

Análisis de inversión pública para la reducción del riesgo de desastres del Perú

Banco Interamericano de Desarrollo

División de Medio
Ambiente, Desarrollo Rural
y Gestión de Riesgo de
Desastres

NOTA TÉCNICA N°
IDB-TN-01683

Junio 2018

Análisis de inversión pública para la reducción del riesgo de desastres del Perú

Banco Interamericano de Desarrollo

**Catalogación en la fuente proporcionada por la
Biblioteca Felipe Herrera del
Banco Interamericano de Desarrollo**

Análisis de inversión pública para la reducción del riesgo de desastres del Perú / Banco Interamericano de Desarrollo.

p. cm. — (Nota técnica del BID ; 1683)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Disaster relief-Economic aspects-Peru. 2. Emergency management-Economic aspects-Peru. 3. Natural disasters-Risk assessment-Peru. 4. Public investments-Peru. I. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Medio Ambiente, Desarrollo Rural y Administración de Riesgos por Desastres. II. Título. III. Serie.

IDB-TN-1683

Código JEL: Q54

Palabras claves: Gestión integrada de zonas costeras; Gestión de los ecosistemas costeros; Cambio Climático; Gestión del Riesgo de Desastres; Países de América Latina y el Caribe.

<http://www.iadb.org>

Copyright © [2018] Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



Este documento fue preparado por:

Especialistas del Banco Interamericano de Desarrollo: Hori Tsuneki (especialista en Gestión del Riesgo de Desastres), Juan de Dios Mattos (especialista en Desarrollo Rural) y Alvaro Garcia Negro (especialista en Desarrollo Rural).

Consultores Externos: (ERN Internacional) Mario Gustavo Ordaz, Dirección Técnica ERN; Darío Luna Plá, Asesor Especial; Carlos Avelar, Líder del equipo: Ingeniería; Ma. Del Carmen Acosta, Economista.

Agradecimiento al Gobierno Peruano: Los miembros de la Dirección de Gestión de Riesgos – DGETP Ministerio de Economía y Finanzas.

Este documento fue elaborado con información recopilada hasta octubre de 2017

El desarrollo y publicación de este documento fue financiado a través de la Cooperación Técnica Regional RG-T2434, financiado por el Fondo Fiduciario Multidonantes para la Prevención de Desastres

Tabla de Contenido

| | |
|--|----|
| LISTA DE ACRONIMOS | 7 |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 8 |
| 2. MARCO DEL ESTUDIO | 10 |
| 2.1 CONCEPTO BÁSICO – ILUSTRACIÓN DEL RIESGO PROBABILISTA | 10 |
| 2.2 PÉRDIDAS DIRECTAS VS. INDIRECTAS..... | 12 |
| 2.3 COSTO INDICATIVO DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN | 15 |
| 2.4 BRECHA DE PÉRDIDAS A CUBRIR..... | 17 |
| 2.5 MEDIDAS DE MITIGACIÓN <i>EX ANTE</i> VS. INSTRUMENTOS FINANCIEROS | 18 |
| 2.6 ANÁLISIS DE LA RESTRICCIÓN PRESUPUESTAL | 20 |
| 2.7 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO (ACB)..... | 21 |
| 3. ESTUDIO DE CASO EN PERU..... | 22 |
| 3.1 CUANTIFICACIÓN DEL RIESGO - CURVA DE EXCEDENCIA DE PÉRDIDAS DEL PERÚ | 22 |
| 3.2 COSTO INDICATIVO DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN | 35 |
| 3.3 ANÁLISIS DE LA ACTUAL RESTRICCIÓN PRESUPUESTAL DE PERÚ | 47 |
| 3.4 PARÁMETROS FINANCIEROS..... | 49 |
| 3.5 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO (ACB)..... | 53 |
| 3.6 EFICIENCIA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN CON RESTRICCIÓN PRESUPUESTAL | 57 |
| 3.7 COBERTURA DE INSTRUMENTOS FINANCIEROS – CON RESTRICCIÓN PRESUPUESTAL | 62 |
| 3.7.1 ESCENARIO CON MITIGACIÓN BAJA | 62 |

| | | |
|-------|---|----|
| 3.7.2 | ESCENARIO CON MITIGACIÓN MEDIA..... | 63 |
| 3.7.3 | ESCENARIO CON MITIGACIÓN ALTA..... | 64 |
| 3.7.4 | ESCENARIO SIN MITIGACIÓN | 66 |
| 3.7.5 | ELECCIÓN DE COBERTURAS MÁXIMA DE INSTRUMENTOS FINANCIEROS CON LÍMITES DE PERDIDAS CUBIERTAS..... | 67 |
| 3.8 | RESULTADOS A NIVEL SECTORIAL (CON RESTRICCIÓN PRESUPUESTAL) | 71 |
| 4 | CONCLUSIONES..... | 75 |
| 5 | REFERENCIAS..... | 77 |

LISTA DE ACRONIMOS

| Acrónimo | Descripción |
|----------|--|
| ACB | Análisis Costo - Beneficio |
| BID | Banco Interamericano de Desarrollo |
| BP | Brecha de Pérdidas |
| BR | Brecha de Recursos |
| CAF | Corporación Andina de Fomento |
| GdP | Gobierno de la República de Perú |
| GRD | Gestión de Riesgos de Desastres |
| MM | Miles de Millones de dólares |
| MEF | Ministerio de Economía y Finanzas |
| PMP | Pérdida Máxima Probable |
| PR | Periodo de Retorno |
| RRD | Reducción de Riesgos de Desastres |
| US\$ | Dólares de los Estados Unidos de América |

1. INTRODUCCIÓN

La Republica del Perú (en adelante: Perú) se localiza en el centro-oriente de América del Sur; limita al norte con Ecuador y Colombia, al este con Brasil y Bolivia, al sur con Chile y al oeste con el Océano Pacífico. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) su territorio cuenta con una superficie es de 1,285,215.6 km² y se divide en 24 departamentos y la Provincia Constitucional del Callao, con una población total estimada alrededor de en 31 millones de habitantes.

En el Perú por sus condiciones geofísica, climáticas y medioambientales, tradicionalmente se identifican tres regiones separadas por la cordillera de los Andes (Figura 1): Costa, Sierra (o región Andina) y Selva (o región Amazónica). La costa se caracteriza por su franja desértica con un ancho máximo de 140 km; en el sector del desierto del Pacífico se encuentran algunos valles ocasionados por ríos ocasionales o de temporada. Por otro lado, los andes del centro son los más altos y en éstos se encuentra la montaña más alta del Perú: el nevado de Huascarán. Los andes del norte son los más bajos y húmedos mientras que los del sur son de más espesor que los demás y contienen la meseta del Collao de donde surgieron diversas civilizaciones antiguas. Finalmente la selva conforma aproximadamente el 60% del país y se divide en alta y baja; la primera se localiza al oriente de los Andes y cuenta con un relieve variado mientras que en la segunda se encuentran los ríos más extensos como el Amazonas.

Esta diversidad en características geológicas, tectónicas, topográficas, meteorológicas, oceanográficas, entre otras, se manifiesta en la ocurrencia de diversos eventos naturales que a lo largo de la historia han ocasionado afectaciones importantes al territorio peruano, entre los cuales se tienen fenómenos geológicos como sismos y deslizamientos, así como fenómenos hidrometeorológicos como inundaciones o sequías. De acuerdo con la información disponible en *The International Disaster Database EM-DAT*¹ (Emergency Events Database) para Perú, durante el periodo 1958-2017 se produjeron en el país 168 desastres de gran escala. Estos desastres causaron más de 89,000 muertes, afectaron a 23 millones de peruanos, y provocaron daños económicas superiores a los US\$6,400 millones.

El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) desarrolló una metodología para dimensionar los beneficios económicos de la inversión pública en medidas de reducción del riesgo de desastres (RRD). Dicha metodología sirve como instrumento técnico de diálogo con los

¹ <http://www.emdat.be/>

países de la región LAC ya que les permite hacer un análisis comparativo de los beneficios económicos de diferentes inversiones en RRD y a su vez evidencia la rentabilidad de una inversión más sostenida. Dicha metodología se denomina Análisis de Inversión para la Reducción del Riesgo de Desastres (Análisis de Inversión en RRD).

El presente reporte describe los resultados del Análisis de RRD para Perú desde el ámbito macroeconómico y resume los hallazgos indicativos en términos de costo/beneficio de inversión *ex ante* (mitigación del riesgo, o RRD) vs. otros instrumentos *ex post* que financien en caso de desastre a través de diversos instrumentos que existen en el mercado público y privado internacional (retención y transferencia de riesgo).



Figura 1. Mapa del Perfil Ambiental del Perú. Fuente: el Sistema de Información Ambiental (SINIA)²

² <http://sinia.minam.gob.pe/>

2. MARCO DEL ESTUDIO

2.1 Concepto Básico – Ilustración del Riesgo Probabilista

Ver BID (2020) para obtener detalles sobre la metodología y el marco del estudio. La construcción de **Curva de Excedencia** del riesgo o pérdidas históricas (o en combinación de ambos) es un insumo fundamental para el estudio presente. La curva de excedencia de pérdidas expresa, por un lado, la frecuencia con la que se observan pérdidas mayores a cierto nivel (tasa de excedencia o su relación inversa que son los Periodos de Retorno) y, por el otro, los niveles de pérdidas máximas probables que podrían causar desastres (e.g. huracanes e sismos). Estas curvas son el método más utilizado en análisis del riesgo para conjugar el valor de los bienes y la afectación a personas que experimentan pérdidas por fenómenos naturales dado que permiten establecer una relación directa entre el nivel de pérdidas incurridas, la magnitud y la recurrencia de los eventos naturales.

En la Figura 2 (arriba) se muestran diversas curvas de excedencia a manera de ejemplo; el eje vertical indica los **periodos de retorno (PR)**, estos son equivalentes al inverso de la tasa de excedencia, y el eje horizontal muestra las pérdidas medidas en una unidad monetaria. Obsérvese que una tasa de excedencia pequeña, se traduce en un periodo de retorno grande. Si la curva se desplaza hacia arriba para una misma amenaza, indica que el riesgo de desastre se incrementa, por un incremento de amenaza (debido, por ejemplo, al efecto del cambio climático), exposición y vulnerabilidad. Si se desplaza hacia abajo, indica que se redujo el riesgo de desastres por alguna razón (por ejemplo, medidas de mitigación implementadas funciona efectivamente).

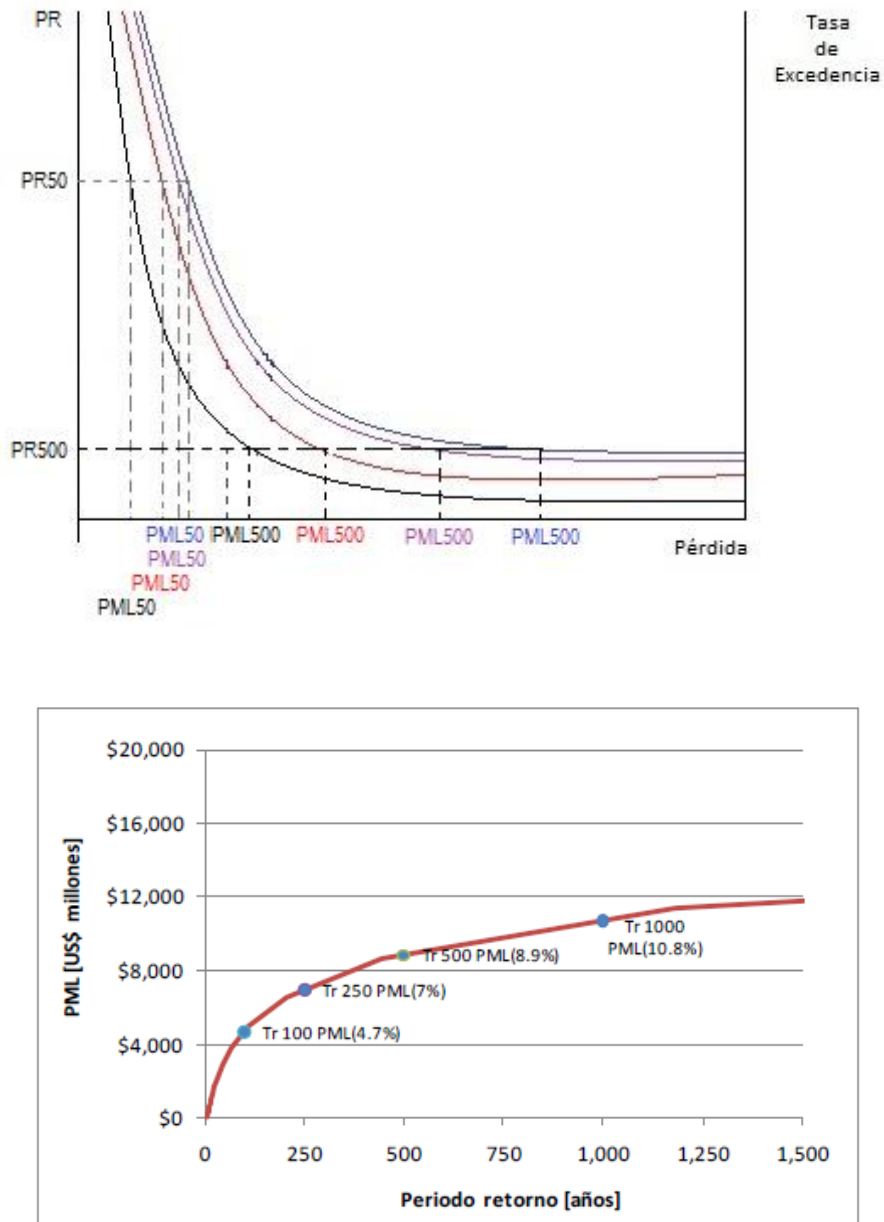


Figura 2. Ejemplo de la curva de excedencia (arriba) y la curva de pérdida máxima probable (abajo).

Figura 2 (abajo), un ejemplo de la **Curva de Pérdida Máxima Probable (PML)**, puede mostrar el mismo concepto de la curva de excedencia pero de distinta forma (en este caso el eje vertical indica las pérdidas medidas en una unidad monetaria, y el eje horizontal muestra los periodos de retorno (PR)). El presente reporte usa ambas formas de la curva de excedencia y de la pérdida máxima probable, de manera que sea fácil de expresar el contexto de cada análisis del estudio.

El modelo que aplica en el Análisis de Inversión en RRD asume que cualquier **medida de mitigación** (o la disminución, reducción, o limitación de los impactos negativos probables de las amenazas) desplaza la curva de excedencia y la curva de pérdida máxima probable inicial hacia el origen³. Esto es debido a que la implementación de una medida de mitigación reduce la Pérdida Máxima Probable (PMP) asociada a cada periodo de retorno (PR).

2.2 Pérdidas Directas vs. Indirectas

La fuente principal de la Curva de Excedencia puede ser el Perfil de Riesgo de Desastres del BID que cuantifica el riesgo probable a nivel nacional en varios países de la región LAC. Dicho estudio, sin embargo, cuantifica en principio las pérdidas probables directas. No obstante, en la literatura se ha definido a las pérdidas por desastres como la suma de las pérdidas directas y las indirectas (ECLAC, 2009).

Para la estimación de las pérdidas probables indirectas, éstas suelen obtenerse como función de las directas. Por ejemplo, Wisner et al. (2003) analizó lo anterior, que establece que las pérdidas directas son aquellas que se generan de forma secundaria por acción del daño directo a los activos ocasionados por el fenómeno natural. Una vez que la intensidad del fenómeno supera un umbral específico de alguna nivel de vulnerabilidad dado, se generan pérdidas indirectas, precisamente Wisner et al. (2003) señala que por ejemplo el sismo de 1985 en México implicó que las pérdidas indirectas fueran 11 veces las pérdidas directas.

Benson (2012) realizó un análisis minucioso sobre el tamaño de las pérdidas directas e indirectas de varios desastres históricas ocurridas entre 2008 y 2011 (La Tabla 1), muestra que las pérdidas directas representan varias veces las pérdidas totales, cerca de 1.1 y hasta 3 veces. Es decir, basado en lo anterior, las pérdidas indirectas valían entre 1.1 hasta 11 veces de las pérdidas directas.

³ Este desplazamiento no necesariamente es paralelo.

Tabla 1. Pérdidas Totales, Directas e Indirectas (Benson, 2012).

| País | Año | Tipo de Desastre | Perdida Directa (millones USD) | Perdida Indirecta (millones USD) | Total | Total/Directa |
|----------------------------------|------------|-------------------------|---|---|--------------|----------------------|
| Bolivia | 2008 | Inundación | 168 | 343 | 511 | 3.04 |
| Filipinas | 2009 | Sismo | 1452 | 2931 | 4383 | 3.02 |
| Myanmar | 2008 | Ciclón | 1754 | 2302 | 4056 | 2.31 |
| Moldova | 2010 | Inundación | 18 | 24 | 42 | 2.33 |
| Cambodia | 2009 | Ciclón | 58 | 74 | 132 | 2.28 |
| Lesotho | 2010 | Inundación | 34 | 32 | 66 | 1.94 |
| Madagascar | 2008 | Ciclón | 174 | 159 | 333 | 1.91 |
| Haiti | 2008 | Huracán Tormenta | 477 | 421 | 898 | 1.88 |
| Yemen | 2008 | Tropical | 875 | 763 | 1638 | 1.87 |
| Senegal | 2009 | Inundación | 56 | 48 | 104 | 1.86 |
| Haití | 2010 | Sismo | 4526 | 3278 | 7804 | 1.72 |
| Benín | 2010 | Inundación | 160 | 100 | 260 | 1.63 |
| Namibia | 2009 | Inundación | 136 | 78 | 214 | 1.57 |
| Pakistán | 2010 | Inundación | 6496 | 3560 | 10056 | 1.55 |
| Lao PDR | 2011 | Tifón Tormenta | 44 | 22 | 66 | 1.50 |
| El Salvador | 2009 | Tropical | 211 | 104 | 315 | 1.49 |
| Samoa | 2009 | Ciclón | 212 | 98 | 310 | 1.46 |
| Bangladesh | 2007 | Ciclón | 1158 | 517 | 1675 | 1.45 |
| Republica Africana Central | 2009 | Inundación | 6 | 3 | 9 | 1.50 |
| Togo | 2010 | Inundación | 30 | 8 | 38 | 1.27 |
| Lao PDR | 2009 | Sismo | 57 | 7 | 64 | 1.12 |
| Indonesia | 2009 | Tsunami | 2061 | 234 | 2295 | 1.11 |

En la siguiente tabla se muestra un extracto de la tabla 1 para los desastres que han afectado países en la región de América Latina y el Caribe, también se presenta una estimación del periodo de retorno tentativo asociado a cada uno de estos desastres.

Tabla 2. Pérdida directa, indirecta y total para algunos desastres naturales que han afectado países de América Latina y el Caribe. Fuente: adaptación de este estudio a partir de Benson (2012)

| País | Año | Tipo de Desastre | Pérdida Directa (millones USD) | Pérdida Indirecta (millones USD) | Pérdida Total (millones USD) | Total/Directa | Periodo de Retorno Tentativo (años) |
|-------------|------|-------------------|--------------------------------|----------------------------------|------------------------------|---------------|-------------------------------------|
| Bolivia | 2008 | Inundación | 168 | 343 | 511 | 3.04 | 150 ⁴ |
| Haití | 2008 | Huracán | 477 | 421 | 898 | 1.88 | 50 ⁵ |
| Haití | 2010 | Sismo | 4,526 | 3,278 | 7,804 | 1.72 | 500 ⁶ |
| El Salvador | 2009 | Tormenta Tropical | 211 | 104 | 315 | 1.49 | 100 a 300 ⁷ |
| Honduras | 1999 | Huracán | 0.43 PIB | 0.46 PIB | 0.89 PIB | 2.07 | 100 ⁸ |

De la tabla anterior se observa que los cocientes entre la pérdida Total y Directa para los países de América Latina y el Caribe reportados por Benson (2012), varían entre 1.49 y hasta 3.04, con un valor promedio de 2.04. En cuanto a la estimación de los periodos de retorno tentativos, obtenidos en las diferentes referencias consultadas para los desastres documentados en la tabla anterior, se observa que no existe una relación clara entre el periodo de retorno y el cociente entre pérdidas totales y directas, lo cual coincide con los hallazgos de Benson (2012), quien menciona en su investigación los siguientes puntos:

- De acuerdo a parámetros tales como el tipo de amenaza natural, características del área afectada (zona urbana o rural), así como el nivel de desarrollo económico del país afectado; no es posible concluir de forma clara cuál es la relación entre pérdidas directas e indirectas.
- Las pérdidas indirectas pueden incrementar rápidamente si los recursos públicos son limitados, así como los esfuerzos de reconstrucción se llevan a cabo durante un intervalo de tiempo extendido.

Pocos países del mundo recopilan información sobre pérdidas indirectas ocasionadas por desastres naturales. En el caso de países en Latinoamérica y el Caribe, los cuales son el ámbito de interés para el BID, es una realidad que la información sobre pérdidas directas e indirectas ocasionadas por desastres también es escasa. Con el fin de simplificar, o expresar de manera indicativa la función de pérdidas directas e indirectas, el estudio

⁴ Estimado a partir de: Perfil de Riesgo de Desastres para Bolivia. Informe nacional. Banco Interamericano de Desarrollo (BID). NOTA TÉCNICA Nº IDB-TN-1100. Septiembre 2016.

⁵ Estimado a partir de: <http://www.preventionweb.net/countries/hti/data/>

⁶ Estimado a partir de: <http://www.preventionweb.net/countries/hti/data/>

⁷ Estimado a partir de: El Salvador: Evaluación de daños y pérdidas sectoriales y estimación de necesidades por la baja presión asociada a la tormenta tropical Ida. Noviembre de 2009. Preparado por el Gobierno de El Salvador con el apoyo de la Comunidad Internacional.

⁸ Obtenido de: Hochrainer et al. (2013).

presente propone que las pérdidas totales equivalgan a 2 veces las pérdidas directas a partir de daños con periodos de retorno de 50 años o más (Figura 3). Lo anterior tiene el objeto de separar aquellas pérdidas con periodos de retorno bajo, versus aquellas con periodos de retorno alto.

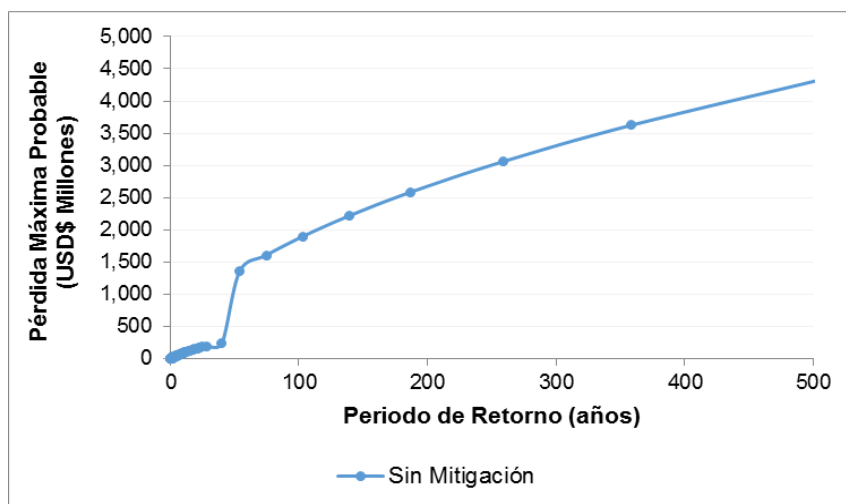


Figura 3. ejemplo de la curva de perdida máxima probable con perdida indirecta (aplicado en este estudio).

2.3 Costo Indicativo de Medidas de Mitigación

Costo para medidas de mitigación depende de su eficiencia; si se aplica una medida de mitigación de alta eficiencia, en general su costo es alto. De hecho, la relación entre el costo para medidas de mitigación y su eficiencia no es estudiado suficientemente debido a su dificultad o a la necesidad de varios factores o atribuciones para ser analizado. El presente estudio solo se aplica de manera indicativa, en base a la literatura, dividiendo solamente tres niveles: mitigación de alta eficiencia (o mitigación alta), media y baja.

Smyth, A. et al. (2004-1), Michel-Kerjan, E. et al, (2013) y Smyth, A. et al. (2004-2) consideran medidas de mitigación baja (que atienden eventos frecuentes) y son generalmente las que atienden a eventos con periodos de retorno de 10 a 20 años; medidas de mitigación medias son generalmente las que atienden eventos de 50 a 100 años de PR, y medidas de mitigación altas que mitigan eventos con periodos de 100 años en adelante. Además, se asume que para cada medida de mitigación se conoce su costo de inversión único; es decir, sólo pagando la totalidad del costo de la medida de mitigación, es posible implementarla y, con ello, reducir el riesgo. La Figura 4 ilustra, de forma indicativa, la

comparación entre la curva de excedencia de pérdidas en el estado actual vs. las curvas de excedencia de pérdidas resultantes al aplicar alguna de las tres clases de mitigación existentes (alta, media o baja) para la amenaza seleccionada.

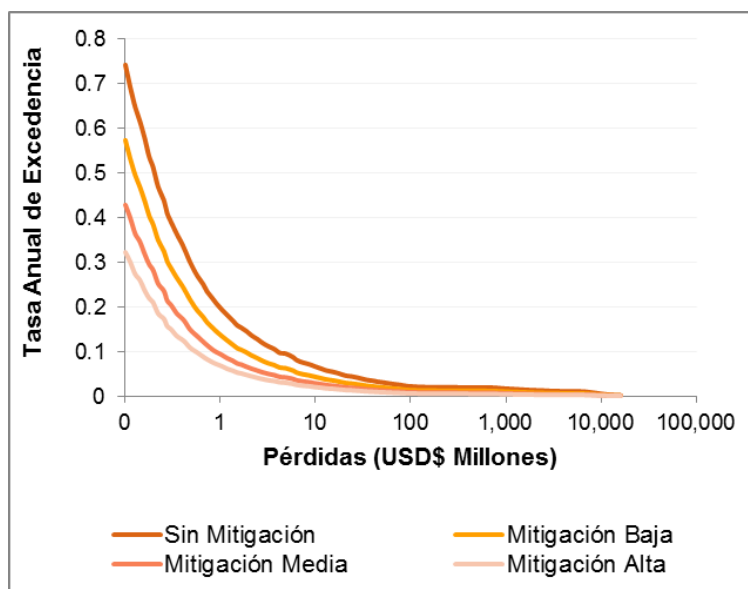


Figura 4. Ejemplo de curvas de excedencia de pérdidas sin mitigación y con mitigación baja, media y alta.

En la Tabla 3⁹ se ilustran los parámetros de medidas de mitigación por eventos de inundaciones y sismos aplicando algunas medidas representativas con su costo en términos indicativos del porcentaje de valores expuestos (V.E)¹⁰. El presente estudio aplica dichos parámetros.

⁹ Ver el informe técnico principal. La propuesta conceptual de esta tabla se llevó a cabo basándose en documentación bibliográfica a nivel internacional (Smyth, A. et al. (2004-1), Michel-Kerjan, E. et al, (2013), Smyth, A. et al. (2004-2), Vargas E. y Jara JM. (1989), Yamin. L. E.; Ghesquiere, F.; Cardona, O. D.; Ordaz, M. G. (2013)).

¹⁰ Cabe indicar que la definición y propuesta específica de estas medidas de mitigación y su costo asociado se encuentra fuera de los alcances de este estudio, ya que debe ser objeto de un análisis detallado y particular.

Tabla 3. Ejemplos ilustrativos de Medidas de Mitigación por Tipo de Clasificación.

| Ejemplo ilustrativo de medidas de mitigación por amenaza | | | | |
|--|---|--------------------------------|--|-------------------------------------|
| Impacto de la Medida | Potencial reducción de pérdida para Sismo ¹¹ | Costo (% del V. E.) para Sismo | Potencial reducción de pérdida para Inundación | Costo (% del V. E.) para Inundación |
| Bajo | 14% a 37% | 3.3% | 5% a 35% | 3.5% |
| Medio | 30% a 60% | 6.2% | 5% a 50% | 3.7% |
| Alto | 43% a 73% | 8.2% | 10% a 60% | 4.0% |

2.4 Brecha de Pérdidas a Cubrir

Aunque un país aplique completamente las medidas de mitigación alta, siempre queda el riesgo remanente. Por eso, es importante considerar la política de GRD que combine ambas medidas de mitigación (priorizando este tema) en conjunto con instrumentos financieros *ex post* que financien la atención de emergencia, rehabilitación y reconstrucción post-desastre.

Con el fin de manejar el riesgo remanente de manera práctica (o financiar las actividades que sean necesarias después de la ocurrencia de un desastre – asistencia humanitaria, rehabilitación y reconstrucción de infraestructura), el tomador de decisiones debería establecer límites en las pérdidas a cubrir (i.e. la tolerancia al riesgo que el país enfrenta), que en la Figura 5 se muestran como $[L, \bar{L}]$ y cuyo rango determina una **brecha de pérdidas** a cubrir.

Si bien los resultados que se obtienen en este estudio específico para Perú, en primera instancia, consideran brechas completas como la descrita en la Figura 5 (izquierda), el modelo del estudio en general puede extender el análisis hacia sub-brechas con el objetivo de analizar el impacto en los costos de los instrumentos por el efecto en el tamaño y ubicación de la brecha. Por ejemplo, en la Figura 5 (derecha) se ilustran tres tipos de brechas: una ubicada hacia la ordenada de origen de la Figura, llamada brecha baja; otra hacia el centro, llamada brecha media y finalmente la más cercana al infinito, llamada brecha alta.

¹¹ Los porcentajes de potencial reducción de pérdida y costo se presentan solo a manera de ejemplo, los cuales fueron estimados únicamente con el propósito de contar con un referente general de la potencial reducción de pérdida promedio. Estos porcentajes fueron obtenidos a partir de simulación, desarrollando ejemplos de análisis probabilistas de riesgo por sismo e inundación empleando la plataforma CAPRA para diferentes escenarios de mitigación y periodos de retorno; los valores presentados en esta tabla podrán variar respecto a casos de estudio específicos. Los detalles se presentan el reporte metodológico de este proyecto.

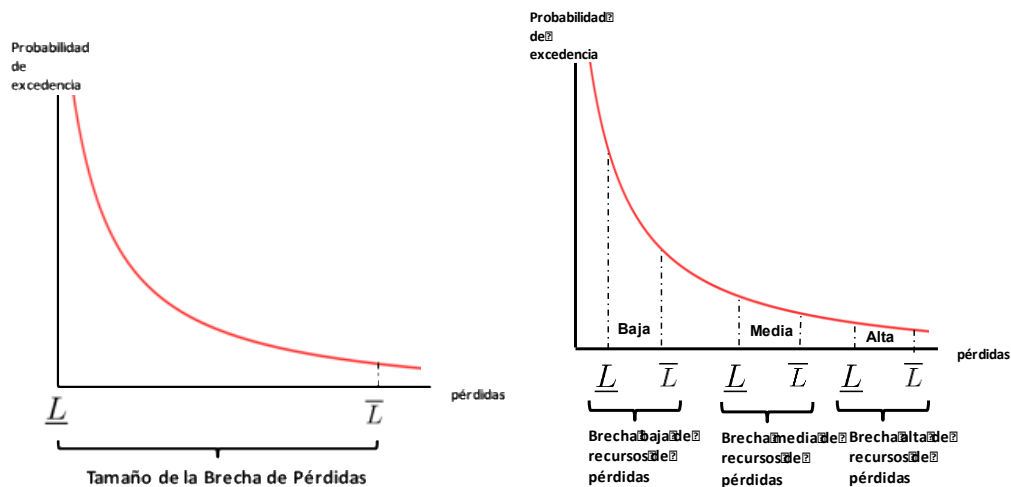


Figura 5. Ejemplo simple de brecha de pérdidas (izquierda) y distintos tamaños y ubicaciones de la Brecha Pérdidas (derecha).

2.5 Medidas de mitigación *ex ante* vs. instrumentos financieros

Las medidas de mitigación son fundamentales para reducir el riesgo de manera proactiva o antes de que ocurra un desastre, sin embargo aun cuando se apliquen estas medidas siempre queda el riesgo remanente.

La metodología del estudio presente, una vez que implementa una medida de mitigación particular (de baja, media o alta), administra el riesgo remanente a través de tres instrumentos financieros específicos de: (i) reserva (fondos propios del Gobierno y de uso específico para atender las consecuencias de los desastres), (ii) deuda contingente de la forma que usualmente es ofrecida por bancos multilaterales y (iii) un seguro catastrófico como suelen encontrarse en el mercado.

La Tabla 4 muestran todas las combinaciones entre instrumentos financieros de gestión de riesgos y mitigación se les nombró **estrategias**. La Figura 6 muestra un ejemplo teórico de cómo desplaza una curva de excedencia de pérdidas al aplicar una estrategia. Es decir, las estrategias incluyen un tipo de medida de mitigación (alta, media o baja) y la administración del riesgo remanente mediante instrumentos financieros.

Tabla 4. Tipos de Estrategias Analizadas con Mitigación del Riesgo. * La mitigación (i) puede ser del tipo baja, media o alta

| Número | Descripción |
|--------|---|
| 1 | Mitigación(i) |
| 2 | Mitigación (i) y seguros |
| 3 | Mitigación (i) y deuda contingente |
| 4 | Mitigación (i) y reserva |
| 5 | Mitigación (i), seguro y deuda contingente. |
| 6 | Mitigación (i), seguro y reservas |
| 7 | Mitigación (i), deuda contingente y reservas. |
| 8 | Mitigación (i), seguro, reservas y deuda contingente. |

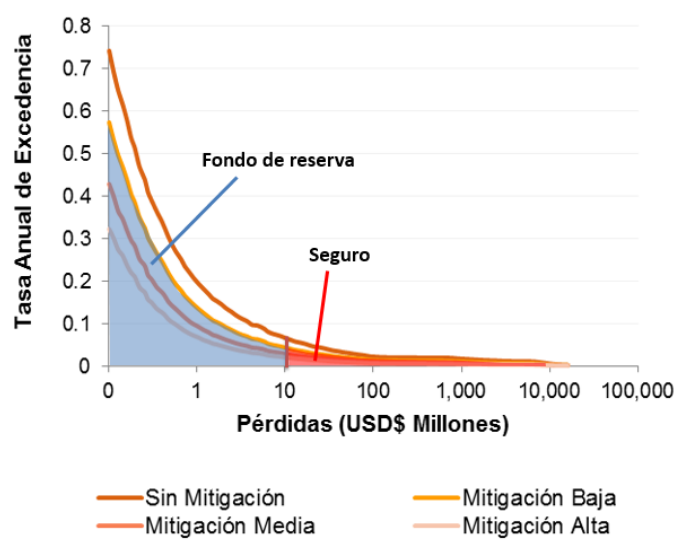


Figura 6. Ejemplo de curvas de excedencia de pérdidas con mitigación baja, con una estrategia de atención con los fondos de reserva y seguro.

Adicionalmente, la Tabla 5 señala, como referencia, las estrategias sin considerar la implementación de alguna medida de mitigación.

Tabla 5. Tipos de Estrategias Analizadas sin Mitigación del Riesgo.

| Número | Descripción |
|---------------|---------------------------------------|
| 1 | Seguros |
| 2 | Deuda contingente |
| 3 | Reserva |
| 4 | Seguro y deuda contingente. |
| 5 | Seguro y reservas |
| 6 | Deuda contingente y reservas. |
| 7 | Seguro, reservas y deuda contingente. |

2.6 Análisis de la Restricción Presupuestal

La restricción presupuestal que se requiere para realizar dicho estudio será determinado mediante estadísticas de gastos de recurso público nacional publicada en cada país (o mediante el web del ministerio de finanzas de cada país), en conjunto con algunas entrevistas al sector finanzas públicas de cada país para corroborar.

En general, en los países de la región LAC el presupuesto anual destinado a mitigación del riesgo es bajo, en comparación con la exposición al riesgo. Además, la restricción presupuestal es un parámetro de extrema sensibilidad. Para los propósitos de este estudio, se entiende que cuando existen recursos disponibles, los gobiernos tienen varios canales internos para ejercer su gasto público y de esta forma hacer llegar el financiamiento para fondear medidas de mitigación y adicionalmente, financiar medidas ex-post (operaciones para la emergencia, rehabilitación y reparación de infraestructura y reconstrucción). Tales canales pueden ir desde utilizar recursos que provienen explícitamente del presupuesto nacional a través de, por ejemplo, el sistema nacional de inversión pública, programas de gasto ministeriales específicos en su gasto corriente o bien de forma implícita mediante reasignación de gasto de ministerios que dada la coyuntura del tipo de catástrofe se re-etiqueta para ser ejercido en el financiamiento de pérdidas.

Las formas de ejercer gasto público de un hacedor de política pública pueden llegar a ser innumerables, por lo que la contabilidad del gasto público para un evento catastrófico puede llegar a ser de una enorme complejidad.

2.7 Análisis Costo Beneficio (ACB)

Una vez construida una curva de excedencia de pérdidas (o una curva de pérdida máxima probable), determinados las distintas estrategias para desplazar la curva e identificar restricción presupuestal del país a ser estudiado, es posible comparar entre el costo y beneficio de cada escenario determinado. El **Análisis Costo – Beneficio (ACB)**, presenta el alcance y resultado final del estudio presente.

El **beneficio** asociado a una estrategia se define como la diferencia entre el valor presente de las pérdidas económicas absorbidas expresada en la curva de excedencia de pérdida cuando no adopta medida de mitigación (**pérdidas brutas**) y las pérdidas que absorbe cuando decide adoptar alguna medida de mitigación (**pérdidas netas**).

Con respecto a los **beneficios**, para obtener la diferencia entre valores presentes de las pérdidas brutas (i.e. leídas de la curva de excedencia de pérdidas "no mitigada y sin cobertura de instrumentos financieros") vs. las pérdidas netas (i.e. las pérdidas que asume el sector público después de haber cubierto determinada brecha de pérdidas mediante instrumentos financieros) se realizó una **Simulación de Monte Carlo**¹², la cual consiste en arrojar pérdidas y tiempos de ocurrencia de eventos catastróficos de manera aleatoria. Estas pérdidas obedecen al mismo patrón de comportamiento que la curva de excedencia de pérdidas totales, pero el tiempo de ocurrencia entre eventos catastróficos se distribuye de acuerdo a una distribución exponencial.

Por otro lado, el **costo** asociado a una estrategia se define como la suma de costos de los instrumentos financieros y/o medidas de mitigación que integran esta estrategia traídos a valor presente¹³. La determinación del **costo total** de la reserva y de la deuda contingente bajo los límites de implementación definidos en el párrafo anterior también se desarrollaron mediante una **Simulación de Monte Carlo**. El proceso se realizó un número considerable

¹² Es un método estadístico de simulación numérica que se utiliza cuando se requiere replicar algún proceso, o bien, cuando las estimaciones son complejas o imposibles de estimar de manera analítica. El método consiste en asociar números aleatorios a probabilidades de ocurrencia de los eventos a simular. En el caso que ocupa este estudio, se usó como base del proceso la curva de excedencia de pérdidas de Perú, dado que no se conoce una forma definida de su distribución de probabilidad de pérdidas por amenaza.

¹³ Se asume que los costos de mitigación se amortizan en un solo pago mientras que el costo de los instrumentos financieros refleja un esquema de pagos en el horizonte de análisis seleccionado. Por ejemplo, si el periodo de análisis es de 10 años, el costo de los instrumentos refleja el valor presente del pago de una prima de seguro anual adquirida durante 10 años.

de veces,¹⁴ de tal suerte que el promedio de dichas simulaciones se estabiliza alrededor de una tendencia teórica.¹⁵

Una vez calculados los costos y los beneficios, se obtiene la relación $\frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}}$ para cada una de ellas. El criterio de decisión del **ACB** es la elección de aquella estrategia que maximiza el ratio, siempre y cuando éste sea mayor a 1, pues ello indica que los beneficios son mayores a los costos y, por lo tanto, es conveniente implementar la estrategia sujeto a una restricción presupuestal definida por el usuario y que constituye el monto total de recursos públicos que puede destinarse a uno de los tres niveles de mitigación, a los instrumentos financieros de forma individual o a alguna combinación.

3. ESTUDIO DE CASO EN PERU

3.1 Cuantificación del riesgo - Curva de Excedencia de Pérdidas del Perú Daños y Perdidas Históricas del Perú

En la Tabla 6 se presenta la información disponible en *The International Disaster Database* EM-DAT¹⁶ (Emergency Events Database) para Perú, en la cual se tiene un resumen de daños por eventos naturales de últimos 60 años (del 1958 al 2017).

Tabla 6. Peligros naturales con mayores afectaciones históricas en el Perú. Fuente: EM-DAT¹⁷

| Eventos | Daño total (US\$ millones) | Pérdida de vidas | Afectados |
|------------------------------|-------------------------------|------------------|-----------|
| Sismo | \$1,505.15 | 70,723 | 6,261,568 |
| Deslizamiento | \$1,213.50 | 10,534 | 790,678 |
| Sequía | \$296.00 | 0 | 3,606,104 |
| Temperaturas extremas | \$94.00 | 2,020 | 5,392,620 |
| Tormentas | \$12.00 | 653 | 667,412 |
| Inundación | \$3,183.00 | 2,159 | 6,071,754 |

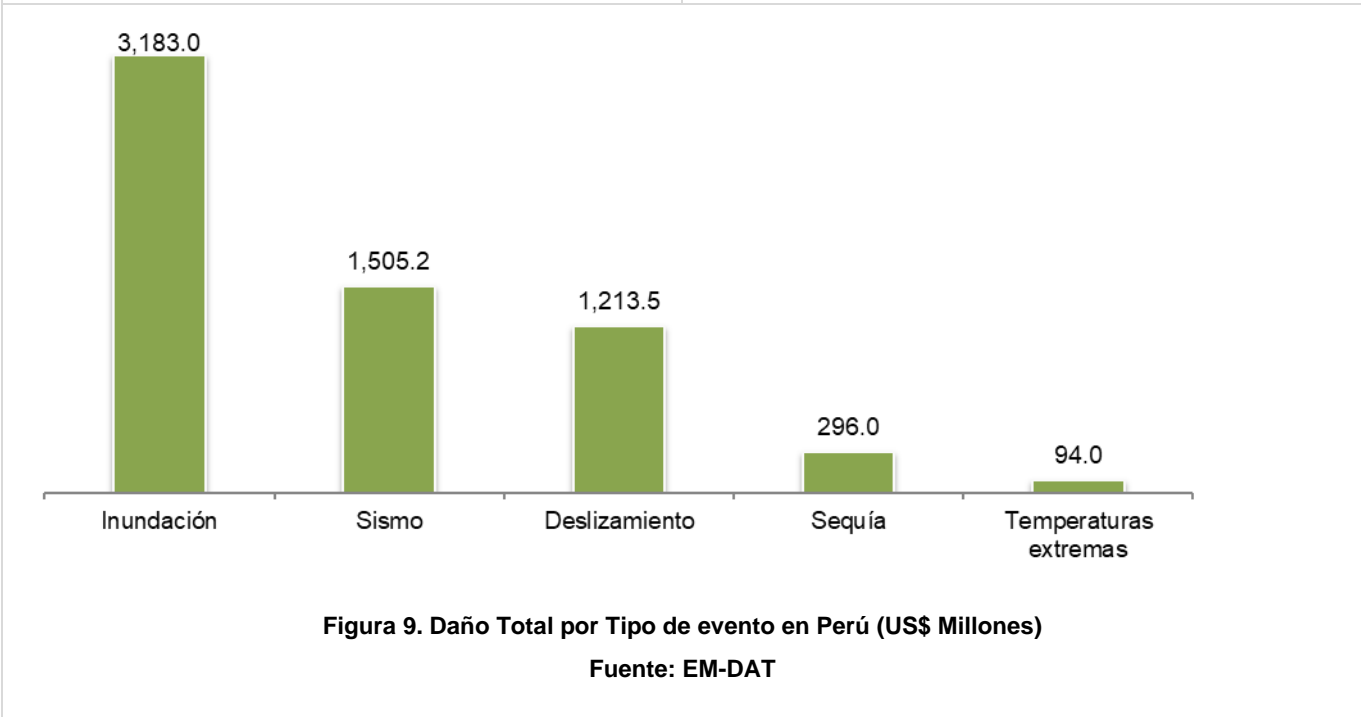
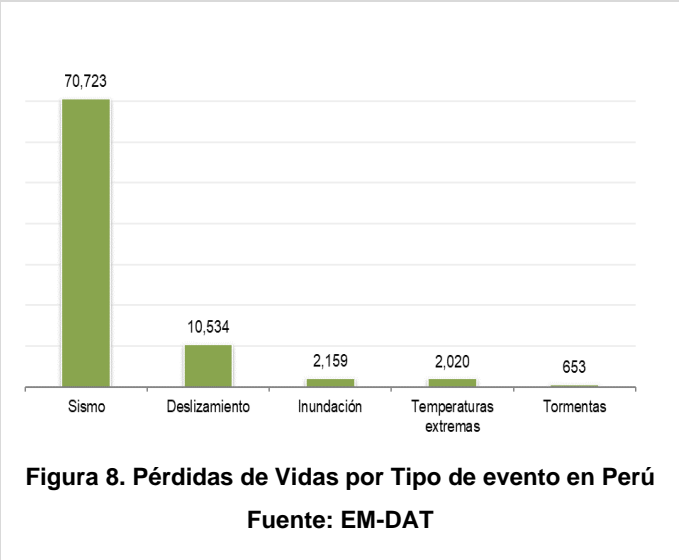
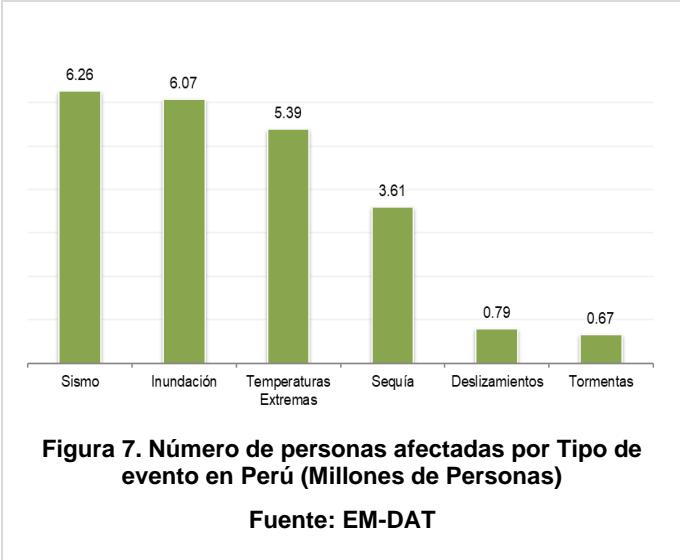
¹⁴ Con base en la base de la Ley de los Grandes Números, se realizaron 100,000 simulaciones por análisis.

¹⁵ La tendencia teórica consiste en la aproximación sobre los resultados, en este caso los beneficios y los costos, empleando formulaciones sobre las variables de estudio de interés para el presente análisis. En contra partida, existe la tendencia empírica, la cual se realiza corriendo diversas simulaciones sobre los beneficios y los costos, en la medida de que se incrementen dichas simulaciones, los resultados simulados tienden a converger a los resultados que analíticamente anticipan el comportamiento teórico o en el modelo de las variables de estudio, en este sentido, se realizaron un suficiente número de simulaciones para hallar dicha convergencia y estabilizar los resultados.

¹⁶ <http://www.emdat.be/>

¹⁷ Actualizado al 18 de diciembre 2017.

De acuerdo a esta información y a las Figuras 7 y 8, las inundaciones y los sismos han ocasionado el mayor número de pérdidas económicas y de vidas, mientras que los sismos y los deslizamientos, seguidos por inundación, temperaturas extremas y tormentas son los fenómenos que dejan un mayor número de personas afectadas en el país (Figura 9).



Tal y como se describió anteriormente, las inundaciones y los sismos pueden ser considerados los eventos más importantes en el Perú. Esto debido al aumento de su frecuencia durante los últimos años, a sus implicaciones sobre la creciente población y a

sus consecuencias sobre la economía del país. Por lo tanto, para este análisis resulta de particular interés la evaluación del riesgo de estas amenazas, así como la estimación de su impacto probable sobre los elementos expuestos en el país.

Sismo

El Atlas de Peligros del Perú 2010¹⁸ indica que entre los sismos históricos que han afectado de forma importante a la nación se encuentran los siguientes:

- El sismo de Ancash ocurrido el 31 de mayo de 1970 de magnitud de 7.8 en la escala de Richter, el cual se indica que fue el terremoto más catastrófico del siglo XX, afectando un área comprendida entre 175 km al norte del epicentro, 180 km al sur y 170 km hacia el interior del departamento de Ancash. Causó 67,000 víctimas; 150,000 heridos; 800,000 personas quedaron sin hogar; 2,000,000 fueron afectadas.
- Terremoto de Nazca, ocurrido el 12 de noviembre de 1996. Afectó una extensión territorial de 46,210 km² en los departamentos de Ica, Arequipa, Ayacucho y Huancavelica. El epicentro se ubicó en el mar, frente a Nazca, con una magnitud de 6.4 en la escala de Richter; causó más de 100,000 damnificados, 624 heridos, 14 víctimas, 80% de las viviendas de abobe fueron destruidas, 91 centros educativos y 10 centros de salud fueron afectados.
- El terremoto del 23 de junio del 2001 afectó los departamentos de Arequipa, Moquegua, Tacna, Ayacucho y Apurímac. Se activaron varias fallas geológicas con la generalización de una actividad sísmica poco común en la región sur del país. El epicentro fue ubicado en el mar, cerca de Ocoña en el departamento de Arequipa, con una magnitud de 6.9 en la escala de Richter.
- El sismo del 15 de agosto de 2007, el cual con una magnitud de 7.9 tuvo su epicentro a 60 km al oeste de la ciudad de Pisco (el sismo fue conocido con el nombre de esta ciudad), ocasionando daños importantes en un gran número de viviendas, aproximadamente el 80% de las casas resultaron afectadas (Tavera et al. 2007). De acuerdo con la información disponible en la base de datos de desastres de EM-DAT las pérdidas por este sismo se valoraron en \$600 millones de dólares¹⁹.

¹⁸ http://www.indeci.gob.pe/atlas_10/index_final2.html

¹⁹ <http://www.emdat.be/>

Inundación

La configuración hidrográfica de Perú consiste en tres regiones importantes: la Costa (cuenca del Pacífico), la Selva (Cuenca del Atlántico) y la Cuenca del Lago Titicaca. A continuación se describen las características principales de cada una de ellas:

Región de la Costa.- Esta cuenca representa el 15% del territorio. Durante el fenómeno del Niño el incremento de precipitaciones afecta los departamentos de Piura y Tumbes. En esta zona está contenida la mayoría de las ciudades más importantes del país: Lima-El Callao, Arequipa, Chimbote, Chiclayo, Piura y Trujillo y a pesar de ser la región más pequeña con respecto a las tres regiones hidrográficas, ésta se caracteriza por aglomerar la mayor concentración poblacional, el 55% del país.

Región de Sierra.- Esta cuenca es una zona principalmente montañosa que abarca de norte a sur la Cordillera de los Andes. Se caracteriza por tener un clima de montaña que va de subtropical a frío y tiene dos fases estacionales: una lluviosa y otra seca. En esta región se encuentra cerca del 32% de la población y comprende ciudades importantes tales como: Cusco, Ayacucho, Chachapoyas, Cajamarca y Abancay.

Región de la Selva.- Esta región va desde la cordillera de los Andes hasta Ecuador comprendiendo la gran selva tropical de la Amazonia. Es una región con una gran diversidad animal y vegetal, pero con la menor proporción de población (13.6%) en comparación con las demás. Su clima se caracteriza por su humedad y por tener precipitaciones anuales que superan los 1,000 mm al año.

El Atlas de Peligros del Perú 2010²⁰ indica que entre los eventos históricos de inundación que han afectado de forma importante a la nación se encuentran:

- Durante el verano de 1986 la zona vecina a la ciudad de Puno sufrió fuertes inundaciones debido a un incremento del nivel del lago Titicaca, ocasionando el deterioro de 11,030 hectáreas de terrenos de cultivo, afectó 146 comunidades con 13,712 familias, de un total de 68,560 habitantes.
- En el verano de 1994 se registraron 105 inundaciones en todo el país, de los cuales 32 se produjeron en la costa, 56 en la sierra y 17 en la selva.

²⁰ http://www.indeci.gob.pe/atlas_10/index_final2.html

- En 1994 los asentamientos humanos de Gambeta y Castilla en el Callao, fueron severamente afectados por inundaciones del río Rímac, donde se registraron 10,754 damnificados, 427 viviendas destruidas, 1096 viviendas afectadas, pérdidas estimadas en un millón y medio de dólares americanos.
- En el verano de 1999 (enero a febrero) se presentaron precipitaciones a nivel nacional sobre los valores normales, ocasionando 93 emergencias con 49,146 damnificados y 1784 viviendas destruidas.
- En el verano del año 2000 se presentaron precipitaciones en el periodo de enero a junio, lo cual ocasionó 424 emergencias, 81 fallecidos, 47,146 damnificados y 1391 viviendas destruidas.
- En cuanto a las afectaciones recientes por inundaciones, el Primer Boletín Informativo N° 115 del 07-abril-2017, emitido por el Centro de Operaciones de Emergencia Nacional (COEN)²¹, presenta las siguientes cifras de impactos a nivel nacional: Damnificados: 159,283 personas; Afectados: 973,977 personas; Viviendas afectadas: 212,966; y Pérdida de vidas: 106.

Evaluaciones del Riesgo Probable del Perú

Las evaluaciones de riesgo probable de este estudio se basan en dos documentos desarrollados por el BID, el primero, “Perfil de Riesgos de Desastres para Perú”²² (BID, 2014-1), el cual se enfoca en el análisis de riesgo sísmico, y el segundo, “Perfil de Riesgo por Inundaciones en Perú”²³ (BID, 2015).

Sismo

El Perfil de Riesgo de Desastres para Perú²⁴ (BID, 2014-1) expone que la orogénesis del territorio peruano tiene origen en el movimiento convergente de las placas Nazca y Suramérica, el cual está asociado con alta actividad sísmica. El litoral pacífico suramericano es una de las regiones de mayor actividad sísmica en el mundo. Particularmente en Perú, la amenaza está controlada principalmente por el efecto de la zona de subducción, con

²¹ https://www.mindef.gob.pe/bol_coen.php

²² BID – Nota técnica número IDB – TN – 634, <https://publications.iadb.org/handle/11319/6571>

²³ BID – Nota técnica número IDB – TN – 844, <https://publications.iadb.org/handle/11319/8194>

aportes de algunas fuentes corticales. El movimiento convergente de las placas Nazca y Suramérica ha inducido esfuerzos compresivos en la totalidad de la región sub-andina peruana, cuya manifestación en superficie son una serie de sistemas de falla, principalmente inversos. La zona de subducción es capaz de generar terremotos de muy alta magnitud (8 o mayores), a profundidades que son variables a medida que se adentra en el continente, siendo más probable la generación de un sismo relativamente superficial en cercanías a la costa Pacífica. La subducción tiene comienzo en la fosa de Perú-Chile, localizada aproximadamente a 200 Km de la costa peruana.

BID (2014-1) se menciona que los terremotos son los fenómenos naturales que representan mayor riesgo para el país. Lo anterior manifiesta el importante riesgo sísmico al que se encuentran expuestos la población y las finanzas públicas del Perú. BID (2014-1) también se estimó la probabilidad de excedencia de intensidades relevantes en el comportamiento de estructuras y para diferentes periodos de exposición. Esta amenaza sísmica fue calculada empleando el Módulo de Amenazas de CAPRA (ver www.ecapra.org), obteniéndose los siguientes resultados de riesgo sísmico a nivel nacional²⁵:

- Pérdida Anual Esperada - PAE: US\$7,041 millones (equivalente al 1.54% del valor expuesto)
- Pérdida Máxima Probable – PMP (Tabla 7):

Tabla 7. PMP Nacional por Riesgo Sísmico para el Perú. (BID, 2014-1)

| Periodo de retorno (años) | Pérdida | |
|------------------------------|-----------------------------|-----------------|
| | US\$ x10⁶ | % ²⁶ |
| 50 | \$32,764 | 7.2% |
| 100 | \$43,043 | 9.4% |
| 250 | \$56,796 | 12.4% |
| 500 | \$65,524 | 14.3% |
| 1000 | \$77,970 | 17.0% |

Los resultados de la tabla anterior indican que una pérdida de US\$43,043 millones es probable que se exceda por lo menos una vez cada 100 años, mientras que una pérdida de US\$65,524 millones de dólares es probable que se exceda por lo menos una vez cada 500 años.

²⁵ Considera la totalidad de la infraestructura tanto pública como privada

²⁶ Porcentaje expresado como PMP/Valor Expuesto

Los resultados de PMP mostrados en la Tabla 10 es común representarlos a través de dos tipos de Figuras: Curva de Tasas Anuales de Excedencia y Curva de PMP (Figura 10).

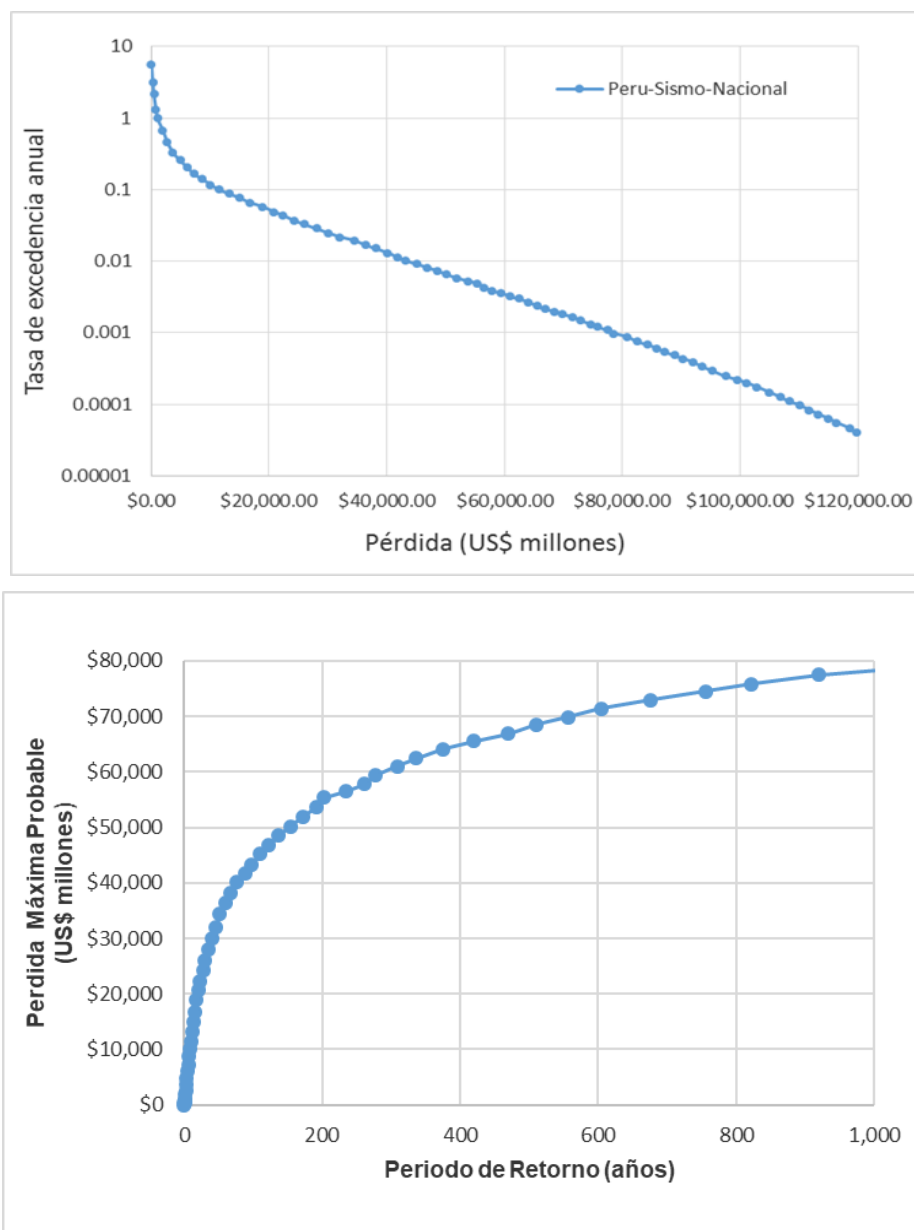


Figura 10. Curva de Excedencia de Pérdidas (arriba) y Curva de PMP (abajo) por Sismo para Perú (BID, 2014-1)

Inundaciones

El estudio de Perfil de Riesgo por Inundaciones en Perú (BID, 2015) fue desarrollado para tres cuencas representativas a nivel nacional, donde para cada una de ellas se

seleccionaron cinco tramos característicos de los ríos analizados, estas cuencas son: Cuenca del Río Piura (representa la región de la Costa), Cuenca del Río Huallaga (representa la región de la Selva) y la Cuenca del Río Vilcanota – Urubamba (representa la región de la Sierra).

Los resultados obtenidos en las tres cuencas analizadas fueron extrapolados a nivel nacional, empleando como criterio la máxima superficie del país que se podría ver afectada de forma simultánea por un fenómeno hidrometeorológico (BID, 2015).

Del BID (2015) se identifican los valores de PMP para diferentes periodos de retorno mostrados en la Tabla 8, los cuales son consistentes con las estimaciones de daños del fenómeno de El Niño de 1997 aunque con una variación menor. Esto es debido a que las estimaciones provienen de diversas fuentes (CAF y GTZ), las cuales le atribuyen directamente al evento un periodo de retorno de 50 años y un monto aproximado de US\$3,500 millones, mientras que la curva derivada del mencionado estudio tiene como base tanto pérdidas históricas de diversas fuentes como un análisis probabilístico predictivo para fenómenos extremos de baja frecuencia y alta severidad.

Tabla 8. PMP Nacional por Riesgo de Inundación para Perú (BID, 2015)

| Periodo de retorno (años) | Pérdida US\$x10⁶ |
|----------------------------------|--|
| 50 | \$3,895 |
| 100 | \$5,339 |
| 250 | \$7,239 |
| 500 | \$8,352 |

En la Figura 11 se presenta la curva de tasa de excedencia de pérdida por inundación a nivel nacional que se presenta en el Perfil de Riesgo por Inundaciones en Perú (BID, 2015). En la Figura 12 se presenta una comparación entre las curvas de tasa de excedencia y curvas de PMP por sismo e inundación para el Perú, reportadas en los perfiles de riesgo desarrollados por el BID (2014-1) y BID (2015). De acuerdo a estos resultados, la amenaza sísmica a nivel nacional presenta un mayor riesgo para el Perú en comparación con la amenaza por inundación.

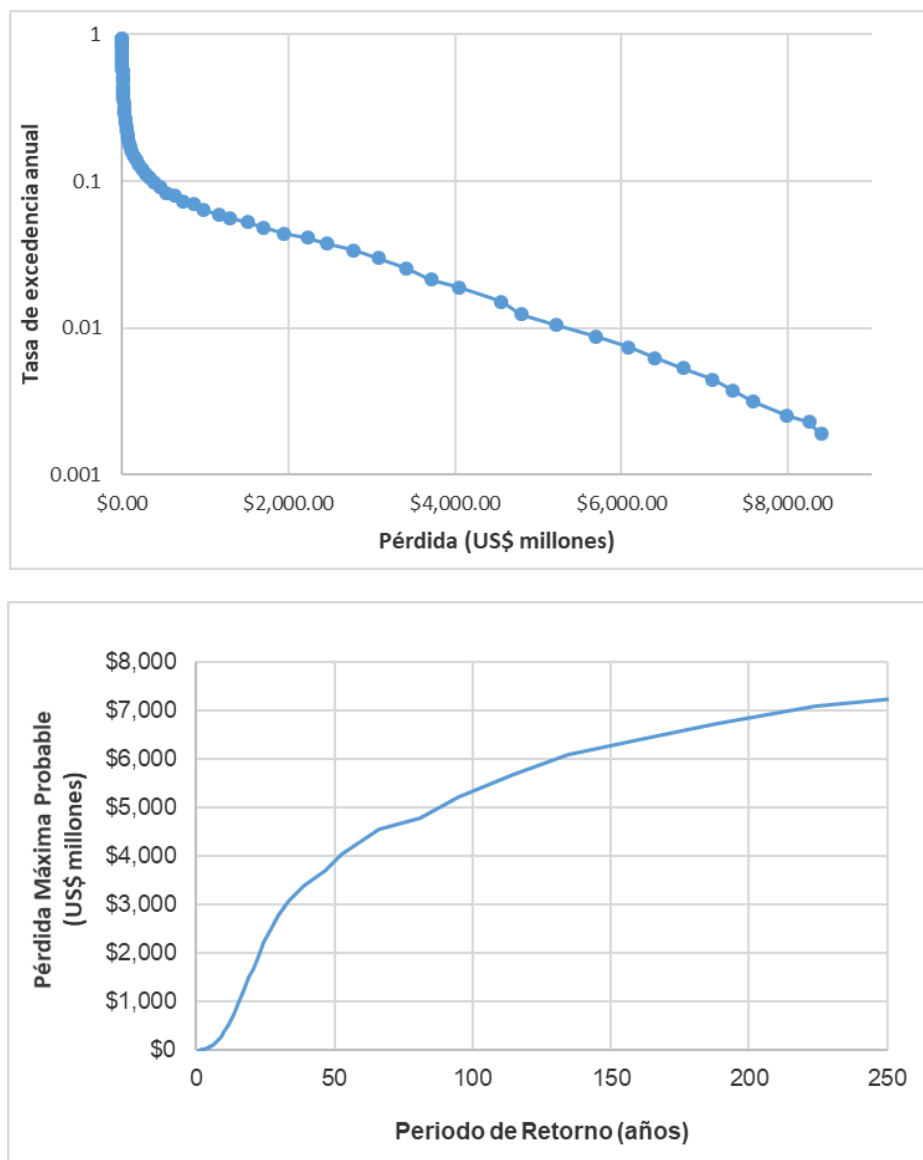


Figura 11. Curva de Excedencia de Pérdidas (arriba) y Curva de PMP (abajo) por Inundación para Perú (BID, 2015)

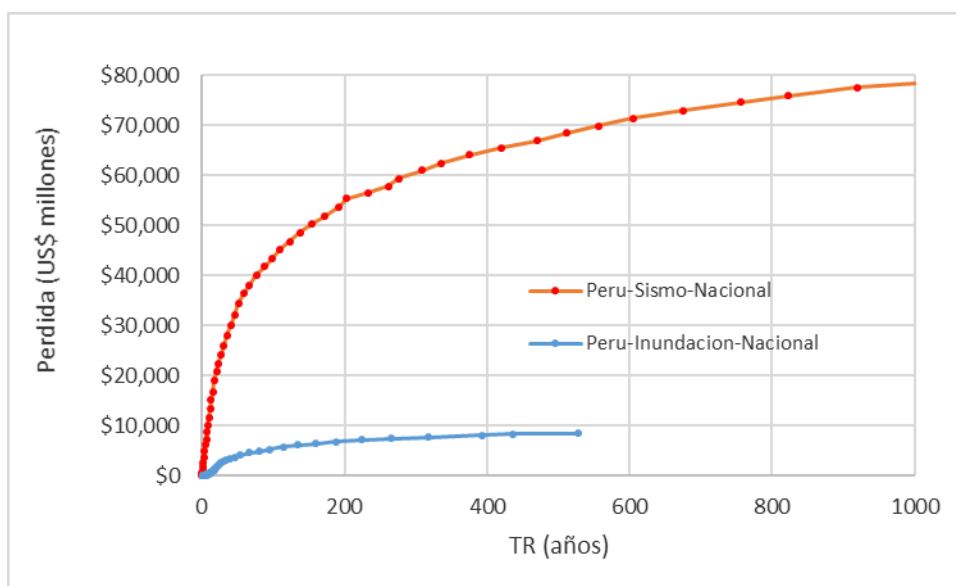
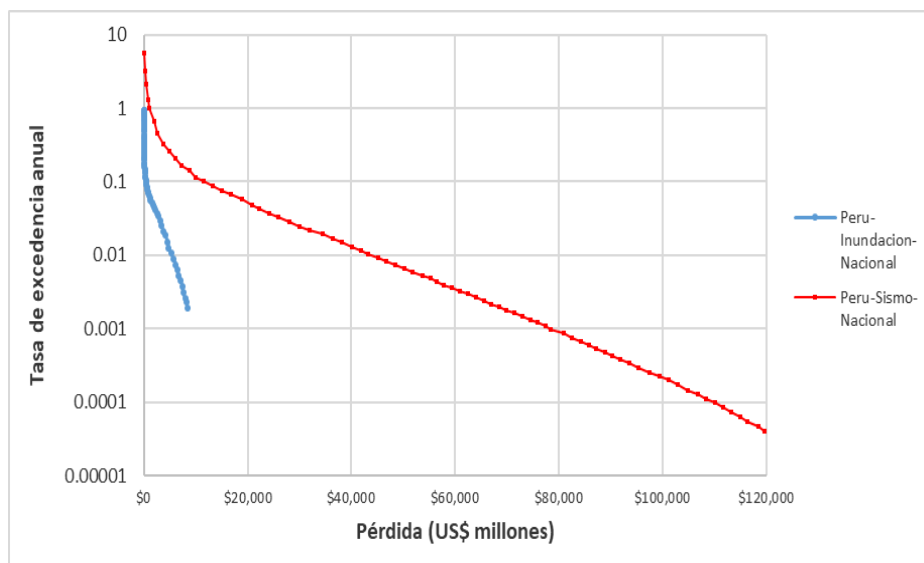


Figura 12. Curvas de Tasa de Excedencia de Pérdida (arriba) y Curvas de PMP (abajo) por Sismo e Inundación para Perú. Fuente: (BID, 2014-1 y 2015)

El Perfil de Riesgo por Inundaciones en Perú, desarrollado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2015), expone que las inundaciones en el Perú constituyen un fenómeno recurrente entre los meses de noviembre y abril de cada año, los cuales conforman la temporada de lluvias de la región andina. Durante las inundaciones se producen importantes episodios de erosión y sedimentación. La erosión produce importantes daños en vías de comunicación y campos de cultivos ubicados en las llanuras de inundación, siendo por tanto las zonas más afectadas, llanuras y tramos finales de ríos.

Elementos expuestos del sector público – enfoque del estudio

Respecto a la curva de excedencia de pérdidas del sector público a ser analizado, se construyó una tomando como base las de los documentos BID (2014-1) y BID (2015) usando al criterio aquéllos sectores que representarían un contingente implícito para el gobierno. Los sectores considerados en el estudio presente son los siguientes:

- Construcciones públicas
- Construcciones privadas consideradas de bajo ingreso
- Transporte y telecomunicaciones (sector público)
- Distribución y generación de energía (sector público)
- Distribución y generación de agua (sector público)

De acuerdo a la información del documento BID (2014-1), en términos de la pérdida anual esperada correspondiente a pérdidas directas, estos cinco sectores representan de forma agregada aproximadamente el 12% del riesgo total en términos de la pérdida anual esperada nacional de US\$ 7,041.1 millones.

Tabla 9. Pérdida Anual Esperada por Sector para Sismo²⁷

| Sector | Pérdida Anual Esperada (US\$x10 ⁶) |
|---|--|
| Construcciones Públicas | \$339.10 |
| Construcciones Privadas de Bajo Ingreso | \$229.60 |
| Transporte y Telecomunicaciones | \$117.31 |
| Distribución y Generación de Energía | \$148.04 |
| Distribución y Generación de Agua | \$10.99 |
| Total | \$845.04 |

Por otro lado, la pérdida anual esperada para inundación obtenida a partir de la integración de la curva de excedencia de pérdidas para este peligro y considerando sólo el 12% del riesgo total como en el caso de sismo²⁸, equivale a US\$31.4 millones. La suma de ambas

²⁷ Sólo considera pérdidas directas.

²⁸ El documento BID (2015) no contiene una desagregación de riesgo por sector económico para relacionarlo con la responsabilidad fiscal del gobierno, por lo que por cuestiones de consistencia con la amenaza de sismo, se mantuvo el mismo porcentaje.

pérdidas anuales esperadas es de a US\$876.4 millones y asciende a US\$995.5 si se consideran también las pérdidas indirectas.

Ahora bien, ambos estudios, BID (2014-1) y BID (2015), estiman únicamente pérdidas directas (daños en infraestructura) y no consideran pérdidas indirectas como la interrupción de actividades económicas o las vidas humanas, por lo que éstas se estimaron a partir de una metodología propia para poder contar con la curva de excedencia de pérdidas totales²⁹.

El hecho de considerar pérdidas indirectas a partir del periodo de retorno de 50 años, se traduce en términos gráficos en la Figura 13 y Figura 14 , donde la curva de pérdidas totales da un salto, el cual se explica como el efecto de la poca o incluso nula ocurrencia de pérdidas indirectas antes de este periodo de retorno ya que, análogamente, las pérdidas totales son fundamentalmente las pérdidas directas, en tanto que para eventos de periodos de retorno mayores a 50 años, las pérdidas indirectas juegan un papel importante.

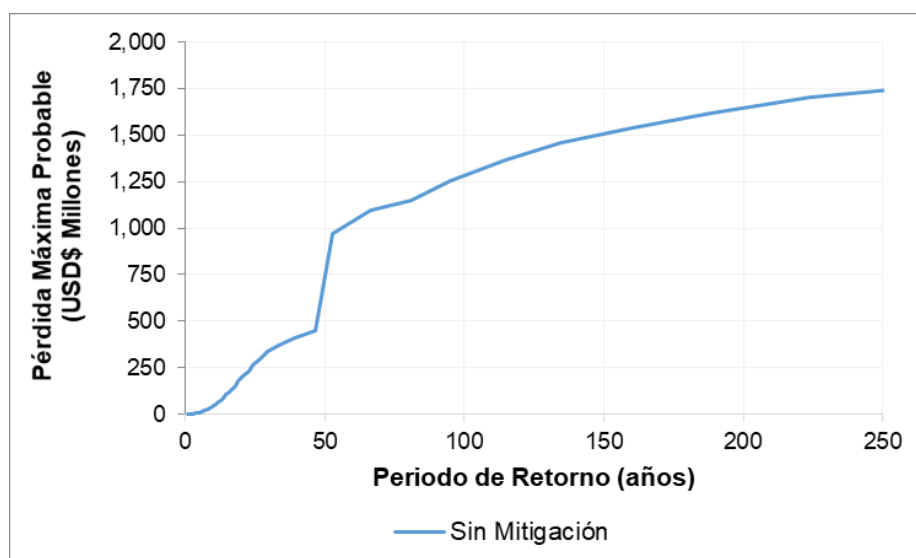


Figura 13. Curva de PMP para Pérdidas Totales (Escenario sin Mitigación para Inundación)

FUENTE.- Elaboración propia

²⁹ De acuerdo a Benson (2012), Van der Veen et al. (2003), GAR (2013 y 2015) y Wisner et al. (2003) la estimación de pérdidas totales (directas e indirectas), guarda una relación con el tamaño de las pérdidas directas. De hecho, Wisner et al. (2003) establece que para pérdidas de periodo de retorno bajo, la relación entre pérdida indirecta y directa se mantiene relativamente uno a uno, pues las repercusiones de un desastre natural no son tan relevantes. Sin embargo, para un nivel de pérdidas asociado a periodos de retornos medios y altos, las pérdidas indirectas crecen más que proporcionalmente en relación con las directas. Esto se debe a que el impacto económico relacionado con un desastre natural de grandes proporciones se incrementa exponencialmente en relación con los daños físicos causados.

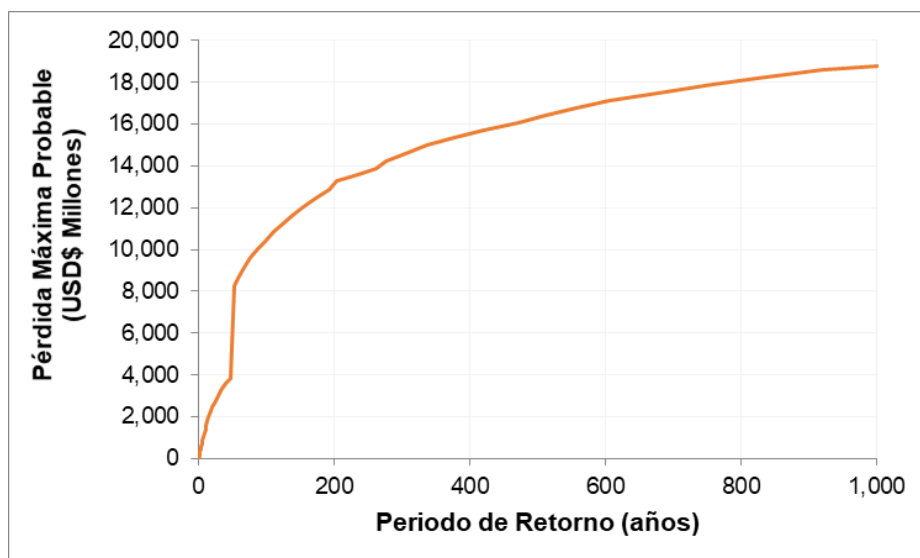


Figura 14. Curva de PMP para Pérdidas Totales (Escenario sin Mitigación para Sismo)

FUENTE.- Elaboración propia

Debido a que en este estudio se analizan dos amenazas independientes, el cálculo de las pérdidas indirectas se debe llevar a cabo para cada una de ellas por separado para posteriormente integrar la curva de pérdidas totales a nivel nacional. Esto es debido a que un país puede estar expuesto de forma diferente a cada una de ellas y mientras que una amenaza puede potencialmente generar pérdidas indirectas altas, la otra podría no hacerlo.

La Figura 15 muestra la curva de excedencia de pérdidas totales a nivel nacional³⁰. Se puede observar que su forma es prácticamente igual a la curva de excedencia de sismo; esto es debido a que es la amenaza con mayor incidencia en el riesgo total de Perú (lo cual también se puede ver reflejado en la proporción que representa de la PAE).

³⁰ Aquélla que contempla ambas amenazas (sismo e inundación)

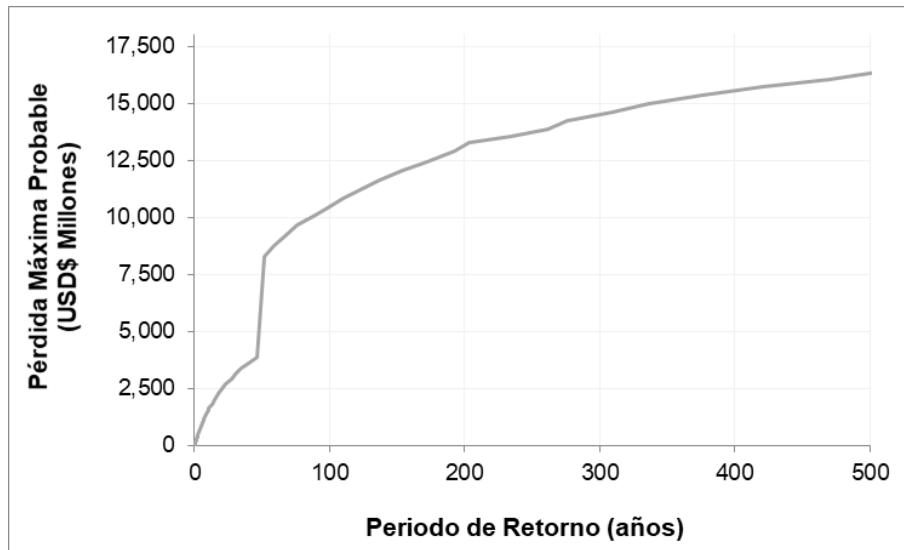


Figura 15. Curva de Pérdida Máxima Probable a Nivel Nacional (Escenario sin Mitigación Inundación y Sismo)

FUENTE.- Elaboración propia

3.2 Costo Indicativo de Medidas de Mitigación

Sismos e inundaciones separados

Aplicando los parámetros de medidas de mitigación por eventos de inundaciones y sismos (Tabla 2), los respectivos costos para lograr esa reducción en riesgo de ambas amenazas para cada periodo de retorno se muestran en la Tabla 10 y 11.

Tabla 10. Comparación de PMP para Diferentes Niveles de Mitigación en Periodos de Retorno Significativos (arriba) y Reducción en PMP considerando Pérdidas Totales (abajo)- Sismo

| PR | PMP Sin Mitigación | PMP Mitigación Baja | PMP Mitigación Media | PMP Mitigación Alta |
|------------------------------|--------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| 1000 | \$18,782 | \$17,365 | \$15,929 | \$14,419 |
| 500 | \$16,333 | \$14,687 | \$13,291 | \$11,853 |
| 250 | \$13,756 | \$12,027 | \$10,308 | \$9,193 |
| 150 | \$11,957 | \$10,097 | \$8,597 | \$3,368 |
| 50 | \$6,920 | \$3,041 | \$2,286 | \$1,655 |
| 25 | \$2,786 | \$1,963 | \$1,268 | \$899 |
| Costo (US\$ millones) | | \$407.4 | \$765.4 | \$1,012.3 |

| Reducción porcentual en PMP respecto al escenario sin mitigación ³¹ | | | |
|--|-----------------|------------------|-----------------|
| Periodo de retorno | Mitigación baja | Mitigación media | Mitigación alta |
| 1000 | 7.5% | 15.2% | 23.2% |
| 500 | 10.1% | 18.6% | 27.4% |
| 250 | 12.6% | 25.1% | 33.2% |
| 150 | 15.6% | 28.1% | 71.8% |
| 50 | 56.1% | 67.0% | 76.1% |
| Costo (US\$ millones) | \$407.4 | \$765.4 | \$1,012.3 |

En la Tabla 10 se observa que una medida de mitigación baja podría reducir entre 7.5% y 56.1%³² aquellas pérdidas con periodos de retorno entre 50 y 1,000 años. Es decir, Perú podría esperar que la PMP observada en periodos de retorno entre 50 y 150 años para la amenaza de sismo se redujera sustancialmente *versus* la alternativa de no invertir en mitigación. Siguiendo con este análisis, se encontró que la medida de mitigación media reduce entre un 15.2% y un 67% la PMP de periodos de retorno de 50 y 1,000 años. Finalmente, las medidas de mitigación alta reducen sustancialmente la PMP con periodos de retorno de 1,000 y 500 años, en más del 20%. Un punto muy importante a tener en cuenta es que las reducciones en PMP corresponden a pérdidas totales (directas e

³¹ Estos resultados corresponden al caso de estudio específico de Perú de acuerdo con la información a que se tuvo acceso para alimentar el modelo, por lo que los resultados presentados en esta tabla pueden variar respecto a casos generales empleados a manera de referencia.

³² En términos de la Pérdida Máxima Probable (PMP).

indirectas), las cuales, duplican³³ a las pérdidas directas a partir de un periodo de retorno de 50 años.

En la Tabla 11 se observa que la reducción de PMP es mayor en términos porcentuales al comparar los números con aquellos del estado sin mitigación.

Tabla 11. Comparación de PMP para Diferentes Niveles de Mitigación en Periodos de Retorno Significativos (arriba) y Reducción en PMP considerando Pérdidas Totales (abajo) -Inundación

| PR | PMP Sin Mitigación | PMP Mitigación Baja | PMP Mitigación Media | PMP Mitigación Alta |
|------------------------------|--------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| 500 | \$2,004.5 | \$1,726.8 | \$1,544.3 | \$1,180.8 |
| 250 | \$1,737.4 | \$1,396.4 | \$1,155.6 | \$426.6 |
| 150 | \$1,506.5 | \$1,119.6 | \$655.9 | \$285.5 |
| 50 | \$729.3 | \$269.2 | \$134.4 | \$32.3 |
| 25 | \$276.1 | \$69.7 | \$29.3 | \$7.0 |
| Costo (US\$ millones) | | \$35.3 | \$37.3 | \$40.3 |

| Reducción porcentual en PMP respecto al escenario sin mitigación ³⁴ | | | |
|--|-----------------|------------------|-----------------|
| Periodo de retorno | Mitigación baja | Mitigación media | Mitigación alta |
| 500 | 13.9% | 23.0% | 41.1% |
| 250 | 19.7% | 33.6% | 75.4% |
| 150 | 25.7% | 56.5% | 81.1% |
| 50 | 63.1% | 81.6% | 95.6% |
| Costo (US\$ millones) | \$35.3 | \$37.3 | \$40.3 |

Las Figuras 16 - 19 muestran la comparación entre la curva de excedencia de pérdidas en el estado actual y las curvas de excedencia de pérdidas resultantes al aplicar alguna de las tres clases de mitigación existentes (alta, media o baja) para sismo e inundación, respectivamente.

³³ Es decir, la pérdida total equivale a 2 veces la pérdida directa para las pérdidas con un periodo de retorno mayor o igual a 50 años de periodo de retorno

³⁴ Estos resultados corresponden al caso de estudio específico de Perú de acuerdo con la información a que se tuvo acceso para alimentar el modelo, por lo que los resultados presentados en esta tabla pueden variar respecto a casos generales empleados a manera de referencia.

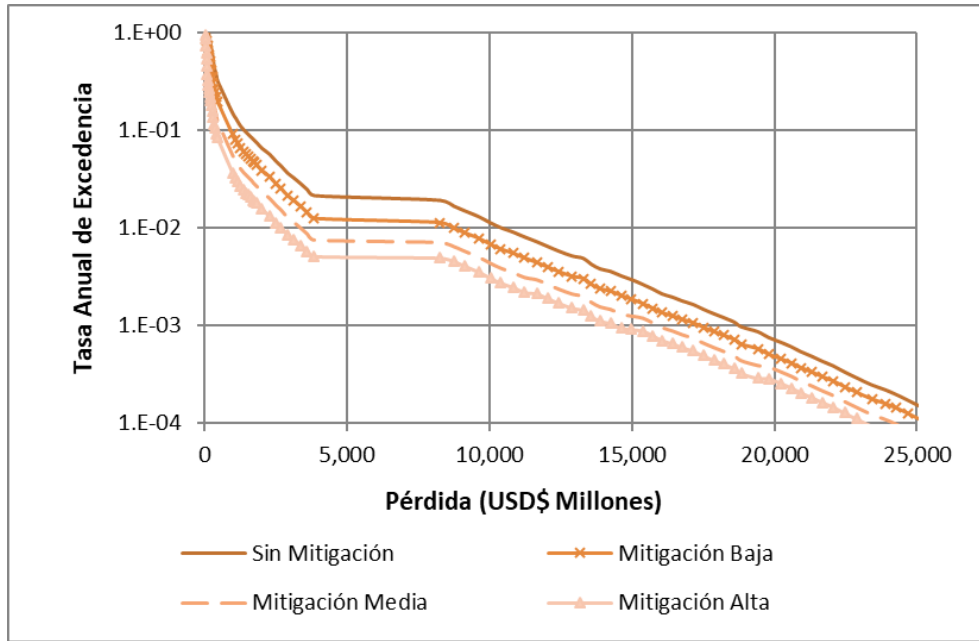


Figura 16. Comparación de Curvas de Excedencia de Pérdidas por Mitigación (Sismo)

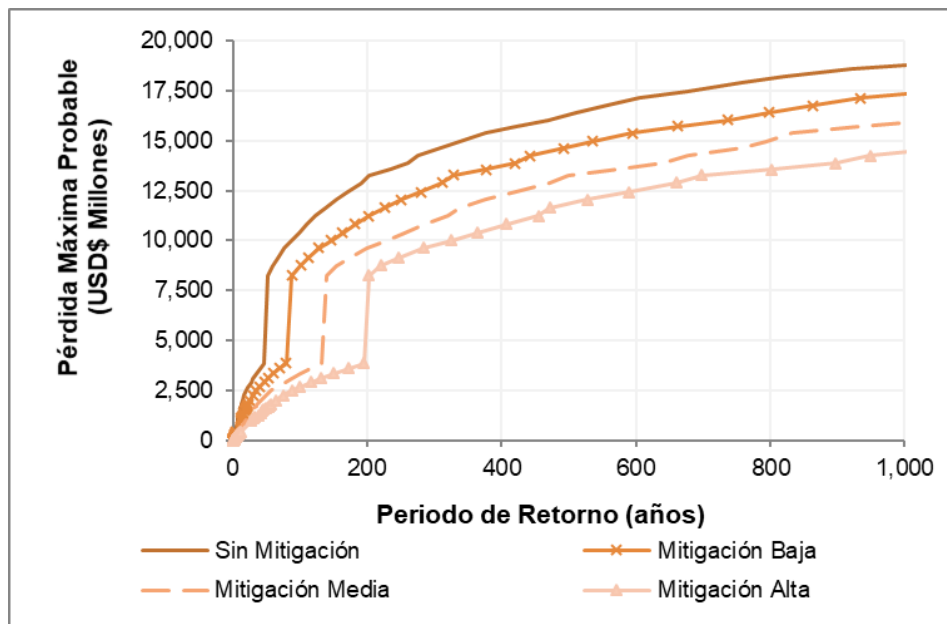


Figura 17. Curva de Pérdidas Máximas Probables para Diferentes Niveles de Mitigación (Sismo)

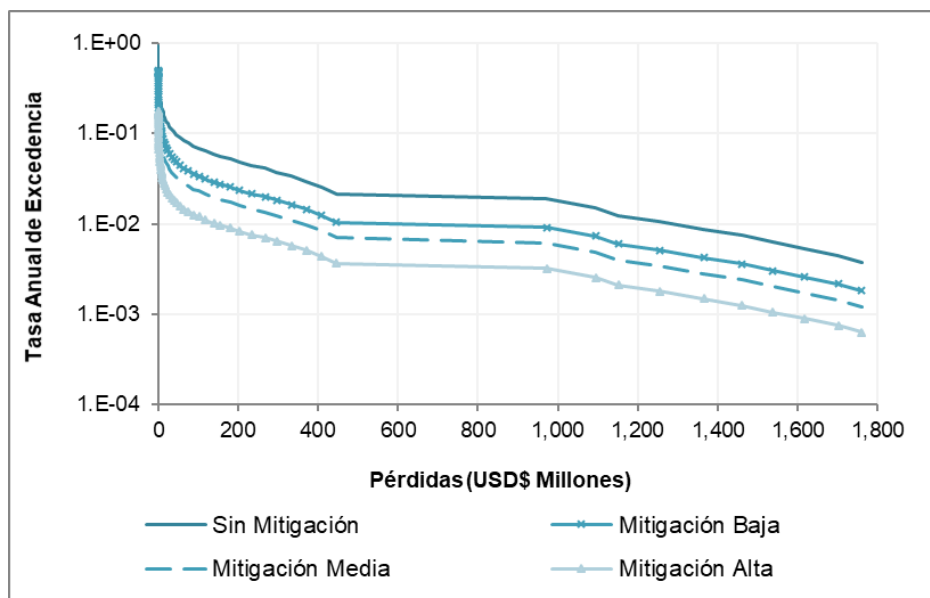


Figura 18. Comparación de Curvas de Excedencia de Pérdidas por Mitigación (Inundación)

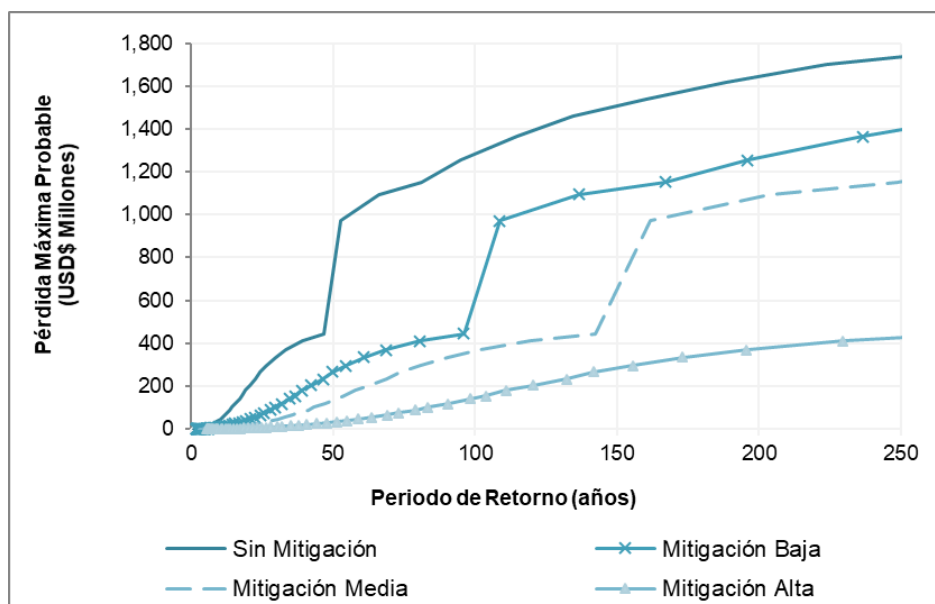


Figura 19. Curva de Pérdidas Máximas Probables para Diferentes Niveles de Mitigación (Inundación)

Se observa que al implementar una medida de mitigación, la tasa de excedencia de un nivel específico de pérdida es menor y que a su vez disminuye dependiendo de la efectividad de la misma. En esta figura el eje vertical representa el número de veces al año (tasa de excedencia) que la pérdida representada en el eje horizontal es excedida; como se verá más adelante, el valor inverso de la tasa de excedencia corresponde al periodo de retorno.

Por otro lado la Figura 17 muestra los resultados de implementar una medida de mitigación desde otro punto de vista. Aquí se muestran los periodos de retorno (eje horizontal) y la pérdida máxima probable asociada a ellos (eje vertical) bajo los diferentes escenarios de mitigación y sin ella. Para cualquier periodo de retorno, la pérdida máxima probable asociada a éste es menor si se implementó una medida de mitigación y a su vez disminuye conforme aumenta la efectividad y el alcance de ésta.

Los efectos de las diferentes medidas de mitigación para la amenaza de inundación se ven reflejadas en la Figura 18 (representada a través de la curva de excedencia de pérdida) y Figura 19 (representada a través de la curva de periodo de retorno de la pérdida). Es importante mencionar que las curvas de estas figuras son equivalentes, ya que la tasa de excedencia es el número de veces al año que un valor de pérdida es excedida, el valor inverso de la tasa de excedencia corresponde al periodo de retorno.

Sismos e inundaciones conjunto

Debido a que para cada una de las amenazas estudiadas (sismo e inundación) se plantearon tres medidas de mitigación diferentes de acuerdo a una potencial reducción en el riesgo del país, la Figura 20³⁵ muestra las 9 combinaciones³⁶ resultantes de su implementación en conjunto. Se consideran de esta forma debido a que ambas amenazas en conjunto conforman la estructura de riesgo del país y a que la implementación de medidas de mitigación para reducir el riesgo de ambas es independiente al igual que sus efectos.

³⁵ La gráfica muestra al eje horizontal con escala logarítmica para lograr apreciar mejor la diferencia entre cada una de las curvas.

³⁶ Por ejemplo en el caso de la nomenclatura “SA-IB” en la tabla anterior, significa: Sismo, medida de mitigación Alta, en combinación con Inundación, medida de mitigación Baja.

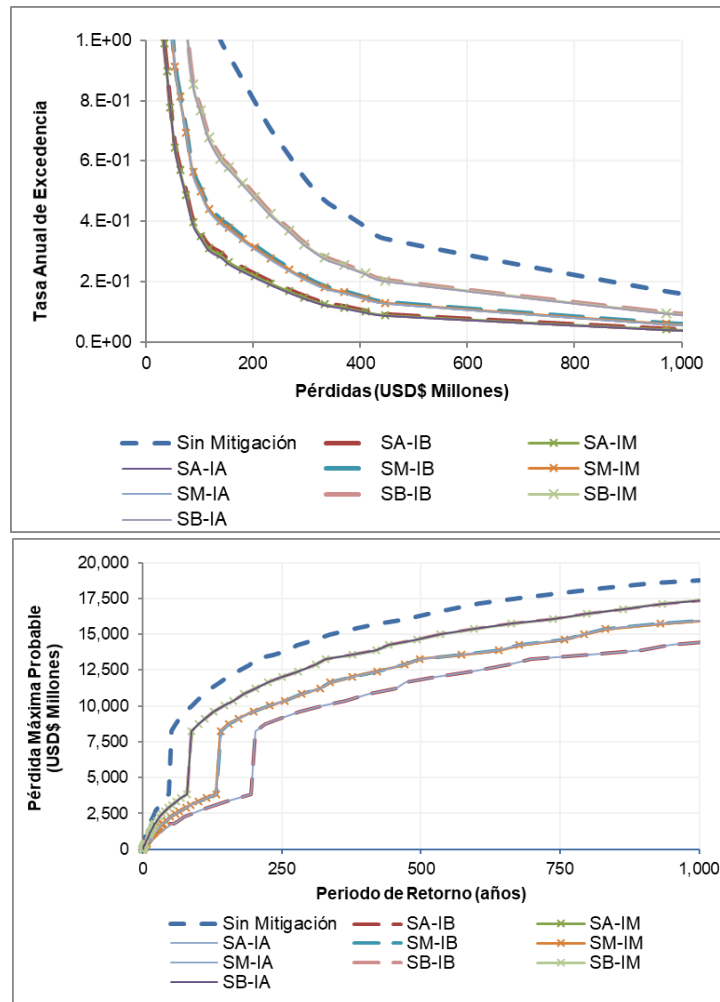


Figura 20. Comparación de Curvas de Excedencia de Pérdidas por Mitigación (arriba) y Curva de Pérdidas Máximas Probables para Diferentes Niveles de Mitigación (abajo) - Sismo e Inundación en Conjunto. Nomenclatura de Combinaciones de Medidas de Mitigación. Note: SA: Sismo, medida de mitigación Alta. SM: Sismo, medida de mitigación Media. SB: Sismo, medida de mitigación Baja. IA: Inundación, medida de mitigación Alta. IM: Inundación, medida de mitigación Media. IB: Inundación, medida de mitigación Baja.

En la Figura 20 se puede observar tres agrupaciones de curvas formadas a su vez por tres curvas de excedencia de pérdidas diferentes; el primer grupo tiene las combinaciones de mitigación baja para sismo con las tres opciones de mitigación para inundación; el segundo grupo (localizado abajo del primero) está formado por la combinación de una medida de mitigación de medio impacto para sismo con las tres opciones de mitigación para inundación; finalmente el último grupo contiene las combinaciones de medida de mitigación de alto impacto para sismo con las tres opciones de mitigación para inundación.

Esta representación gráfica es consistente con el hecho de que un grado de mitigación con mayor impacto, desplaza la curva de excedencia de pérdidas en mayor medida hacia el origen (para cada agrupación de curvas, la más cercana al origen es aquella con un mayor nivel de mitigación para inundación). Por otro lado, también se observa que una medida de mitigación de mayor impacto para la amenaza de sismo logra reducir en mayor medida el riesgo total del país, a comparación con una medida de mitigación de alto impacto para inundación. La razón de esto descansa en gran medida en el hecho de que un evento sísmico tiene el potencial de afectar de manera más intensa una mayor extensión de territorio, a diferencia de inundación donde los efectos se localizan generalmente en sitios específicos.

Por otro lado, al asumir que los sismos e inundaciones son eventos independientes, se puede ver de forma gráfica que la tasa anual de excedencia o el número de veces que se observa una pérdida de cierto valor monetario, es equivalente a la suma de tasas de excedencia individuales.

En base a la Figura 20, en las Tablas 12 y 13 se muestran 9 valores diferentes de PMP para varios periodos de retorno. En ella se puede observar que una medida de mitigación para el riesgo de inundación reduce la PMP de la curva de excedencia de pérdidas a nivel nacional (aquella que considera tanto a sismo como a inundación) sólo hasta ciertos niveles bajos de periodos de retorno (menores a 50 años), una vez que una medida de mitigación alta para sismo había sido implementada (en la Tabla 13 las columnas presentan las diferentes opciones de mitigación por inundación, por su parte las filas presentan las diferentes opciones de mitigación por sismo). Esto es causado por los siguientes factores:

- El hecho de que la amenaza de inundación da lugar a eventos menos severos y más frecuentes que los sismos.
- Las medidas de mitigación por inundación cubren la parte baja (periodos de retorno bajos) de la curva de pérdidas combinada (inundación + sismo) a nivel nacional, al tratarse de eventos con mayor recurrencia y menor severidad; a diferencia de las medidas de mitigación por sismo que cubren la parte alta (periodos de retorno altos) de la curva de pérdida, al tratarse de eventos con mayor severidad pero menor frecuencia (periodos de retorno altos).
- El punto máximo de pérdida en la curva de excedencia de inundación (1/250 años) considerando daños directos e indirectos es de menos de US\$1,750 millones

(Figura 12); esto significa que el riesgo de sufrir una pérdida a nivel nacional mayor a ese valor es derivado exclusivamente de la potencial ocurrencia de un sismo y por consiguiente una medida de mitigación para inundación no tendría efecto alguno a partir de estos niveles de pérdida. Como se observa en las Tablas 12 y 13, todas las combinaciones de medidas de mitigación para periodos de retorno mayores a 50 años tienen asociadas pérdidas máximas probables mayores a alrededor de US\$1,750 millones antes mencionados. Incluso observando los resultados para el periodo de retorno de 50 años se puede ver que implementando una medida de mitigación media y baja para sismo, las respectivas PMP superan ese nivel.

Tabla 12. Valores de PMP (US\$ Millones) para las Combinaciones de Medidas de Mitigación de Sismo e Inundación

| | | | Medida de Mitigación Inundación | | |
|-------|----------------------------|-------|---------------------------------|----------|----------|
| | | | Baja | Media | Alta |
| PR | | | | | |
| 1,000 | Medida de Mitigación Sismo | Baja | \$17,365 | \$17,365 | \$17,365 |
| | | Media | \$15,929 | \$15,929 | \$15,929 |
| | | Alta | \$14,419 | \$14,419 | \$14,419 |
| 500 | | Baja | \$14,687 | \$14,687 | \$14,687 |
| | | Media | \$13,291 | \$13,291 | \$13,291 |
| | | Alta | \$11,853 | \$11,853 | \$11,853 |
| 250 | | Baja | \$12,027 | \$12,027 | \$12,027 |
| | | Media | \$10,308 | \$10,308 | \$10,308 |
| | | Alta | \$9,193 | \$9,193 | \$9,193 |
| 150 | | Baja | \$10,097 | \$10,097 | \$10,097 |
| | | Media | \$8,597 | \$8,597 | \$8,597 |
| | | Alta | \$3,368 | \$3,368 | \$3,368 |
| 100 | | Baja | \$8,730 | \$8,730 | \$8,730 |
| | | Media | \$3,370 | \$3,370 | \$3,370 |
| | | Alta | \$2,692 | \$2,692 | \$2,692 |
| 50 | | Baja | \$3,041 | \$3,041 | \$3,041 |
| | | Media | \$2,286 | \$2,286 | \$2,286 |
| | | Alta | \$1,777 | \$1,741 | \$1,700 |

Tabla 13. Valores de PMP (US\$ Millones) para las Combinaciones de Medidas de Mitigación de Sismo e Inundación (Periodos de Retorno menores a 50 años)

| | | | Medida de Mitigación Inundación | | |
|----|----------------------------|-------|---------------------------------|-----------|-----------|
| PR | | | Baja | Media | Alta |
| 40 | Medida de Mitigación Sismo | Baja | \$2,699.4 | \$2,699.4 | \$2,699.4 |
| | | Media | \$1,980.2 | \$1,961.3 | \$1,941.7 |
| | | Alta | \$1,529.2 | \$1,477.9 | \$1,414.8 |
| 35 | | Baja | \$2,495.3 | \$2,495.3 | \$2,495.3 |
| | | Media | \$1,813.7 | \$1,790.6 | \$1,765.1 |
| | | Alta | \$1,369.4 | \$1,312.1 | \$1,251.6 |
| 30 | | Baja | \$2,283.3 | \$2,283.3 | \$2,283.3 |
| | | Media | \$1,634.6 | \$1,605.4 | \$1,569.0 |
| | | Alta | \$1,215.6 | \$1,172.7 | \$1,129.4 |
| 25 | | Baja | \$1,999.6 | \$1,988.2 | \$1,976.6 |
| | | Media | \$1,405.3 | \$1,361.6 | \$1,318.8 |
| | | Alta | \$1,089.2 | \$1,033.6 | \$974.5 |

A pesar de que se cuenta con los resultados de costo necesario para reducción del riesgo de las amenazas por separado (Tabla 10 y 11), el efecto de cada una de las medidas en el riesgo total del país se debe medir sobre la curva de pérdidas totales a nivel nacional (aquella que considera ambas amenazas). Estos resultados se muestran en la Tabla 14 (en base a la Tabla 12). Se observa en los resultados que las medidas de mitigación para inundación tienen un efecto menor en la reducción de la PMP, mientras que en periodos de retorno menores (150 y 50 años) se puede disminuir entre 70% y 75% en comparación con el escenario sin mitigación.

Tabla 14. Reducción en PMP considerando Pérdidas Totales (Inundación y Sismo)

| | | | Medida de Mitigación Inundación | | |
|-------|----------------------------|--------|---------------------------------|--------|--------|
| PR | | | Baja | Media | Alta |
| 1,000 | Medida de Mitigación Sismo | Baja | 7.55% | 7.55% | 7.55% |
| | | Media | 15.19% | 15.19% | 15.19% |
| | | Alta | 23.23% | 23.23% | 23.23% |
| 500 | | Baja | 10.08% | 10.08% | 10.08% |
| | | Media | 18.62% | 18.62% | 18.62% |
| | | Alta | 27.43% | 27.43% | 27.43% |
| 250 | | Baja | 12.57% | 12.57% | 12.57% |
| | | Media | 25.06% | 25.06% | 25.06% |
| | | Alta | 33.17% | 33.17% | 33.17% |
| 150 | | Baja | 15.56% | 15.56% | 15.56% |
| | | Media | 28.10% | 28.10% | 28.10% |
| | | Alta | 71.83% | 71.83% | 71.83% |
| 100 | | Baja | 16.46% | 16.46% | 16.46% |
| | | Media | 67.75% | 67.75% | 67.75% |
| | | Alta | 74.24% | 74.24% | 74.24% |
| 50 | Baja | 56.05% | 56.05% | 56.05% | |
| | Media | 66.97% | 66.97% | 66.97% | |
| | Alta | 74.49% | 74.84% | 75.43% | |

Es importante resaltar que el costo de cada medida (Tabla 10 y 11) equivale entre 0.8 y 2 veces el presupuesto anual disponible que se ha estimado que el Gobierno Nacional de Perú (GdP) podría gastar año con año en reducción de vulnerabilidad, es decir US\$529.3 millones. Los respectivos costos se parametrizaron en términos del mayor valor de pérdida directa posible, debido a que se estima que este es el valor máximo que de acuerdo al modelo de pérdidas de infraestructura puede llegar a resultar afectado ante un desastre natural, el cual sería objeto de implementar medidas de reducción de riesgo. Para el caso de Perú esta cantidad es de US\$12,345.4 millones para sismo y US\$1,007.3 millones para inundación³⁷. Contrastando la restricción presupuestal del GdP con el costo de medidas de

³⁷ El valor máximo que de acuerdo al modelo de pérdidas de infraestructura puede llegar a resultar afectado ante un desastre natural, fue estimado como el último punto de la curva de excedencia de pérdida que representa la infraestructura a cargo del Gobierno (construcción pública, construcción privada (bajos ingresos), transporte y telecomunicación, energía, agua). Este valor representa un monto máximo de pérdida que potencialmente puede ocurrir en los bienes a cargo del gobierno. Es importante mencionar que de acuerdo a la información del perfil de riesgo sísmico desarrollado por el BID, el riesgo de la infraestructura a cargo del

mitigación, se puede concluir que existe un enorme reto para reducir el riesgo y la vulnerabilidad de las finanzas públicas y en general de la economía peruana.

Un parámetro de análisis de riesgo clave para dimensionar la importancia de la inversión en medidas de mitigación es su impacto en la reducción del riesgo. Se estima que invirtiendo en una medida de mitigación de bajo impacto³⁸, la PAE por sismo e inundación se reduce de US\$995.5 a US\$608.8 millones. En el caso de una medida de mediano impacto, la PAE se reduce a US\$389.0 millones y el caso extremo de invertir en una medida de alto impacto, la PAE podría reducirse a US\$264.3 millones (Tabla 15).³⁹

Tabla 15. Reducción en PAE por Sismo e Inundación de Acuerdo a diferentes Medidas de Mitigación

| | Sin Mitigación | Mitigación Baja | Mitigación Media | Mitigación Alta |
|---|----------------|-----------------|------------------|-----------------|
| PAE | \$995.5 | \$608.8 | \$389.0 | \$264.3 |
| Reducción en Comparación PAE sin Mitigación ⁴⁰ | - | 38.8% | 60.9% | 73.4% |

Se consideran dos enfoques adicionales de gestión de pérdidas: el primero consiste en el uso de medidas de mitigación y luego, realizar un análisis detallado de costos y beneficios por contratar instrumentos financieros de gestión de riesgos (seguros, deuda contingente y fondos de reserva). El segundo enfoque es similar al primero, pero sólo se centrará en el análisis del uso de instrumentos financieros y no se considerará la reducción del riesgo mediante las citadas medidas de mitigación. Ambos consideran que los instrumentos proveen financiamiento para todo tipo de pérdidas (brecha completa, Figura 5), desde aquellas de alta frecuencia, hasta las de muy baja frecuencia y severidad extrema. También en ambos casos se analizan los escenarios de restricción presupuestal detallados en la sección 3.4.

gobierno (sin tomar en cuenta infraestructura privada) representa el 12% del riesgo de toda la infraestructura a nivel nacional.

³⁸ En el resto de esta sección denominaremos medida de mitigación baja, media o alta a aquella conformada por una medida de mitigación baja, media o alta tanto para la amenaza de sismo como para la de inundación.

³⁹ Los resultados de pérdida anual esperada para cada medida de mitigación se obtienen mediante la integración de las curvas de excedencia de pérdida que incorporan estas mejoras estructurales.

⁴⁰ Estos resultados corresponden al caso de estudio específico de Perú de acuerdo con la información a que se tuvo acceso para alimentar el modelo, por lo que los resultados presentados en esta tabla pueden variar respecto a casos generales empleados a manera de referencia.

3.3 Análisis de la actual restricción presupuestal de Perú

Con el objeto de elaborar una aproximación de la actual restricción presupuestal del Gobierno de Perú, se consideró información histórica del Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) de Perú para el periodo 2012- 2016.

El programa presupuestal relacionado directamente con rubros vinculados a desastres naturales es el de Gestión del Riesgo, Reducción de la Vulnerabilidad y Atención de Emergencias por Desastres (068), cuya división funcional es la 016 correspondiente a la Gestión de Riesgos y Emergencias.⁴¹ Los primeros pasos de este programa surgieron después del sismo de Pisco en 2007 al considerar necesaria la reestructuración del Sistema Nacional de Defensa Civil para dar lugar a una gestión prospectiva y no sólo reactiva a las emergencias nacionales derivadas de fenómenos naturales.

El Acuerdo Nacional de Políticas del Estado se comprometió a promover una política de gestión del riesgo de desastres, con la finalidad de proteger la vida, la salud y la integridad de las personas, así como el patrimonio público y privado; teniendo entre los objetivos de estado, el de asignar recursos destinados a la implementación de los procesos de la gestión del riesgo de desastres, a través de la gestión por resultados y los programas presupuestales estratégicos.

En el año 2010, a través del Decreto de Urgencia 024-2010, se dispuso el diseño e implementación del Programa Presupuestal Estratégico “Reducción de la Vulnerabilidad y Atención de Emergencias por Desastres” (Programa Presupuestal 068), en el marco del presupuesto por resultados, con la finalidad de identificar y priorizar intervenciones eficaces que contribuyan a una mejora en los niveles de efectividad y eficiencia del Estado en materia de prevención y atención de desastres. La implementación del Programa Presupuestal 068, permite brindar el mecanismo financiero a las entidades de los tres niveles de gobierno, y dar un orden en las intervenciones eficaces y articuladas con el objetivo de proteger a la población frente a desastres de origen natural.

⁴¹ El objetivo de esta subsección es estimar el tamaño de la restricción presupuestal hipotética que sentará la base para determinar potenciales opciones para el GdP, más no es objetivo del presente análisis investigar sobre los canales presupuestales disponibles para ejercer el gasto en inversión en mitigación o en reconstrucción.

Para el periodo de tiempo 2012-2016, el gasto consolidado del Gobierno Nacional, Regional y Local del Programa Presupuestal 068 se muestra en la Tabla 16. Se puede observar que el presupuesto promedio para el periodo fue de US\$529.3 millones.

Tabla 16. Presupuesto Histórico Gestión de Riesgos y Emergencias. Fuente: MEF 2017

| Presupuesto-Gestión de Riesgos y Emergencias | | |
|--|-------------------|-----------------------------------|
| | Millones de Soles | Millones de Dólares ⁴² |
| 2012 | 293.2 | \$111.1 |
| 2013 | 850.7 | \$314.7 |
| 2014 | 1,938.4 | \$682.7 |
| 2015 | 3,092.6 | \$969.5 |
| 2016 | 1,920.1 | \$568.6 |

Por otro lado, en 2016 surgió también el Fondo para Intervenciones ante la Ocurrencia de Desastres Naturales (FONDES); éste es un fondo de contingencia alimentado por transferencias del Ministerio de Economía y Finanzas destinado a financiar proyectos de inversión pública para mitigación, respuesta y rehabilitación ante la ocurrencia de desastres naturales a los tres niveles de gobierno. Debido a que financia intervenciones de respuesta y rehabilitación, sus ingresos y egresos son variables dependiendo de los eventos que enfrentó en el año.

El fondo se constituyó con S/300 millones; en 2017 recibió un aumento de S/50 millones de acuerdo a la Ley de Presupuesto del Sector Público y otro por S/1,310 millones por el Decreto de Urgencia No. 004-2017 dando un total de S/1,660 millones (US\$504.9 millones) de los cuales, para efectos del presente estudio, se estima que US\$ 97.6 millones pueden ser destinados a respuesta ante emergencias y por lo tanto re-distribuidos a acciones ex ante para disminuir la severidad de las mismas.

Tomando en conjunto los recursos destinados al FONDES y las líneas de crédito contingente equivalentes a US\$3,400 millones con multilaterales⁴³, Perú tiene acceso a US\$3,497 millones. Sin embargo es importante mencionar que para efectos de este estudio, se está suponiendo que sólo los US\$97.6 millones del FONDES se otorgan anualmente

⁴² Para llevar a cabo la conversión se usó un tipo de cambio promedio anual de acuerdo a información del Banco Central de Reserva de Perú

⁴³ Considera las siguientes líneas contingentes: US\$300 millones con el BID, US\$3,000 millones con el Banco Mundial y US\$100 millones de JICA.

mientras que las líneas de crédito se encuentran disponibles, pero al usarlas éstas no se renuevan automáticamente lo cual se consideró en el cálculo de los resultados de este estudio. Esto representa un reto en términos de política pública ya que, según el criterio de este estudio antes mencionado, el contingente implícito para el Estado sólo considerando pérdidas directas, las cuales equivale a US\$ 845 millones y la asignación anual del FONDES, que se está considerando a la fecha del estudio, es de solamente 11.5% de este monto.

De acuerdo a la Directiva General del Sistema Nacional de Inversión Pública, el periodo de evaluación de beneficios de los proyectos de inversión pública es de 10 años. Como presupuesto por este periodo de tiempo se considerará de forma fija la suma de las líneas de crédito contingente que tiene disponible el país más una serie de montos de US\$97.6 millones del FONDES por esos 10 años descontados a una tasa de descuento social del 8%⁴⁴, dando lugar a un monto equivalente a US\$4,107.3 ⁴⁵ millones, el cual será el valor empleado como caso base en el resto de los análisis.

3.4 Parámetros Financieros

Los parámetros descritos a continuación en la Tabla 18 se basaron en información obtenida de parte del Gobierno de Perú sobre préstamos con organismos multilaterales, calificación crediticia de diferentes empresas aseguradoras en el país, documentos del BID sobre préstamos contingentes para desastres naturales e información financiera global. Con base en ellos se estimarán costos para los instrumentos financieros considerados (reserva, deuda contingente y seguro) con diferentes coberturas con el fin de encontrar aquella de mayor tamaño que se pueda adquirir con el presupuesto disponible del gobierno.

⁴⁴ La elección de esta tasa social de descuento se justifica de forma más detallada en la sección 2.3

⁴⁵ US\$3,700 millones +US\$707.3 millones =4,107.3 millones. Los US\$707.3 millones resultantes de descontar los 10 pagos de US\$97.6 millones se obtienen empleando la fórmula de una anualidad inmediata anticipada.

Tabla 17. Parámetros del modelo utilizados para el análisis de Perú⁴⁶

| Instrumento financiero | | Intervalo de valores que puede tomar en el modelo | Valores tomados para el análisis de Perú |
|--|---|--|---|
| Deuda contingente multilateral (BID, BM, JICA, CAF) | | | |
| 1 | Periodo de gracia | Todo número positivo | 6 años |
| 2 | Plazo de amortización del préstamo | Todo número positivo | 15 años |
| 3 | <i>Front end Fee</i> (Pago al desembolso) | Entre 0% y 100% | 0.5% |
| 4 | <i>Commitment Fee</i> (Tasa compromiso) | Entre 0% y 100% | 0.75% |
| 5 | Tasa contractual del préstamo | Entre 0% y 100% | Tasa LIBOR a seis meses (1.4%) |
| 6 | Pérdida Mínima para Autorizar el Uso de la Línea de Crédito | Número positivo en función de un porcentaje del PIB actual | Mínimo {2% PIB, \$300 USD} |
| Seguro | | | |
| 1 | Calificación crediticia de la (re)aseguradora | Entre AAA y CCC | AAA |
| 2 | Prima actuarialmente justa | Todo número positivo | Pérdida esperada dentro del intervalo de cobertura. |
| 3 | Costos de administración | Todo número positivo | 20% de la prima |
| Reserva | | | |
| 1 | Costo de oportunidad del dinero reservado | Entre 0% y 100% | 0% |
| Información Financiera del País | | | |
| 1 | Tasa social de descuento | Entre 0% y 100% | 8% ⁴⁷ |

En relación con la deuda contingente, los parámetros se calibraron con base en la información disponible sobre diferentes propuestas de préstamos tanto al Gobierno de Perú por parte del BID y otros organismos multilaterales en términos de desastres naturales como a otros países de la región. Los componentes de estos contratos fueron los siguientes (Tabla 18):

⁴⁶ Estos parámetros fueron elegidos con base en la información disponible para Perú, sin embargo la metodología desarrollada permite realizar el análisis con otros parámetros dando lugar a una posible variación en los resultados.

⁴⁷ Esta tasa de descuento es la que mejor describe el elevado costo de oportunidad que el gobierno asume cuando mantiene reservado dinero para hacer frente a las pérdidas catastróficas. Se definió un 0%, pues un factor de descuento positivo disminuye el valor presente de los beneficios y costos de una reserva.

Tabla 18. Parámetros de Contratos de Deuda Contingente entre Diferentes Parámetros

| Año y País | Contrato | Amortización ⁴⁸ | Periodo de Gracia | Tasa | Inicial | Compro-miso | Desem-bolso |
|------------------|---|----------------------------|-------------------|-----------------|---------|-------------|-------------|
| 2010 Perú | CAT DDO- Gestión de Riesgos (BIRF- Banco Mundial) | 15 años | - | LIBOR a 6 meses | 0.5% | - | - |
| 2013 Perú | Préstamo Contingente para Emergencias por Desastres Naturales (BID) | 15 años | 5.5 años | LIBOR a 3 meses | - | 0.75% | - |
| 2014 Perú | Préstamo Contingente (JICA) | 30 años | 10 años | 0.01% anual | 0.5% | 0.25% | |
| 2015 Perú | Programa de Gestión de Resultados para la Inclusión Social (BID) ⁴⁹ | 10 años | 6.5 años | Basada en LIBOR | 0.5% | - | 0.25% |
| 2016 Perú | Programa de Desarrollo para Gasto Público y Riesgo Fiscal (BIRF- Banco Mundial) | 20 años | - | LIBOR a 6 meses | 0.25% | 0.5% | - |

De acuerdo a la información anterior para el caso de Perú, se puede observar que tanto las tasas de las diferentes comisiones del préstamo como la tasa de interés son similares a lo largo del tiempo e incluso para diferentes tipos de préstamo, mientras que los periodos de amortización presentan una variación mayor. Analizando los préstamos para otros países de la región observamos que el plazo de amortización es una característica propia y tiende a ser mayor cuando está destinado únicamente a desastres naturales mientras que el periodo de gracia es en promedio constante.

Tomando todo esto en consideración se decidió tomar la mediana del plazo de amortización en lugar del promedio aritmético para Perú por la variación de los valores observados (15 años), un periodo de gracia igual a 6 años (el promedio observado para Perú y otros países

⁴⁸ Se define el periodo de amortización como el plazo en el que el prestatario debe pagar el monto prestado. Por ejemplo: si el primer pago de un crédito se hace 20 años después de que se entregó el dinero y el último pago se lleva a cabo 40 años después de esa misma fecha entonces el periodo de amortización es de 20 años. Este plazo es independiente del periodo de gracia.

⁴⁹ Los fines de este programa incluían tanto el financiamiento de los gastos de emergencia ante la ocurrencia de un desastre natural como el de alguna crisis económica. La autorización del uso de esta línea de crédito para desastres naturales fue a través del Decreto Supremo 114-2015-EF

latinoamericanos es de 6.5 años), el promedio del valor de la tasa LIBOR a seis meses durante el 2017⁵⁰ como tasa de interés; así como las tasas de compromiso y desembolso de 0.75% y 0.5% respectivamente.

Con respecto al seguro, de acuerdo a la información proporcionada por el GdP y que proviene de diversas clasificadoras de riesgo en el país⁵¹ se puede observar que la mayoría de las aseguradoras nacionales cuentan con una calificación crediticia de AA (equivalente a la calificación A de los datos proporcionados). Sin embargo, al considerar la posibilidad de que alguna aseguradora extranjera con una cantidad mayor de capital participara en la administración del riesgo nacional se decidió usar la calificación crediticia AAA.

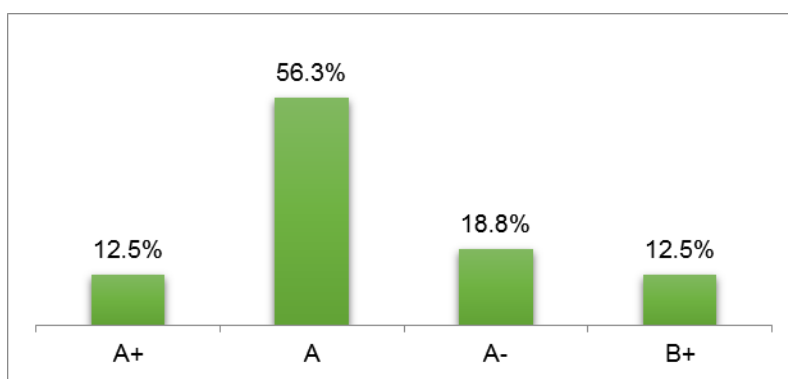


Figura 21. Distribución de Calificaciones Crediticias en Aseguradoras en Perú.

Por último, la tasa social de descuento tiene como objetivo medir el costo de oportunidad efectivo de usar capital social en una inversión en lugar de gozar de una unidad adicional de consumo, razón por la cual es la variable usada para descontar beneficios y costos asociados a un proyecto de inversión gubernamental. Esta variable fue actualizada en el año 2011 (Fernández-Baca, 2011) cuando se redujo a 9.12% debido a la importante volatilidad financiera que el mercado peruano de capitales enfrentó por la crisis mundial de ese periodo; más tarde se fijó en 9% de acuerdo a Campos et al. (2016). El valor más reciente de esta variable corresponde a 8% de acuerdo a información de parámetros de evaluación social y del GdP.

⁵⁰ Debido a la tendencia histórica creciente que la tasa LIBOR a tres meses ha tenido en los últimos años se decidió tomar el promedio de los valores de esta variable durante el año en lugar de llevar a cabo el análisis con un promedio histórico.

Es importante mencionar que los datos históricos publicados en las diversas fuentes de información no corresponden a la tasa efectiva anual por lo que su cálculo fue realizado considerando un año de 360 días

⁵¹ Equilibrium Class y Asociados y Apoyo & Asociados Internacionales

3.5 Análisis Costo Beneficio (ACB)

En la Tabla 19 se muestran los resultados del primer enfoque (Mitigación con Instrumentos Financieros). Las estrategias que se consideran en dicha tabla implican una medida de mitigación y la gestión del riesgo remanente (es decir, gestionar el riesgo que no fue mitigado) mediante instrumentos financieros.

Los resultados indican que para la tasa de descuento utilizada todas las medidas de mitigación son rentables (i.e. su ratio en la columna B/C es mayor a 1, y está indicado en las celdas marcadas en color rosa). Es importante hacer notar que para las estrategias que sólo contemplan cualquiera de los tres niveles de medidas de mitigación (baja, media o alta), la medida de mitigación baja es la que cuenta con el mayor ratio *versus* mitigación alta y media. La razón fundamental de esto es que la magnitud de los beneficios es mayor a la del costo de realizarla pero en una forma menos que proporcional a pesar de que es posible recuperar cada unidad monetaria invertida en mitigación más un rendimiento adicional. También se observa que los beneficios de estas estrategias aumentan con el periodo de análisis debido a que estos se generan de forma aditiva, mientras que el costo valuado en valor presente se mantiene constante independientemente de si el ratio B/C es mayor o menor a 1.

En términos generales, el tamaño de los costos de una medida de mitigación oscilan entre US\$35.3 millones y US\$1,012 millones para inundación y sismo de forma independiente (Tabla 10 y 11); de forma conjunta estos montos se encuentran entre US\$442.7 millones y US\$1,052.6 millones en caso del horizonte temporal de 5 años. A este costo es necesario sumarle el de los instrumentos que compongan la estrategia de análisis. Para el caso de aquellas estrategias rentables, el costo de los instrumentos está entre US\$515.2 millones y US\$3,378.3⁵² millones, mientras que el beneficio toma valores en el intervalo comprendido entre US\$2,080.9 millones y US\$4,816.5 millones. Obsérvese que los resultados muestran dos horizontes de tiempo: 5 y 10 años.

Continuando con el primer enfoque (mitigación + instrumentos financieros), se observa que las estrategias más favorables (es decir, que tienen el ratio B/C máximo) para administrar el riesgo remanente son las medidas de mitigación por sí solas, dado que su costo más que compensa la reducción del riesgo en el siguiente orden: baja, media y alta. La estrategia

⁵² Estos resultados se obtienen mediante la resta del costo de la estrategia de la **Tabla 24** menos el costo de la medida de mitigación correspondiente, o bien, se pueden encontrar en la **Tabla 23**

más rentable que incorpora tanto una medida de mitigación como instrumentos financieros es la combinación de una línea de deuda contingente, reserva y seguro.

Considerando el segundo enfoque (sin mitigación, es decir, únicamente instrumentos financieros), los resultados obtenidos para las estrategias sin mitigación, es decir, que no consideran algún tipo de reducción de riesgo, se muestran en la Tabla 20 y son consistentes con los resultados con mitigación, en tanto que la estrategia más rentable (con ratio máximo y mayor a 1 es también “Seguro, Reserva y Deuda”.

La Tabla 20 muestra que considerando la tasa de descuento del 8% y horizontes de tiempo de 5 y 10 años, los beneficios tienden a oscilar entre US\$1,784.9 millones y US\$4,733.5 millones; en tanto que los costos oscilan entre US\$1,158.7 millones y US\$8,654.5 millones. Se puede concluir que la estrategia que en promedio es más rentable (Deuda Contingente, Reserva y Seguro) tiene un costo de US\$1,158.7 millones y genera un beneficio de US\$1,892.1 millones, es decir cerca de 1.6 veces sus costos en un horizonte de 5 años.

En ambas tablas (19 y 20) se muestran los distintos escenarios de restricción presupuestal, a valor presente a 5 y 10 años. En particular, las celdas muestran si cada escenario presupuestal es suficiente para cubrir los costos de cada una de las estrategias, y se marcan en anaranjado las situaciones en las que no alcanza, es decir, cuando el presupuesto se vuelve cero o negativo después de cubrir los costos. Con ello se puede identificar no sólo las estrategias deseables, i.e. cuyo cociente B/C es mayor a 1, sino las financieramente viables.

Es importante resaltar que estos enfoques se construyeron para una brecha de pérdidas completa. Es decir, las estrategias y las medidas de mitigación cubren desde pérdidas pequeñas hasta aquellas de alta severidad. En el siguiente capítulo se llevará a cabo un análisis más detallado en términos de medidas de mitigación sujeto a una restricción presupuestal definida, debido a que el GdP cuenta con recursos etiquetados para este propósito y que exclusivamente se pueden usar antes de un desastre.

Tabla 19. Resultados Con Mitigación.

| Resultados sin Restricción Presupuestal | | | | | | | | | Restricción Presupuestal Anual de 48.8 MDD + Línea de Crédito de 1,850 MDD | | Restricción Presupuestal Anual de 97.6 MDD + Línea de Crédito de 3,400 MDD | | Restricción Presupuestal Anual de 146.4 MDD + Línea de Crédito de 5,550 MDD | |
|---|--|-------------------------|--|-----------|-------|-----------------------------|-----------|-----------|--|-------------|--|-------------|---|------------|
| Estrategia | Instrumentos que aportan beneficio a la estrategia* | Medida de mitigación | Horizonte temporal: 5 años | | | Horizonte temporal: 10 años | | | 5 años | 10 años | 5 años | 10 años | 5 años | 10 años |
| | | | Tasa de Descuento | | | | | | | | | | | |
| | | | 8% | | | | | | | | | | | |
| | | | Valor Presente de la Restricción Presupuestal (millones USD) | | | | | | | | | | | |
| Beneficio | Costo | Ratio | Beneficio | Costo | Ratio | \$2,060.4 | \$2,203.6 | \$3,820.9 | \$4,107.3 | \$6,181.3 | \$6,610.9 | | | |
| B | C | B/C | B | C | B/C | | | | | | | | | |
| Solo mitigación | Solo mitigación | Baja | \$1,016.0 | \$442.7 | 2.30 | \$1,681.6 | \$442.7 | 3.80 | \$1,617.70 | \$1,760.90 | \$3,378.20 | \$3,664.60 | \$5,738.60 | \$6,168.20 |
| | | Media | \$1,603.4 | \$802.7 | 2.00 | \$2,655.0 | \$802.7 | 3.31 | \$1,257.70 | \$1,400.90 | \$3,018.20 | \$3,304.60 | \$5,378.60 | \$5,808.20 |
| | | Alta | \$1,934.3 | \$1,052.6 | 1.84 | \$3,265.9 | \$1,052.6 | 3.10 | \$1,007.80 | \$1,151.00 | \$2,768.30 | \$3,054.70 | \$5,128.70 | \$5,558.30 |
| Mitigación y Seguro | Mitigación y Seguro | Baja | \$2,865.6 | \$3,589.2 | 0.80 | \$4,816.5 | \$5,730.7 | 0.84 | -\$1,528.80 | -\$3,527.10 | \$231.70 | -\$1,623.40 | \$2,592.10 | \$880.20 |
| | | Media | \$2,871.2 | \$2,812.9 | 1.02 | \$4,725.2 | \$4,181.0 | 1.13 | -\$752.50 | -\$1,977.40 | \$1,008.00 | -\$73.70 | \$3,368.40 | \$2,429.90 |
| | | Alta | \$2,814.3 | \$2,418.9 | 1.16 | \$4,145.9 | \$3,348.7 | 1.24 | -\$358.50 | -\$1,145.10 | \$1,402.00 | \$758.60 | \$3,762.40 | \$3,262.20 |
| Mitigación y Deuda | Mitigación y Deuda | Baja | \$2,105.8 | \$2,322.8 | 0.91 | \$3,546.6 | \$4,527.3 | 0.78 | -\$262.40 | -\$2,323.70 | \$1,498.10 | -\$420.00 | \$3,858.50 | \$2,083.60 |
| | | Media | \$2,295.9 | \$2,134.0 | 1.08 | \$3,766.0 | \$3,702.1 | 1.02 | -\$73.60 | -\$1,498.50 | \$1,686.90 | \$405.20 | \$4,047.30 | \$2,908.80 |
| | | Alta | \$2,372.6 | \$2,005.6 | 1.18 | \$3,704.3 | \$2,005.6 | 1.85 | \$54.80 | \$198.00 | \$1,815.30 | \$2,101.70 | \$4,175.70 | \$4,605.30 |
| Mitigación y Reservas | Mitigación y Reservas | Baja | \$2,864.8 | \$2,688.7 | 1.07 | \$4,807.4 | \$4,969.6 | 0.97 | -\$628.30 | -\$2,766.00 | \$1,132.20 | -\$862.30 | \$3,492.60 | \$1,641.30 |
| | | Media | \$2,870.4 | \$2,337.0 | 1.23 | \$4,723.8 | \$3,798.8 | 1.24 | -\$276.60 | -\$1,595.20 | \$1,483.90 | \$308.50 | \$3,844.30 | \$2,812.10 |
| | | Alta | \$2,813.7 | \$2,119.7 | 1.33 | \$4,145.3 | \$2,119.7 | 1.96 | -\$59.30 | \$83.90 | \$1,701.20 | \$1,987.60 | \$4,061.60 | \$4,491.20 |
| Mitigación, seguro y deuda | Mitigación, seguro y deuda | Baja | \$2,080.9 | \$1,978.7 | 1.05 | \$3,472.5 | \$3,021.7 | 1.15 | \$81.70 | -\$818.10 | \$1,842.20 | \$1,085.60 | \$4,202.60 | \$3,589.20 |
| | | Media | \$2,276.0 | \$1,819.7 | 1.25 | \$3,725.9 | \$2,512.0 | 1.48 | \$240.70 | -\$308.40 | \$2,001.20 | \$1,595.30 | \$4,361.60 | \$4,098.90 |
| | | Alta | \$2,340.3 | \$1,782.3 | 1.31 | \$3,671.9 | \$2,275.7 | 1.61 | \$278.10 | -\$72.10 | \$2,038.60 | \$1,831.60 | \$4,399.00 | \$4,335.20 |
| Mitigación, seguro y reservas | Mitigación, seguro y reservas | Baja | \$2,528.4 | \$2,376.2 | 1.06 | \$3,957.1 | \$3,623.3 | 1.09 | -\$315.80 | -\$1,419.70 | \$1,444.70 | \$484.00 | \$3,805.10 | \$2,987.60 |
| | | Media | \$2,634.1 | \$2,125.9 | 1.24 | \$4,172.9 | \$2,981.6 | 1.40 | -\$65.50 | -\$778.00 | \$1,695.00 | \$1,125.70 | \$4,055.40 | \$3,629.30 |
| | | Alta | \$2,656.4 | \$2,014.8 | 1.32 | \$3,988.0 | \$2,267.1 | 1.76 | \$45.60 | -\$63.50 | \$1,806.10 | \$1,840.20 | \$4,166.50 | \$4,343.80 |
| Mitigación, deuda y reservas | Mitigación, deuda y reservas | Baja | \$2,239.1 | \$2,584.9 | 0.87 | \$3,598.9 | \$4,797.1 | 0.75 | -\$524.50 | -\$2,593.50 | \$1,236.00 | -\$689.80 | \$3,596.40 | \$1,813.80 |
| | | Media | \$2,450.7 | \$2,388.6 | 1.03 | \$3,897.5 | \$3,971.8 | 0.98 | -\$328.20 | -\$1,768.20 | \$1,432.30 | \$135.50 | \$3,792.70 | \$2,639.10 |
| | | Alta | \$2,538.2 | \$2,247.8 | 1.13 | \$3,869.8 | \$2,247.8 | 1.72 | -\$187.40 | -\$44.20 | \$1,573.10 | \$1,859.50 | \$3,933.50 | \$4,363.10 |
| Mitigación, seguro, reservas y | Mitigación, seguro, reservas y | Baja | \$2,227.1 | \$1,285.3 | 1.73 | \$3,554.8 | \$1,660.2 | 2.14 | \$775.10 | \$543.40 | \$2,535.60 | \$2,447.10 | \$4,896.00 | \$4,950.70 |
| | | Media | \$2,444.4 | \$1,455.7 | 1.68 | \$3,880.6 | \$1,755.8 | 2.21 | \$604.70 | \$447.80 | \$2,365.20 | \$2,351.50 | \$4,725.60 | \$4,855.10 |
| | | Alta | \$2,534.2 | \$1,567.8 | 1.62 | \$3,865.8 | \$1,602.9 | 2.41 | \$492.60 | \$600.70 | \$2,253.10 | \$2,504.40 | \$4,613.50 | \$5,008.00 |

Tabla 20. Resultados Sin Mitigación.

| Resultados sin Restricción Presupuestal | | | | | | | | Restricción Presupuestal Anual de 48.8 MDD + Línea de Crédito de 1,850 MDD | | Restricción Presupuestal Anual de 97.6 MDD + Línea de Crédito de 3,400 MDD | | Restricción Presupuestal Anual de 146.4 MDD + Línea de Crédito de 5,550 MDD | |
|---|--|----------------------------|-----------|-------|-----------------------------|-----------|-------|--|-------------|--|-------------|---|-------------|
| Estrategia Analizada | Instrumentos que aportan beneficio a la estrategia* | Horizonte temporal: 5 años | | | Horizonte temporal: 10 años | | | 5 años | 10 años | 5 años | 10 años | 5 años | 10 años |
| | | Tasa de Descuento | | | | | | | | | | | |
| | | 8% | | | | | | | | | | | |
| | | Beneficio | Costo | Ratio | Beneficio | Costo | Ratio | Valor Presente de la Restricción Presupuestal (millones USD) | | | | | |
| | | B | C | B/C | B | C | B/C | \$2,060.4 | \$2,203.6 | \$3,820.9 | \$4,107.3 | \$6,181.3 | \$6,610.9 |
| Seguro | Seguro | \$2,808.6 | \$5,149.7 | 0.55 | \$4,733.5 | \$8,654.5 | 0.55 | -\$3,089.30 | -\$6,450.90 | -\$1,328.80 | -\$4,547.20 | \$1,031.60 | -\$2,043.60 |
| Deuda | Deuda | \$1,792.6 | \$1,607.3 | 1.12 | \$3,034.3 | \$3,779.0 | 0.80 | \$453.10 | -\$1,575.40 | \$2,213.60 | \$328.30 | \$4,574.00 | \$2,831.90 |
| Reserva | Reserva | \$2,805.7 | \$3,405.4 | 0.82 | \$4,712.0 | \$6,835.3 | 0.69 | -\$1,345.00 | -\$4,631.70 | \$415.50 | -\$2,728.00 | \$2,775.90 | -\$224.40 |
| Seguro y Deuda | Seguro y Deuda | \$1,784.9 | \$2,389.6 | 0.75 | \$2,988.5 | \$4,014.9 | 0.74 | -\$329.20 | -\$1,811.30 | \$1,431.30 | \$92.40 | \$3,791.70 | \$2,596.00 |
| Seguro y Reserva | Seguro y Reserva | \$2,409.9 | \$2,981.1 | 0.81 | \$3,701.2 | \$5,291.8 | 0.70 | -\$920.70 | -\$3,088.20 | \$839.80 | -\$1,184.50 | \$3,200.20 | \$1,319.10 |
| Deuda y Reserva | Deuda y Reserva | \$1,855.9 | \$1,873.8 | 0.99 | \$3,141.4 | \$4,045.5 | 0.78 | \$186.60 | -\$1,841.90 | \$1,947.10 | \$61.80 | \$4,307.50 | \$2,565.40 |
| Seguro, Reserva y Deuda | Seguro, Reserva y Deuda | \$1,892.1 | \$1,158.7 | 1.63 | \$2,936.2 | \$1,624.2 | 1.81 | \$901.70 | \$579.40 | \$2,662.20 | \$2,483.10 | \$5,022.60 | \$4,986.70 |

3.6 Eficiencia de Medidas de Mitigación con Restricción Presupuestal

A pesar de que los resultados mostrados en la Tabla 19 muestran una rentabilidad atractiva derivada de la implementación de medidas de mitigación de cualquiera de los niveles establecidos (alto, medio, bajo) y que logran una reducción importante en términos de las PMP para diferentes periodos de retorno, la restricción presupuestal considerada en esa sección está relacionada con acciones de emergencia en lugar de una planeación ex-ante de reducción de riesgo. Los fondos de la partida de Gestión del Riesgo, Reducción de la Vulnerabilidad y Atención de Emergencias por Desastres (conocida como “068” en los documentos oficiales del Gobierno del Perú) representan en promedio US\$529.3 millones anuales basándonos en información de los últimos 5 años y pueden ser destinados a medidas de mitigación.

Este monto permitiría de forma inicial adquirir una medida de mitigación baja; sin embargo esto no significa que no existe alguna medida de mitigación media que se ajuste a ese presupuesto y que tenga potencial de reducir en mayor magnitud las PMP de diferentes PR significativos. Mediante la implementación de una metodología desarrollada para el presente estudio, se puede determinar una curva de excedencia de pérdidas resultante de implementar medidas de mitigación más simples que aquellas determinadas en la base del análisis como de bajo, mediano y alto impacto.

La primera parte de este análisis constará de analizar los efectos de la mitigación en cada una de las amenazas por separado y luego en conjunto para ver su efecto real. De acuerdo a los costos de las medidas de mitigación para sismo, éstas oscilan entre los US\$407.4 millones y los US\$ 1,012.3 millones por lo que sería posible reducir el riesgo en cierta forma acotada por la medida de mitigación baja y media si se considera el presupuesto de un solo año. De acuerdo a esto, la Tabla 21 muestra los resultados de reducción de riesgo a los que el país podría llegar en caso de que usara su presupuesto disponible en una medida de mitigación, la curva de excedencia de pérdidas resultante de este proceso se presenta en la **Figura 22**.

Tabla 21. Reducción en PMP a nivel nacional para una medida de mitigación por sismo con costo igual a US\$ 529.3 Millones

| Cambio en PMP por Periodo de Retorno (Restricción Presupuestal de US\$529.3 millones) | | | |
|--|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| Periodo de Retorno | PMP (Estado Original) | PMP (Estado Mitigado) | Reducción Porcentual |
| 1000 | \$18,782.15 | \$16,943.40 | 9.8% |
| 500 | \$16,332.60 | \$14,214.98 | 13.0% |
| 250 | \$13,756.06 | \$11,579.57 | 15.8% |
| 150 | \$11,957.16 | \$9,714.83 | 18.8% |
| 50 | \$6,919.6 | \$2,801.43 | 59.5% |

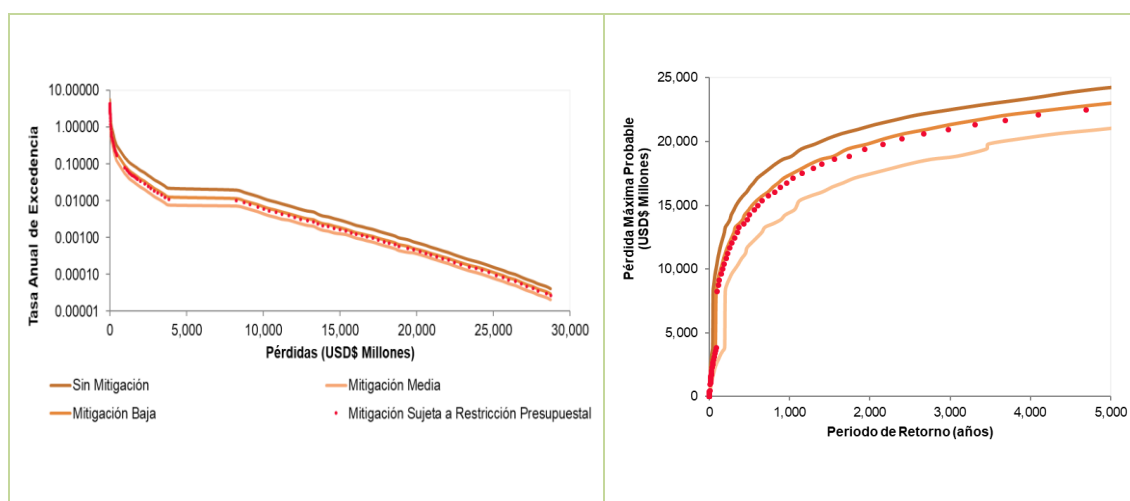


Figura 22. Reducción en riesgo por implementación de medida de mitigación en sismo (sujeta a restricción presupuestal)

Al comparar los resultados de la implementación de la medida de mitigación para sismo con las PMP de curva a nivel nacional, se puede observar que la reducción es equivalente al caso en el cual se compara la curva mitigada con la curva de sismo a nivel individual para los periodos de retorno establecidos en la Tabla 23, esto se debe a que la amenaza de inundación tiene una incidencia mayor en periodos de retorno bajos.

Respecto a los costos de las medidas de mitigación para inundación, éstas oscilan entre los US\$35.3 millones y los US\$40.3 millones por lo que sería posible adquirir la medida de mitigación de mayor impacto con esta restricción presupuestal. Al comparar su efecto por separado en la curva de excedencia integrada tanto por la amenaza de sismo como por inundación (Tabla 2) se observa que esta medida, a pesar de tener un efecto significativo en el riesgo específico de inundación, como se puede observar tanto en la Tabla 23, no es

eficiente reduciendo pérdidas para periodos de retorno altos a nivel nacional, ya que de acuerdo a la información disponible para este modelo (BID 2014-1 y 2015) la amenaza de inundación presenta mayor influencia en periodos de retorno bajos (menores a 50 años), por su parte los sismos presentan una mayor influencia en periodos de retorno altos a nivel nacional; por ello una medida de mitigación por inundación no permite reducir las pérdidas catastróficas (periodos de retorno altos) en el Perú, las cuales están relacionadas con eventos sísmicos importantes que pueden afectar al país en regiones extensas. Este efecto se observa en la siguiente tabla, donde al implementar únicamente medias de mitigación por inundación a nivel nacional, el efecto en el riesgo global (sismo + inundación) solo se observa en los periodos de retorno por debajo de 25 años.

Tabla 22. Reducción en PMP a nivel nacional (curva conjunta por sismo e inundación) para una medida de mitigación para inundación con costo igual a US\$ 529.3 Millones

| Cambio en PMP por Periodo de Retorno (Restricción Presupuestal de US\$529.3 millones) | | | |
|--|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| Periodo de Retorno | PMP (Estado Original) | PMP (Estado Mitigado) | Reducción Porcentual |
| 1000 | \$18,782.15 | \$18,782.15 | 0.00% |
| 500 | \$16,332.60 | \$16,332.60 | 0.00% |
| 250 | \$13,756.06 | \$13,756.06 | 0.00% |
| 150 | \$11,957.16 | \$11,957.16 | 0.00% |
| 50 | \$6,919.60 | \$6,919.60 | 0.00% |
| 24 | \$2,786.2 | \$2,731.30 | 2.0% |
| 20 | \$2,786.2 | \$2,458.33 | 11.8% |

Este par de comparaciones se lleva a pensar que una solución de esquina donde sólo se implemente una medida de mitigación para una sola amenaza no reducirá el riesgo para todo tipo de pérdidas de la misma forma. De acuerdo a esto, a continuación se propone un ejercicio donde el presupuesto disponible se divide proporcionalmente a la PAE para temas de mitigación, recibiendo más fondos aquella que tenga mayor incidencia en el riesgo.

De acuerdo a la estimación de PAE para las pérdidas totales (directas más indirectas), la PAE por sismo corresponde a US\$949.8 millones mientras que la de inundación equivale a US\$45.7 millones de un total de US\$995.5 millones. Esto quiere decir que el presupuesto disponible se dividirá de la siguiente manera:

- 95.4% para medidas de mitigación referentes a sismo
- 4.6% restante para medidas que reduzcan el riesgo por inundación.

Los valores anteriores se calcularon como el porcentaje de la prima total (Sismo+Inundación) que corresponde a cada amenaza particular (Sismo o Inundación), de la siguiente manera:

Prima Total (Sismo+Inundación)= US\$949.8 millones+ US\$45.7 millones= US\$995.5 millones

Porcentaje de presupuesto para sismo= US\$949.8 millones / US\$995.5 millones= 0.954=95.4%

Porcentaje de presupuesto para inundación= US\$45.7 millones / US\$995.5 millones = 0.046=4.6%

Al llevar a cabo esta combinación donde US\$505 millones son destinados a la amenaza de sismo mientras que US\$24.3 millones se utilizan para inundación, la reducción en PMP para los diferentes periodos de retorno significativos se muestra en la Tabla 24. Los resultados muestran que al emplear esta combinación para asignar recursos de reducción de riesgos, se cuenta con una disminución importante en periodos de retorno bajos correspondientes a pérdidas frecuentes.

Tabla 23. Reducción en PMP a nivel nacional (curva conjunta por sismo e inundación) para una medida de mitigación conjunta para sismo e inundación con costo igual a US\$ 529.3 Millones

| Cambio en PMP por Periodo de Retorno (Restricción Presupuestal de US\$529.3 millones) | | | |
|--|--------------------------|--------------------------|----------------------|
| Periodo de Retorno | PMP (Estado Original) | PMP (Estado Mitigado) | Reducción Porcentual |
| 1000 | \$18,782.15 | \$17,054.31 | 9.2% |
| 500 | \$16,332.60 | \$14,317.86 | 12.3% |
| 250 | \$13,756.06 | \$11,685.46 | 15.1% |
| 150 | \$11,957.16 | \$9,790.54 | 18.1% |
| 50 | \$6,919.60 | \$2,844.62 | 58.9% |

Se observa que esta distribución de la inversión permite mitigar las pérdidas máximas probables para todos los periodos de retorno mencionados, pero no en mayor proporción que la medida de mitigación exclusiva para sismo. Sin embargo, la pérdida anual esperada de esta asignación es menor (US\$557.4 millones) en comparación de aquella obtenida con el primer ejercicio de esta sección (US\$558.7 millones) a raíz de la reducción en pérdidas

de mayor recurrencia y cuya incidencia en el valor de la pérdida anual esperada es considerable.

A pesar de contar con tres enfoques para designar la asignación óptima de presupuesto a medidas de mitigación de cada amenaza, la pérdida anual esperada de la combinación anterior no es la menor que se puede obtener. Al llevar a cabo un ejercicio adicional para encontrar la proporción de gasto en mitigación por amenaza que dieran lugar a la menor pérdida anual esperada posible, llegamos a que el resultado óptimo es asignar el 92.4% del presupuesto disponible para mitigación en medidas por sismo, es decir, US\$489 millones para medidas de mitigación relacionadas con sismo y el 7.6% restante; es decir, US\$40.3 millones a obras relacionadas con inundación, lo cual da lugar a una pérdida anual esperada de US\$545.6 millones la cual equivale a una reducción de 45.2% respecto al indicador de riesgo en un estado sin mitigación (Tabla 24).

Tabla 24 Reducción en Pérdida Anual Esperada de Acuerdo a Acciones de Mitigación

| | Porcentaje Asignado a Sismo | Porcentaje Asignado a Inundación | Presupuesto Asignado a Sismo | Presupuesto Asignado a Inundación | Pérdida Anual Esperada | Reducción en Pérdida Anual Esperada |
|----------|-----------------------------------|--|------------------------------------|---|------------------------------|--|
| Opción 1 | 100.0% | 0.0% | \$529.3 | \$0.0 | \$558.7 | 43.9% |
| Opción 2 | 0.0% | 100.0% | \$0.0 | \$529.3 | \$958.6 | 3.7% |
| Opción 3 | 95.4% | 4.6% | \$505.0 | \$24.3 | \$557.4 | 44.0% |
| Opción 4 | 92.4% | 7.6% | \$489.0 | \$40.3 | \$545.6 | 45.2% |

3.7 Cobertura de Instrumentos Financieros – con Restricción Presupuestal

Esta sección presenta la elección de los diferentes instrumentos financieros que logran otorgar la cobertura más amplia para el presupuesto que Perú tiene actualmente definido por un horizonte de tiempo de 10 años. Esta parte del análisis se lleva a cabo tanto para encontrar la cobertura máxima que un instrumento financiero puede proporcionar tanto de forma individual como al ser combinado con otros instrumentos. La restricción presupuestal anual analizada es de US\$97.6 millones, monto equivalente al presupuesto disponible sin considerar las líneas de crédito contingentes.

3.7.1 Escenario con Mitigación baja

Este análisis considera de igual forma pérdidas totales (directas e indirectas) con una medida de mitigación baja para sismo e inundación y con los parámetros financieros descritos en la sección 3.5. Los resultados se muestran en la Tabla 25, dando lugar a las coberturas máximas asequibles con la misma restricción presupuestal de US\$707.3 millones, las cuales se indican a continuación.

Bajo esta nueva estructura de riesgo, las coberturas máximas de los instrumentos por separado son de US\$4,614.9 millones para un esquema de deuda, US\$23,800.6 millones para un contrato de seguro y los mismos US\$ 707.3 millones para una reserva. El incremento en estos montos en comparación a los descritos en la sección anterior se debe al efecto de implementar una medida de mitigación, la cual ocasiona que la ocurrencia de los diferentes niveles de pérdidas sea menor, dando lugar a la posibilidad de que el deducible de un contrato de seguro sea menor y a que la estimación del tiempo de ocurrencia de una pérdida mayor al monto mínimo para aprobar un contrato de deuda (US\$ 300 millones) sea mayor, disminuyendo así el valor presente de su repago al descontar pagos de horizontes temporales más lejanos. El caso de la reserva se mantiene constante debido a que su establecimiento no depende de la probabilidad de ocurrencia de los eventos; sin embargo su agotamiento será más lento.

Las coberturas para estrategias mixtas (4, 5, 6 y 7) considerando también una participación mínima de cada uno de los instrumentos que la conforman son de US\$22,965.3 millones, US\$23,798.9 millones, US\$4,613.8 millones y US\$22,963.6 millones respectivamente. Nuevamente los resultados son menores que al considerar solamente el uso de un seguro o deuda de forma individual. Para este caso, la alternativa para maximizar la cobertura a la

que el país está expuesto es emplear un seguro que cubra pérdidas a partir de US\$4,928.6 millones y cuyo límite sea de US\$28,729.2 millones, los cuales tienen asociados periodos de retorno de 81.6 y 34,025.4 años respectivamente en esta nueva curva, los cuales equivalen a 47.5 y 24,838.5 años en la curva sin mitigación.

Tabla 25. Coberturas de Instrumentos Financieros con Mitigación Baja (Restricción Presupuestal de US\$97.6 millones anuales por 10 años)

| | | Cobertura | Costo | Porcentaje del Costo Total | Deducible | Límite |
|--------------------------------------|--------------|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|------------|
| Estrategia 1-Deuda | Deuda | \$4,614.9 | \$707.3 | 100% | \$300.0 | - |
| Estrategia 2-Seguro | Seguro | \$23,800.6 | \$707.3 | 100% | \$4,928.6 | \$28,729.2 |
| Estrategia 3-Reserva | Reserva | \$707.3 | \$707.3 | 100% | - | - |
| Estrategia 4-Deuda y Seguro | Seguro | \$22,665.3 | \$589.0 | 83.3% | \$6,063.9 | \$28,729.2 |
| | Deuda | \$300.0 | \$118.3 | 16.7% | \$300.0 | - |
| | Total | \$22,965.3 | \$707.3 | 100.0% | - | - |
| Estrategia 5-Seguro y Reserva | Seguro | \$23,798.7 | \$589.0 | 100.0% | \$4,930.5 | \$28,729.2 |
| | Reserva | \$0.2 | \$0.2 | 0.0% | - | - |
| | Total | \$23,798.9 | \$589.2 | 100.0% | - | - |
| Estrategia 6-Deuda y Reserva | Deuda | \$4,613.6 | \$707.1 | 100.0% | \$300.0 | - |
| | Reserva | \$0.2 | \$0.2 | 0.0% | - | - |
| | Total | \$4,613.8 | \$707.3 | 100.0% | - | - |
| Estrategia 7-Seguro, Deuda y Reserva | Seguro | \$22,663.4 | \$588.8 | 83.2% | \$6,065.8 | \$28,729.2 |
| | Deuda | \$300.0 | \$118.3 | 16.7% | \$300.0 | - |
| | Reserva | \$0.2 | \$0.2 | 0.0% | - | - |
| | Total | \$22,963.6 | \$707.3 | 100.0% | - | - |

3.7.2 Escenario con Mitigación media

Este análisis considera de igual forma pérdidas totales (directas e indirectas) con una medida de mitigación media para sismo e inundación y con los parámetros financieros descritos en la sección 3.5. Los resultados se muestran en la Tabla 26, dando lugar a las siguientes coberturas máximas asequibles con la misma restricción presupuestal de US\$707.3 millones.

Bajo este escenario, las coberturas máximas de los instrumentos por separado son de US\$ 5,211.1 millones para un esquema de deuda, US\$26,538.3 millones para un contrato de seguro y US\$707.3 millones para una reserva.

Las coberturas para estrategias mixtas (4, 5, 6 y 7) considerando también una participación mínima de cada uno de los instrumentos que la conforma son de US\$26,085.3 millones, US\$26,537.5 millones, US\$5,209.8 millones y US\$26,084 millones respectivamente. Nuevamente los resultados son menores que al considerar solamente el uso de un seguro,

sin embargo podemos observar que la diferencia en cobertura de la Estrategia 4 (Seguro y Deuda) y la Estrategia 2 (Seguro) va disminuyendo en comparación de los dos escenarios anteriores lo cual se debe a que el deducible del seguro que da lugar a esta cobertura es cada vez menor (y más probable) lo cual impacta más que proporcionalmente su costo.

Tabla 26. Coberturas de Instrumentos Financieros con Mitigación Media (Restricción Presupuestal de US\$97.6 millones anuales por 10 años)

| | | Cobertura | Costo | Porcentaje del Costo Total | Deducible | Límite |
|--------------------------------------|--------------|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|------------|
| Estrategia 1-Deuda | Deuda | \$5,211.1 | \$707.3 | 100% | \$300.0 | - |
| Estrategia 2-Seguro | Seguro | \$26,538.3 | \$707.3 | 100% | \$2,190.9 | \$28,729.2 |
| Estrategia 3-Reserva | Reserva | \$707.3 | \$707.3 | 100% | - | - |
| Estrategia 4-Deuda y Seguro | Seguro | \$25,785.6 | \$597.6 | 84.5% | \$2,943.6 | \$28,729.2 |
| | Deuda | \$300.0 | \$109.7 | 15.5% | \$300.0 | - |
| | Total | \$26,085.6 | \$707.3 | 100.0% | - | - |
| Estrategia 5-Seguro y Reserva | Seguro | \$26,537.3 | \$597.6 | 100.0% | \$2,191.9 | \$28,729.2 |
| | Reserva | \$0.2 | \$0.2 | 0.0% | - | - |
| | Total | \$26,537.5 | \$597.8 | 100.0% | - | - |
| Estrategia 6-Deuda y Reserva | Deuda | \$5,209.6 | \$707.1 | 100.0% | \$300.0 | - |
| | Reserva | \$0.2 | \$0.2 | 0.0% | - | - |
| | Total | \$5,209.8 | \$707.3 | 100.0% | - | - |
| Estrategia 7-Seguro, Deuda y Reserva | Seguro | \$25,783.8 | \$597.4 | 84.5% | \$2,945.4 | \$28,729.2 |
| | Deuda | \$300.0 | \$109.7 | 15.5% | \$300.0 | - |
| | Reserva | \$0.2 | \$0.2 | 0.0% | - | - |
| | Total | \$26,084.0 | \$707.3 | 100.0% | - | - |

3.7.3 Escenario con Mitigación alta

Este análisis considera de igual forma pérdidas totales (directas e indirectas) con una medida de mitigación alta para sismo e inundación y con los parámetros financieros descritos en la sección 3.3. Los resultados se muestran en la Tabla 28, dando lugar a las siguientes coberturas máximas asequibles con la misma restricción presupuestal de US\$707.3 millones.

Bajo este escenario, las coberturas máximas de los instrumentos por separado son de US\$5,593.1 millones para un esquema de deuda, US\$27,674 millones para un contrato de seguro y US\$707.3 millones para una reserva.

Las coberturas para estrategias mixtas (4, 5, 6 y 7) considerando también una participación mínima de cada uno de los instrumentos que la conforma son de US\$27,533.1 millones, US\$27,673.6 millones, US\$5,591.7 millones y US\$27,531.4 millones respectivamente.

Tabla 27. Coberturas de Instrumentos Financieros con Mitigación Alta (Restricción Presupuestal de US\$97.6 millones anuales por 10 años)

| | | Cobertura | Costo | Porcentaje del Costo Total | Deducible | Límite |
|--------------------------------------|--------------|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|------------|
| Estrategia 1-Deuda | Deuda | \$5,593.1 | \$707.3 | 100% | \$300.0 | - |
| Estrategia 2-Seguro | Seguro | \$27,674.0 | \$707.3 | 100% | \$1,055.2 | \$28,729.2 |
| Estrategia 3-Reserva | Reserva | \$707.3 | \$707.3 | 100% | - | - |
| Estrategia 4-Deuda y Seguro | Seguro | \$26,279.8 | \$457.1 | 64.6% | \$2,449.4 | \$28,729.2 |
| | Deuda | \$1,253.3 | \$250.2 | 35.4% | \$300.0 | - |
| | Total | \$27,533.1 | \$707.3 | 100.0% | - | - |
| Estrategia 5-Seguro y Reserva | Seguro | \$27,673.4 | \$457.1 | 100.0% | \$1,055.8 | \$28,729.2 |
| | Reserva | \$0.2 | \$0.2 | 0.0% | - | - |
| | Total | \$27,673.6 | \$457.3 | 100.0% | - | - |
| Estrategia 6-Deuda y Reserva | Deuda | \$5,591.5 | \$707.1 | 100.0% | \$300.0 | \$5,891.5 |
| | Reserva | \$0.2 | \$0.2 | 0.0% | - | - |
| | Total | \$5,591.7 | \$707.3 | 100.0% | - | - |
| Estrategia 7-Seguro, Deuda y Reserva | Seguro | \$26,277.9 | \$456.9 | 64.6% | \$2,451.3 | \$28,729.2 |
| | Deuda | \$1,253.3 | \$250.2 | 35.4% | \$300.0 | - |
| | Reserva | \$0.2 | \$0.2 | 0.0% | - | - |
| | Total | \$27,531.4 | \$707.3 | 100.0% | - | - |

3.7.4 Escenario sin Mitigación

Se desarrolló un análisis adicional de las pérdidas totales (directas e indirectas) sin mitigación y con los parámetros financieros descritos en la sección 3.3. Los resultados se muestran en la Tabla 28, dando lugar a las siguientes coberturas basadas en el valor presente de la restricción presupuestal a 10 años de US\$97.6 millones (US\$707.3 millones).

Se observa que para esta restricción presupuestal, las coberturas máximas que los instrumentos financieros pueden proporcionar por separado son de US\$3,893.3 millones para un esquema de deuda, US\$21,129.2 millones para un contrato de seguro y US\$707.3 millones para una reserva.

Al combinarlos entre sí y considerando al menos una participación mínima de cada uno de los instrumentos, las coberturas son de US\$20,718.2 millones, US\$21,128.2 millones, US\$3,892.3 millones y US\$20,717.1 millones para las Estrategias 4, 5, 6 y 7 respectivamente. Para las Estrategias 4 y 5, los resultados son menores que al considerar solamente el uso de un seguro; mientras que para la estrategia 6, la cobertura es menor que aquella alcanzada solamente por un contrato de deuda. Esto significa que contando con los US\$707.3 millones de restricción presupuestal y cubriendo cualquier tipo de pérdidas, la alternativa para maximizar la cobertura a la que el país está expuesto es no combinar diferentes instrumentos entre sí y en particular emplear un seguro que cubra pérdidas a partir de US\$7,600.0 millones y cuyo límite sea de US\$28,729.2 millones.

El hecho de que este instrumento financiero pueda proporcionar una cobertura amplia en comparación con la deuda y la reserva radica en que su precio depende directamente de los periodos de retorno de sus límites; los cuales son de 50.8 años para el deducible y 24,838.5 años para el límite de acuerdo a la curva de excedencia de pérdidas.

Tabla 28. Coberturas de Instrumentos Financieros (Restricción Presupuestal de US\$97.6 millones anuales por 10 años)

| | | Cobertura | Costo | Porcentaje del Costo Total | Deducible | Límite |
|--------------------------------------|--------------|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|------------|
| Estrategia 1-Deuda | Deuda | \$3,893.3 | \$707.3 | 100% | \$300.0 | - |
| Estrategia 2-Seguro | Seguro | \$21,129.2 | \$707.3 | 100% | \$7,600.0 | \$28,729.2 |
| Estrategia 3-Reserva | Reserva | \$707.3 | \$707.3 | 100% | - | - |
| Estrategia 4-Deuda y Seguro | Seguro | \$20,418.2 | \$581.7 | 82.2% | \$8,311.0 | \$28,729.2 |
| | Deuda | \$300.0 | \$125.6 | 17.8% | \$300.0 | - |
| | Total | \$20,718.2 | \$707.3 | 100.0% | - | - |
| Estrategia 5-Seguro y Reserva | Seguro | \$21,128.0 | \$707.1 | 100.0% | \$7,601.2 | \$28,729.2 |
| | Reserva | \$0.2 | \$0.2 | 0.0% | - | - |
| | Total | \$21,128.2 | \$707.3 | 100.0% | - | - |
| Estrategia 6-Deuda y Reserva | Deuda | \$3,892.1 | \$707.1 | 100.0% | \$300.0 | \$4,192.1 |
| | Reserva | \$0.2 | \$0.2 | 0.0% | - | - |
| | Total | \$3,892.3 | \$707.3 | 100.0% | - | - |
| Estrategia 7-Seguro, Deuda y Reserva | Seguro | \$20,416.9 | \$581.5 | 82.2% | \$8,312.3 | \$28,729.2 |
| | Deuda | \$300.0 | \$125.6 | 17.8% | \$300.0 | - |
| | Reserva | \$0.2 | \$0.2 | 0.0% | - | - |
| | Total | \$20,717.1 | \$707.3 | 100.0% | - | - |

3.7.5 Elección de coberturas máxima de instrumentos financieros con límites de pérdidas cubiertas

En las cuatro secciones anteriores se observó que la estrategia que contaba con la cobertura máxima de pérdidas sujeto a la restricción presupuestal establecida, fue un seguro para capas de alto riesgo o dicho de otra forma, para pérdidas severas de muy baja ocurrencia teniendo como límite superior el último punto de la curva de excedencia de pérdidas (US\$28,729.2 millones). Sin embargo, el periodo de retorno de este monto está entre 24,838.5 años (escenario sin mitigación) y 65,364.6 años (escenario de mitigación alta).

La intención de esta sección es encontrar periodos de retorno máximos de protección que den lugar a coberturas máximas conformadas por dos o más instrumentos financieros.

Tanto para el escenario sin mitigación como para el de mitigación baja, no existe un periodo de retorno máximo que dé lugar a una estrategia de máxima cobertura conformada por dos o más instrumentos; sin embargo aquellos que minimizan la diferencia son 50 años (US\$6,919.6 millones) y 84 años (US\$6,449.6 millones). Se puede observar en la Tabla 29 y Tabla 30 que la diferencia entre las coberturas de estas estrategias y las de los

instrumentos individuales es menor, siendo aquella con mayor cobertura el contrato de Deuda en el escenario sin mitigación con un periodo de retorno máximo de 50 años (US\$3,893.3), así como en el escenario de mitigación baja tanto deuda como seguro (US\$4,614.9).

Tabla 29. Coberturas de Instrumentos Financieros sin Mitigación (Restricción Presupuestal de US\$97.6 millones anuales por 10 años y Periodo de Retorno Máximo de 50 años)

| | | Cobertura | Costo | Porcentaje del Costo Total | Deducible | Límite |
|--------------------------------------|--------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|-----------|
| Estrategia 1-Deuda | Deuda | \$3,893.3 | \$707.3 | 100% | \$300.0 | - |
| Estrategia 2-Seguro | Seguro | \$3,759.8 | \$707.3 | 100% | \$3,159.8 | \$6,919.6 |
| Estrategia 3-Reserva | Reserva | \$707.3 | \$707.3 | 100% | - | - |
| Estrategia 4-Deuda y Seguro | Seguro | \$3,240.1 | \$581.7 | 82.2% | \$3,679.5 | \$6,919.6 |
| | Deuda | \$300.0 | \$125.6 | 17.8% | \$300.0 | - |
| | Total | \$3,540.1 | \$707.3 | 100.0% | - | - |
| Estrategia 5-Seguro y Reserva | Seguro | \$3,759.0 | \$707.1 | 100.0% | \$3,160.6 | \$6,919.6 |
| | Reserva | \$0.2 | \$0.2 | 0.0% | - | \$0.2 |
| | Total | \$3,759.2 | \$707.3 | 100.0% | - | - |
| Estrategia 6-Deuda y Reserva | Deuda | \$3,892.1 | \$707.1 | 100.0% | \$300.0 | \$4,192.1 |
| | Reserva | \$0.2 | \$0.2 | 0.0% | - | \$0.2 |
| | Total | \$3,892.3 | \$707.3 | 100.0% | - | - |
| Estrategia 7-Seguro, Deuda y Reserva | Seguro | \$3,239.1 | \$581.5 | 82.2% | \$3,680.5 | \$6,919.6 |
| | Deuda | \$300.0 | \$125.6 | 17.8% | \$300.0 | \$600.0 |
| | Reserva | \$0.2 | \$0.2 | 0.0% | - | \$0.2 |
| | Total | \$3,539.3 | \$707.3 | 100.0% | - | - |

Tabla 30. Coberturas de Instrumentos Financieros con Mitigación Baja (Restricción Presupuestal de US\$97.6 millones anuales por 10 años y Periodo de Retorno Máximo de 84 años)

| | | Cobertura | Costo | Porcentaje del Costo Total | Deducible | Límite |
|---------------------------------------|--------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|-----------|
| Estrategia 1- Deuda | Deuda | \$4,614.9 | \$707.3 | 100% | \$300.0 | - |
| Estrategia 2- Seguro | Seguro | \$4,614.9 | \$707.3 | 100% | \$1,834.7 | \$6,449.6 |
| Estrategia 3- Reserva | Reserva | \$707.3 | \$707.3 | 100% | - | - |
| Estrategia 4- Deuda y Seguro | Seguro | \$4,274.7 | \$589.0 | 83.3% | \$2,174.9 | \$6,449.6 |
| | Deuda | \$300.0 | \$118.3 | 16.7% | \$300.0 | - |
| | Total | \$4,574.7 | \$707.3 | 100.0% | - | - |
| Estrategia 5- Seguro y Reserva | Seguro | \$4,614.4 | \$707.1 | 100.0% | \$1,835.2 | \$6,449.6 |
| | Reserva | \$0.2 | \$0.2 | 0.0% | - | \$0.2 |
| | Total | \$4,614.6 | \$707.3 | 100.0% | - | - |
| Estrategia 6- Deuda y Reserva | Deuda | \$4,613.6 | \$707.1 | 100.0% | \$300.0 | \$4,913.6 |
| | Reserva | \$0.2 | \$0.2 | 0.0% | - | \$0.2 |
| | Total | \$4,613.8 | \$707.3 | 100.0% | - | - |
| Estrategia 7- Seguro, Deuda y Reserva | Seguro | \$3,239.1 | \$339.7 | 74.1% | \$3,680.5 | \$6,919.6 |
| | Deuda | \$300.0 | \$118.3 | 25.8% | \$300.0 | \$600.0 |
| | Reserva | \$0.2 | \$0.2 | 0.0% | - | \$0.2 |
| | Total | \$3,539.3 | \$458.2 | 100.0% | - | - |

En el caso de la medida de mitigación media, tomando como periodo de retorno máximo 136 años (US\$6,208.71), es posible alcanzar la mejor cobertura posible al combinar un contrato de deuda contingente por US\$ 3,843.6 millones y un seguro con deducible de US\$3,417.3 y límite de US\$6,208.71 como se puede observar en la Tabla 31.

Tabla 31. Coberturas de Instrumentos Financieros con Mitigación Media (Restricción Presupuestal de US\$97.6 millones anuales por 10 años y Periodo de Retorno Máximo de 136 años)

| | | Cobertura | Costo | Porcentaje del Costo Total | Deducible | Límite |
|--------------------------------------|--------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|-----------|
| Estrategia 1-Deuda | Deuda | \$5,211.1 | \$707.3 | 100% | \$300.0 | - |
| Estrategia 2-Seguro | Seguro | \$5,211.2 | \$707.3 | 100% | \$997.6 | \$6,208.7 |
| Estrategia 3-Reserva | Reserva | \$707.3 | \$707.3 | 100% | - | - |
| Estrategia 4-Deuda y Seguro | Seguro | \$2,791.4 | \$183.6 | 26.0% | \$3,417.3 | \$6,208.7 |
| | Deuda | \$3,843.6 | \$523.7 | 74.0% | \$300.0 | - |
| | Total | \$6,635.0 | \$707.3 | 100.0% | - | - |
| Estrategia 5-Seguro y Reserva | Seguro | \$5,210.8 | \$707.1 | 100.0% | \$997.9 | \$6,208.7 |
| | Reserva | \$0.2 | \$0.2 | 0.0% | - | \$0.2 |
| | Total | \$5,211.0 | \$707.3 | 100.0% | - | - |
| Estrategia 6-Deuda y Reserva | Deuda | \$5,209.7 | \$707.1 | 100.0% | \$300.0 | \$5,509.7 |
| | Reserva | \$0.2 | \$0.2 | 0.0% | - | \$0.2 |
| | Total | \$5,209.9 | \$707.3 | 100.0% | - | - |
| Estrategia 7-Seguro, Deuda y Reserva | Seguro | \$2,788.9 | \$183.4 | 25.9% | \$3,419.8 | \$6,208.7 |
| | Deuda | \$3,843.6 | \$523.7 | 74.0% | \$3,843.6 | \$7,687.2 |
| | Reserva | \$0.2 | \$0.2 | 0.0% | - | \$0.2 |
| | Total | \$6,632.7 | \$707.3 | 100.0% | - | - |

Finalmente, al emplear una medida de mitigación alta y establecer como periodo de retorno máximo de protección 200 años (US\$ 6,841.8), se observa en la Tabla 32 que es posible obtener una cobertura total de US\$ 8,173.3 millones al elegir nuevamente una combinación de seguro y deuda contingente.

Tabla 32. Coberturas de Instrumentos Financieros con Mitigación Alta (Restricción Presupuestal de US\$97.6 millones anuales por 10 años y Periodo de Retorno Máximo de 200 años)

| | | Cobertura | Costo | Porcentaje del Costo Total | Deducible | Límite |
|---------------------------------------|--------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|-----------|
| Estrategia 1- Deuda | Deuda | \$5,593.1 | \$707.3 | 100% | \$300.0 | - |
| Estrategia 2- Seguro | Seguro | \$6,236.4 | \$707.3 | 100% | \$605.5 | \$6,841.9 |
| Estrategia 3- Reserva | Reserva | \$707.3 | \$707.3 | 100% | - | - |
| Estrategia 4- Deuda y Seguro | Seguro | \$4,329.7 | \$220.1 | 31.1% | \$2,512.2 | \$6,841.9 |
| | Deuda | \$3,843.6 | \$487.2 | 68.9% | \$300.0 | - |
| | Total | \$8,173.3 | \$707.3 | 100.0% | - | - |
| Estrategia 5- Seguro y Reserva | Seguro | \$6,236.0 | \$707.1 | 100.0% | \$605.8 | \$6,841.9 |
| | Reserva | \$0.2 | \$0.2 | 0.0% | - | \$0.2 |
| | Total | \$6,236.2 | \$707.3 | 100.0% | - | - |
| Estrategia 6- Deuda y Reserva | Deuda | \$5,591.5 | \$707.1 | 100.0% | \$300.0 | \$5,891.5 |
| | Reserva | \$0.2 | \$0.2 | 0.0% | - | \$0.2 |
| | Total | \$5,591.7 | \$707.3 | 100.0% | - | - |
| Estrategia 7- Seguro, Deuda y Reserva | Seguro | \$4,327.5 | \$219.9 | 31.1% | \$2,514.3 | \$6,841.9 |
| | Deuda | \$3,843.6 | \$487.2 | 68.9% | \$3,843.6 | \$7,687.2 |
| | Reserva | \$0.2 | \$0.2 | 0.0% | - | \$0.2 |
| | Total | \$8,171.3 | \$707.3 | 100.0% | - | - |

3.8 Resultados a nivel Sectorial (Con Restricción Presupuestal)

Esta sección presenta la elección de la distribución óptima del presupuesto anual disponible para mitigación por sector económico del país que minimiza la pérdida anual esperada a nivel agregado, es decir a nivel nacional. La restricción presupuestal anual considerada es equivalente a los fondos de la partida de Gestión del Riesgo, Reducción de la Vulnerabilidad y Atención de Emergencias por Desastres (068), los cuales representan US\$529.3 millones anuales.

Mediante la implementación de un proceso de optimización numérica, se determina el porcentaje del presupuesto de mitigación que le corresponde a cada sector y que da lugar a la menor pérdida anual esperada posible a nivel nacional. Este procedimiento garantiza que los recursos fiscales del país se usan eficientemente en los sectores cuya reducción de riesgo es de mayor impacto en el nivel agregado nacional. Se puede determinar una curva de excedencia de pérdidas resultante de implementar medidas de mitigación más simples que aquellas determinadas en la base del análisis como de bajo, mediano y alto impacto para cada uno de los sectores económicos que representarían un contingente implícito para el gobierno.

Tomando en cuenta las pérdidas indirectas, la pérdida anual esperada de cada uno de estos sectores se muestra a continuación en la Tabla 33 donde también es posible observar el porcentaje que representan a nivel nacional.

Tabla 33. Pérdida Anual Esperada por Sector

| Sector | Pérdida Anual Esperada (US\$ millones) | Porcentaje |
|---|--|---------------|
| Construcciones Públicas | \$424.32 | 42.6% |
| Construcciones Privadas de Bajo Ingreso | \$251.03 | 25.2% |
| Transporte y Telecomunicaciones | \$172.27 | 17.3% |
| Distribución y Generación de Energía | \$134.53 | 13.5% |
| Distribución de Agua | \$13.34 | 1.3% |
| Total | \$995.50 | 100.0% |

Un primer acercamiento para determinar el porcentaje del presupuesto de mitigación destinado a cada uno de los sectores antes mencionados sería usar aquél que representa su participación a nivel agregado, sin embargo como se observa más adelante en esta sección, este planteamiento no da lugar a la pérdida anual esperada mínima que se puede alcanzar manteniendo constante esta restricción presupuestal. Los resultados de usar este acercamiento se muestran a continuación en la Tabla 34

Tabla 34. Pérdida Anual Esperada por Sector – Mitigación de Acuerdo a Participación en Riesgo Agregado

| Sector | PAE | Porcentaje | Reducción Porcentual en PAE |
|---|-----------------|---------------|-----------------------------|
| Construcciones Públicas | \$250.35 | 43.6% | 41.0% |
| Construcciones Privadas de Bajo Ingreso | \$113.68 | 19.8% | 54.7% |
| Transporte y Telecomunicaciones | \$89.16 | 15.5% | 48.2% |
| Distribución y Generación de Energía | \$110.40 | 19.2% | 17.9% |
| Distribución de Agua | \$10.62 | 1.9% | 20.4% |
| Total | \$574.21 | 100.0% | 42.3% |

Al asignar el presupuesto de mitigación de forma proporcional al riesgo inicial que cada sector representa se observa una reducción de más del 40% en la pérdida anual esperada nacional, con reducciones individuales de más del 50% para las Construcciones Privadas de Bajos Ingresos, seguido de 48.2% en el sector de Transporte y Telecomunicaciones, 41% en Construcciones Públicas, casi 18% en Energía y poco más del 20% en Distribución de Agua.

A pesar de que estos resultados son optimistas en términos de reducción de riesgo, es posible encontrar una combinación diferente que dé lugar a una pérdida anual esperada menor a nivel agregado. El proceso de optimización empleado realiza iteraciones basadas en una asignación inicial del presupuesto para cada sector y proporciona como resultado final aquellos que cumplen con la condición de que minimiza la pérdida anual esperada a nivel nacional.

En términos de este enfoque, los resultados son los siguientes:

Tabla 35. Asignación Óptima de Presupuesto para Mitigación

| Sector | Porcentaje de Asignación de Presupuesto | Presupuesto Asignado |
|---|---|----------------------|
| Construcciones Públicas | 52.2% | \$276.24 |
| Construcciones Privadas de Bajo Ingreso | 37.0% | \$195.63 |
| Transporte y Telecomunicaciones | 8.2% | \$43.62 |
| Distribución y Generación de Energía | 0.4% | \$2.13 |
| Distribución de Agua | 2.4% | \$12.62 |
| Total | 100.0% | \$530.24 |

De acuerdo a los resultados de la Tabla 37, se observa que a pesar de que el orden de magnitud de la asignación del presupuesto total en mitigación para cada sector sí es el mismo que el que cada uno de ellos tiene a nivel de participación de la pérdida anual esperada total, no es proporcional a ésta. Los resultados en pérdida anual esperada después de la asignación anterior se muestran a continuación:

Tabla 36. Pérdida Anual Esperada bajo Asignación Óptima de Presupuesto para Mitigación

| Sector | PAE | Porcentaje | Reducción Porcentual en PAE |
|---|----------------|---------------|-----------------------------|
| Construcciones Públicas | \$223.46 | 41.0% | 47.3% |
| Construcciones Privadas de Bajo Ingreso | \$71.24 | 13.1% | 71.6% |
| Transporte y Telecomunicaciones | \$108.37 | 19.9% | 37.1% |
| Distribución y Generación de Energía | \$134.01 | 24.6% | 0.4% |
| Distribución y Generación de Agua | \$8.52 | 1.6% | 36.1% |
| Total | \$545.6 | 100.0% | 45.2% |

4 CONCLUSIONES

- La amenaza que presenta mayor incidencia en el riesgo nacional de Perú es la de sismo, debido tanto a una mayor frecuencia anual de ocurrencia (hecho reflejado en mayores valores de tasa anual de excedencia para los diferentes valores de pérdidas) como a una mayor severidad, lo cual se observa en la información analizada en este estudio (**Tabla 10** y **Tabla 11**), al tener PMP más altas para cualquiera de los diferentes niveles significativos de periodos de retorno.
- La restricción presupuestal anual del GdP estimada de acuerdo a la información a que se tuvo acceso como parte de este estudio, es de US\$3,497 millones, la cual comprende recursos destinados a FONDES y Líneas de crédito contingente a abril 2017.
- De acuerdo a los resultados de este estudio, se estima que si el Gobierno de Perú invierte en una medida de mitigación de bajo impacto, la Pérdida Anual Esperada (PAE) se reduciría de US\$995.5 a US\$608.8 millones. En el caso de una medida de mediano impacto, la PAE se vería reducida a US\$389.0 millones y el caso extremo de invertir en una medida de alto impacto, la PAE podría reducirse a US\$264.3 millones.
- Los resultados del análisis Beneficio/Costo desarrollado, indican que para la tasa de descuento utilizada todas las medidas de mitigación analizadas son rentables (i.e. su ratio B/C es mayor a 1). Es importante hacer notar que para las estrategias que sólo contemplan cualquiera de los tres niveles de medidas de mitigación (baja, media o alta), la medida de mitigación baja es la que cuenta con el mayor ratio, versus mitigación alta y media. Sin embargo esta medida en particular no es capaz de proteger siempre la totalidad de la infraestructura que forma parte de la responsabilidad fiscal del gobierno ante eventos más severos y poco frecuentes.
- En términos generales, los resultados del análisis Beneficio/Costo muestran que el tamaño de los costos de una medida de mitigación oscilan entre US\$442.7 millones y US\$1,052.6 millones. A este costo es necesario sumarle el de los instrumentos que compongan la estrategia de análisis. Para el caso de aquellas estrategias rentables, el costo de los instrumentos está entre US\$515.2 millones y US\$3,378.3

millones mientras que los beneficios toman valores en el intervalo comprendido entre US\$2,080.9 millones y US\$4,816.5 millones.

- La estrategia más favorable (es decir, que tiene el ratio B/C máximo) para administrar el riesgo remanente es la mitigación en sí misma, dado que su costo más que compensa la reducción del riesgo. La segunda estrategia más rentable que considera tanto instrumentos financieros como medidas de mitigación para hacer frente al riesgo remanente es la combinación de una línea de reserva, deuda contingente y seguro después de haber implementado una medida de mitigación alta.
- Los resultados obtenidos para el análisis de las estrategias sin mitigación indican que la estrategia más rentable (con ratio máximo y mayor a 1) es la combinación de “Reserva, Deuda Contingente y Seguro”.
- Una medida de mitigación no sólo proporciona un beneficio al reducir las pérdidas a las que un país potencialmente se enfrenta, sino que al mismo tiempo hace que las estrategias financieras disminuyan su costo debido al cambio positivo que se lleva a cabo en la estructura de riesgo del país.
- Al determinar la mejor forma de usar un presupuesto determinado en medidas de mitigación, es necesario considerar las amenazas naturales a las que está expuesto un determinado país y conocer el efecto que cada una de ellas tiene sobre el riesgo agregado. De esa forma es posible definir si el objetivo a alcanzar radica en disminuir pérdidas máximas probables para periodos de retorno determinados o bien, la pérdida anual esperada.
- Considerando un monto de US\$529.3 millones basado en información histórica del presupuesto histórico de Gestión de Riesgos y Emergencias, es posible pasar de una pérdida anual esperada de US\$995.5 millones a US\$545.6 millones (reducción del 45.2%) si se asigna el 92.4% (US\$489 millones) de ese presupuesto a una medida de mitigación en sismo y el resto (US\$40.3 millones) a mitigar eventos de inundación.

5 REFERENCIAS

- Banco Central de Reserva de Perú. Series Mensuales Tipo de Cambio Nominal
<https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/mensuales/tipo-de-cambio-nominal>
- Banco Interamericano de Desarrollo (2013). Perú- Préstamo Contingente para Emergencias por Desastres Naturales (PE-X1006). Propuesta de Préstamo.
- Banco Interamericano de Desarrollo (2013). Nicaragua- Préstamo Contingente para Emergencias por Desastres Naturales (NI-X1007). Propuesta de Préstamo.
- Banco Interamericano de Desarrollo (2013). Honduras- Préstamo Contingente para Emergencias por Desastres Naturales (HO-X1016). Propuesta de Préstamo.
- Banco Interamericano de Desarrollo (2014-1). Perfil de Riesgo de Desastres para Perú. Nota Técnica #IDB-TN-634.
- Banco Interamericano de Desarrollo (2014-2). Resolución DE-207/13 Contrato de Préstamo PE-X1006 entre la República Del Perú y el Banco Interamericano de Desarrollo.
- Banco Interamericano de Desarrollo (2015). Perfil de Riesgo por Inundaciones en Perú. Informe Nacional. Nota Técnica #IDB-TN-844.
- Banco Interamericano de Desarrollo (2020). Public Investment Profile for Disaster Risk Reduction: A Macro-Economic Study. Technical Note #IDB-TN-1889.
- Benson, C. (2012). "Indirect Economic Impacts from Disasters". Report produced for the Government Office of Science, Foresight project 'Reducing Risks of Future Disasters: Priorities for Decision Makers'.
- Campos, J., Serebrinsky, T. & Suárez-Alemán A. (2016). Tasa de Descuento Social y Evaluación de Proyectos. Algunas Reflexiones para América Latina y el Caribe. Banco Interamericano de Desarrollo. IDB-MG-413
- Cooper, C. & Morón, E. (2010). Gestión del Riesgo de Desastres Naturales en el Perú: Elementos para una Estrategia Financiera. Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico
- Decreto Supremo 308-2014-EF. El Peruano, 5 de noviembre de 2014.
- Fernández-Baca, J. (2011) .Actualización de la Tasa Social de Descuento. Dirección General de Inversión Pública. Ministerio de Economía y Finanzas. Lima, Perú.
- GAR (2013) Evaluación Global sobre la reducción del riesgo de desastres. Naciones Unidas. UNISDR. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2013.

- GAR (2015) Evaluación Global sobre la reducción del riesgo de desastres. Naciones Unidas. UNISDR. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2015.
- Hochrainer S., Timonina A., Williges K., Pflung G., Mechler R. (2013). Economic and fiscal risk from natural disasters. IIASA. Background Paper prepared for the Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2013.
- INEI (2015). Instituto Nacional de Estadística e Informática. Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales 2015.
- MEF (2016). Cierre del Presupuesto del Sector Público para el Año Fiscal 2015. Distribución del Gasto por División Funcional y Fuentes de Financiamiento. Presupuesto Institucional de Apertura-PIA. CIR12A2F
- Michel-Kerjan, E., Hochrainer-Stigler, S., Kunreuther, H., Linnerooth-Bayer, J., Mechler, R., Muir-Wood, R & Young, M. (2013). "Catastrophe risk models for evaluating disaster risk reduction investments in developing countries". Risk Analysis, vol.33, núm.6 (2013): 984-999.
- Naciones Unidas (2014). Análisis de la Implementación de la Gestión del Riesgo de Desastres en el Perú. Misión de las Naciones Unidas
- Sistema de Información Económica del Banco de México-Series Históricas Tasa Libor a 3 meses <http://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?accion=consultarCuadro&idCuadro=CI34>
- Sistema Nacional de Inversión Pública. Parámetros de Evaluación de Proyectos de Inversión Pública. Resolución Directoral 003-2011-EF/68.01
- Smyth, A. et al. (2004-1) "Probabilistic benefit-cost analysis for earthquake damage mitigation: evaluating measures for apartment houses in Turkey". Earthquake Spectra: 171-203.
- Smyth, A. W., Deodatis, G., Franco, G., He, Y., and Gurvich, T. (2004-2) "Evaluating Earthquake Retrofitting Measures For Schools: A Demonstration Of Cost-Benefit Analysis". Department of Civil Engineering and Engineering Mechanic, Columbia University.
- Soto Cañedo, C. (2013). Las Fuentes de Financiamiento, los Ingresos y Gastos Públicos en Perú. Actualidad Gubernamental, No. 61 –Noviembre 2013
- Tavera Hernando, Bernal Isabel y Salas Henry (agosto, 2007). "El Sismo de Pisco del 15 de Agosto, 2007 (7.9Mw)". Instituto Geofísico del Perú.
- Van der Veen, A., Steenge, A. E., Bockarjova, M. & Logtmeijer, C. (2003). Structural economic effects of large scale inundation: A simulation of the Krimpen dike breakage. The Role of Flood Impact Assessment in Flood Defence Policies (A. Vrouwenvelder, Ed.), Delft-Cluster, Delft, p. 1-50.

Vargas E. y Jara JM. (1989) "Influencia del coeficiente sísmico de diseño en el costo de edificios con marcos de concreto."

Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., and Davis, I. (2003). At Risk: natural hazards, peoples vulnerability and disasters. Routledge, New York, 2nd edition

World Bank Treasury. Mayor Terms and Conditions of the Deferred Drawdown Option (DDO)- Financial Product Note

Yamin, L.E., Ghesquiere, F., Cardona, O.D., Ordaz M.G., (2013). Modelación probabilista para la gestión del riesgo de desastre. El caso de Bogotá, Colombia. GFDRR, Banco Mundial, Universidad de los Andes.

<http://www.macrotrends.net/1433/historical-libor-rates-chart>

http://www.fedprimerate.com/libor/libor_rates_history.htm