo y catálogos de eventos; registro y sistematización detallada de efectos y pérdidas para la actualidad
5	Inventario detallado de eventos y efectos para todo tipo de evento sísmico existente

Evaluación y representación de amenazas (P_5)

Este indicador denota el nivel de detalle de la evaluación y representación de amenaza a través de los mapas de amenaza. Para la determinación de dicho valor, se hará uso de la tabla 4.9.

Tabla 4.9: Escala de valoración cualitativa de P_5 (Cardona, 2005)

1	Evaluación superficial y realización de mapas básicos de la influencia y susceptibilidad de algunos terremotos
2	Algunos estudios descriptivos y cualitativos de susceptibilidad y amenaza de los principales fenómenos
3	Algunos mapas de amenaza basados en técnicas probabilísticas; uso generalizado de SIG para el mapeo de las principales amenazas
4	Amplia cobertura con mapas de amenaza de adecuada resolución y en escalas adecuadas; prioridades de zonificación a mayor detalle; microzonificación de la ciudad con base en técnicas probabilísticas
5	Estudios detallados y microzonificación de la mayoría de los fenómenos potenciales de la ciudad utilizando metodologías avanzadas; alta capacidad técnica para generar conocimiento sobre sus amenazas

4.7. Comparación

Con los valores de ID, IR y descriptores de desempeño previamente calculados para los casos de Pisco y Kamaishi, se hará una comparación en pares. De este modo se espera identificar las debilidades y fortalezas en el desempeño ante terremotos de cada ciudad. Posteriormente se plantearán posibles mejoras para un mejor desempeño en eventos sísmicos futuros.

4.8. Alcance

La metodología usada en la presente investigación se origina de un exhaustivo dimensionamiento, por parte de varios especialistas, del riesgo de desastres y el nivel de gestión de riesgos en aras de sean lo más general posible para que pueda ser aplicada a las distintas realidades presentes en cada país. Sin embargo, esta presenta ciertas limitaciones presentadas a continuación.

En primer lugar, se tiene a la ubicación geográfica de las zonas de estudio: Pisco y Kamaishi. Es cierto que la ciudad de Pisco pertenece a uno de los países para los cuales fueron pensados los descriptores mencionados en el estudio de Cardona (2005) y del cual se tomó gran parte de ellos para el desarrollo de la presente tesis. Sin embargo, esto no excluye su posible aplicación en otros países ajenos a dicha región, como lo es Japón. Es por ello que, sumado al hecho de que estas pertenecen a zonas costeras de países que se encuentran dentro del Cinturón del Fuego del Pacífico, y que fueron sometidas a un terremoto de gran

magnitud, se optó por usar la presente metodología para ambas ciudades y realizar una comparación válida.

En segundo lugar, los descriptores usados se utilizan para predecir la respuesta ante eventos catastróficos futuros con determinadas características fijadas a partir de valores probabilísticos de ocurrencia, mas no para analizar su desempeño una vez ya se dieron dichos eventos. Sin embargo, Cardona menciona lo siguiente: ". con base en información histórica se puede identificar la amenaza que puede, en forma general, causar la situación más crítica en toda la ciudad y hacer comparaciones de riesgo. "(Cardona, 2005, p.106). Es así que, pese a dicha diferencia en la aplicación de descriptores, resulta válido hacer uso de estos para la presente investigación.

Luego, se tiene la asignación de pesos de cada subindicador para los indicadores descritos. Si bien las referencias indican que ésta debe de ser hecha por un conjunto de especialistas de los países de estudio, esto no se pudo hacer debido a la imposibilidad y falta de practicidad de contactar con estos debido a la pandemia del covid-19. Por el contrario, dicha asignación de pesos fue realizado mediante una encuesta vía online a un determinado número de investigadores y profesores, tanto de Perú como de Japón y cuya trayectoria académica y profesional refleje su maestría e interés por la gestión de riesgos de desastres.

Finalmente, se debe mencionar que los descriptores de desarrollo humano solo toman en cuenta de manera tangencial el nivel de orden de la ciudad a través de la delincuencia y densidad poblacional. Sin embargo, este orden urbano puede llegar a ser de bastante importancia para determinadas acciones de reducción de riesgos, tales como las capacitaciones y simulacros (descriptor P3).



Capítulo 5

ANÁLISIS Y RESULTADOS

5.1. Determinación del factor de normalización

5.1.1. Intensidades de sismo y tsunami

Para el caso de Perú, de acuerdo con un informe del Instituto Geofísico del Perú (Tavera, 2008), el terremoto en la ciudad de Pisco tuvo una intensidad de VII en la escala de Mercalli Modificado. Asimismo, las olas que arremetieron contra la costa de dicho lugar tuvieron una altura máxima de 3 metros; sin embargo, estas causaron daños mínimos debido a las condiciones topográficas de la zona y la presencia de malecones (ver figura 5.1). Con esto, se estima que el tsunami tuvo una intensidad de V en la escala de Papadopoulos - Imamura.

Por otro lado, para el caso de Japón, la intensidad sísmica en la ciudad de Kamaishi fue de 6-bajo en la escala sísmica de la Agencia Meteorológica de Japón, lo cual equivale a una intensidad de IX en la escala de Mercalli Modificado (Japan Meteorological Agency, 2011a). Asimismo, el tsunami subsecuente resultó sumamente devastador llegando a mover coches y arrasar casas (ver figura 5.2). Por ello, la intensidad determinada para el tsunami fue de XI en la escala de Papadopoulos - Imamura.



Figura 5.1: Alcance del tsunami en la ciudad de Pisco (Tavera, 2008).



Figura 5.2: Alcance del tsunami en la ciudad de Kamaishi (JNN [TBS NEWS], 2021).

5.1.2. Factor de amplificación

Como ya se ha mencionado en el capítulo anterior, se amplificarán los daños en la ciudad de Pisco de determinados parámetros de descriptores previamente mencionados a través de un factor. Para ello, se usará la Matriz Cualitativa de Daño Conjunto (MCDC). En el caso de Japón, el terremoto poseyó una intensidad de IX en la escala de Mercalli Modificado (Japan Meteorological Agency, 2011a), mientras que el tsunami poseyó una intensidad de XI en la escala de Imamura-Papadopoulos (Japan Meteorological Agency, 2011b) presentando olas de hasta 4.1 metros de altura. Por otro lado, en el caso de Perú, el terremoto poseyó una intensidad de VII, mientras que el tsunami poseyó una intensidad de V en la escala de Imamura Papadopoulos (Tavera, 2008) presentando olas de hasta 3 metros de altura. Al ubicar ambos casos de estudio en dicha matriz, se obtiene un valor de 5 para Kamaishi, mientras que para Pisco se obtiene un valor de 3. Por ello, el factor de amplificación será de 1.667.

5.2. Cálculo del ID

5.2.1. Determinación de subindicadores

Viviendas destruidas (D_1)

En el caso de Perú, se usó data del Compendio Estadístico de Prevención y Atención de Desastres 2007 (INDECI, 2008) para el número de viviendas destruidas y data del Sistema de Difusión de los Censos Nacionales (INEI, 2010) para el número de viviendas totales. Por otro lado, para el caso de Japón, se usó data de la Fire and Disaster Management Agency (FMDA, 2011) para el número de viviendas destruidas y data del Portal Site of Official Statistics of Japan (2016) para el número de viviendas totales. Luego de transformar los descriptores con ayuda de la gráfica 4.3, se obtienen los resultados visualizables en la tabla 5.1.

Tabla 5.1: Tabla comparativa del descriptor D_1 .

Ciudad	Pisco	Kamaishi
N° de viviendas destruidas	11707	2957
N° de viviendas totales	21257	16070
D_1	0.55	0.18
D_1^{ampl}	0.92	0.18
D_1^{trans}	1	0.16

Pérdidas humanas (D_2)

En el caso de Perú, se usó data del Compendio Estadístico de Prevención y Atención de Desastres 2007 (INDECI, 2008) para el número de muertos y data del Sistema de Difusión de los Censos Nacionales (INEI, 2010) para el número de habitantes. Por otro lado, para el caso de Japón, se usó data de la FMDA (2011) para el número de muertos y data del Portal Site of Official Statistics of Japan (2016) para el número de habitantes. Luego de transformar los descriptores con ayuda de la gráfica 4.4, se obtienen los resultados visualizables en la tabla 5.2.

Tabla 5.2: Tabla comparativa del descriptor D_2 .

Ciudad	Pisco	Kamaishi
N° de muertos	383	994
N° de habitantes	111577	39574
D_2	3.43	25.12
D_2^{ampl}	5.72	25.12
D_2^{trans}	0.03	0.45

Heridos (D_3)

En el caso de Perú, se usó data del Compendio Estadístico de Prevención y Atención de Desastres 2007 (INDECI, 2008) para el número de heridos y data del INEI (INEI, 2010) para el número de habitantes.

Por otro lado, para el caso de Japón, se usó data de la FMDA (2011) para el número de heridos y data del Portal Site of Official Statistics of Japan (2016) para el número de habitantes. Luego de transformar los descriptores con ayuda de la gráfica 4.5, se obtienen los resultados visualizables en la tabla 5.3.

Tabla 5.3: Tabla comparativa del descriptor D_3 .

Ciudad	Pisco	Kamaishi
N° de heridos	701	165
N° de habitantes	111577	39574
D_3	6.28	4.17
D_3^{ampl}	10.47	4.17
D_3^{trans}	0.05	0.01

Damnificados (D_4)

En el caso de Perú, se usó data del Compendio Estadístico de Prevención y Atención de Desastres 2007 (INDECI, 2008) para el número de damnificados y data del INEI (INEI, 2010) para el número de habitantes. Por otro lado, para el caso de Japón, se usó data de la Kamaishi City Official Website (2020a) para el número de damnificados y data del

Portal Site of Official Statistics of Japan (2016) para el número de habitantes. Luego de transformar los descriptores con ayuda de la gráfica 4.6, se obtienen los resultados visualizables en la tabla 5.4.

Tabla 5.4: Tabla comparativa del descriptor D_4 .

Ciudad	Pisco	Kamaishi
Nº de damnificados	59971	9883
Nº de habitantes	111577	39574
D_4	537	250
D_4^{ampl}	896	250
D_4^{trans}	1	0.21

Daño económico (D_5)

En el caso de Perú, se usó data del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI, 2007) para las pérdidas económicas directas (en soles) y data del INEI ((INEI, 2020)) para el PBI local (en soles). Por otro lado, para el caso de Japón, se usó data de la Kamaishi City Official Website (2020a) para las pérdidas económicas directas (en yenes) y data del Portal Site of Official Statistics of Japan (2016) para el PBI local (en yenes). Luego de transformar los descriptores con ayuda de la gráfica 4.7, se obtienen los resultados visualizables en la tabla 5.5.

Tabla 5.5: Tabla comparativa del descriptor D_5 .

Ciudad	Pisco	Kamaishi
Pérdidas económicas directas	1 553 197 373	3 936 000 000
PBI local	8 793 956 000	107 485 083 000
D_5	0.177	0.037
D_5^{ampl}	0.294	0.037
D_5^{trans}	0.294	0.037

Tabla 5.6: Pesos de cada descriptor de daño y ponderación.

	Descriptor del ID					ID
	D1	D2	D3	D4	D5	
w	0.107	0.169	0.299	0.284	0.141	
Pisco	1	0.03	0.05	1	0.294	0.453
Kamaishi	0.16	0.45	0.01	0.21	0.037	0.161

5.2.2. Ponderación

Las encuestas a expertos, luego de ser filtradas, procesadas y estandarizadas, dieron como resultado un vector de pesos correspondientes a cada descriptor del Índice de Daño. Con esto, se hizo un promedio ponderado y se obtuvo el resultado del ID de 0.453 para Pisco y 0.161 para Kamaishi, como se puede ver en la tabla 5.6.

5.3. Cálculo del IR

5.3.1. Determinación de subindicadores

Reconstrucción temprana (R_1)

En el caso de Perú, se usó data de la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA, 2009) para el número de viviendas reconstruidas el primer año y data del Compendio Estadístico de Prevención y Atención de Desastres 2007 (INDECI, 2008) para el número de viviendas destruidas. Por otro lado, para el caso de Japón, se usó data de la Kamaishi City Official Website (2020b) para el número de damnificados y data de la FMDA (2011) para el número de viviendas destruidas. Luego de transformar los descriptores con ayuda de la gráfica 4.8, se obtienen los resultados visualizables en la tabla 5.7

Irretornabilidad remanente (R_2)

En el caso de Perú, se determinó que, de acuerdo con lo mencionado en el diario Correo (Grupo El Comercio, 2015), luego de 8 años, existe un 40 % de viviendas que aún faltan por reconstruir. Por otro lado, para el caso de Japón, se determinó que, de acuerdo con

Tabla 5.7: Tabla comparativa del descriptor R_1 .

Ciudad	Pisco	Kamaishi
N° de viviendas reconstruidas	2923	675
N° de viviendas destruidas	11707	2957
R_1	0.25	0.23
R_1^{ampl}	0.15	0.23
R_1^{trans}	0.10	0.39

el documento de proceso y prospecto de la Reconstruction Agency (2021), luego de 8 años, el 100 % de las viviendas de la ciudad de Kamaishi han sido reconstruidas. Luego de transformar los descriptores con ayuda de la gráfica 4.9, se obtienen los resultados visualizables en la tabla 5.8

Tabla 5.8: Tabla comparativa del descriptor R_2 .

Ciudad	Pisco	Kamaishi
R_2	0.4	1
R_2^{ampl}	0.15	1
R_2^{trans}	0	1

Recuperación Económica (R_3)

En el caso de Perú, se usó data del Instituto Nacional de Defensa Civil (2007) para el número de pérdidas físicas en viviendas e información del Consorcio de Investigación Económica y Social CIES (Neyra, 2018) para determinar los recursos del presupuesto público que se usaron para la recuperación del terremoto de Pisco. Por otro lado, para el caso de Japón, se usó data Cabinet Office, Government of Japan (2008) para las pérdidas físicas en viviendas y data del Ministerio de Finanzas de Japón (2020a) para determinar los recursos del presupuesto público que se usaron para la recuperación del terremoto de Tohoku. Luego de transformar los descriptores con ayuda de la gráfica 4.10, se obtienen los resultados visualizables en la tabla 5.9

Tabla 5.9: Tabla comparativa del descriptor R_3 .

Ciudad	Pisco	Kamaishi
Pérdidas físicas en vivienda (S/.)	1.943E+09	1.04E+13
Presupuesto público (S/.)	1.556E+0	2.5E+13
R_3	12.489	0.416
R_3^{ampl}	20.15	0.416
R_3^{trans}	0	0.584

Ayuda Económica (R_4)

En el caso de Perú, se usó data de la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA, 2009) para el número de beneficiarios de ayuda económica y data del Compendio Estadístico de Prevención y Atención de Desastres 2007 (INDECI, 2008) para el número de damnificados. Por otro lado, para el caso de Japón, se usó data Cabinet Office, Government of Japan (2020) para el número de beneficiarios de ayuda económica y data de la Kamaishi City Official Website (2020a) para el número de damnificados. Luego de transformar los descriptores con ayuda de la gráfica 4.11, se obtienen los resultados visualizables en la tabla 5.10

Tabla 5.10: Tabla comparativa del descriptor R_4 .

Ciudad	Pisco	Kamaishi
Nº de beneficiarios	7029	5163
Nº de damnificados	59971	9883
R_4	0.117	0.522
R_4^{ampl}	0.070	0.522
R_4^{trans}	0.070	0.522

Recuperación de empleo (R_5)

En el caso de Perú, se usó data del International Labour Organization (2008) para el número de personas que recuperaron su empleo en el primer trimestre y la data del International Labour Organization (2008) para el número de personas que perdieron su empleo

a causa del terremoto. Por otro lado, para el caso de Japón, se usó data de la Kamaishi City Official Website (2014) para el número de personas que recuperaron su empleo en el primer trimestre y, también, data de la Kamaishi City Official Website (2014) para el número de personas que perdieron su empleo a causa del terremoto. Luego de transformar los descriptores con ayuda de la gráfica 4.12, se obtienen los resultados visualizables en la tabla 5.11

Tabla 5.11: Tabla comparativa del descriptor R_5 .

Ciudad	Pisco	Kamaishi
Nº de personas que recuperaron su empleo	2300	500
Nº de personas que perdieron su empleo	7500	1400
R_5	0.307	0.357
R_5^{trans}	0.307	0.357

5.3.2. Ponderación

Las encuestas a expertos, luego de ser filtradas, procesadas y estandarizadas, dieron como resultado un vector de pesos correspondientes a cada descriptor del Índice de Daño. Con esto, se hizo un promedio ponderado y se obtuvo el resultado del IR de 0.058 para Pisco y 0.675 para Kamaishi, como se puede ver en la tabla 5.12.

Tabla 5.12: Pesos de cada descriptor de recuperación y ponderación.

	Descriptores del ID					ID
	D1	D2	D3	D4	D5	
w	0.107	0.169	0.299	0.284	0.141	
Pisco	1	0.03	0.05	1	0.294	0.453
Kamaishi	0.16	0.45	0.01	0.21	0.037	0.161

5.4. Cálculo de descriptores de desarrollo humano

5.4.1. Tasa de mortalidad infantil (H_1)

En el caso de Perú, se usó data del Sistema de Difusión de los Censos Nacionales (INEI, 2010) para el valor directo de la tasa de mortalidad infantil. Esto se debe a que este descriptor ya se encontraba calculado por su uso no solo a nivel nacional, sino también como indicador a nivel internacional. Del mismo modo, para el caso de Japón, se obtuvo el descriptor directamente del Japan Statistical Yearbook (2014). Así, se obtienen los resultados visualizables en la tabla 5.13.

Tabla 5.13: Tabla comparativa del descriptor H_1 .

Ciudad	Pisco	Kamaishi
H_1	1230	460

5.4.2. Tasa de delincuencia (H_2)

En el caso de Perú, se usó data del Instituto Nacional de Estadística e Informática (2018a) para el número de delitos anuales en la ciudad de Pisco y data del Sistema de Difusión de los Censos Nacionales (INEI, 2010) para el número de habitantes. Por otro lado, para el caso de Japón, se usó data de la Kamaishi City Official Website (2011) para el número de delitos anuales y data del Portal Site of Official Statistics of Japan (2016) para el número de habitantes. Así, se obtienen los resultados visualizables en la tabla 5.14

Tabla 5.14: Tabla comparativa del descriptor H_2 .

Ciudad	Pisco	Kamaishi
Nº de delitos	973	172
Nº de habitantes	111577	39574
H_2	872	434

5.4.3. Densidad poblacional (H_3)

En el caso de Perú, se usó data del Sistema de Difusión de los Censos Nacionales (INEI, 2010) para el valor directo de la densidad poblacional. Esto se debe a que este descriptor ya se encontraba calculado por su uso no solo a nivel nacional, sino también como indicador a nivel internacional. Del mismo modo, para el caso de Japón, se obtuvo el descriptor directamente del Portal Site of Official Statistics of Japan (2016). Así, se obtienen los resultados visualizables en la tabla 5.15.

Tabla 5.15: Tabla comparativa del descriptor H_3 .

Ciudad	Pisco	Kamaishi
H_3	31.64	89.65

5.4.4. Envejecimiento de la población (H_4)

En el caso de Perú, se usó data del Sistema de Difusión de los Censos Nacionales (INEI, 2010) para determinar tanto la población mayor a 65 años como la población de 0 a 15 años. En el caso de Japón, se usó data del del Portal Site of Official Statistics of Japan (2016) para determinar tanto la población mayor a 65 años como la población de 0 a 15 años. Así, se obtienen los resultados visualizables en la tabla 5.16.

Tabla 5.16: Tabla comparativa del descriptor H_4 .

Ciudad	Pisco	Kamaishi
Población >65 años	7221	13772
Población 0 - 15 años	37583	4436
H_4	0.192	3.105

5.4.5. Tasa de informalidad en la construcción (H_5)

En el caso de Perú, de acuerdo con lo mencionado en la charla TED, brindada por Walter Piazza (2018), la tasa de informalidad en la construcción en el Perú es de aproximadamente el 70 %. Por otro lado, en el caso de Japón, este término siquiera existe. Ya que el sistema

burocrático para el sector construcción en Japón es tan complejo y estructurado, resulta muy difícil construir informalmente. Por ello, se determinó la tasa de informalidad como un valor despreciable, cercano a 0 %. Así, se obtienen los resultados visualizables en la tabla 5.17.

Tabla 5.17: Tabla comparativa del descriptor H_5 .

Ciudad	Pisco	Kamaishi
H_5	0.7	0

5.5. Cálculo de descriptores de preparación

5.5.1. Monitoreo y Comunicación de amenazas (P1)

Caso de Perú: La entidad encargada del monitoreo permanente de desastres en este país es el Instituto Geofísico del Perú (IGP), el cual posee un total de 51 estaciones sísmicas ubicadas estratégicamente en todo el territorio nacional (IGP, 2012). Asimismo, el sistema de comunicación de amenazas de Perú consiste en el registro e identificación del evento por parte de, tanto del Instituto Geofísico del Perú (IGP), como de la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú (DIHIDRONAV) (Ulloa y cols., 2011). Luego, esta información es enviada al Centro de Operaciones de Emergencia Nacional (COEN), el cual se encargará de difundir los datos ya validados tanto a entidades de relevancia para el desastre (gobiernos municipales, regionales, nacionales de acuerdo con la severidad del evento), como con medios de difusión masiva (SINADECI, 2004). Dicho flujo de información se puede ver a mayor detalle en la figura 5.3.

Sin embargo, pese a poseer un sistema de comunicación estructurado, durante el terremoto de Pisco, este resultó ser deficiente y requirió del apoyo de entidades privadas para la adecuada intercomunicación y actividades de rescate (Quinteros y Echeagaray, 2018). Consecuentemente, se concluye que el valor del descriptor P1 es de 3.

Caso de Japón: Este país cuenta con un total 4337 puntos de registro de amenazas distribuidos de forma uniforme en todo el territorio nacional (ver figura 5.4). Dicha red



Figura 5.3: Sistema de comunicación ante desastres de Perú.

se encarga de la detección y recopilación de información correspondiente no solo a terremotos (epicentro, magnitud, etc.), sino también sobre tsunamis. De todos los puntos de registro mencionados, 671 corresponden a la Agencia Meteorológica de Japón (JMA), 2927 corresponden a los gobiernos locales y 779 corresponden al National Research Institute for Earth, Science and Disaster Prevention (Cabinet Office, Government of Japan, 2015a).

Asimismo, Japón posee un sistema de comunicación rápido, efectivo y altamente sistematizado. Este inicia en la identificación del desastre por parte de la JMA y su difusión a las organizaciones de gestión de desastres tanto a nivel local como a nivel nacional. Posteriormente, la transmisión e intercambio de información se da de diversas formas, tales como a través de sistemas inalámbricos, cableados (fibra óptica), de radio y micro radio (ver figura 5.5). De ese modo, se concluye que el valor del descriptor P1 es de 5.

5.5.2. Capacitación y Educación en gestión de riesgos (P2)

Caso de Perú: Existe un Plan Nacional de Comunicación Social para la Prevención y Atención de Desastres cuyo contenido incluye diversos programas que indican los lineamientos sobre cómo actuar ante emergencias y desastres (INDECI, 2014). Dicho documento busca reducir la brecha de conocimiento sobre prevención y atención de desastres. Asimismo, se tomó en cuenta los siguientes cuatro aspectos: cultura de prevención, participación

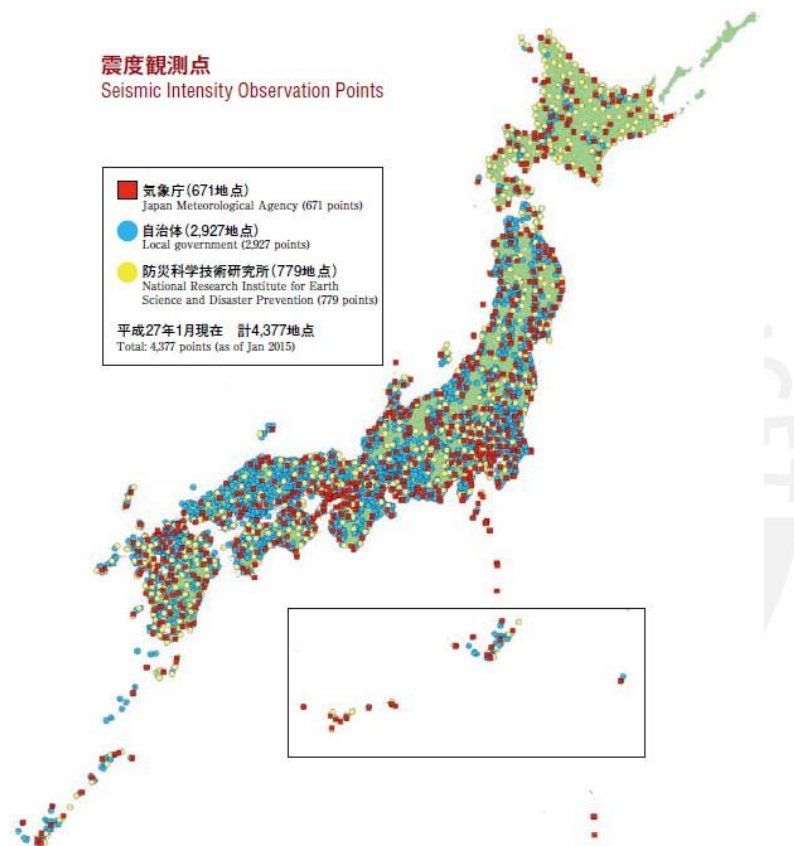


Figura 5.4: Puntos de observación de intensidad sísmica (Cabinet Office, Government of Japan, 2015a)

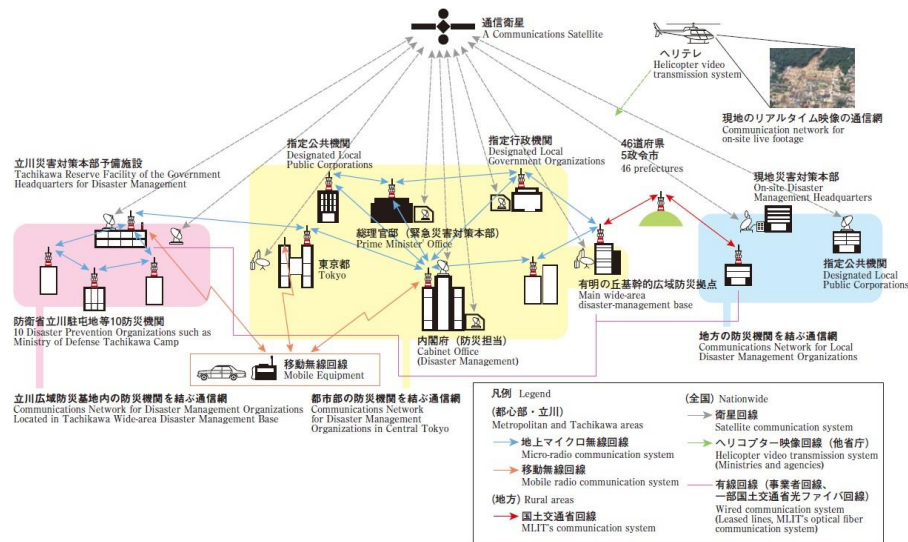


Figura 5.5: Sistema de comunicación ante desastres de Japón (Cabinet Office, Government of Japan, 2015a).

del Estado, comunicación social en PAD, medios de comunicación masiva.

De los puntos que se menciona, el de mayor relevancia es el de cultura de prevención, en donde se menciona el diseño e implementación de la propuesta “Aprendiendo a Prevenir”, el cual consta de un conjunto de conocimientos de aprendizaje sobre la Gestión de Riesgo de Desastres, con la finalidad de fortalecer y enriquecer los ya existentes a través de módulos que inician desde la escuela inicial de 3 años hasta el quinto grado de secundaria en determinadas materias según corresponda (INDECI, 2010).

Por otro lado, existen diversos institutos y universidades en donde se brindan especializaciones en temas de Gestión de Riesgos. Dentro de estos programas destacan aquellos impartidos por Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Pontificia Universidad Católica del Perú, Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Instituto Superior Pedagógico Diego Thomson y demás. Por ello, se concluye que el valor del descriptor P2 es de 4.

Caso de Japón: Como ya se mencionó en el acápite 3.2.2, el equivocadamente denominado "Milagro de Kamaishi" no resultó ser una respuesta aleatoria ni milagrosa, sino que fue producto de una adecuada gestión prospectiva y reactiva. Asimismo, el caso demuestra una buena y constante coordinación y capacitación de la comunidad incluyendo a los

estudiantes de primaria y secundaria, a quienes, además, se les incluyó temas relacionados a la gestión de riesgos en sus planes de estudio.

Asimismo, existe un plan de educación sobre la gestión de riesgo de desastres sumamente completo que consta en módulos de aprendizaje desde el 1° año de la escuela primaria hasta el 3° año de la escuela media. Dicho programa posee un mayor grado de especificidad y abarca una mayor cantidad de materias en las que se enseñan (Educación Física, Aritmética, Ciencias de la Vida, etc.) demostrando un gran interés y apoyo en brindar una educación integral y didáctica en comparación de su contraparte peruana. Similarmente, existe una variedad de programas de educación superior y de cursos de especialización en varias universidades japonesas. Por ello, se concluye que el valor del descriptor P2 es de 5.

5.5.3. Simulacros y simulaciones (P3)

Caso de Perú: El INDECI indica que, a nivel nacional y regional, se lleva a cabo un total de 3 simulacros por sismo seguido de tsunamis anuales en el litoral peruano, mientras que en el interior del país se ejecutan simulacros multipeligro. Por otro lado, las simulaciones se dan dos veces al año en fechas distintas a los simulacros. Adicionalmente, a modo de preparación del simulacro, se realizan campañas de difusión a nivel de comunidad INDECI (2011). El contenido de estas campañas es sobre rutas de evacuación, puntos de reunión y zonas de seguridad externa. Por otro lado, se elaboran estrategias de motivación para lograr contar con la participación de la mayor cantidad de personas. Para ello, se difunde la información a través de medios de comunicación social, tales como afiches, dípticos, volantes, spots publicitarios y demás. Asimismo, se cuenta con la participación de la participación no solo de las comunidades, sino del Cuerpo General de Bomberos Voluntarios, Ministerio de Salud, EsSalud, escuelas, Fuerzas Armadas y la Policía Nacional INDECI (2011). Sin embargo, no existe una capacitación constante de los involucrados en el simulacro. Por otro lado, para las simulaciones se cuenta con la participación del INDECI, así como otras entidades, funcionarios, servidores públicos y facilitadores que reciben y emiten mensajes durante los terremotos. Con esto, se infiere que el valor del descriptor P2 es de 3.

Caso de Japón: Este país realiza un total de 10 diferentes tipos de simulacros a nivel Nacional y Regional dentro de los cuales incluyen simulacros para terremotos, tsunamis, inundaciones, erupciones volcánicas, desastres nucleares, emergencias médicas y demás. Dentro de dichos simulacros, son los correspondientes a terremotos y tsunamis aquellos con un mayor grado de especificidad en el proceso de ejecución e involucramiento de diversas organizaciones (The World Bank, 2016). Estos se llevan a cabo una vez al año en el denominado “Disaster Prevention Day”. Previo a la ejecución del simulacro se lleva a cabo una serie de capacitaciones de diversos contenidos y a distintos grupos sociales e institucionales. Algunos de los temas de las capacitaciones son entrenamiento de extinción de incendios, entrenamiento sobre tsunamis, capacitación en control de inundaciones, entrenamiento de rescate / rescate entrenamiento de rescate médico, capacitación en restauración de instalaciones, etc. Para ello, se cuenta con la participación de residentes locales, organizaciones de voluntariado, empresas privadas, departamento de bomberos, instituciones educativas (jardines, guarderías, escuelas primarias y escuelas secundarias). Asimismo, se incluye la capacitación de personas que requieren de cuidados especiales (Kamaishi City Disaster Prevention Council, 2017).

Paralelamente a los simulacros, se llevan a cabo las simulaciones en los centros de operación en donde se hace diferencia a dos roles importantes: controladores y controladores. Los primeros son aquellos que se encuentran de supervisar el simulacro y conoce el escenario de manera global. Por otro lado, los facilitadores solicitan a los controladores información y actualizaciones sobre las condiciones locales para que puedan tomar decisiones adecuadas y emitir instrucciones en el campo. Dicho todo esto, se concluye que el valor del descriptor P2 es de 5.

5.5.4. Inventario de pérdidas (P4)

Caso de Perú: El IGP presenta el inventario de todos los eventos sísmicos ocurridos en el Perú desde el año 1472 a través de catálogos sísmicos. Asimismo, esta misma institución presenta en otro informe los mapas de isosistas de los eventos sísmicos más relevantes dentro de todos los sismos ocurridos. Por último, el IGP también presenta mapa sísmicos anuales

en el Perú. Sin embargo, respecto a las pérdidas, no se posee información sistematizada u organizada, por lo que su búsqueda se debe hacer puntualmente y complementada con otras identidades, como el Instituto Nacional de Defensa Civil. Por ello, se concluye que el valor del descriptor P4 es 3.

Caso de Japón: La Agencia Meteorológica de Japón presenta en su página web un inventario en el cual se incluyen todos los tipos de desastre natural que ocurren en Japón dando un total de 49 tipos de eventos diferentes. Dicho inventario, para el caso de terremotos, está representado gráficamente a través dos plataformas interactivas en donde la información es representada mediante mapas en sobre el cual se muestran datos relevantes, tales como el epicentro, magnitud, intensidades locales (ver figura 5.6), número de muertos, presencia de tsunamis. En ese sentido, se concluye que el valor del descriptor P4 es 5.

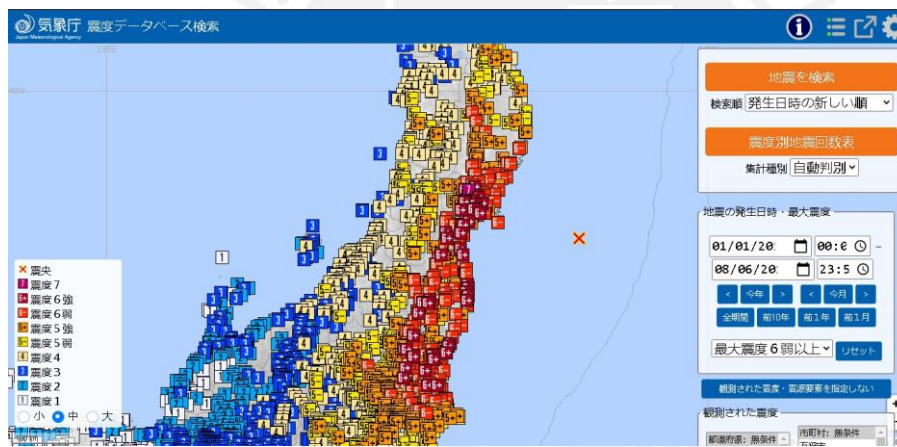


Figura 5.6: Mapa de daños del Terremoto de Tohoku, 2011. Elaborado por la Agencia Meteorológica de Japón.

5.5.5. Evaluación y representación de amenazas (P5)

Caso de Perú: El Sistema de Información Nacional para la Respuesta y Rehabilitación (SINPAD) presenta una serie de mapas de peligros y vulnerabilidad a nivel departamental en su página web. Sin embargo, esta está desactualizada e impide el acceso a dicha información de manera temporal. Por otro lado, el Sistema de Información para la Gestión de Riesgo de Desastres (SIGRID) presenta una interfaz interactiva basada en un Sistema de Información Geográfica. En ella se incluyen diversas capas, tales como mapas de

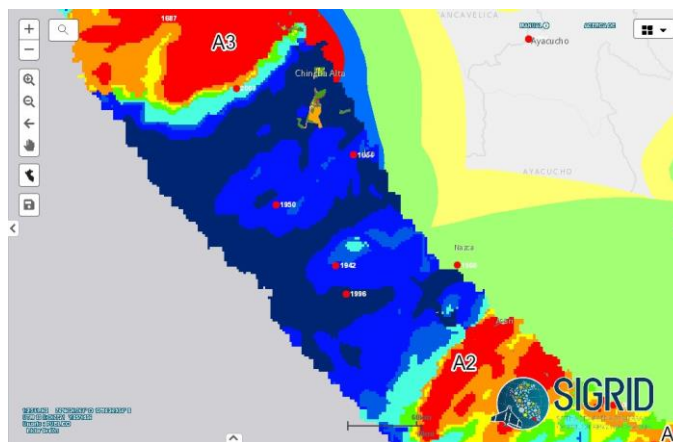


Figura 5.7: Mapa de Peligro de Perú. Elaborado por el SIGRID

zonificación de peligros múltiples a nivel de provincia, zonas de evacuación en caso de sismos e incluso capas elaboradas por entidades internacionales. A su vez, cada información presentada en el mapa se encuentra justificada por documentación adjunta elaborada por entidades técnicas, como el IGP, CENEPRED y demás (ver figura 5.7). No obstante, dicha información aún carece de especificidad a nivel local disponible al público en general. Por ello, se concluye que el valor del descriptor P5 es 4.

Caso de Japón: El Japan Seismic Hazard Information Station presenta una plataforma en su página web en la que se puede visualizar los mapas de peligro de forma interactiva de los últimos 13 años para distintos escenarios, así como otra serie de mapas complementarios, tales como los de exposición de la población, peligro a largo plazo, micro topografía y demás. Asimismo, es relevante mencionar que el Ministerio de Tierras, Infraestructura, Transporte y Turismo de Japón presenta una plataforma web en la que se puede visualizar el alcance de desastres pasados y las zonas que fueron afectadas, así como aquellas zonas y refugios a donde acudir. Todo lo mencionado se muestra con un detalle a nivel local. Por ello, se concluye que el valor del descriptor P5 es de 5.

5.6. Análisis de Resultados

5.6.1. Índices de Desempeño

Los resultados correspondientes al Índice de Daño y al Índice de Recuperación indican un mejor desempeño de la ciudad de Kamaishi en comparación con la ciudad de Pisco. Es decir, la ciudad de Pisco resultó con mayores daños ocasionados por el terremoto y presentó una menor capacidad y velocidad de recuperación luego de este a lo largo del tiempo. La figura 5.8 muestran las diferencias en cada caso de estudio a un mayor detalle. De la ciudad de Kamaishi se puede observar que los descriptores de daño más críticos son

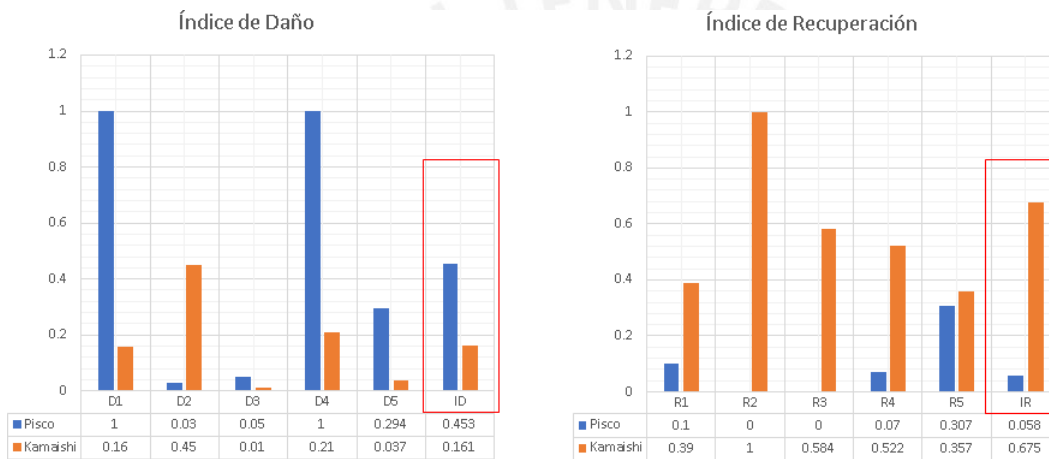


Figura 5.8: Descriptores e índices de daño y de recuperación para las ciudades de Pisco y Kamaishi. Elaborado en Excel.

los correspondientes a los muertos, damnificados y viviendas destruidas, mientras que las pérdidas económicas y heridos contribuyen a dicho índice en menor proporción. De esta distribución de valores se puede inferir que, pese a que hubo una cantidad de damnificados considerable, esta no correspondió de manera proporcional con las viviendas destruidas debido a los altos estándares en la construcción de viviendas japonesas. Sin embargo, estas pudieron haber presentado grandes daños que impidieron la continuación de su operatividad y posterior demolición incrementando la cantidad de damnificados.

Por otro lado, el bajo daño económico en Kamaishi reflejan el gran poder económico de Japón (World Bank, World Development Indicators, 2021), no solo a nivel nacional, sino también a nivel local. En el caso de Pisco, se puede observar que los descriptores de mayor

relevancia e impacto en el índice de daño son las viviendas destruidas y los damnificados. Esto se debió principalmente a la licuación de suelos (Gil y Alcayhuamán, 2010). Asimismo, la gran informalidad en la construcción de viviendas peruanas (Walter Piazza [TEDx Talks], 2018) es un factor relevante que podría explicar dicho valor elevado del índice de daño. Por otro lado, producto de estas viviendas destruidas muchas personas quedaron damnificadas. Además, el daño económico, las pérdidas humanas y los heridos influyeron en menor magnitud en el índice de daño.

Con respecto a los descriptores relacionados al Índice de Recuperación en la ciudad de Kamashi, la irretornabilidad remanente, seguidos por la recuperación económica y la ayuda económica son los descriptores de mayor relevancia en la recuperación de dicha ciudad. Esto demuestra una sólida y adecuada gestión reactiva respaldada por un acertado presupuesto y una gran capacidad de endeudamiento del país ante el terremoto de Tohoku. Por otro lado, los descriptores de recuperación temprana y recuperación de empleo, si bien no presentan valores considerablemente inferiores a los otros ya mencionados, pueden llegar a ser un foco de mejora para el incremento aún mayor del Índice de recuperación.

Para el caso de Pisco, el valor de ID es sumamente menor que su contraparte japonesa siendo este alrededor del 1700 % mayor. A su vez, a excepción del descriptor de recuperación de empleo, los descriptores de recuperación de Pisco presentan valores menores a 0.1, lo cual resulta de gran preocupación, ya que esto refleja el poco grado de gestión reactiva no solo en la ciudad, sino en el país en cuestión.

5.6.2. Descriptores de desarrollo humano

Del mismo modo que en el caso anterior, los resultados de los descriptores de desarrollo humano son presentados a continuación en la figura 5.9. De esta gráfica se puede notar, a simple vista, que los descriptores de delincuencia, mortalidad infantil e informalidad en la construcción se encuentran relacionados de forma directamente proporcional con el Índice de Daño e inversamente proporcional con el índice de recuperación. Esto quiere decir que, mientras mayor sea la mortalidad infantil, la delincuencia y la informalidad, mayores daños ocasionará un terremoto y menor será la capacidad y velocidad de recuperación de la

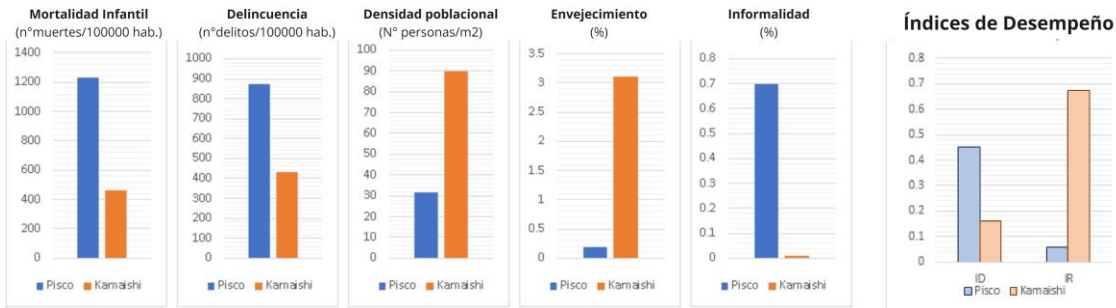


Figura 5.9: Descriptores de desarrollo humano para las ciudades de Pisco y Kamaishi. Elaborado en Excel.

ciudad analizada. Por otro lado, los descriptores correspondientes a la densidad y envejecimiento poblacional se encuentran relacionados de manera inversamente proporcional con el ID y directamente proporcional con el IR.

Sin embargo, de los 5 descriptores de desarrollo humano mencionados, son los de mortalidad infantil, delincuencia y densidad poblacional aquellos que, si bien hay una proporción de aproximadamente 1 a 3 entre el valor mayor y el menor en cada caso, estos aún siguen siendo valores relativamente bajos si se comparan con otras ciudades o países en todo el mundo. Por ejemplo, en el caso de la mortalidad infantil, los países africanos, junto con Afganistán son aquellos con la tasa más alta llegando a valores de entre 8000 a 10000 muertes por cada 100 000 habitantes (Central Intelligence Agency, 2007). Asimismo, la delincuencia presente en la ciudad de Pisco refleja aproximadamente solo el 50 % de la delincuencia presente en la capital del país, por lo que tampoco resulta ser un valor exorbitante. Finalmente, las densidades poblacionales son relativamente bajas de ambas ciudades en comparación con megaciudades con densidades muy superiores, tales como Tokio con más de 600 habitantes por Km^2 (Portal Site of Official Statistics, Japan, 2016) o Lima con casi 4000 habitantes por Km^2 (INEI, 2018b).

Por otro lado, los valores de envejecimiento poblacional en Japón e informalidad en la construcción en Perú sí son alarmantes. El envejecimiento poblacional en Japón, que debería influir de manera directa al ID e inversa al IR, no lo hace, y esto puede significar que dicha relación aparente no existe y/o que el nivel de preparación en Japón es tal que incluye activamente y capacita al adulto mayor en los planes de preparación ante eventos sísmicos,

tal y como se menciona en el acápite 3.2.2. Sin embargo, la tasa de informalidad del 70 % en la construcción en Perú sí es un problema de gran concernencia a nivel gubernamental y que influye directamente en los daños en las viviendas resultantes del terremoto. Del mismo modo, a grandes daños en las viviendas, mayor será el valor de recuperación económica y será menor el Índice de Recuperación.

5.6.3. Descriptores de Preparación

Los resultados de los descriptores de desarrollo humano son presentados a continuación en la figura 5.10 De esta gráfica se puede notar que todos los descriptores de preparación en

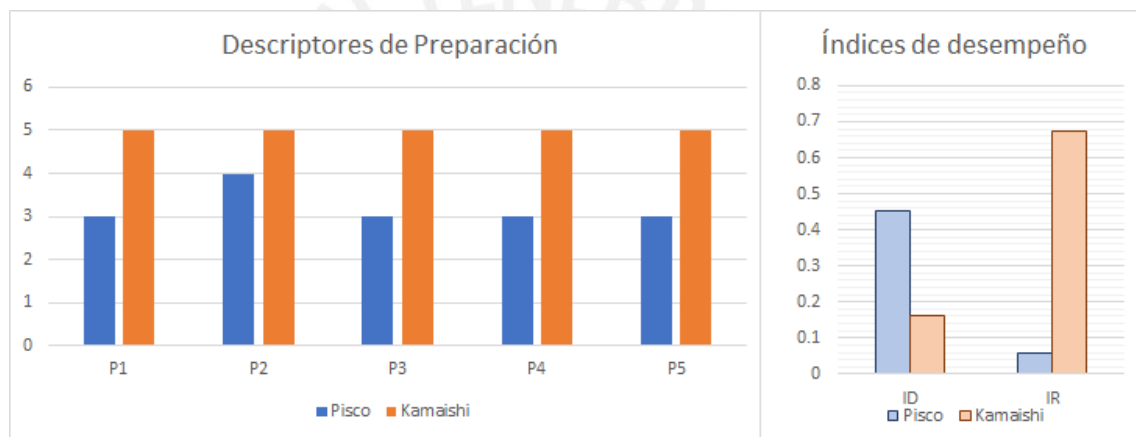


Figura 5.10: Descriptores de preparación. Elaborado en Excel.

el caso de Japón son mayores que los de Perú dando como resultado un reducido un menor ID y mayor considerablemente mayor IR. De los descriptores de preparación mencionados, son P2 (Capacitación y Educación en gestión de riesgos) y P3 (Simulacros en las simulaciones) aquellos que se relacionan más estrechamente con el Índice de Daño. Esto se debe a que una adecuada educación contribuye al conocimiento teórico de la gestión de riesgos en los estudiantes, mientras que los simulacros y simulaciones complementan dicha teoría con la práctica, la cual es reforzada constantemente a través de capacitaciones no solo a estos, sino también a las oficinas a otros agentes como adultos mayores, empresas privadas, centros de operación y demás, así como por el descriptor P5 (Evaluación y representación de amenazas) que permite que las personas se mantengan informadas sobre los lugares de evacuación, zonas de alto riesgo sísmico y de tsunami.

De manera un poco menos cercana, pero también relevante es el descriptor P1 (Monitoreo y Comunicación de Amenazas) debido a que un mejor protocolo de comunicación eficiente sobre los eventos sísmicos y tsunamis en tiempo real y a través de una red robusta de comunicación permite mantener informada a la gente que se encuentra dentro de zonas de alta peligrosidad para que puedan evacuar eficazmente y así se reduzca el número de víctimas de manera considerable.

Por otro lado, en relación al IR, es el descriptor P4 (Inventario de pérdidas) el que guarda una relación más cercana con este. Esto es debido que un completo registro histórico sobre los eventos catastróficos previos con sus respectivas pérdidas permite estimar de manera más precisa un acertado presupuesto de emergencia que permita afrontar el desastre de manera efectiva. Como consecuencia, los descriptores de recuperación económica, reconstrucción temprana y ayuda económica correspondientes a Japón presentan valores bastante buenos en comparación con su contraparte peruana.

5.6.4. Fuentes de error

Como ya se mencionó en el acápite 4.8, debido a la pandemia del COVID-19 no se pudo recolectar la información de manera completa y se tuvo que utilizar los recursos disponibles en las páginas web oficiales de instituciones gubernamentales de los países correspondientes a cada caso de estudio. Asimismo, debido a la imposibilidad de traducir fielmente todos los documentos correspondientes a Japón, se puede haber incurrido en alguna interpretación equivocada o distinta de la información de las bases de datos. Debido a esto, no se pudo encontrar documentación contundente que muestre categóricamente que la informalidad es nula en la construcción en Japón.

Asimismo, con respecto a la encuesta elaborada para estimar los pesos de cada descriptor para el cálculo de ID e IR, bajo condiciones óptimas, esta estimación de pesos debería de haberse realizado de manera presencial a través de una reunión sincrónica en donde todos los expertos puedan debatir en tiempo real y se pueda llegar a un consenso. Sin embargo, las encuestas individuales dieron resultados relativamente distintos para la estimación de pesos, por lo que el considerar el promedio de estos valores (tal y como se hizo para la

presente tesis) puede no reflejar totalmente la opinión y valoración de dichos expertos. Del mismo modo, estos resultados, al ser verificadas sus consistencias, presentaron valores de Relación de consistencia (CR) mayores a 0.1, por lo que se optó por considerar las respuestas de los expertos con valores de CR de hasta un 80 % mayores a el valor máximo. Por ello, los pesos presentados para calcular ID e IR, pese a ser los valores más acertados usando los recursos disponibles, pueden presentar una incertidumbre considerable.

Adicionalmente, la Matriz Cualitativa de Daño Conjunto (MCDC) es de carácter cualitativo y, pese a que de algún modo intenta normalizar el daño de dos desastres distintos, de esta se obtuvieron valores referenciales que pueden no reflejar la proporcionalidad del daño en ambos casos. Se invita a los interesados en este tema a realizar investigaciones más profundas que permitan estandarizar una forma de comparar dos desastres distintos.

Si bien no se ha tomado en cuenta para la presente tesis, resulta imprescindible mencionar la gran diferencia cultural entre los países a los que corresponden los casos de estudio. Por un lado, se tiene Japón, en donde el comportamiento y los valores de su sociedad se rigen por un dualismo de valores denominados *tatema* y *honne*, los cuales, se presume, tuvieron origen en la antigua concepción china del *Ying* y el *Yang*. Por un lado, se tiene al *tatema*, el cual se relaciona directamente con los estándares conductuales dentro de la sociedad (Naito y Gielen, 1992); las reglas implícitas que uno tiene que seguir (incluso si realmente no están de acuerdo con ello). Por otro lado se tiene al *honne*, el cual representa los verdaderos deseos, pensamientos y las tendencias personales (Naito y Gielen, 1992). Estas definiciones pueden ser fácilmente discutidas; sin embargo, son suficientes para explicar el porqué del tan eficaz trabajo colaborativo en aras de estar preparados y presentar una mejor respuesta general ante desastres. Esto se ve reflejado en los óptimos valores obtenidos en todos los descriptores de preparación para el caso de Japón. Por el contrario, en la psique del peruano promedio no existen dichos valores. Por el contrario, se opta por priorizar el bienestar individual, incluso si este es a expensas de los demás.



Capítulo 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

De la investigación hecha se concluye que la ciudad de Kamaishi presentó un mejor desempeño ante el terremoto de Tohoku del 2011 que la ciudad de Pisco ante el terremoto de Pisco del 2007. Esto se debió principalmente a la alta informalidad en la construcción presente en las viviendas peruanas, lo que hizo que el terremoto de Pisco destruyera una gran cantidad de viviendas en la ciudad de Pisco y dejara una enorme cantidad de damnificados. Por el contrario, los daños ocasionados por el terremoto de Tohoku en Kamaishi fueron mucho más moderados y controlados pese a tener un alto grado de envejecimiento poblacional. Esto es debido a la alta tasa de formalidad en la construcción de dicho país, así como el alto grado de inclusión de personas de la tercera edad en capacitaciones de evacuación, las cuales se ven reforzadas con la ejecución adecuada de simulacros.

Del mismo modo, Kamaishi demostró un desempeño de recuperación mucho más diferenciado y superior a su contraparte peruana. Esto se debió principalmente a la capacidad económica y de recursos de afrontar el terremoto en cuestión. Por ello, se concluye que en nivel de desarrollo económico influye en el impacto ocasionado por los eventos sísmicos. Es así que estos últimos requerirán de la intervención y donaciones de países extranjeros para

Tabla 6.1: Calificación de la participación de las organizaciones en la respuesta y recuperación post desastre el año del terremoto de Pisco (Organización Panamericana de la Salud, 2010).

Entidad	Muy buena/buena	Regular	Mala/muy mala	No precisa	Total
Organismos Internacionales	63	27	4	6	100
Ciudadanía	62	29	7	2	100
Iglesias	58	26	8	9	100
Empresa privada	43	38	11	8	100
ONGs	33	38	18	11	100
Gobierno	12	42	44	2	100

la recuperación de las zonas afectadas. Este bajo desempeño es tal que incluso es percibido por los mismos afectados, tal y como mostraron los resultados de una encuesta hecha después del terremoto de Pisco (ver tabla 6.1) en donde solo el 12 % de los encuestados calificó como muy buena la participación del Gobierno ante dicho terremoto, mientras que el 63 % calificó la participación de los organismos internacionales del mismo modo (Organización Panamericana de la Salud, 2010).

Por otro lado, los descriptores de daño o recuperación influyen de manera distinta en casos de estudio distintos, tanto para el Índice de Daño como para el Índice de Recuperación (ver figura 6.1). Esto implica que no basta con replicar los aspectos sobresalientes del sistema de gestión de riesgos japonés en Perú, sino que se debe tomar en cuenta cuál de estos aspectos realmente serían de relevancia para una real mejora en el contexto peruano. Asimismo, se concluye que los descriptores de preparación influyeron principalmente a reducir los daños del terremoto. Mientras la capacitación y educación en gestión de riesgos permitió a las comunidades a sentirse más familiarizados con sus alrededores Katada y Kanai (2016), la adecuada ejecución de simulacros y simulaciones permitió la coordinación, participación y colaboración eficaz entre familias, vecinos y personas de distintos grupos fortaleciendo la relación entre ellos y, a su vez, promoviendo una mayor cooperación y coordinación para el siguiente evento sísmico.

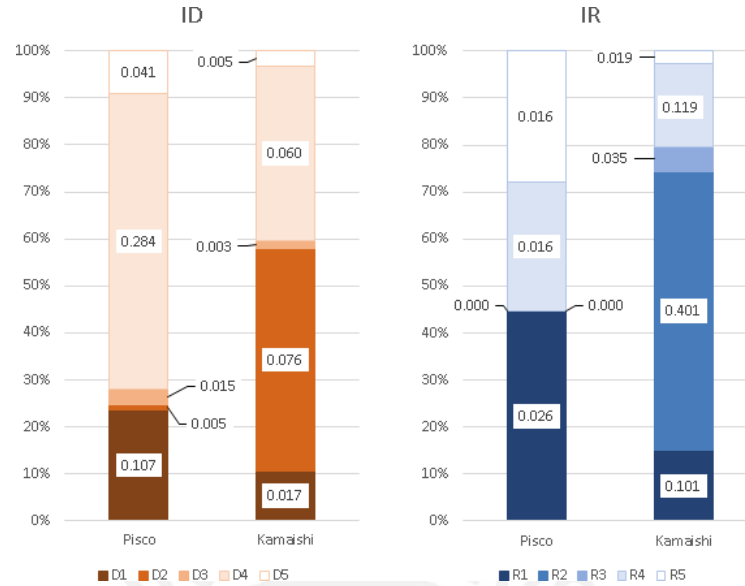


Figura 6.1: Porcentajes de influencia de cada descriptor a ID e IR respectivamente.

Por último, se concluye que la informalidad en la construcción es una de las variables más importantes, por no decir la más importante, y cuya diferencia es crítica en ambos casos de estudio. Al no seguirse ninguna regulación o pautas de un especialista con conocimientos ingenieriles para la construcción de viviendas, el resultado es un empeoramiento en el desempeño. La aleatoriedad de la respuesta estructural de los edificios disminuiría la probabilidad de realizar una evacuación exitosa. En otras palabras, ¿cómo se podría evacuar si la edificación fallará antes?

6.2. Recomendaciones

De los resultados obtenidos en los desempeños de daño y de recuperación de ambos países (ver figura 6.2), se procede a plantear posibles sugerencias de mejora no solo para la ciudad de Pisco, sino a nivel general. De ese modo, se recomienda tomar medidas estratégicas para la reducción de la informalidad de la construcción, tales como la inclusión de talleres de concientización sobre la importancia de construir bajo los estándares de construcción nacionales, el cual se vería reforzado con talleres de concientización del peligro

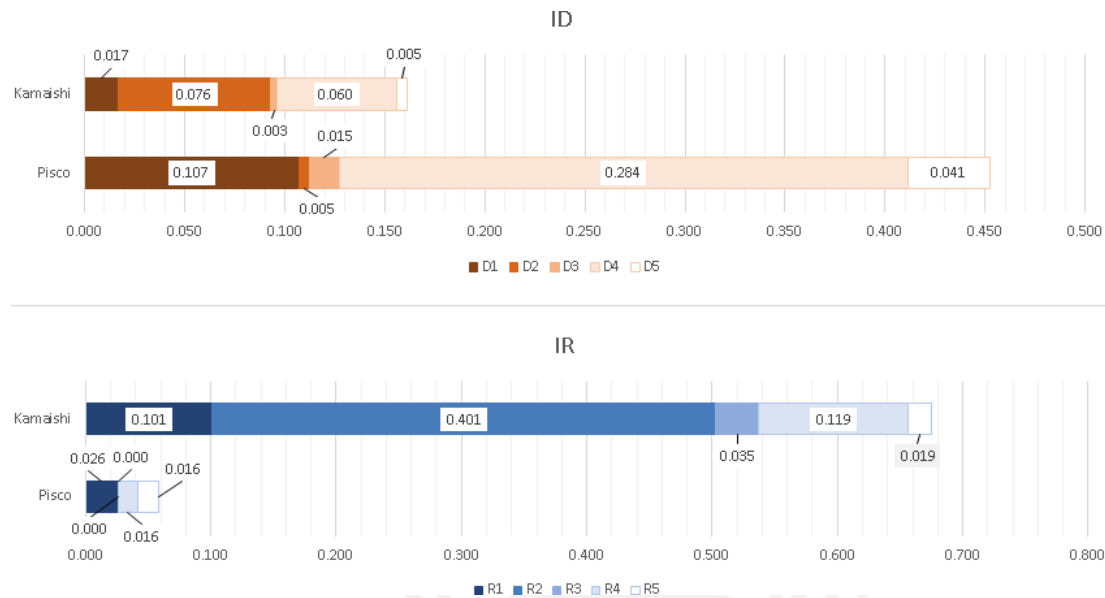


Figura 6.2: Contribución de cada descriptor a los índices de daño y de recuperación.

sísmico latente en la región a difundir como medida de gestión preventiva.

Además, para trascender la barrera cultural y empezar a implementar políticas de cooperación comunitaria en la preparación para desastres, se recomienda implementar, en primera instancia, campañas de concientización sobre el peligro sísmico al cual se está expuesto seguido de la fomentación de la importancia de la cooperación para incrementar las probabilidades de supervivencia.

Ya que solo se han considerado factores físicos, económicos y sociales para el presente estudio, se recomienda que estudios futuros deben considerar también el factor del impacto ambiental en los desastres y la respuesta de la sociedad para volver a la situación operativa sin afectar el medio ambiente.

Con respecto a la metodología, se recomienda que se realicen estudios que sustenten empíricamente las gráficas de transformación usadas en el presente trabajo de investigación. Por otro lado, la forma en la que se obtuvieron los pesos correspondientes a los subíndices de IR e ID pudo haber sido mejorada en caso de no haber poseído las limitaciones mencionadas en el acápite 4.8. Por ello, para estudios a futuro, se recomienda que se realicen reuniones en tiempo real con una mayor cantidad de expertos, de distintas disciplinas y conocedores

de las realidades correspondientes a los casos de estudio en cuestión.

En aras de mejorar el nivel de gestión de riesgos, se requiere primero preparar no solo a las personas, sino también a la infraestructura presente en la ciudad. Por un lado, en ciudades de baja delincuencia y con un adecuado diseño urbano no existiría barrera urbana alguna para la implementación de capacitaciones y ejecución de simulacros similares a los de Japón. Sin embargo, en ciudades de mayor delincuencia, densidad poblacional y con un bajo nivel de planificación urbana, la situación es diferente. Este es el caso de las ciudades costeras debido hacia donde hubo migraciones a gran escala desde áreas rurales durante el siglo pasado (Peters y Skop, 2007). Para ello, se sugiere realizar primero una reformulación del diseño urbano actual utilizando principios de acupuntura urbana (intervenciones puntuales en áreas urbanas limitadas pero de gran impacto). Esto jugaría un rol importante para la recuperación de la identidad con la zona por parte de los ciudadanos y se pueda crear protocolos de evacuación y coordinación comunitaria para reducir las pérdidas humanas ante un terremoto.

A modo de mejorar la resiliencia, se recomienda incrementar el presupuesto asignado para la gestión de riesgos. Esto no solo impactaría positivamente en la recuperación económica, sino en otros parámetros tales como todos los descriptores de preparación.

Los Índices de Daño y Resiliencia, así como los descriptores de desarrollo humano y de gestión de preparación calculados en la presente tesis pueden utilizarse como una línea base para poder monitorear el avance de la gestión de riesgos en el Perú. Esto se puede realizar calculando dichos parámetros en eventos futuros y estimar su aumento o disminución.

Asimismo, se pueden elaborar más estudios como este incluyendo más casos de desastres previos de modo que se puedan elaborar estudios de correlación más robustos entre los descriptores de desarrollo humano y de preparación versus los indicadores ID e IR.

Finalmente, si bien Japón se ha desempeñado de una mejor manera en comparación con Perú, este podría mejorar aún más si, del mismo modo que en Perú, se incrementara el número de albergues provisionales para los damnificados durante los terremotos. Asimismo, para incrementar la recuperación de empleo se recomienda la creación de agencias de empleos temporales o designar una sub agencia que se dedique específicamente a difundir

y ayudar a aquellos que perdieron su empleo debido a los desastres.

Si bien las recomendaciones presentadas pueden no llegar a ser realizables en la realidad debido a factores externos tales como la alta corrupción presente en América Latina, se espera que, con el paso de los años, se pueda mejorar el desempeño de las ciudades peruanas ante eventos sísmicos.



Referencias

- Aznar Bellver, J., y Guijarro Martínez, F. (2012). *Nuevos métodos de valoración. Modelos multicriterio*. Editorial Universitat Politècnica de València.
- Baas, S., Ramasamy, S., De Pryck, J. D., y Battista, F. (2009). *Análisis de sistemas de gestión del riesgo de desastres*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).
- Britannica, T. Editors of Encyclopaedia. (2020). Ring of Fire: Seismic Belt. *Encyclopaedia Britannica*. Recuperado de <https://www.britannica.com/place/Ring-of-Fire>.
- Cabinet Office, Government of Japan. (2008). *Report about the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake (the Great East Japan Earthquake)* (Inf. Téc.). Cabinet Office.
- Cabinet Office, Government of Japan. (2013). *Evacuación de estudiantes de la Escuela Secundaria de Kamaishi Higashi*. Recuperado el 30 de julio, 2020, de <https://mnj.gov-online.go.jp/kamaishi.html>. Japan Times.
- Cabinet Office, Government of Japan. (2015a). *Contramedidas para desastres en Japón*. Recuperado de: http://www.bousai.go.jp/1info/pdf/saigaipamphlet_je.pdf.
- Cabinet Office, Government of Japan. (2015b). *White Paper: Disaster Management in Japan 2015*. Ministry of Internal Affairs & Communications Tokyo.
- Cabinet Office Japan. (2016). *White Paper: Disaster Management in Japan 2016*. Recuperado de: <https://www.bousai.go.jp>.
- Cardona, O. (2005). *Indicadores de riesgo de desastre y gestión de riesgos: programa para América Latina y El Caribe* (Inf. Téc.). Banco Interamericano de Desarrollo.

- CENEPRED. (2017). Manual para la evaluación del riesgo por sismos [Manual de software informático]. Recuperado de: https://cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia_Manuales/MANUAL%20DE%20SISMOS.pdf.
- CENEPRED. (2018). *Orientaciones para la implementación de la gestión prospectiva y correctiva del riesgo de desastres en los gobiernos regionales y locales*. Recuperado de: [https://cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia_Manuales/Orientaciones%20para%20implementar%20la%20GP%20y%20GC%20\(002\).pdf](https://cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia_Manuales/Orientaciones%20para%20implementar%20la%20GP%20y%20GC%20(002).pdf).
- Central Intelligence Agency. (2007). *Rank order-infant mortality rate*. The World Factbook, Recuperado de: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/2091rank.htm>.
- Daza, D. (2017). ¿Qué es el Cinturón de fuego del Pacífico y por qué produce fuertes terremotos. *Perú21*. Recuperado de <https://peru21.pe/ciencia/cinturon-fuegopacifico-produce-fuertes-terremotos-376813>.
- Disaster Management, Cabinet Office. (2020). *Estado de distribución de las ayudas económicas relacionadas con el Gran Terremoto del Este de Japón*. Recuperado de: http://www.bousai.go.jp/2011daishinsai/pdf/gienkin_r21231.pdf.
- Fallah-Aliabadi, S., Sarsangi, A., y Modiri, E. (2015, 05). The social and physical vulnerability assessment of old texture against earthquake (case study: Fahadan district in yazd city). *Arabian Journal of Geosciences*, 8, 1-13. doi: 10.1007/s12517-015-1939-8
- Fire and Disaster Management Agency. (2011). *Acerca del Gran Terremoto del Este de Japón*. Recuperado de: <https://www.fdma.go.jp/disaster/higashinihon/items/161.pdf>.
- Fuchs, R., Brennan, E., Lo, F., Uitto, J., y Chamie, J. (1994). *Mega-city growth and the future*. United Nations University Press.
- Gil, A. C., y Alcayhuamán, L. (2010). Licuación de suelos durante el sismo Pisco-Perú- 2007. *Perfiles de Ingeniería*, 1(10).

- Grupo El Comercio. (2015). *8 años después del terremoto, muchos aún esperan la reconstrucción*. Recuperado de: <https://diariocorreo.pe/edicion/ica/8-anos-despues-del-terremoto-muchos-aun-esperan-la-reconstruccion-610212/>.
- IGP. (2012). *La red sísmica nacional*. Recuperado de: <https://www.gob.pe/institucion/igp/noticias/76086-la-red-sismica-nacional>.
- INDECI. (2007). *Impacto socioeconómico y ambiental del sismo del 15 de agosto de 2007: Estimación de los daños en las fases del post desastre*. Recuperado de: <http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc1742/doc1742-2.pdf>.
- INDECI. (2008). *Compendio Estadístico de Prevención y Atención de Desastres 2007* (Inf. Téc.). Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI).
- INDECI. (2010). *Aprendiendo a prevenir: Estrategias metodológicas* [Manual de software informático]. Recuperado de: http://bvpad.indeci.gob.pe/download/2009/aap_estrategiasmetodologicas2010.pdf.
- INDECI. (2011). *Lineamientos para el planeamiento, organización, preparación ejecución y evaluación de la simulación y simulacro por sismo y tsunami a nivel nacional*. Recuperado de: <https://www.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/fil20170515164642.pdf>.
- INDECI. (2014). *Gestión reactiva del riesgo: Marco conceptual* [Manual de software informático]. Recuperado de: <http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc2521/doc2521-contenido.pdf>.
- INEI. (2010). *Censos de población y vivienda 2007*. Recuperado de: <http://ineidw.inei.gob.pe/ineidw/>.
- INEI. (2018a). *Anuario estadístico de la criminalidad y seguridad ciudadana 2011-2017: Visión de departamental, provincial y distrital*. Recuperado de: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1534/libro.pdf.

- INEI. (2018b). *Resultados Definitivos de los Censos Nacionales 2017 (Inf. Téc.)*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Recuperado de https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1544/.
- INEI. (2020). *Perú: Producto bruto interno por años, según departamentos*. Recuperado de: <https://www.inei.gov.pe/estadisticas/indice-tematico/economia/>.
- International Labour Organization. (2008). *Efectos del sismo del 15 de agosto de 2007 enica sobre el empleo: Informe de los resultados de la aplicación de las encuestas rápidas de disponibilidad y requerimientos de empleo (erdre) en las áreas urbanas de las provincias de ica, chincha y pisco (Inf. Téc.)*. Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Oficina Sub-regional de la OIT para los Países Andinos.
- Japan Meteoroloical Agency. (2011a). *The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake: Distribution of JMA Seismic Intensity*. Recuperado de: https://www.jma.go.jp/jma/en/2011_Earthquake/Information_on_2011_Earthquake.html.
- Japan Meteoroloical Agency. (2011b). *The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake: Observed Tsunami*. Recuperado de: https://www.jma.go.jp/jma/en/2011_Earthquake/chart/2011_Earthquake_Tsunami.html.
- JICA. (2009). *Estudio de reconstrucción con viviendas sismorresistentes en la República del Perú (Inf. Téc.)*. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- JNN [TBS NEWS]. (2021). *Ciudad de Kamaishi, Iwate, donde un enorme tsunami supera el malecón [Video]*. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=yPaJUmZHp0E>.
- Kamaishi City Disaster Prevention Council. (2017). *Regional disaster prevention plan of Kamaishi City [Manual de software informático]*. Recuperado de: https://www.city.kamaishi.iwate.jp/docs/2018032800039/file_contents/2018032800039_www_city_kamaishi_iwate_jp_kurasu_bosai_saigai_detail_icsFiles_afielfile_2018_03_28_01_honpen.pdf.

- Kamaishi City, Official Webpage. (2011). *KamaishiCity Statistics (2011 edition): Firefigh- ting - public security*. Recuperado de: https://www.city.kamaishi.iwate.jp/docs/2014032000035/file_contents/2014032000035_www_city_kamaishi_iwate_jp_shi_sei_joho_tokei_joho_detail_icsFiles_afieldfile_2015_03_13_20121102-182520.pdf.
- Kamaishi City, Official Webpage. (2014). *Informe de reconstrucción de Ka-maishi vol.11*. Recuperado de: https://www.city.kamaishi.iwate.jp/docs/2014011700024/file_contents/2014011700024_www_city_kamaishi_iwate_jp_fukko_joho_torikumi_fukko_report_detail_icsFiles_afieldfile_2015_03_17_20140117-111659.pdf.
- Kamaishi City, Official Webpage. (2020a). *Sobre la situación de desastre y la situación de los esfuerzos*. Recuperado de: https://www.city.kamaishi.iwate.jp/docs/2012080300077_www_city_kamaishi_iwate_jp_fukko_joho_fukko_machidukuri_fukko_kihonkeikaku_detail_icsFiles_afieldfile_2015_03_23_20110830.
- Kamaishi City, Official Webpage. (2020b). *Sobre la vivienda (vivienda pública para desas- tres)*. Recuperado de: https://www.city.kamaishi.iwate.jp/docs/2012080700044/file_contents/2012080700044_www_city_kamaishi_iwate_jp_fukko_joho_fukko_machidukuri_fukko_seibikeikaku_detail_icsFiles_afieldfile_2015_03_24_20120725-090825.pdf.
- Katada, T., y Kanai, M. (2016). The School Education to Improve the Disaster Response Capacity: A Case of “Kamaishi Miracle”. *Journal of Disaster Research*, 11 (5), 845-856. doi: 10.20965/jdr.2016.p0845
- Kumagai, K. (2011). *Sobre la Situación de los daños del Gran Terremoto del Este de Japón [Diapositiva de Power Point]*. Repositorio del Ministerio de Salud, Trabajo y Bienestar de Japón: <https://www.mhlw.go.jp/index.html>.
- Live Japan. (2019). *What kind of natural disasters happen in Japan? Larn the basics to be prepared!* Recuperado de: <https://livejapan.com/en/article-a0003391/>.

- Marins, C. S., Souza, D. d. O., y Barros, M. d. S. (2009). O uso do método de análise hierárquica (ahp) na tomada de decisões gerenciais—um estudo de caso. *XLI SBPO*, 1, 49.
- Mebarki, A. (2015). *Entrevista con Ahmed Mebarki [Entrevista personal]*. Recuperado de <https://puntoedu.pucp.edu.pe/entrevistas/en-una-sociedad-propensa-a-desastres-la-conciencia-es-muy-importante/>.
- Moreno Jiménez, J. M., Aguarón Joven, J., Cano Sevilla, F. J., y Escobar Urmeneta, M. T. (1998). Validación, robustez y estabilidad en decisión multicriterio: un análisis de sensibilidad en el Proceso Analítico Jerárquico. *Revista Real Academia de Ciencias Exactas, Físico-Químico y Naturales*, 92 (4), 387–397. Descargado de <http://dmlle.cindoc.csic.es/pdf/RRACEFN%5f1998%5f92%5f04%5f14.pdf>
- Naito, T., y Gielen, U. (1992, 01). Tatemae and honne: A study of moral relativism in Japanese culture. En (p. 161-172). doi: 10.13140/2.1.4535.8886
- Neyra, A. (2018). *Lecciones aprendidas del fondo de reconstrucción del sur - FOR- SUR 2007*. Recuperado de: https://cies.org.pe/sites/default/files/files/otrasinvestigaciones/archivos/libro_lecciones_aprendidas_del_forsur_2007.pdf
- Nippon Communications Foundation. (2018). *Grandes terremotos en el horizonte: el mapa de pronóstico sísmico en 2018*. Recuperado de: <https://www.nippon.com/es/features/h00234/>
- Organización Panamericana de la Salud. (2010). *Terremoto de pisco - Perú: A dos años del sismo, crónica y lecciones aprendidas en el sector salud*. Recuperado de: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/34954>.
- Oviedo Vega, P. A. (2017). Clasificación mediante parámetros instrumentales de la intensidad de Mercalli modificada.
- Papadopoulos, G. A., y Imamura, F. (2001). A proposal for a new tsunami intensity scale. En *Its 2001 proceedings* (Vol. 5, pp. 569–577).

- Peña, A. (2017, agosto). A 10 años del terremoto de Pisco: las causas del fracaso en la reconstrucción. *Servicios de Comunicación Intercultural - Servindi*. Recuperado de <https://www.servindi.org/actualidad-noticias/15/08/2017/10-anos-del-terremoto-de-pisco-las-causas-del-fracaso-en-la>.
- Peters, P., y Skop, E. (2007). The geography of poverty and segregation in Metropolitan Lima, Peru. *Journal of Latin American Geography*, 6(1), 149–171.
- Portal Site of Official Statistics, Japan. (2016). *Statistics of Japan*. Recuperado de: <https://www.e-stat.go.jp/>.
- Presidencia de Consejo de Ministros - PCM. (2014). *Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres PLANAGERD 2014 – 2021*. Recuperado de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/178763/PLANAGERD.pdf>.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD. (2011). Reconoce a Perú como “superpotencia de biodiversidad». *Inforegión, Agencia de Prensa Ambiental*.
- Quinteros, J., y Echegaray, C. (2018). *La ayuda humanitaria y los procesos de respuesta y rehabilitación después del sismo del 2007 en Pisco*. <http://repositorio.usil.edu.pe/handle/USIL/3852>.
- Rahman, N., Ansary, M., y Islam, I. (2015, 09). Gis based mapping of vulnerability to earthquake and fire hazard in Dhaka city, Bangladesh. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 13, 291-300. doi: 10.1016/j.ijdr.2015.07.003
- Reconstruction Agency. (2021). *The process and the prospects of reconstruction*. Recuperado de: https://www.reconstruction.go.jp/english/topics/Progress_to_date/Process_and_Prospects_for_Reconstruction_Chart_michinoritomitooshi_January_2021_E.pdf.
- Schmidtlein, M. C., Shafer, J. M., Berry, M., y Cutter, S. L. (2011). Modeled earthquake losses and social vulnerability in Charleston, South Carolina. *Applied Geography*, 31(1), 269-281. Descargado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143622810000652> (Hazards) doi: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2010.06.001>
- SINADECI. (2004). Manual de funcionamiento: Centro de Operaciones de Emergencia Nacional [Manual de software informático]. Recuperado de: <http://sinpad.indeci.gob.pe/UploadPortalSINPAD/MANUAL%20DE%20FUNCIONAMIENTO%20-%20COEN.pdf>.

Statistics Bureau, Japan. (2014). Japan statistical yearbook 2014.

Sugimoto, M. (2014). Geoethics and risk-communication issues in Japan's disaster management system revealed by the 2011 Tohoku earthquake and tsunami. En *Geoethics* (pp. 323–334). Elsevier. Descargado de <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-799935-7.00026-5> doi: 10.1016/b978-0-12-799935-7.00026-5

Tavera, H. (2008). El terremoto de Pisco (Perú) del 15 de agosto de 2007 (7.9 Mw).

The Hazard Blog. (2014). *Empowerment and Education Saves Lives: Tendenkoin Kamaishi*. Recuperado de <https://thehazardblog.wordpress.com/2014/07/29/empowerment-and-education-saves-lives-tendenko-in-kamaishi/>.

The World Bank. (2016). *Learning from disaster simulation drills in Japan* (Inf. Téc.). The World Bank.

Ulloa, F., y cols. (2011). Manual de gestión de riesgos de desastre para comunicadores sociales: Una guía práctica para el comunicador social comprometido en informar y formar para salvar vidas [Manual de software informático]. Recuperado de: <http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc2344/doc2344-contenido.pdf>.

UNDRR. (2016). *Report of the open-ended intergovernmental expert working group on indicators and terminology relating to disaster risk reduction* (Inf. Téc.). United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR).

UNDRR. (2019). *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction* (Inf. Téc.). United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR).

UNISDR. (2013). *Cómo desarrollar ciudades más resilientes: Un Manual para líderes de los gobiernos locales*. Recuperado de https://www.unisdr.org/files/26462_manualparalideresdelosgobiernosloca.pdf.

- UNISDR, CRED, y cols. (2015). *The human cost of natural disasters: A global perspective*. Recuperado de https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/PAND_report.pdf.
- Urteaga-Tirado, J. N., Santa-Cruz, S., de Córdova, G. F., y Vilela, M. (2021). Chapter 12 - 2017 Coastal El Niño in Peru: An opportunity to analyze the influence of hazard mitigation plans on local resilience. En J. M. Mendes, G. Kalonji, R. Jigyasu, y A. Chang-Richards (Eds.), *Strengthening disaster risk governance to manage disaster risk* (p. 117-131). Elsevier. Descargado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978012818750000012X> doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818750-0.00012-X>
- Walter Piazza [TEDx Talks]. (2018). *¿Cómo ganar la guerra a la construcción informal? [Video]*. Recuperado de: <https://youtu.be/5JZ5htmGC1g?t=139>.
- World Bank Group. (2012). *Peru - Disaster risk management in Latin America and the Caribbean region : GFDRR country notes*. Recuperado de <http://documents.worldbank.org/curated/en/320331468002135501/Peru-Disaster-risk-management-in-Latin-America-and-the-Caribbean-region-GFDRR-country-notes>.
- World Bank, World Development Indicators. (2021). *GDP (en dólares) [documento de datos]*. The World Factbook, recuperado de: https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?end=2019&most_recent_value_desc=true&start=2014.
- Zhang, N., y Huang, H. (2013, 07). Social vulnerability for public safety: A case study of Beijing, China. *Chinese Science Bulletin*, 58. doi: 10.1007/s11434-013-5835-x





Anexos

Anexo A

Escala de Intensidad

Tabla A.1: Escala de Mercalli Modificada (Oviedo Vega, 2017)

Intensidad	Especificación
I	No se advierte sino por unas pocas personas y en condiciones de perceptibilidad especialmente favorables
II	Se percibe sólo por algunas personas en reposo, particularmente las ubicadas en los pisos superiores de los edificios
III	Se percibe en los interiores de los edificios y casas. Sin embargo, muchas personas no distinguen claramente que la naturaleza del fenómeno es sísmica, por su semejanza con la vibración producida por el paso de un vehículo liviano. Es posible estimar la duración del sismo
IV	Los objetos colgantes oscilan visiblemente. Muchas personas lo notan en el interior de los edificios aún durante el día. En el exterior, la percepción no es tan general. Se dejan oír las vibraciones de la vajilla, puertas y ventanas. Se sienten crujir algunos tabiques de madera. La sensación percibida es semejante a la que produciría el paso de un vehículo pesado. Los automóviles detenidos se mecen

V	<p>La mayoría de las personas lo perciben aún en el exterior. En los interiores, durante la noche, muchas personas despiertan. Los líquidos oscilan dentro de sus recipientes y aún pueden derramarse. Los objetos inestables se mueven o se vuelcan. Los péndulos de los relojes alteran su ritmo o se detienen. Es posible estimar la dirección principal del movimiento sísmico</p>
VI	<p>Lo perciben todas las personas. Se atemorizan y huyen hacia el exterior. Se siente inseguridad para caminar. Se quiebran los vidrios de las ventanas, la vajilla y los objetos frágiles. Los juguetes, libros y otros objetos caen de los armarios. Los cuadros suspendidos de las murallas caen. Los muebles se desplazan o se vuelcan. Se producen grietas en algunos estucos. Se hace visible el movimiento de árboles y arbustos, o bien, se les oye crujir. Se siente el tañido de las campanas pequeñas de las iglesias y escuelas</p>
VII	<p>Los objetos colgantes se estremecen. Se experimenta dificultad para mantenerse en pie. El fenómeno es percibido por los conductores de automóviles en marcha. Se producen daños de consideración en estructuras de albañilería mal construidas o mal proyectadas. Sufren daños menores (grietas) las estructuras corrientes de albañilería bien construidas. Se dañan los muebles. Caen trozos de estuco, ladrillos, parapetos, cornisas y diversos elementos arquitectónicos. Las chimeneas débiles se quiebran al nivel de la techumbre. Se producen ondas en los lagos; el agua se enturbia. Los terraplenes y taludes de arena o grava experimentan pequeños deslizamientos o hundimientos. Se dañan los canales de hormigón para regadío. Tañen todas las campanas</p>

VIII	<p>Se hace difícil e inseguro el manejo de vehículos. Se producen daños de consideración y aún el derrumbe parcial en estructuras de albañilería bien construidas. En estructuras de albañilería especialmente bien proyectadas y construidas sólo se producen daños leves. Caen murallas de albañilería. Caen chimeneas en casas e industrias; caen igualmente monumentos, columnas, torres y estanques elevados. Las casas de madera se desplazan y aún se salen totalmente de sus bases. Los tabiques se desprenden. Se quiebran las ramas de los árboles. Se producen cambios en corrientes de agua y en la temperatura de vertientes y pozos. Aparecen grietas en el suelo húmedo, especialmente en la superficie de pendientes escarpadas</p>
IX	<p>Se produce pánico general. Las estructuras de albañilería mal proyectadas o mal construidas se destruyen. Las estructuras corrientes de albañilería bien construidas se dañan y a veces se derrumban totalmente. Las estructuras de albañilería bien proyectadas y bien construidas se dañan seriamente. Los cimientos se dañan. Las estructuras de madera son removidas de sus cimientos. Sufren daños considerables los depósitos de agua, gas, etc. Se quiebran las tuberías (cañerías) subterráneas. Aparecen grietas aún en suelos secos. En las regiones aluviales, pequeñas cantidades de lodo y arena son expelidas del suelo</p>
X	<p>Se destruye gran parte de las estructuras de albañilería de toda especie. Se destruyen los cimientos de las estructuras de madera. Algunas estructuras de madera bien construidas, incluso puentes, se destruyen. Se producen grandes daños en represas, diques y malecones. Se producen grandes desplazamientos del terreno en los taludes. El agua de canales, ríos, lagos, etc. sale proyectada a las riberas. Cantidades apreciables de lodo y arenas se desplazan horizontalmente sobre las playas y terrenos planos. Los rieles de las vías férreas quedan ligeramente deformados</p>
XI	<p>Muy pocas estructuras de albañilería quedan en pie. Los rieles de las vías férreas quedan fuertemente deformados. Las tuberías (cañerías subterráneas) quedan totalmente fuera de servicio</p>

XII	El daño es casi total. Se desplazan grandes masas de roca. Los objetos saltan al aire. Los niveles y perspectivas quedan distorsionados
-----	---

Tabla A.2: Escala de Imamura y Papadopoulos (2001)

Intensidad	Especificación
I No se siente	No se siente incluso ante circunstancias favorables; sin efecto ni daño
II Apenas sentido	Sentido por pocas personas a bordo de embarcaciones pequeñas; no observado en la costa; sin efecto ni daño
III Débil	Sentido por la mayoría de las personas a bordo de embarcaciones pequeñas; observado por algunas personas en la costa; sin efecto ni daño
IV Muy observado	Sentido por todos a bordo de embarcaciones pequeñas y por pocas personas a bordo de grandes embarcaciones; observado por la mayoría de la gente en la costa, pocas embarcaciones pequeñas se mueven ligeramente hacia la costa; sin daño
V Fuerte (1m)	Se dejan rastros de capa de arena en el suelo con circunstancias favorables; inundación limitada de tierras cultivadas; inundación limitada de instalaciones al aire libre (como jardines) de estructuras cercanas a la costa
VI Ligeramente dañino (2m)	Mucha gente se asusta y corre a terrenos más altos; la mayoría de las embarcaciones pequeñas se mueven violentamente hacia la costa, chocan fuertemente entre sí o se vuelcan, daños e inundaciones en algunas estructuras de madera; la mayoría de los edificios de mampostería resisten

VII Dañino (4m)	<p>Mucha gente está asustada e intenta correr a un terreno más alto, muchas embarcaciones pequeñas dañadas; pocos vasos grandes oscilan violentamente; objetos de tamaño y estabilidad variables vuelcan y se desvían; se dejan capas de arena y acumulaciones de guijarros; pocas balsas de acuicultura fueron arrastradas; muchas estructuras de madera dañadas, pocas son demolidas o arrasadas; daños de grado 1 e inundaciones en algunos edificios de mampostería</p>
VIII Muy dañino (4m)	<p>Todas las personas escapan a terrenos más altos, algunas son arrastradas; la mayoría de los vasos pequeños están dañados, muchos son arrastrados; pocas embarcaciones grandes se mueven a tierra o chocan entre sí; los objetos grandes se alejan; erosión y ensuciamiento de la playa; grandes inundaciones; daños leves en los bosques controlados por tsunamis y detener las derivas; muchas balsas de acuicultura fueron arrastradas, pocas parcialmente dañadas; la mayoría de las estructuras de madera son arrastradas o demolidas; daño de grado 2 en algunos edificios de mampostería. La mayoría de los edificios de hormigón armado sufren daños, en unos pocos se observan daños de grado 1 e inundaciones.</p>
IX Destructivo (8m)	<p>Mucha gente es arrastrada; la mayoría de los vasos pequeños se destruyen o se lavan; muchos barcos grandes son trasladados violentamente a tierra, pocos son destruidos; extensa erosión y basura en la playa; subsidencia del suelo local; destrucción parcial en bosques controlados por tsunamis y parada de deriva; la mayoría de las balsas de acuicultura fueron arrastradas, muchas de ellas parcialmente dañadas; daños de grado 3 en muchos edificios de mampostería, pocos edificios de hormigón armado sufren daños de grado 2</p>

<p>X Muy destructivo (8m)</p>	<p>Pánico generalizado; la mayoría de la gente es arrastrada. segundo; la mayoría de los barcos grandes se mueven violentamente a tierra, muchos son destruidos o chocan con edificios; pequeños cantos rodados del fondo del mar se mueven tierra adentro; los coches se volcaron y se desviaron. Derrames de petróleo, comienzan los incendios; subsidencia extensa del suelo; daños de grado 4 en muchos edificios de mampostería, pocos edificios de hormigón armado sufren daños de grado 3; derrumbe de terraplenes artificiales, rompeolas de puertos dañados</p>
<p>XI Devastador (16m)</p>	<p>Líneas de vida interrumpidas; fuegos extensos; el agua a contracorriente arrastra los coches y otros objetos al mar; grandes rocas del fondo del mar se mueven tierra adentro; daño de grado 5 en muchos edificios de mampostería; pocos edificios de hormigón armado sufren daños de grado 4, muchos sufren daños de grado 3</p>
<p>XII Totalmente devastador (32m)</p>	<p>Prácticamente todos los edificios de mampostería demolidos; la mayoría de los edificios de hormigón armado sufren al menos daños de grado 3</p>

Anexo B

Fichas de llenado

Tabla B.1: Ficha de llenado para el cálculo del ID (Cardona, 2005).

¿Cuál de los indicadores se percibe como más importante? Marcar con una X				¿En qué grado? Marcar con una X									
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Viviendas destruidas	vs	Pérdidas humanas											
Viviendas destruidas	vs	Heridos											
Viviendas destruidas	vs	Damnificados											
Viviendas destruidas	vs	Daño económico											
Pérdidas humanas	vs	Heridos											
Pérdidas humanas	vs	Damnificados											
Pérdidas humanas	vs	Daño económico											
Heridos	vs	Damnificados											
Heridos	vs	Daño económico											
Damnificados	vs	Daño económico											

Anexo C

Resultados de encuestas a expertos

Tabla C.1: Encuesta realizada al ing. Cueto para el índice ID.

¿Cuál de los indicadores se percibe como más importante? Marcar con una X				¿En qué grado? Marcar con una X								
				1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Viviendas destruidas	vs	X	Pérdidas humanas		X						
X	Viviendas destruidas	vs		Heridos		X						
X	Viviendas destruidas	vs		Damnificados		X						
X	Viviendas destruidas	vs		Daño económico		X						
X	Pérdidas humanas	vs		Heridos			X					
X	Pérdidas humanas	vs		Damnificados			X					
X	Pérdidas humanase	vs		Daño económico					X			
	Heridos	vs	X	Damnificados					X			
	Heridos	vs	X	Daño económico		X						
	Damnificados	vs	X	Daño económico		X						

Tabla C.2: Encuesta realizada al ing. Cueto para el índice IR.

¿Cuál de los indicadores se percibe como más importante? Marcar con una X				¿En qué grado? Marcar con una X								
				1	2	3	4	5	6	7	8	9
X	Recuperación temprana	vs		Irretornabilidad remanente			X					
	Recuperación temprana	vs	X	Recuperación económica			X					
	Recuperación temprana	vs	X	Ayuda económica			X					
X	Recuperación temprana	vs		Recuperación de empleo			X					
	Irretornabilidad remanente	vs	X	Recuperación económica			X					
	Irretornabilidad remanente	vs	X	Ayuda económica			X					
	Irretornabilidad remanente	vs	X	Recuperación de empleo		X						
X	Recuperación económica	vs		Ayuda económica			X					
	Recuperación económica	vs	X	Recuperación de empleo			X					
	Ayuda económica	vs	X	Recuperación de empleo			X					

Tabla C.4: Encuesta realizada al ing. Zeballos para el índice IR.

¿Cuál de los indicadores se percibe como más importante? Marcar con una X				¿En qué grado? Marcar con una X									
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	
X	Recuperación temprana	vs		Irretornabilidad remanente	X								
	Recuperación temprana	vs	X	Recuperación económica				X					
	Recuperación temprana	vs	X	Ayuda económica				X					
	Recuperación temprana	vs	X	Recuperación de empleo			X						
	Irretornabilidad remanente	vs	X	Recuperación económica				X					
	Irretornabilidad remanente	vs	X	Ayuda económica				X					
	Irretornabilidad remanente	vs	X	Recuperación de empleo			X						
X	Recuperación económica	vs		Ayuda económica			X						
	Recuperación económica	vs	X	Recuperación de empleo			X						
	Ayuda económica	vs	X	Recuperación de empleo			X						

Tabla C.5: Encuesta realizada al ing. Parodi para el índice ID.

¿Cuál de los indicadores se percibe como más importante? Marcar con una X				¿En qué grado? Marcar con una X									
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	Viviendas destruidas	vs	X	Pérdidas humanas									X
X	Viviendas destruidas	vs		Heridos	X								
X	Viviendas destruidas	vs		Damnificados							X		
X	Viviendas destruidas	vs		Daño económico	X								
X	Pérdidas humanas	vs		Heridos								X	
X	Pérdidas humanas	vs		Damnificados									X
X	Pérdidas humanase	vs		Daño económico									X
X	Heridos	vs		Damnificados			X						
	Heridos	vs	X	Daño económico			X						
	Damnificados	vs	X	Daño económico					X				

Tabla C.6: Encuesta realizada al ing. Parodi para el índice IR.

¿Cuál de los indicadores se percibe como más importante? Marcar con una X				¿En qué grado? Marcar con una X									
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	
X	Recuperación temprana	vs		Irretornabilidad remanente									X
	Recuperación temprana	vs	X	Recuperación económica				X					
X	Recuperación temprana	vs		Ayuda económica	X								
	Recuperación temprana	vs	X	Recuperación de empleo					X				
	Irretornabilidad remanente	vs	X	Recuperación económica									X
X	Irretornabilidad remanente	vs		Ayuda económica		X							
	Irretornabilidad remanente	vs	X	Recuperación de empleo					X				
X	Recuperación económica	vs		Ayuda económica						X			
X	Recuperación económica	vs		Recuperación de empleo	X								
	Ayuda económica	vs	X	Recuperación de empleo						X			

