



Departamento de Economía

Documentos Docentes

Riesgo de Desastres Naturales, Análisis Económico
y Evaluación de Inversiones del Estado.
Una revisión preliminar y una propuesta

Autor: Víctor Salas Opazo

DD 1998 - N° 01

**Riesgo de Desastres Naturales, Análisis Económico
y Evaluación de Inversiones del Estado.**
Una revisión preliminar y una propuesta

Por

Víctor Salas Opazo, editor

**Departamento de Economía
Facultad de Administración y Economía
Universidad de Santiago de Chile
(Diciembre 1998)**

Este documento es una síntesis del Informe: Evaluación de Inversiones del Estado Bajo Riesgo. Revisión y Evaluación de los Sistemas Existentes. El estudio fue realizado por el autor y otros economistas en el contexto del proyecto desarrollado por el Ministerio del Interior en conjunto con el PNUD (CHI/92/009/A/13/99). Dicho Proyecto estaba destinado a la elaboración de una política de Estado respecto de amenazas naturales, desastres y situaciones de emergencia que enfrente el país, de tal forma de optimizar la capacidad de anticipación, respuesta y resolución de los desastres y situaciones de emergencia en el país.

Son coautores del Informe, cuya síntesis se presenta en esta publicación:
Víctor Salas Opazo, Ph. D. (c) en Economía, Consultor PNUD;
José Miguel Albala-Beltrand, Ph. D.en Economía, Consultor PNUD;
Juan F. Cárceres, Master en Economía, Consultor PNUD; y
Pablo García, Master en Economía, Consultor PNUD.

**“Evaluación de Inversiones del Estado Bajo Riesgo.
Revisión y Evaluación de los Sistemas Existentes”.
Informe de Investigación realizada para el PNUD.
Proyecto (CHI/92/009/A/13/99)
Santiago de Chile, Julio 1995.**

INDICE

INTRODUCCION.....	4
1. Riesgos de desastres naturales y asignación de recursos	5
1.1 Desastres y asignación de recursos frente a riesgos	5
1.2 Amenazas, riesgos de desastres naturales y vulnerabilidad de asentamientos humanos.....	7
1.3 El impacto de los desastres naturales.....	8
2. Riesgos de desastres naturales y evaluación de proyectos	13
2.1 El riesgo en la evaluación de proyectos.....	13
2.1.1 Riesgo con información imperfecta.	13
2.1.2 Riesgo con información suficiente.....	14
2.2 Sistema de evaluación de proyectos de inversión del Estado.....	15
2.2.1 El sistema de evaluación de la inversión pública.....	16
2.2.1 Análisis preliminar de la metodología de evaluación de proyectos de inversión del Estado.	19
3. Inversión en infraestructura y seguros en la prevención de desastres naturales.....	22
3.1 Inversión estatal en infraestructura y desastres naturales.....	22
3.2 El rol de los seguros en reducir las pérdidas de los desastres naturales.	25
4. Método para incorporar riesgo a los proyectos de construcción publica.....	28
4.1 Método agregativo	28
4.2 Evaluación del riesgo (ER).....	28
4.2.1 Beneficio de la prevención	28
4.2.2 Costo de la prevención.....	29
4.2.3 Valor presente neto de la prevención (Vp).....	30
4.3 Estimación de los costos de prevención y de los beneficios de prevención.....	31
4.3.1 Costos de prevención.....	31
4.3.2 Beneficios de Prevención o costos no incurridos	32
4.4 Construcción pública existente y seguros.....	33
5. Conclusiones y recomendaciones	36
BIBLIOGRAFIA	38

INTRODUCCION

El problema de los desastres naturales es recurrente en la realidad nacional e internacional. Sin embargo, las sociedades están recién comenzando a definir y poner en marcha políticas de Estado sobre estas materias.

En Chile, está en desarrollo un estudio para buscar y proponer soluciones sobre el diseño institucional y las estrategias de abordaje y resolución de las amenazas naturales, los desastres y situaciones de emergencia que enfrenta permanentemente el país, de tal forma de optimizar la capacidad de anticipación, respuesta y resolución de los desastres y situaciones de emergencia.

El estudio, que se sintetiza y revisa a continuación, fue elaborado en 1995, se enmarca en el contexto de un proyecto global de reducción del riesgo de desastres naturales y de la vulnerabilidad de la población frente a éstos.

Los riesgos de desastres naturales y las medidas para reducir sus impactos tienen efectos económicos. En la primera parte de esta síntesis se hace una breve esquematización de los desarrollos conceptuales respecto a la relación entre la óptima asignación de recursos y el riesgo de desastres naturales.

En la segunda parte de este informe se sintetiza algunos métodos de evaluación que incluyen riesgo y se revisa la incorporación de los riesgos en la evaluación de proyectos en el sistema imperante en el Estado chileno. Las decisiones sobre inversiones en infraestructura estatal están sometidas, en Chile, a un proceso definido en el sistema de evaluación de proyectos del Estado. Dicho sistema no reconoce explícitamente la variable riesgo de desastres naturales en su metodología de evaluación, a excepción hecha de los proyectos de defensas fluviales y otros, destinados a la mitigación de posibles crecidas desastrosas.

La estrategia para enfrentar los efectos de los desastres naturales puede estar orientada hacia la protección, lo cual implica un mayor apoyo a la previsión. Alternativamente, la sociedad y el Estado pueden orientar sus recursos de manera preferente hacia la respuesta, en cuyo caso los recursos se destinarán a actividades de recuperación de los efectos del impacto del desastre. En el punto tres de esta documento se hace una revisión somera al estado de la inversión estatal en prevención de desastres naturales y a los seguros utilizados en el país como mecanismos de reducción de pérdidas por este tipo de desastres.

En el punto cuatro se presenta la propuesta formulada en el Estudio. El modelo propuesto es experimental, agregativo e intenta incorporar la variable riesgo de desastres naturales en la evaluación de proyectos de inversión en infraestructura estatal nueva.

Este es un área en experimentación y cada día tiene mayor relevancia disponer de la información necesaria para tomar decisiones económicas y sociales óptimas. A este fin concurren las recomendaciones del Estudio.

1. Riesgos de desastres naturales y asignación de recursos

1.1 Desastres y asignación de recursos frente a riesgos

La sociedad y los individuos se enfrentan cotidianamente a diversos riesgos y amenazas, producidos por la misma interacción social o inducidos por causas exógenas o naturales. A nivel individual las personas se encuentran amenazadas por distintos tipos de riesgos, tales como accidentes carreteros, enfermedades, insolvencia económica futura, accidentes del trabajo, peligros de asaltos y robos y otros. El comportamiento de las personas frente a estos eventos está asociado primero con medidas de previsión y de mitigación para evitar su aparición o reducir su grado de impacto. Y segundo, una vez ocurrido el evento, con medidas tendientes a responder a los efectos del desastre.

Los riesgos pueden ser clasificados desde el punto de vista individual como normales o catastróficos. La diferencia entre ambos corresponderá a si la capacidad formal de respuesta de los individuos es sobrepasada por el evento. Si lo es, entonces los mecanismos normales de previsión no serán suficientes y el individuo entrará en situación de desastre. Por ejemplo, para el caso de insolvencia económica futura, el nivel de ahorro logrado por un individuo es una medida de mitigación. Si ocurre una pérdida de su nivel de ingresos, la venta de algunos activos financieros (desahorro) corresponderá a una medida de respuesta. Si los montos ahorrados alcanzan para resolver los efectos de tal pérdida, entonces se trata sólo de una emergencia superable a nivel individual. En caso contrario, tal evento constituye un desastre para el individuo y será necesaria la concurrencia de otros agentes sociales para resolverlo.

Las sociedades también se ven afectadas por distintos tipos de eventos que amenazan su funcionamiento. Para el análisis de estas amenazas y sus riesgos se puede utilizar la misma distinción hecha para los individuos, pero esta vez aplicada desde una perspectiva social. En este caso se distinguirá entre dos entes sociales: comunidades y sociedad en su conjunto. Cuando una comunidad es impactada por un evento y su capacidad formal de respuesta normal ha sido sobrepasada, entonces, el evento se transforma en desastre para esa comunidad y requiere de la concurrencia de la sociedad en su conjunto para su superación. Esto último es lo que se denomina emergencia de desastre propiamente tal.

Los individuos, las comunidades y la sociedad enfrentan los riesgos a los que están expuestos, en general, con dos tipos de estrategias, separables aunque complementarias: por un lado, pueden generar un sistema de prevención, que incluya aspectos de protección y mitigación (acciones anticipatorias para atenuar los posibles efectos) y, por otro lado, pueden establecer mecanismos de respuesta frente a los efectos de eventos riesgosos (acciones de recuperación).

Desde el punto de vista de la asignación de recursos económicos entre las dos estrategias generales (prevención y respuesta) existe un trade-off respecto de la capacidad que tienen de "resolver" los desastres. Un sistema económico puede tener sus recursos más orientados hacia la protección, lo cual implica un mayor apoyo a la previsión. Alternativamente, puede orientar sus recursos de manera preferente hacia la respuesta, en cuyo caso los recursos se destinarán a actividades de recuperación de los efectos del impacto del desastre. En ambos casos se

generan bienes públicos para prevenir o para responder a los desastres naturales. Cada una de estas estrategias generales está compuesta por un conjunto de mecanismos, medidas y acciones no necesariamente excluyentes (por ejemplo, para el caso de mitigación, la utilización de seguros de bienes raíces es un mecanismo que apunta a ambas estrategias: por un lado, disciplina el tipo y calidad de la construcción y por otro, financia la recuperación de los efectos de desastres en ella).

La generación de bienes públicos para prevenir o responder a los desastres naturales es un hecho evidente cuando las repercusiones de éstos son de orden nacional. En ese caso es el Gobierno quien tiene la responsabilidad por la mantención y restauración de la infraestructura económica, la mantención del sistema de derecho y orden, la provisión de bienes públicos tales como los medios de transporte esenciales y las comunicaciones. Hirshleifer (1993) distingue esta situación general de la forma de enfrentar los desastres naturales por las comunidades. En ese caso, plantea, se requiere que exista un balance entre la extensión con que actúa el Gobierno y la respuesta de los privados. Donaciones o préstamos subsidiados en estos casos, inhiben la motivación por la propia protección.

La producción de bienes públicos puede ser representada por diversas funciones de “composición social” (Hirshleifer, 1987). Las posibles maneras de “amalgamar” las producciones individuales en disponibilidad social de bienes públicos son las siguientes:

- 1) $X = \sum_i x_i$; Función de agregación por sumatoria.
- 2) $X = \min_i (x_i)$; Función de agregación por vinculación débil
- 3) $X = \max_i (x_i)$; Función de agregación por el mejor alcance

Donde:

X representa la cantidad de bienes públicos socialmente disponibles y

x_i representa las cantidades de bienes producidas por cada uno de los (n) miembros de la comunidad ($i = 1, \dots, n$)

Según Hirshleifer, la decisión de producción de bienes públicos puede ser representada como la situación de un equipo que participa en un concurso de tiro al blanco. La función de composición social relevante para esta situación, puede ser calculada por cualquiera de las tres fórmulas arriba planteadas. El equipo ganador podría ser aquél con el mejor resultado total; o aquél que tenga el más alto resultado mínimo (el mejor de los peores tiradores individuales); o el de más alto resultado máximo (el mejor tiro individual).

Cada una de estas funciones tiene sus propias condicionantes y orientaciones. La función de agregación por vinculación débil representa la medición de gran variedad de situaciones “lineales” donde cada uno de los miembros de un grupo social sucesivamente tienen una suerte de poder de veto sobre la extensión del resultado colectivo (por ejemplo, si cada miembro es responsable de un eslabón de la cadena). La función de agregación por el mejor

alcance puede ser representada por un número de baterías antimisiles rodeando la ciudad que disparan a cualquier arma que se incorpora al círculo defensivo. Entonces, para todo efecto práctico, la única pregunta relevante es cuándo un disparo defensivo es suficientemente bueno para destruir la amenaza. En el caso de la función de agregación por sumatoria, cada uno de los aportantes del resultado social deseable (bien público) lo hacen en la proporción adecuada para alcanzar el nivel deseado socialmente, por ejemplo si el padre y la madre de un pichón buscan alimento por separado para su vástago, el éxito en la nutrición de éste dependerá sólo de la suma total de calorías que ellos traigan al nido.

Desde la perspectiva de los bienes públicos para prevenir o para responder a los desastres naturales se tendrán distintas funciones de composición social. Dependerá de las experiencias de esa sociedad respecto de estos eventos, sus aprendizajes, la periodicidad de ocurrencia de los desastres naturales y la fuerza de sus impactos y la correspondiente expectativa de ocurrencia de estas amenazas. A partir de la prevención algunas sociedades anticipan la producción de los bienes públicos necesarios para enfrentar futuros desastres. Mientras que otras sociedades estiman que es mejor o más óptimo, esperar la ocurrencia del evento y producir, a partir de ese momento, los bienes públicos necesarios, actitud esta última que se observa más frecuentemente en las decisiones de inversión estatal.

1.2 Amenazas, riesgos de desastres naturales y vulnerabilidad de asentamientos humanos.

La incorporación de la variable de prevención de desastres en la evaluación de proyectos de inversión del Estado requiere comprender las relaciones básicas entre los conceptos de: Amenaza, riesgo y vulnerabilidad.

En lo que sigue se recogen las definiciones y relaciones planteadas por los expertos en el área (ONEMI, 1994; Ferrando, 1994):

“Amenaza se define como un factor externo de riesgo, representado por un fenómeno de origen natural o provocado por el hombre, que puede manifestarse en un sitio específico y en un tiempo determinado con una probabilidad determinada.”

“Vulnerabilidad se define como el grado de exposición frente a amenazas que tiene una comunidad (o algún componente de ella). Se expresa en niveles de pérdida (vulnerabilidad total).”

“Riesgo se define como la probabilidad de pérdida económica o social esperada en un sitio particular y durante un tiempo de exposición determinado a un evento de magnitud determinada. Corresponde a la probabilidad de que la vulnerabilidad potencial se haga efectiva. Se representa como un costo de pérdida esperado.”

“El riesgo en el caso de desastres naturales surge de la conjugación de fenómenos naturales peligrosos (tales como: terremotos, inundaciones, aluviones, etc.) y determinadas condiciones vulnerables (habitación en zonas de peligro, viviendas mal construidas, actividades mal ubicadas, etc.).”

De una manera más específica, riesgo (R) es la probabilidad de pérdida debido a la interacción de un fenómeno natural de magnitud dada (H), con un objeto de vulnerabilidad dada (V).

Luego,
$$R = H * V$$

La vulnerabilidad se puede especificar, a su vez, como el cuociente entre la exposición a la amenaza (E) y la resistencia ofrecida a ella (S). Así, el riesgo queda definido como sigue:

$$R = (H / S) * E$$

Expresión de la cual se pueden obtener algunas dimensiones de política de prevención de riesgo como las siguientes: El riesgo sólo puede reducirse a cero si $E = 0$; si $H = 0$; o si $S = \infty$. Y, como la vulnerabilidad (V) es directamente proporcional a la exposición a la amenaza (E) e inversamente proporcional a la resistencia a la amenaza (S), si se quiere reducir la primera (la vulnerabilidad) se debe actuar en estos dos frentes.

1.3 El impacto de los desastres naturales

Los organismos oficiales especializados (ONEMI, 1994) entregan definiciones relativamente similares de catástrofe y desastre, las que se han sintetizado como sigue:

"Desastre o Catástrofe. Es un suceso funesto (de origen natural o provocado por el hombre) que causa alteraciones intensas en las personas, los bienes, los servicios y/o medio ambiente, excediendo la capacidad de respuesta de la comunidad afectada, comprometiendo la vida o la salud de las personas, provocando daños mayores o destrucciones en los bienes, que altera la actividad normal de una porción de la sociedad y que obliga a los poderes públicos a actuar con métodos de intervención que difieren por su ritmo y por su forma de las actividades habituales. De acuerdo a la extensión territorial comprometida y los recursos requeridos para restablecer la normalidad, la catástrofe puede ser clasificada como comunal, provincial, regional o nacional. Según su procedencia, podrían clasificarse también en catástrofes derivadas de fenómenos naturales (sismos y maremotos, crecidas de ríos, sequías, erupciones volcánicas, deslizamientos de tierra, etc.), de origen tecnológico (químico, nuclear, transporte de materiales peligrosos, etc.), y provocados por el hombre (incendios urbanos y forestales, accidentes, etc.)."

Los desastres naturales pueden impactar a los asentamientos humanos en una doble dimensión: pérdida y deterioro de la calidad de vida de la población; y pérdidas y deterioro de la infraestructura física de la sociedad. Ambas dimensiones tendrán efectos económicos y sociales directos e indirecto. Por ejemplo, las pérdidas de vida humana y el deterioro de sus condiciones de vida (salud, servicios, etc.) desde el punto de vista económico, representa fundamentalmente pérdidas en términos de productividad y empleo y es parte de la valoración de efectos de desastres naturales. La incorporación de este aspecto en el análisis económico corresponderá a un trabajo más amplio a desarrollarse en el futuro.

Los efectos económicos causados por los desastres naturales pueden ser de dos tipos: un efecto directo o pérdida de riqueza, representada por la destrucción y deterioro de la

infraestructura productiva y social; y un efecto indirecto, referido a la reducción de los flujos productivos de bienes y servicios (públicos y privados). Existe una mayor posibilidad de evaluación de los efectos directos del impacto en las infraestructuras en general que de los indirectos.

Las pérdidas potenciales de los desastres naturales tienen diversas formas de medirse, como se observa en el cuadro siguiente, utilizado por la UNDRO en sus procesos de capacitación.

Consecuencias	Medida	Pérdidas	
		Tangibles	Intangibles
Muertes	Número de personas	Pérdida de individuos económicamente activos	Efectos sociales y psicológicos sobre el resto de la comunidad
Enfermedades	Número y severidad de las enfermedades	Necesidad de tratamientos médicos. Pérdida temporal de actividad económica para individuos productivos	Pánico social y psicológico y su recuperación
Daños Físicos	Inventario de elementos dañados, número y nivel de daño	Costos de reemplazo y reparación	Pérdidas culturales
Operaciones de emergencia	Volumen de trabajo, días laborales empleados, equipamiento y recursos	Costos de movilización, Inversión en capacidades de alerta	Stress y sobretabajo en los participantes en la mitigación
Interrupción de la actividad económica	Número de días laborales perdidos, volumen de la producción perdida	Valor de la producción perdida	Pérdida de Oportunidades, Competitividad, reputación.
Interrupción de la vida en la sociedad	Número de personas desplazada, sin hogar	Viviendas temporales, gastos de mitigación, pérdida de la moral pública en la producción económica	Psicológicas, contactos sociales, cohesión social.
Impactos medioambientales	Escala y severidad	Costos de limpieza, costos de reparación	Consecuencias del empobrecimiento del medio ambiente, riesgos de salud, riesgos de futuros desastres.

Fuente: Ross Bull, "Disaster Economics", 1st. Edition, Disaster Management Training Programme, UNDP, UNDRO, 1992

El análisis económico de los efectos de los desastres naturales sobre las infraestructuras se puede separar entre daños provocados en el sector privado y en el sector público. Esta separación se justifica al observar los distintos comportamientos de uno y otro sector relacionados con la prevención y mitigación de desastres naturales. Se observa que, en general, en los grandes proyectos privados se toman resguardos voluntarios preventivos, tales como un control sobre la calidad de obras construida y se realizan acciones mitigadoras de los desastres mediante la contratación de seguros. En cambio, el sector público, normalmente actúa como su propio asegurador. Y es incierto el grado de cumplimiento de las normas de localización y construcción de obras.

En consecuencia, lo importante es establecer cual es el mejor balance entre las dos estrategias ya señaladas, con el objetivo de ahorrar recursos al Estado y al mismo tiempo asegurar una protección más efectiva para la infraestructura y la población en general.

La situación de desastre es una combinación de dos eventos (Albala-Bertrand, 1994), sólo analíticamente separables: i) El impacto de un desastre; y ii) La respuesta a tal evento. Una tercera dimensión de la situación de desastre son las denominadas interferencias que surgen porque, tanto el impacto como la respuesta interfieren con la estructura y dinámica de la sociedad, generando algún grado de alteración física y otros efectos incidentales.

Un evento natural puede producir un impacto de desastre si al interactuar con un asentamiento humano los efectos de este evento sobre el sistema natural sobrepasan la resistencia física y social de la comunidad afectada. En caso contrario sólo produce una interacción común. El impacto de desastre tiene dos clases de efectos: i) Un impacto directo, constituido por efectos sobre los stocks o inventarios de la sociedad (lesiones y fatalidades a la población humana, y daño y destrucción de estructuras físicas y poblaciones animales y vegetales); y ii) Un impacto indirecto, constituido por el efecto de las desarticulaciones de las estructuras sociales y económicas que surgen del efecto directo de un desastre natural. Estas desarticulaciones producen efectos sobre los flujos económicos y sociales.

La respuesta frente a un desastre natural tiene dos fases: la emergencia y la reconstrucción, destinada esta última, en el largo plazo, a revertir los efectos directos e intencionalmente a reducir la vulnerabilidad (social y física) existente (i.e. prevención). La prevención incluye acciones en el sistema social (v.g. sistemas de alertas, seguros, etc.), en el evento (v.g. mecanismos de contención de erosión, avalanchas controladas, etc.), y en la interfase entre el evento y la estructura física de la sociedad (v.g. represas para controlar inundaciones, construcción a prueba de terremotos, etc.).

La interacción entre el impacto del evento y la respuesta con la estructura y la dinámica de la sociedad genera lo que Albala-Bertrand (1993) denomina "interferencias incidentales", las cuales pueden catalizar cambios significantes (cambio tecnológico, reforma agraria y otros) o sólo alteraciones de corto plazo (cambios en precios relativos y variables agregadas y otros).

Por consiguiente, de acuerdo con las definiciones entregadas por algunos expertos como Albala-Bertrand (1994); Ferrando (1994); M.Sánchez (1993) y la, oficialmente aceptada se puede concluir que un desastre natural es todo evento natural extremo que ocasiona daños a los hombres, a sus obras y a sus actividades.

Los desastres son sucesos que causan aflicción y sufrimiento a la sociedad, considerables daños materiales y dificultades en el funcionamiento de la economía y de la sociedad. Según CEPAL (1991), los siguientes son los desastres de origen natural "más importantes", listados según la jerarquía de frecuencia a nivel mundial en un período reciente de 20 años: Inundaciones; tifones, huracanes y ciclones; terremotos; tornados; tormentas de viento y tormentas de truenos; tormentas de nieve; ondas de calor y ondas de frío; erupciones volcánicas; aludes, derrumbes y deslizamientos de tierra; tormentas de lluvia; avalanchas; maremotos; nieblas, heladas; sequías; tormentas de tierra, arena y polvo."

El estudio de CEPAL, señala además la existencia de otros desastres, causados por la acción humana, los "más comunes son los originados por explosiones, incendios, caídas y choques de aviones, desastres inducidos por transporte de tierra, agua, y colapsos de tranques y embalses. A esta clasificación debe agregarse una lista creciente de desastres 'cuasi-naturales' que incluyen procesos tales como la contaminación del aire y la deforestación y, por otra parte, los desastres 'sociales' que definen sucesos tales como las epidemias, las hambrunas, las masacres, los actos terroristas y las guerras."

Existen muchos sectores, aspectos y dimensiones de la realidad nacional que están sometidos a desastres naturales o provocados y otros eventos similares. Los principales afectados por estos fenómenos son los asentamientos humanos, su infraestructura, sus procesos productivos y en general, la calidad de vida de la población, así como también la calidad y disponibilidad de los recursos naturales, especialmente los renovables.

La distribución de pérdidas sectoriales por efectos directos de desastres presenta conductas no diferenciadas especialmente respecto de la infraestructura física. De quince casos de desastres ocurridos en América Latina desde 1960 hasta 1988 se deduce lo siguiente (Albala-Bertrand, 1994): Primero: Para cualquier país el número de fatalidades y lesionados, tanto como el número de damnificados y refugiados, depende más de factores tales como el área impactada, la densidad de población, la estación, el momento del día, el nivel socioeconómico, los preparativos y el sistema de alerta, que en el mero tipo y magnitud del evento. Segundo: Los sectores sociales (vivienda, salud, educación) son casi siempre altamente afectados por los terremotos, pero no dramáticamente afectados por los huracanes y las inundaciones. Lo más afectado es la vivienda, cuya calidad es fundamentalmente baja, habitada por los pobres urbanos y rurales y a menudo localizadas en zonas de alto riesgo, como quebradas y terrenos de aluvión. Tercero: La matriz de pérdidas de infraestructuras es errática. En esta categoría, la pérdida de redes viales aparece como la más severa. Se debe enfatizar que raramente las infraestructuras subterráneas experimentan pérdidas significantes. Cuarto: Los terremotos no afectan significativamente a los sectores primarios, mientras que los huracanes y las inundaciones los pueden afectar severamente. Quinto: Cualquiera sea el tipo de desastre, como regla los sectores secundarios y terciarios no son afectados significativamente. En suma: Los terremotos son desastres urbanos y afectan fuertemente a la población, siendo los que causan el mayor número de fatalidades en esta área del mundo. Estos fenómenos también afectan con severidad a los sectores sociales, pero solo erráticamente a la infraestructura.

Las inundaciones son esencialmente un fenómeno rural y afectan a la población sólo moderadamente, causando un número bajo de fatalidades (en contraste con Asia, v.g. Bangladesh). Las inundaciones afectan poco a los sectores sociales, erráticamente a las infraestructuras, fuertemente a los sectores primarios y negligiblemente a los sectores secundarios y terciarios.

En cualquier caso, el capital más productivo (i.e. secundario y terciario) es poco o moderadamente afectado, cualquiera sea el tipo de desastre. Esta estructura o matriz de efectos es confirmada también a nivel mundial (Albala-Bertrand, 1993).

La tabla que sigue provee una imagen más específica sobre la importancia relativa (en porcentajes) de los impactos reconocibles que tienen algunos desastres naturales en la infraestructura.

	Terremotos	Huracanes	Inundaciones	Todos
Media	28%	25%	41%	31%
Varianza	28%	1%	20%	22%
Rango	7%-83%	24%-27%	13%-56%	7%-83%

Fuente: Albala-Bertrand, 1994.

La Cepal (1991) sintetiza, en el cuadro siguiente, sus análisis sobre los desastres naturales más frecuentes en América Latina y los efectos que éstos tienen sobre la infraestructura física.

Tipo de Desastre	Efectos sobre la superficie	Efectos sobre las infraestructuras
Terremotos	Temblores y fisuras	Daños en edificaciones, caminos, diques y puentes.
	Deslizamiento de tierras	Enterramiento de infraestructuras. formación de diques en forma que causan inundaciones locales
	Licuefacción de tierras	Daños a edificios que se hunden
	Colapsos subterráneos	Puede dañar edificaciones; roturas de conductos y cables subterráneos; alteración de curso de aguas subterráneas
	Avalanchas	Daños a edificios, caminos, diques y puentes.
Inundaciones	Erosión	Ablanda fundaciones de edificaciones
	Saturación y deslizamiento de tierras	Enterramiento de edificaciones y daños a otras estructuras
	Sedimentación	No produce efectos mayores
Erupción	Erupción Volcánica	Destruye o daña edificaciones y otras estructuras. Daños y enterramiento de edificaciones; Inicia y provoca incendios. Daños a edificaciones, diques y puentes
		No produce efectos mayores
Huracanes, tifones, (ciclones)	Vientos de gran fuerza	Daños edificaciones, líneas de alta tensión
	Inundaciones por lluvias	Daños a puentes y edificaciones: aludes y deslizamientos
	Inundaciones: tormentas	Daños a puentes, caminos y edificaciones
Sequías	Resecamiento de tierras	No se producen daños mayores
	Ventarrones	Daños menores
	Desertificación	No se producen daños de consideración
Tsunamis	Inundación	Destruye o daña edificaciones, puentes, sistemas de irrigación;
		Contaminación de tierras y pozos.

Fuente: Tomado de CEPAL, 1991.

Por consiguiente, se puede afirmar que ninguna definición y/o medición de desastres está libre de ambigüedades. Sin embargo, las que se han propuesto arriba son simples y de uso más generalizado y como tal permitirán circunscribir más apropiadamente el trabajo posterior.

2. Riesgos de desastres naturales y evaluación de proyectos

2.1 El riesgo en la evaluación de proyectos.

Las diversas formas en que podría incluirse el riesgo de desastres naturales en la evaluación de proyectos son presentadas a continuación, desde un punto de vista teórico.

Existen dos enfoques para la inclusión del riesgo en la evaluación de proyectos, los cuales dependen del nivel de información existente respecto de esta variable. Esta visión teórica es compartida por los organismos internacionales dedicados a estudiar el área (OAS, 1993; Kramer, 1994).

2.1.1 Riesgo con información imperfecta.

Cuando se dispone de información imperfecta, es posible utilizar distintos métodos, algunos de los cuales se describen brevemente a continuación:

a) Método del período de corte.

Método utilizado cuando se está más interesado en el retorno del capital que en el desarrollo de largo plazo. El período de corte puede ser tan bajo como 3 años para proyectos muy riesgosos y para proyectos de bajo riesgo puede ser de 10 años. La lógica que está detrás de este método es que los beneficios y costos pueden ser demasiados inciertos más allá de la fecha de corte. El período de corte se debe determinar a nivel de prefactibilidad. Es un método usado para casos donde hay pocos datos y gran posibilidad de riesgo. Respecto de las decisiones de inversión pública no se aplica habitualmente este método.

b) Ajuste en la tasa de descuento.

Significa añadir un premio por riesgo a la tasa de descuento. Lo cual provoca que los flujos futuros sean descontados con una ponderación mayor. El método implica una idea análoga a la de requerir mayores tasas de retorno para proyectos más riesgosos. La técnica de incluir el riesgo en la tasa de descuento se basa en una decisión subjetiva sobre el premio de riesgo (j) que se agrega o se resta a dicha tasa. Generalmente se usa el mismo tipo de información que en el método del período de corte y también se debe usar a nivel de prefactibilidad. Hay que aclarar que este método no reduce el riesgo de cada proyecto, sólo reduce el riesgo considerado en forma conjunta o social. La tasa de descuento ajustada (Kramer, 1994) quedaría como sigue:

$$r_t = \frac{1}{(1 + i + j)^t}$$

c) Análisis de sensibilidad.

En el análisis de sensibilidad se procede a intercambiar los valores de los principales parámetros que podrían verse afectados por consideraciones de riesgo. Pueden ser cambiados uno a la vez o conjuntamente (ejemplo: parámetros sismológicos y parámetros hidráulicos para el caso de la construcción de puentes). En general la modelística en este método es sofisticada y probablemente poco realista.

d) Métodos de teoría de juegos.

Dos métodos de teoría de juegos pueden ser utilizados: La estrategia de maximin-beneficio y la estrategia de minimax-pérdida. La primera implica seleccionar la alternativa que permita maximizar el beneficio de la mínima situación riesgosa considerada, cuando existan costos relativamente parecidos. La estrategia de minimax/pérdida representa lo contrario de lo anterior, es minimizar la máxima pérdida posible. Estos métodos son todavía básicamente teóricos y con bajos niveles de aplicabilidad empírica debido al alto caudal de información que requieren.

2.1.2 Riesgo con información suficiente.

Cuando existe información suficiente es posible estimar las distribuciones de probabilidad asociadas a los riesgos en general. Y, por consiguiente, se podrá utilizar alguno de los dos métodos que se describen a continuación. Sin embargo, debemos reconocer que para el caso de los riesgos de desastres naturales esto es especialmente difícil debido a la mínima cantidad de datos confiables.

a) Análisis media-varianza

El análisis de media-varianza implica tomar decisiones con relación a diferentes proyectos, de la siguiente manera: A igual riesgo (varianza) se selecciona el de mayor Valor Presente Neto (VPN), (media); A iguales VPN (media) se selecciona el de menor riesgo (varianza). La debilidad de este método consiste en que todos los proyectos deberían ser evaluados, aún aquellos que no califiquen.

La regla de decisión en este caso es la siguiente:

$$\text{Maximizar } U = E - bV$$

Donde: U es la utilidad de los retornos del proyecto;
E son los retornos esperados;
b es el coeficiente de aversión al riesgo, que fluctúa entre 0 y 1, y;
V es la varianza de los retornos del proyecto

b) Análisis de seguridad primaria.

El análisis de seguridad primaria implica seleccionar aquel proyecto que tenga la menor probabilidad de caer bajo un valor mínimo aceptable para el VPN. Sin embargo, su aplicabilidad se asocia más a los eventos que tengan una ocurrencia más frecuente, en que los beneficios presentan distribuciones no simétricas. Una forma de operacionalizar esta regla es resolviendo el problema de

Maximizar VPN, sujeto a $\Pr(\text{VPN} < t) \leq a$

Donde : Pr es la probabilidad;
 t es el valor umbral, y;
 a es un nivel bajo de probabilidad, discrecionalmente establecido.

2.2 Sistema de evaluación de proyectos de inversión del Estado.

La asignación de recursos del Estado y, en especial la inversión que éste realiza anualmente está sometida a un sistema de evaluación social diseñado para los proyectos del Estado. La función de análisis técnico-económico radica en MIDEPLAN, organismo que ha diseñado y puesto en marcha el Sistema Nacional de Inversiones (SNI) para realizar dicha tarea. La función de priorización de proyectos es competencia de los Consejos Regionales en cuanto los fondos provengan del Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR) o de cada uno de los Ministerios, si los recursos con los que se va a financiar los proyectos provienen de Fondos sectoriales.

El sistema de inversión pública le permite al país "concretar las opciones de inversión más rentables desde el punto de vista económico y social, de acuerdo a los lineamientos de la política del gobierno." (MIDEPLAN, 1993)¹. En este sistema "la materialización de las iniciativas de inversión se decide a través de una evaluación económica, debiendo ejecutarse sólo aquellos proyectos de mayor rentabilidad social". Ningún proyecto de inversión que realice el Estado queda fuera del Sistema.

El sistema nacional de inversiones de MIDEPLAN, consiste en un proceso de evaluación ex-ante de proyectos y programas que postulan al financiamiento público. Este proceso permite a MIDEPLAN revisar los proyectos desde su identificación, formulación hasta su evaluación y recomendarlos o no al Ministerio de Hacienda para su financiamiento. Los recursos asignados por proyecto son posteriormente controlados por dicho Ministerio.

Para el logro de sus objetivos el sistema nacional de inversión pública se apoya en la organización funcional del sector público, estableciendo las relaciones de interdependencia y coordinación que aseguren, para todos los niveles (nacional, regional y comunal) la orientación y racionalización de los esfuerzos de inversión del Estado.

¹

MIDEPLAN, 1993, pag.13.

El propio Ministerio de Planificación declara que: "al Estado le corresponde asumir un rol activo, asegurando que la inversión pública se realice de manera eficiente y coordinada, orientando y canalizando los recursos necesarios para financiar los programas de inversión en capital humano, básicamente aquellos que apuntan a la búsqueda de una mayor justicia social"².

2.2.1 El sistema de evaluación de la inversión pública.

El proceso de desarrollo de un proyecto, desde los estudios iniciales hasta el término o su ejecución, depende en general del entorno en el cual evoluciona, el sistema al que pertenece y las restricciones metodológicas que le son impuestas.

En esta síntesis se distinguirá entre las características de un proyecto incluyendo sus etapas a lo largo del tiempo y el sistema en el cual evoluciona.

i) El proceso de desarrollo de un proyecto de inversión pública.

El proceso de desarrollo de un proyecto tiene las siguientes etapas: 1ª) Estudio a nivel de perfil; 2ª) Prefactibilidad; 3ª) Factibilidad; 4ª) Diseño de ingeniería y ejecución. Los niveles de prefactibilidad y factibilidad se realizarán dependiendo de la cantidad de recursos que involucre el proyecto, valor que cambiará según el sector y subsector al que pertenezca.

Primera etapa: El estudio a nivel de perfil permite en primer lugar analizar la viabilidad técnica de las distintas alternativas propuestas, descartando aquellas que no son factibles técnicamente. En proyectos cuyo perfil muestra ya la conveniencia de su ejecución, cabe avanzar de inmediato al diseño o anteproyecto ingeniería de detalle, sin pasar por las otras etapas. En la perspectiva de MIDEPLAN, el estudio de perfil permite una primera aproximación a la viabilidad técnico-económica de cada una de las alternativas propuestas como solución al problema detectado, y se podrá decidir en esta etapa sobre llevar a la práctica la más viable desde el punto de vista técnico-económico, siempre que la información que entregue el estudio sea suficiente como para ejecutarla, de lo contrario deberá pasarse a la etapa siguiente.

Segunda etapa: En la prefactibilidad se examina con más detalle las alternativas viables desde el punto de vista técnico, económico y social que fueron determinadas en la etapa anterior, descartando las menos atractivas y seleccionando la o las mejores. Se profundiza en esta etapa los aspectos de mercado, la tecnología, el tamaño, la localización y las condiciones de orden institucional y legal relevantes para el proyecto.

Tercera etapa: El estudio de factibilidad debe enfocarse hacia el examen detallado y preciso de la alternativa que se ha considerado más viable en la etapa anterior; es decir, poner el esfuerzo en medir y valorar en la forma más precisa posible sus beneficios y costos.

Cuarta etapa: En el diseño de ingeniería y ejecución el proyecto ya se considera como un estado de inversión propiamente tal. En la etapa de diseño se requiere elaborar la

²

MIDEPLAN, 1993, pag.19.

configuración de las características de arquitectura y de ingeniería, ajustar detalles finales previos a la ejecución. En la etapa de ejecución corresponde el desarrollo físico del proyecto, es decir, la construcción del bien capital definido en el proyecto (como es el caso de los proyectos de infraestructura que serán revisados en este estudio).

ii) El análisis técnico-económico de proyectos (Sistema de Estadísticas Básicas de Inversión-SEBI).

El subsistema de análisis técnico-económico que utiliza MIDEPLAN y las Secretarías Regionales Ministeriales de Planificación y Coordinación (SERPLAC) es el conjunto de normas, instrucciones y procedimientos, que permiten a las distintas instituciones gubernamentales presentar una cartera de estudios y proyectos de manera de lograr una posible asignación de fondos para su ejecución. Este sistema recibe el nombre de Sistema de Estadísticas Básica de Inversión (SEBI).

El SEBI tiene como principales funciones homogeneizar, normar y coordinar la información relativa al proceso de identificación, formulación, presentación y evaluación de los proyectos de inversión. Los principales elementos del SEBI son los siguientes: i) Fichas EBI; ii) Metodologías de Evaluación; iii) Banco Integrado de Proyectos (BIP); iv) Capacitación; y v) Precios Sociales.

La ficha EBI es un resumen esquemático de los principales aspectos tratados en los proyectos que postulan a financiamiento público y tiene como objetivo fundamental estandarizar la presentación de éstos a MIDEPLAN.

Las metodologías de evaluación social de proyectos se desarrollan por MIDEPLAN junto con los Ministerios correspondientes para lograr las mejores decisiones de inversión pública. Respecto de proyectos de infraestructura MIDEPLAN dispone de metodologías para algunos de los siguientes sectores³: Agua potable rural; Agua potable urbana; Alcantarillado; Defensas fluviales; Edificación pública; Mantenimiento urbano; Pavimentación de poblaciones; Transporte caminero; Vialidad urbana.

Estas metodologías se pueden separar en tres grupos, según el grado de información que se pueda lograr para aplicar método de análisis costo-beneficio y de otra manera costo-efectividad. El primero abarca proyectos donde los beneficios se determinan sobre la base de la mayor disponibilidad del bien o servicio en el mercado⁴ (se determina una curva de demanda), por ejemplo: agua potable rural, agua potable urbana y otros. El segundo grupo abarca proyectos en los cuales se suponen que la alteración de precios que provoca su ejecución no altera de forma importante la cantidad demandada (curvas de demanda inelásticas), por ejemplo: aeropuertos, defensas fluviales, edificación pública, mantenimiento

³

Se han tomado en esta presentación sólo los sectores más relacionados con el tema de este estudio.

⁴

Lo que en realidad se hace en este caso, es medir beneficios a través del excedente del consumidor y no necesariamente los beneficios provendrán de una mayor disponibilidad del bien, ya que también pueden generarse por liberación de recursos o por ambos motivos: esto dependerá de la elasticidad que presenten tanto la curva de oferta como la de demanda.

vial urbano, muelles y caletas pesqueras, transporte caminero, vialidad urbana y otros⁵. El tercer grupo abarca proyectos donde la cuantificación monetaria es difícil (no es posible medir los beneficios), por ejemplo: alcantarillado, pavimentación de poblaciones y otros (educación y salud).

El Banco Integrado de Proyectos (BIP) es un sistema de información computarizada de apoyo al Sistema Nacional de Inversiones (S.N.I.). Tiene como objetivo principal apoyar la toma de decisiones sobre asignación de recursos para inversión pública. Por lo tanto, sus principales usuarios son las instituciones que forman parte de este sistema. El BIP permite manejar en forma computacional el enorme volumen de información generado en el análisis y discusión de proyectos que se realizan a través del SEBI. Forma parte del BIP la gran normatización del sistema: Códigos únicos para los proyectos; normas para asignar nombre a los proyectos; y sistemas de clasificación sectorial y subsectorial de los proyectos.

La capacitación se orienta hacia la formación de equipos de identificar y preparar proyectos en todas las entidades del sector público, utilizando la metodología establecida.

La evaluación social de proyectos requiere disponer de precios sociales. MIDEPLAN estima y actualiza periódicamente precios sociales para la divisa, mano de obra y tasa social de descuento.

iii) El estudio técnico-económico.

El estudio técnico económico es realizado por las instituciones interesadas en llevar a cabo las iniciativas de inversión y es revisado por MIDEPLAN de modo de asegurarse que estén realizados de acuerdo a la metodología y procedimientos establecidos por el SNI y que, las rentabilidades sean efectivamente las indicadas.

Los estudios técnicos consideran una multiplicidad de aspectos y factores. Algunos de los más relevantes para este estudio son los siguientes: i) Tamaño del proyecto: Corresponde al volumen o al número de unidades que se pueden producir durante un período determinado; ii) Localización: el estudio de la localización se puede hacer en dos etapas. En la primera se elige la región o zona donde se localizará el proyecto. En la segunda se define el terreno y dentro de éste, la distribución de las secciones del proyecto.

Los elementos que influyen en la localización de un proyecto, entre otros, son los siguientes: i) disponibilidad de materias primas; ii) disponibilidad de medios de transporte; iii) localización del mercado; y iv) otros, tales como disponibilidad de agua, la existencia de servicios de asistencias técnica o de servicios complementarios.

Un punto importante en el estudio técnico es la reglamentación sobre protección al medio ambiente pues las normas existentes pueden exigir sistemas ambientales preventivos y aumentar los costos.

⁵ En este caso lo que se hace es aplicar el enfoque beneficio-costos, donde los beneficios se obtienen por ahorro de costos.

Como norma general del estudio técnico se deben considerar todos aquellos factores externos al proyecto, tales que condicionen los resultados obtenidos en el estudio técnico, sean éstos procesos productivos y tecnología asociada, tecnología y tamaño óptimo, insumos, localización.

Para incorporar un proyecto al SNI, MIDEPLAN realiza un análisis a los proyectos en sus distintas etapas, ya sea a nivel de perfil, prefactibilidad, factibilidad y diseño/ejecución. En forma genérica y sin distinguir entre metodologías sectoriales, es en la etapa de diseño⁶ donde se podría evaluar el cumplimiento de la norma en los proyectos de concurso público. Sin embargo, la información requerida por MIDEPLAN en lo que respecta a esta etapa es solo a nivel de "resumen" del diseño ingenieril (a partir del año 1995, la información requerida por MIDEPLAN, no corresponde a un resumen sino a un diseño completo y definitivo de las obras).

2.2.1 Análisis preliminar de la metodología de evaluación de proyectos de inversión del Estado.

La metodología de evaluación de proyectos de MIDEPLAN está continuamente en perfeccionamiento, incorporando nuevos aspectos para mejorar la toma de decisiones de inversión de Estado. Entre las últimas modificaciones se observa la incorporación de las variables de impacto ambiental y la coordinación global con una política de planificación regional.

El sistema de MIDEPLAN no reconoce explícitamente la variable riesgo de desastres naturales en su metodología de evaluación de proyectos, a excepción hecha de los proyectos de defensas fluviales, los cuáles son destinados a la mitigación de posibles crecidas desastrosas. Esto no es inusual en los sistemas de evaluación utilizados en la actualidad, pero no lo hace menos necesario para lograr decisiones apropiadas.

Dada la escasa información disponible se hace aún más difícil incorporar el riesgo de desastres en la evaluación de proyectos. Todos esos métodos son teóricos o requieren demasiada información. Se ha elegido una ruta alternativa al proponer un método agregativo simple, como se presenta más abajo.

El sistema utilizado por MIDEPLAN considera el riesgo principalmente a nivel de normas técnicas. En este proceso se realiza algo así como un análisis de sensibilidad en el sentido de plantear diversos valores de los parámetros técnicos para sugerir alternativas al proyecto formulado, sobre todo en las etapas de prefactibilidad y factibilidad, como se presenta a continuación.

Los elementos normativos aplicados a los proyectos de inversión del Estado son de dos ordenes, por un lado los que se refieren a los aspectos técnico-económicos para elaborar y

⁶ En general la etapa de diseño va asociada con la etapa de ejecución ya que ambas partes solicitan fondos conjuntamente. En casos justificados se acepta que se soliciten fondos solamente para diseño (cuando se tiene dudas acerca del costo real).

evaluar un proyecto de inversión y, por otro lado los aspectos decisionales, es decir, la normativa que permite decidir sobre la puesta en ejecución de un proyecto de inversión del Estado.

Las regulaciones sismorresistentes trabajan juntas con las normas que rigen el diseño de los diferentes tipos de construcción: adobe, albañilerías, hormigón armado, acero y madera. Aún cuando el adobe no está considerado como un material sismorresistente. En general, un estudio de la Facultad de Ciencia Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile (1986) indicó un comportamiento satisfactorio de la norma NCh 433 of 72 en las evaluaciones del terremoto del 3 de Marzo de 1985. Sin embargo, mostró algunas deficiencias importantes en el diseño sismorresistente, lo que ha llevado a su corrección en la NCh 433 of 93. El estudio indicó también que se requería una urgente modernización de las normas oficiales de acero y hormigón. La norma distingue tres zonas sísmicas en el territorio nacional. Se basa para hacerlo en un conjunto de parámetros entre los cuales están aquellos que representan las características del suelo de fundación que influyen en el valor del esfuerzo de corte basal. Como ya se indicó esta norma no se aplica al diseño sísmico de otras obras civiles tales como puentes, presas, túneles, acueductos, muelles, canales. Tampoco se aplica a edificios ni a instalaciones industriales. Sin embargo, se plantea la posibilidad de combinación y coordinación con otras normas de análisis y diseño.

En el caso de puentes y de algunas obras fluviales los elementos teórico-técnicos considerados por para decidir sobre los períodos de retornos que se incluirán en el proyecto correspondiente (Ayala, 1983), son presentados sintéticamente a continuación. En la elección del periodo de retorno de diseño de una obra debe tenerse en cuenta la probabilidad de excedencia del evento hidrológico que condiciona tanto el diseño como la vida útil de la obra y el riesgo de falla que es posible aceptar considerando aspectos económicos, sociales, ecológicos y otros. La probabilidad de falla o riesgo (r) de una obra de vida útil en años (n) está sujeta a solicitaciones hidrológicas de magnitud dada en un período de retorno en años (T), está dada por la expresión:

$$r = 1 - (1 - 1/T)^n$$

Esta fórmula permite calcular la probabilidad de que un valor (caudal) de diseño sea igualado o excedido en un período de n años. Esta probabilidad aparece calculada en la tabla siguiente:

Riesgo de falla (%) para una obra de n años de vida útil
sujeta a eventos hidrológicos de T años de período de retorno.

Período de Retorno en años (T)	Vida útil en años (n)				
	10 años	25 años	50 años	100 años	200 años
10 años	65	88	99	100	100
25 años	34	56	87	98	100
50 años	18	33	64	87	98
100 años	10	18	39	63	87
200 años	5	10	22	39	63
500 años	2	4	10	18	33
1000 años	1	2	5	10	18

Fuente: Ayala (1983)

La adopción de los períodos de retorno de la tabla anterior para el caso de puentes cuyas vidas útiles pueden estimarse entre 25 y 50 años, implica aceptar riesgos de falla de entre 20 y 40%, aproximadamente, para un período de retorno de 100 años.

Esta metodología tiene aplicación para una diversidad de obras civiles, tal como se muestra en la tabla siguiente elaborada por el Ministerio de Obras Públicas.

Períodos de retorno para el diseño de carreteras.

TIPO DE OBRA	Tipo de Carretera	Período de retorno (años)
Puentes	Principal Secundaria	100 - 200 100
Alcantarillas (D > 1,5 m)	Principal Secundaria	50 - 100 25 - 50
Alcantarillas (D < 1,5 m)	Principal Secundaria	25 - 50 10 - 20
Drenaje de Plataforma	Principal Secundaria	10 - 25 5 - 10

Fuente: MOP (1981).

El sistema SEBI (ver sección 3.2.2) requiere, para la decisión respecto de cada proyecto, de un resumen del diseño de ingeniería de éste. Sin embargo, a través de estos resúmenes no es posible identificar los factores o elementos preventivos considerados en el diseño técnico del proyecto.

La consideración de factores de prevención de riesgo en la evaluación de proyectos de inversión estatal, por consiguiente, sólo puede ser analizada a través de la revisión de casos específicos, donde se aprecian todos los elementos determinantes, tomados en cuenta por los consultores y expertos, para el diseño de los proyectos y su capacidad de respuesta frente a desastres naturales.

Por esta razón en el estudio, cuya síntesis se presenta, se revisó el desarrollo completo del diseño de ingeniería de algunos proyectos específicos: Proyecto de Construcción y Reparación de Sitios 3, 2 y 1 del Puerto de Valparaíso; Estudio de Factibilidad e Ingeniería, Mejoramiento del Camino Pelluco- La Arena; Proyecto Construcción Cárcel de Arica; y Central Hidroeléctrica Antuco: Aducción del Laja.

En conclusión, el riesgo de desastres naturales no es una dimensión tomada en cuenta en la evaluación de proyectos de infraestructura estatal sino sólo a través de las normatividad general (normas técnicas, normas de construcción y legales, normas de localización). Al no estar el riesgo de desastres naturales explicitado claramente en la normativa surge la necesidad de una revisión y presentación de este riesgo como factor decisonal en los proyectos evaluados.

3. Inversión en infraestructura y seguros en la prevención de desastres naturales.

Las acciones para prevenir los efectos de los desastres naturales pueden realizarse a través de un proceso de inversiones en infraestructura, tales que

3.1 Inversión estatal en infraestructura y desastres naturales.

El Estado realiza inversión en infraestructura en una serie de sectores, destinada a proveer los servicios o "bienes públicos" que son de su competencia. La inversión sectorial en infraestructura se orienta principalmente a los siguientes ítemes: Salud, Educación, Transporte, Energía, Agua Potable, Defensa; Deportes, Riego, Vivienda y otros.

Un adecuado análisis económico de los desastres naturales requiere disponer de información detallada sobre la inversión en infraestructura estatal destinada a la prevención de este tipo de fenómenos, que identifique las inversiones realizadas en los siguientes aspectos: i) Inversiones destinadas a reforzar infraestructuras impactadas por algún desastre (p.e, inversión en edificios declarados insalubres después del terremoto de 1985, como el de Onemi. También se pueden considerar aquí las inversiones destinadas a reforzar las bases de puentes que muestren deterioros por crecidas y otros); ii) Inversiones nuevas diseñadas expresamente para mitigar el impacto de desastres (como las inversiones en defensas fluviales); y iii) Los montos destinados a prevención estructural en los proyectos nuevos (cualquier proyecto nuevo requiere incorporar por ejemplo, normas sismorresistentes en el diseño de la estructura).

La inversión en prevención es un costo alternativo respecto de los riesgos de desastres naturales, es decir, previene o anticipa los efectos dañinos (costos) de estos eventos. Los beneficios están asociados con la capacidad real de la inversión preventiva de reducir la vulnerabilidad de la infraestructura, la economía y la sociedad frente a las catástrofes. Si se logra que la infraestructura no se deteriore ante una catástrofe natural, los costos probables de recuperación evitados constituirán un beneficio, que deberá compensarse con el costo de prevención para determinar la eficiencia económica de la acción de prevenir.

La medición de la inversión en prevención presenta serias limitaciones. Una primera es conceptual. Los recursos asignados dentro de la inversión a prevenir riesgos de desastres naturales de las comunidades corresponden, desde el punto de vista estatal (o de la sociedad en su conjunto), a acciones destinadas a enfrentar emergencias. Tal distinción conceptual lleva a plantear que cuando se produce un desastre natural en una comunidad es posible desde el punto de vista estatal reasignar las capacidades y servicios públicos previamente generados para satisfacer las emergencias de carácter normal de la sociedad. El Estado invierte en generar capacidades para resolver emergencias en cada una de las comunidades del país. La existencia de estas capacidades genera externalidades tales que permiten apoyar a las comunidades que enfrentan un desastre natural. Por ejemplo, la inversión realizada para

hospitales y otras obras destinadas normalmente a atender las emergencias que enfrenta una comunidad, son reasignadas cuando se enfrenta un desastre.

Otra limitación es empírica. Existe una incompatibilidad entre la estructura de datos y divisiones sectoriales, disponibles en el BIP de MIDEPLAN, con una definición operativa de inversión en prevención de desastres y/o emergencias. Lo cual se observa en la información que se presenta en las tablas siguientes. Se muestra ahí que la inversión estatal se realiza principalmente en sectores como Transporte, Agua Potable y Vivienda los cuales están vinculados en algún porcentaje, no identificado, con factores de riesgo de desastres naturales. Sin embargo, a partir de la actual configuración del BIP no es posible obtener la medición deseada.

Inversión Estatal en Infraestructura. 1992. Distribución Sectorial. Miles de pesos de 1992.

	Asignado Corrientes	Asignado	Gastado Corrientes
Agua Potable y Alcantarillado	14.905.094	0	13.418.652
Comunicaciones	770	0	607
Educación y Cultura	2.378.273	1	59.793
Energía	10.745	0	8.444
Industria, Comercio, Finanzas y Turismo	1.175	0	605
Justicia	1.895.026	0	1.362.352
Minería	3.995	263	1.451
Multisectorial	9.798	0	7.473
Pesca	1.527	0	766
Salud	9.778.926	0	5.981.457
Silvoagropecuario	5.191.641	0	5.100.267
Transporte	62.076.259	3	22.636.926
Vivienda	29.867.854	0	26.185.937
Total	126.121.084	267	74.764.731

Fuente: Datos del BIP de MIDEPLAN.

Tampoco se puede discriminar lo suficiente para identificar aquellas acciones que corresponden propiamente a prevención de riesgo de desastres naturales en los proyectos de inversión, clasificados por el BIP de MIDEPLAN, según el tipo de acción que se realiza con ellos. Algunos ítems muestran una mayor relación con esta variable, como Conservación, sin embargo, no es posible con esta información saber si esta conservación está asociada con deterioro por uso de la infraestructura, por obsolescencia o por prevención de posibles desastres naturales. Similar situación se observa respecto de otros ítems potencialmente relacionados con prevención de desastres naturales: Mejoramiento, Normalización, Reparación y Reposición. En el caso de las Construcciones, evidentemente existe algún grado de prevención estructural de riesgos de desastres naturales, el cuál no es posible identificar a través de la información disponible oficialmente.

Inversión Estatal en Infraestructura. 1992 Distribución por Tipo de Acción del Proyecto.
Miles de pesos de 1992.

	Asignado Corriente	Asignado	Gastado Corriente
Ampliación	15.596.743	0	10.169.479
Conservación	18.259.282	0	3.050.794
Construcción	56.520.670	1	45.611.232
Habilitación	3.312.179	0	2.912
Mejoramiento	15.507.511	266	6.855.385
Normalización	7.064.092	0	4.870.402
Reparación	2.652.869	0	1.677.096
Reposición	7.217.557	0	2.536.553
Restauración	136	0	112
Totales	126.131.041	267	74.773.966

Fuente: Datos del BIP de MIDEPLAN.

Una forma indirecta de medir los costos en prevención de desastres naturales, y relacionarlos con posibles ahorros de costos futuros en la evaluación de proyectos, son los gastos realizados en la recuperación de los impactos de un desastre natural. Los montos obtenidos son un indicador del ahorro que se hubiera alcanzado al incorporar criterios capaces de prevenir los impactos de catástrofes como las efectivamente ocurridas. Sin embargo, la extensa clasificación de acciones de "prevención" posibles recopiladas a través del BIP dificulta la obtención de una medición precisa de los montos involucrados. Para el caso del ítem Reparación⁷ la fuente de datos solo entrega una aproximación al total de gastos realizados en las áreas en la recuperación de desastres naturales.

Costo por Reparaciones de Viviendas Construidas por el Minvu en la V Región, que resultaron dañadas por el
Sismo de Marzo del 1985. (en miles de pesos de diciembre de 1984)

Código BIP	Numero de viviendas	Costo total	Comuna
20014610 0	-	11.949	Viña del Mar
20014611 0	30	10.243	Viña del Mar
20009147 0	3	1.500	Viña del Mar
20009148 0	11	1.100	Quillota
20009149 0	1	150	Quillota
20009150 0	11	1.800	Quillota
20009151 0	1	100	Calera
20009153 0	3	300	Valparaíso
20009154 0	-	460	Valparaíso
20009155 0	67	19.000	Quilpue
TOTAL V REGION	127	46.602	

Fuente: Datos del BIP de MIDEPLAN

⁷

Reparación: toda acción que tiene como finalidad recuperar el deterioro ocasional sufrido por una infraestructura ya construída. Contrasta esta definición entre otras con Restauración: acción que tiene por objetivo reparar elementos para volverlos al estado o estimación original. En ambos casos, no está explicitada la causa del deterioro.

3.2 El rol de los seguros en reducir las pérdidas de los desastres naturales.

La existencia de cualquier mercado en particular requiere de la concurrencia de incentivos por parte de los oferentes y demandantes que permitan intercambiar el bien o servicio ofrecido. En el caso de los seguros, se intercambia protección (o defensa esperada) a un costo determinado (prima y/o deducible). Es decir, un propietario o empresario que se ve enfrentado a un posible riesgo contrata un seguro para estar protegido de una severa pérdida económica mediante el pago de un monto pequeño. A su vez, las compañías de seguros estarán dispuestas a cubrir las pérdidas futuras frente a un evento riesgoso, si es posible distribuir el costo del evento entre un gran número de participantes y si el ítem cubierto cumple con mínimas normas de seguridad.

La demanda de seguros en el sector privado se origina en la respuesta que las personas y empresas adopten en relación con las amenazas de desastres naturales. Frente a un riesgo de desastre natural las personas y empresas disponen de varias alternativas. Una respuesta autónoma que ellas pueden adoptar (privada y de protección) es tomar un seguro. Alternativamente, pueden decidir cubrirse con sus propios recursos (autoasegurarse o desviar recursos en el futuro para enfrentar las pérdidas); pedir préstamos bancarios una vez ocurrido el desastre; o asumir que recibirán un subsidio una vez ocurrido el evento.

En general, no existen muchos incentivos para una respuesta del primer tipo (contratación de seguro) por parte de las personas o empresas (uso de recursos) frente a la amenaza de un desastre natural.

Una posible explicación a este desincentivo a la contratación de seguros se puede originar en la conducta de las personas, en general, los individuos se fijan en la probabilidad que ellos perciben sobre la ocurrencia de los desastres (p) e inconscientemente colocan un umbral de nivel (p^*) bajo el cual ellos no se preocupan de las consecuencias. Si estiman que $p < p^*$ entonces ellos suponen que el evento no les pasará a ellos y no tomarán acciones correctivas. Ellos subestiman la probabilidad de un futuro desastre si a ellos no les ha sucedido el evento anteriormente. En vez de ponderar los resultados de un evento por su probabilidad percibida de ocurrencia, los individuos que usan un modelo de umbral consideran las bajas probabilidades de ocurrencia como equivalente a cero. En otras palabras los individuos prefieren asegurarse contra eventos de mayor frecuencia, pero menor pérdida, que de mayor pérdida pero menor frecuencia.

Desde el punto de vista de la oferta en este mercado se observa que para las compañías aseguradoras existe un problema en relación a los desastres naturales. El problema de la oferta de seguros no es que exista una alta o muy baja probabilidad de ocurrencia de los eventos, tampoco tiene que ver con mayores o menores costos. El problema es poder estimar la probabilidad de ocurrencia del desastre con relativa precisión.

Para desastres que ocurren frecuentemente como los incendios es posible estimar la posibilidad de su ocurrencia. Sin embargo, para el caso de los desastres naturales que son eventos de baja probabilidad, con grandes consecuencias tales como los terremotos, huracanes y aluviones presentan problemas de estimación de la probabilidad de su ocurrencia debido a la escasa disponibilidad de datos históricos. Luego, es difícil estimar el costo de un desastre

natural y, por consiguiente, realizar un adecuado cálculo de las primas y deducibles. Las dos principales razones son que el riesgo es incierto y que las consecuencias económicas de los desastres son demasiado grandes.

En gran medida las estimaciones de la probabilidad del evento son ambiguas. Es decir hay un gran desacuerdo sobre las estimaciones de p y un alto grado de incertidumbre en los expertos. "Se tiene que confiar sobre las evaluaciones de riesgos realizadas por los hidrólogos y sismólogos, pero estos científicos son los primeros en admitir que sus estimaciones sobre la posibilidad que un desastre particular ocurra en un área específica es altamente incierta y ambigua" (Kunreuther, 1994). Dicha ambigüedad afecta el comportamiento de los aseguradores en relación a los montos de las primas.

Los seguros se contratan ante posibles catástrofes. Se considera como costo al pago de las primas del seguro y además los deducibles fijados en el contrato. Los beneficios serán medidos por la magnitud de los siniestros pagados por las compañías de seguros.

Montos Asegurados por Zona, al 3 de Marzo de 1985 (en UF)

Zona	Región Política	Monto Parcial por Región	Monto Total por Zona	Distribución Porcentual
I	I Tarapaca	13.171.143	59.258.131	14,4 %
	II Antofagasta	38.919.738		
	II Atacama	812.378		
	IV Coquimbo	6.354.872		
II	V Valparaíso	44.490.193	44.490.131	10,8%
III	Metropolitana	227.216.321	227.216.321	55,2%
IV	VI B.O'Higgins	9.665.903	65.412.987	15,9%
	VII Maule	11.382.153		
	VIII Bio-Bio	44.364.931		
V	IX Araucanía	1.651.051	15.115.279	3,7%
	X Los Lagos	12.225.452		
	XI Aysen	33.349		
	XII Magallanes	1.205.427		
Totales			411.492.911	100%

Fuente: Asociación de Aseguradores de Chile, A.G. citado en Encuesta de siniestros liquidados. Terremoto del 3 de marzo de 1985. Caja Reaseguradora de Chile S.A. Gerencia de Reaseguros. Noviembre 1986.

Una forma de conocer la magnitud económica de la prevención sobre la infraestructura, frente a un tipo especial de desastre natural, como es el caso de los terremotos es dimensionar los montos de seguros que el sector privado está dispuesto a contratar. Los antecedentes de 1985, reseñados en el cuadro siguiente, indican que los montos asegurados frente al riesgo de terremoto alcanzaba el en país a 411.492.911 UF⁸. La distribución por zona geográfica de estos montos asegurados, es también un indicador útil pues señala el comportamiento esperado de la construcción ante sismos según la localización de ella.

El total de siniestros (liquidados y pendientes) por el terremoto del 3 de marzo ascendieron a UF 5.804.947, según los datos de la Caja Reaseguradora de Chile S.A. basados en la información a partir de la Encuesta FECU a Septiembre de 1985. Los seguros contra

⁸ El Valor de la U.F. al 10 de Julio de 1995 es de \$11.939,53

terremotos contratados por los agentes del sector privado y público presentan una tendencia fuertemente creciente a partir de 1985, según se observa en el cuadro siguiente. Entre 1983 y 1992 sube seis veces. El año 1993, a su vez, presenta un crecimiento notable, el cual puede estar asociado con alguno de los siguientes aspectos: un alza en el valor de la prima, especialmente por influencia de los sistemas internacionales de reaseguro; un aumento de la contratación de seguros, como consecuencia de expectativas de recurrencia de un fenómeno de este tipo; una mayor conciencia (valoración) de la necesidad de asegurarse contra este tipo de eventos, tal vez influye la transnacionalización de nuestra economía; un notable crecimiento del Producto del país; y otros.

Prima Directa por Terremoto. Totales de Mercado
(Moneda en M\$/Diciembre 1993)

1983	3.326.655
1984	4.076.833
1985	7.248.354
1986	9.286.634
1987	10.718.504
1988	11.664.686
1989	13.970.075
1990	14.459.843
1991	15.499.144
1992	18.120.771
1993	31.484.375

Fuente: Síntesis Estadística del Seguro en Chile. 1983-1993. Asociación de Aseguradores de Chile A.G. Setiembre 1994.

El año del terremoto (1985) crece notablemente el monto de primas contratadas por este concepto, en 77,8%. En los años siguientes, los agentes económicos muestran una tendencia más conservadora en el incremento de sus contrataciones.

A manera de conclusión, las normas técnicas no están claramente asociadas a magnitudes específicas, de modo de tal que no es claro que es lo que protegen. Además, estas derivan fundamentalmente del caso de sismos, pareciendo ignorar los otros riesgos provenientes de eventos naturales. Se hace necesario aquí ordenar lo existente y completarlo para que cumplan con el rol de una evaluación global apropiada. Por otra parte, el monitoreo de normas no parece estar libre de controversias, lo cual hace imprescindible una legislación consecuente. Dada la estructura del presupuesto y sus ítems no parece posible diferenciar el gasto o inversión en prevención, lo cual impide reconocer y evaluar las posibles alternativas estratégicas disponibles para el estado. Se hace indispensable buscar un método económico para esta desagregación. En cuanto a los seguros, dado que no es claro que el Estado se beneficie con ellos, es necesario desarrollar un enfoque que discrimine en la necesidad de su uso por parte del Estado.

4. Método para incorporar riesgo a los proyectos de construcción pública.

4.1 Método agregativo

Se propone un método agregativo relativamente simple para incorporar el riesgo de desastre a la evaluación standard de proyectos públicos. Se supone que la evaluación de un proyecto determinado se ha llevado a cabo sin contemplar el riesgo. Esto puede ser relajado sin alterar el enfoque básico. El procedimiento consiste en agregar una evaluación de riesgo (ER) a la anterior. Esto es: a) Si la evaluación original fue hecha vía costo-beneficio, la ER se suma a esta; y b) si la evaluación original fue hecha vía costo-efectividad, la ER se resta a esta.

4.2 Evaluación del riesgo (ER)

El método consiste en calcular el valor presente neto de incorporar factores preventivos en contra de desastres naturales a un proyecto cuya evaluación standard ya ha sido establecida. Esto se hace a través del calculo del valor presente neto de la prevención (**Vp**). Esto es,

$$Vp = \sum_i (Bp - Cp) / (1+r)^i$$

donde Bp: beneficio de la prevención
 Cp: costo de la prevención
 r: tasa de descuento
 Σ: suma a lo largo de vida útil
 i: subíndice

4.2.1 Beneficio de la prevención

El beneficio de la prevención (Bp) es el **costo probable** evitado debido a la prevención. Este costo representa el valor monetario de la reparación y reconstrucción de las perdidas probables esperadas (de estructuras y acabados). Estas pueden ser deducidas considerando, por un lado, la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural de magnitud dada en una determinada localidad durante la vida útil del proyecto de construcción; y por otro lado, las perdidas esperadas correspondientes a cada nivel de magnitud del desastre.

En lo que sigue se utilizará un ejemplo hipotético, que servirá para demostrar la forma de evaluación que se propone. Por ejemplo, asumiendo un ítem de construcción (e.g. hospital) y su vida útil (e.g. 40 años), expuesto a terremotos, se podría tener lo siguiente (los valores son artificiales):

Magnitud	Costo	Probabilidad	Bp
4	2	95	1.9
5	6	70	4.2
6	15	30	4.5
7	30	15	4.5
8	70	5	3.5
9	100	1	10

Donde:

La **magnitud** corresponde, en este caso, a la aceleración registrada por sismógrafos locales representada en la escala de Richter. En el ejemplo, solo se consideran las magnitudes entre 4 y 9, puesto que se asume que las magnitudes entre 1 y 3 tienen costos negligibles, y que aquellas magnitudes arriba de 9 son altamente improbables, y por tanto se ignoran. Para una inundación (o tormentas mayores), la profundidad (duración y velocidad) del agua en zonas susceptibles al fenómeno pueden también llevarse a una escala ordinal similar a la anterior. Igualmente, en el caso de huracanes (o altos vientos), la presión barométrica en el vórtice o los golpes de viento (velocidad y duración) a los que una zona dada es susceptible pueden también reducirse a una escala ordinal simple para representar magnitudes.

El **costo** corresponde al porcentaje probable de pérdida del valor total de la construcción a las diferentes magnitudes; por ejemplo, 15 significa que a la magnitud 7 se espera una pérdida probable del 15 por ciento del valor total del ítem en cuestión. Para simplificar se asume que este corresponde al costo de reparación y/o reposición.

La **probabilidad** corresponde a la de ocurrencia de un fenómeno de magnitud dada en una localidad dada en un tramo de tiempo dado, por ejemplo, 30 significa que habría una probabilidad de 30 por ciento que un fenómeno de magnitud 6 ocurra en esa localidad durante la vida útil del proyecto.

Finalmente, **Bp** es el beneficio de la prevención y corresponde al costo prevenido probable a los distintos niveles de magnitud, por ejemplo, el costo evitado en virtud de una prevención hasta una magnitud 6 corresponde al Bp acumulado hasta esa magnitud (en el ejemplo, $1.9 + 4.2 + 4.5 = 10.6$). Esto corresponde a la esperanza matemática de las pérdidas por desastres de tipo dado, por ejemplo, la suma de los costos esperados multiplicados por la probabilidad de ocurrencia de tales costos a los distintos niveles de magnitud o:

$$Bp = E(C < m) = \sum_i C_i P_i$$

Donde:

E: operador de la esperanza matemática

C_i : costo acumulado hasta magnitud i-esima

m: magnitud dada (e.g. 6)

Σ : sumatoria hasta magnitud m

P_i : probabilidad de ocurrencia de un evento de magnitud i

4.2.2 Costo de la prevención

A su vez, el costo de prevención (C_p) es el **costo cierto** de construcción resistente a las mismas magnitudes anteriores, y corresponde a costos de estructura y acabados más seguros. Siguiendo el mismo ejemplo anterior (siempre con datos artificiales), se puede tener lo que sigue:

Magnitud	Cp
4	2
5	6
6	12
7	50
8	50
9	280

El costo de prevención (Cp) corresponde al incremento sobre el costo total que representaría la prevención a los distintos grados de magnitud; i.e. para prevenir una magnitud $m = 6$, el costo total se incrementaría por la suma de costos incrementales hasta esa magnitud (en el ejemplo, $2 + 6 + 12 = 20$):

$$Cp(i \Sigma m) = \sum_i Cp$$

Donde Σ : suma hasta magnitud m

Nótese que, como con el aumento de la prevención, la vida útil de una construcción podría aumentar, esto debiera contarse como beneficio. Pero, con esto también aumentaría marginalmente la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno a cada magnitud. Y como esto hace aumentar marginalmente el costo, este debería ser descontado del beneficio anterior para llegar a un valor neto.

4.2.3 Valor presente neto de la prevención (Vp)

Se asume a continuación que la tasa de descuento utilizada es exactamente la misma que se utiliza para la evaluación de la inversión sin riesgo. Esto es, los costos de prevención se actualizan tomando en cuenta el momento en que se incurren. La mayor parte de éstos tiende a caer en los primeros periodos (años, meses, semanas). La actualización de los beneficios de prevención, sin embargo, no es tan claro, puesto que estos surgen únicamente si es que ocurren fenómenos a las distintas magnitudes durante la vida útil de la construcción. Una solución es elegir el coeficiente de descuento correspondiente al punto medio de la vida útil para actualizar los beneficios probables esperados (e.g. el veinteaño). Para fines del ejemplo, se ignorará la tasa de descuento, pero no sin antes enfatizar que el beneficio de prevención Bp deberá ser menor que el presentado más abajo cuando un coeficiente de descuento sea aplicado. Por tanto:

Magnitud	Vp	Bp	Cp
4	-0.1	1.9	2
5	-1.9	6.1	8
6	-9.4	10.6	20
7	54.4	15.6	70
8	-101.4	18.6	120
9	-380.4	19.6	400

Los valores de **Vp**, **Bp** y **Cp** son todos acumulados, como se indicara más arriba. En este ejemplo, no existe ningún nivel de prevención económicamente eficiente en si mismo (notese que la negatividad habría sido mayor de haber actualizado los beneficios con la tasa positiva de descuento al veinteavo año). Pero, se debe recordar que el valor neto de la prevención es **agregativo** al valor neto del proyecto sin prevención. Esto significa que, a pesar de existir un costo neto de prevención, todavía es posible que el proyecto tenga un valor presente neto total positivo aceptable para su ejecución.

Pero hay mas. Al beneficio de la prevención (**Bp**) habría que calcularle también los **costos no incurridos de flujo**, esto es el costo de la desarticulación ocasionada por la destrucción total o parcial del ítem en cuestión. Finalmente, habría que agregar también el **costo de la emergencia** ocasionada por la destrucción del ítem en cuestión (costo de rescate, aliviamiento y rehabilitación de los individuos directa e indirectamente afectados) (ver 5.3.2 mas abajo).

4.3 Estimación de los costos de prevención y de los beneficios de prevención

4.3.1 Costos de prevención

Dada la localización de un proyecto de construcción, los costos de prevención representan los requerimientos adicionales de construcción (variaciones de diseño y materiales en fundaciones, estructura, acabados) para prevenir o atenuar perdidas provocadas por fenómenos naturales de diferentes magnitudes potenciales. Esto lleva a focalizar en tres áreas de análisis:

- (i) Macrozonificación de fenómenos naturales
- (ii) Microzonificación de fenómenos naturales
- (iii) Calculo ingenieril de resistencia de estructura, diseño y materiales

La primera, **macrozonificación**, está generalmente disponible en todo el territorio nacional, especialmente en las áreas de mayor concentración poblacional y de construcción física. Esta consiste en determinar el grado de exposición que tienen las grandes áreas nacionales (por ejemplo, regiones) a distintos tipos de fenómenos naturales con sus magnitudes probables. Esto está basado, no solo en experiencia histórica, sino también en estudios geológicos y meteorológicos que dan cuenta de las características físicas del evento geofísico (magnitudes probables, duración probable, predicción cercana al impacto, velocidad a su máxima magnitud, extensión geográfica, dispersión geográfica de magnitudes, factores modificantes de la magnitud, etc).

A su vez, dada la macrozonificación, la **microzonificación** busca determinar a nivel de detalle (por ejemplo, kilometro cuadrado) las mismas características anteriores, especialmente la heterogeneidad del evento en una zona específica determinada derivada de factores modificantes de las magnitudes generales (por ejemplo, relieve, existencias forestales, contextura y mecánica de suelos, construcción urbana y rural, actividades económicas incentiivantes -roturación de bosques-, etc).

La microzonificación detallada es el tipo de ejercicio que desarrollan las compañías aseguradoras para establecer los riesgos de perdida de la construcción asegurable existente en

una determinada área, de modo de determinar las pólizas y la viabilidad económica de tal actividad (Foster 1984, Berz 1984). El gobierno podría hacer lo mismo para determinar el riesgo de pérdida de la construcción pública existente, y así elegir las formas más económicas de mitigación y absorción de las pérdidas probables.

Sin embargo, para la construcción nueva tal nivel de detalle no es necesario ni eficiente. Lo que se requiere en este caso es establecer cuales son los sitios o localidades específicas alternativas para el proyecto de construcción pública, y luego microzonificar solamente tales sitios. Esto demanda personal especializado, pero dada la macrozonificación esto debería ser un trabajo relativamente rápido.

La **tercera etapa**, una vez cumplidas las anteriores, consiste en calcular la resistencia de la construcción a las características destructivas de los eventos potenciales en las microzonas alternativas de erección. Esta etapa tiene como antecedente la experiencia histórica de la construcción frente a diversos fenómenos naturales. Como tal, es un trabajo reservado para ingenieros y constructores, y generalmente se apoya en modelos computables de simulación de resistencias a diferentes eventos (Sauter 1988, Friedman 1984). La Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile ha desarrollado modelos similares que debieran servir de base para el propósito en cuestión. De este ejercicio, se deriva entonces el costo de prevención a las distintas magnitudes potenciales en la microzona.

4.3.2 Beneficios de Prevención o costos no incurridos

Los costos evitados por la prevención, como se indicara son de tres tipos:

- (i) Costos al stock de construcción
- (ii) Costos de flujo
- (iii) Costos de emergencia

Los **costos de stock** representan el costo de reparación y reconstrucción de las pérdidas a las infraestructuras y otras propiedades del Estado. Esto se estima a través del mismo procedimiento anterior para calcular los costos de prevención. Esto es, una vez determinadas las características destructivas de fenómenos naturales en una microzona, a través de modelos de simulaciones se puede estimar el valor monetario de recuperación de las pérdidas físicas esperadas a los distintos niveles probables de magnitud. Este valor monetario es el que no se incurriría de haber prevenido su aparición. Como tal representa el beneficio de la prevención.

Los **costos de flujo** derivan del hecho que los desastres no solo afectan la cantidad de construcción, sino también su calidad (funcionamiento). Y no solo afectan a los ítemes físicos, sino también a las relaciones entre ellos (pérdidas derivadas de las desarticulaciones). Esto debe ser contabilizado de alguna forma. Por ejemplo, si se trata de un puente es necesario calcular el costo de circunvalación. No sería difícil determinar cual es el número esperado de vehículos de distinto tipo que usarían el puente, después de todo esa es una de las consideraciones para construir el puente en la primera instancia. Conociendo esto, el costo de flujo se puede calcular como un costo adicional por vehículo por día de interrupción (más el costo de deterioro y congestión en las vías alternativas). En el caso de un hospital, también se conocería desde un comienzo el número de tratamientos derivados de pacientes internos y externos por día. Aquí debería calcularse el costo asignando un valor monetario al número

menor de tratamientos por día (y/o su calidad), y al atochamiento de hospitales cercanos (o otras formas de paliativo, e.g. hospitales móviles). Por supuesto, si lo único que aquí ocurre es llenar la capacidad ociosa de otros hospitales cercanos, el costo de funcionamiento y flujo sería menor y debería ser propiamente evaluado. Igualmente, desde un punto de vista social, el lucro cesante derivado de la caída de una producción específica (por ejemplo, camisas) y el desempleo así ocasionado por un desastre debe contrastarse con los aumentos de producción (camisas) y empleo en otras áreas que toman la oportunidad para satisfacer la demanda de mercado existente, sustituyendo a las actividades afectadas. Los costos de flujo evitados representan un beneficio de la prevención.

Finalmente, los **costos de emergencia** pueden ser significativos, aunque normalmente son de corta duración. La emergencia, especialmente, induce una serie de respuestas voluntarias nacionales e internacionales que no habrían estado vigentes de no mediar el desastre. Estas bien podrían tener un costo de oportunidad nulo, y como tal habría que considerar solamente aquellas que ocasionan un costo de oportunidad efectivo a la sociedad en su conjunto. Una forma de estimar estos costos sería utilizar experiencia histórica alrededor de estructuras públicas (erigidas con poca o ninguna prevención), tratando de asignar un costo de emergencia (directos e indirectos) a la falla de estas propiedades públicas en cuestión. Esto puede ser también desarrollado y extendido a través de creación de escenarios cualitativos y modelos de simulación cuantitativos asociados (en la forma anteriormente señalada). Estos costos, como los anteriores, también representan un beneficio de la prevención.

Sería importante enfatizar que en lo anterior no se ha considerado el costo económico global causado por las víctimas del desastre (en términos de vida y funcionamiento). Ninguna medida económica de este costo está desprovista de dificultades, y como se trata de algo más importante que lo meramente económico cualquier contabilización social de este costo está destinado a crear controversia (Jones-Lee 1994).

La suma de todos estos costos no incurridos representa el beneficio total de la prevención.

4.4 Construcción pública existente y seguros

Así como con la nueva construcción pública, la propiedad pública existente también debería ser sometida a algún tipo de evaluación para establecer la mejor forma de atenuar y/o absorber las pérdidas potenciales derivadas de desastres naturales. Como se indicara, el tipo de ejercicio de evaluación que el Estado debería desarrollar es parecido al que las compañías aseguradoras serías desarrollan. Esta consistiría en cinco requerimientos ineludibles, constituidos por un:

- (i) **censo** o catastro clasificador de la propiedad pública a nivel de división administrativa relevante
- (ii) **microzonificación** a nivel de la misma división anterior
- (iii) **determinación del riesgo** promedio a nivel de división administrativa
- (iv) **evaluación de mecanismos** existentes de atenuación y/o absorción de pérdidas potenciales
- (v) **análisis de costo** para seleccionar la combinación de mecanismos más eficientes a nivel de división.

El censo de la propiedad publica debiera establecerse a nivel del gobierno local relevante de menor extensión geográfica dentro de cada región nacional, por ejemplo, municipalidad. Este catastro debe clasificar la propiedad existente de acuerdo a tipo de construcción (materiales, altura, diseño), localización exacta, funciones (escuelas, hospitales, infraestructuras viales, etc), y antigüedad. Como esta información está disponible, aunque probablemente no en la forma requerida, solo requiere de una digitación apropiada para ser luego manipulada computacionalmente, y de alguna verificación de control para asegurar su precisión.

La microzonificación, derivada de una macrozonificación como se indicara, debe establecer para los distintos fenómenos naturales que la afectan, las características señaladas mas arriba, especialmente los radios generales de magnitudes en el área observada (por ejemplo, municipalidad) y sus factores modificantes. Como se indicara, esto requiere de personal especializado (geólogos, constructores, ingenieros) y puede demandar un financiamiento mayor, pero la microzonificación es una forma de inversión, una vez producida esta es casi permanente.

El riesgo puede ahora estimarse como el resultado de la superposición geográfica del catastro de propiedad y la microzonificación de amenazas a tal propiedad durante un periodo dado (por ejemplo, 20 años u otro periodo). Este ejercicio es similar al detallado mas arriba para estimar el beneficio de la prevención, por ejemplo, estimación de la esperanza de perdida probable. Esta puede diseñarse tomando en cuenta solo tipos y magnitudes generales y como tal expresarse en una esperanza promedio de perdida a nivel de división geográfica (por ejemplo, municipalidad), de modo de conocer los costos globales esperados a nivel de división y actuar al menos en aquellas potencialmente mas onerosas. O bien puede diseñarse a nivel de detalle mayor para diferenciar desde el comienzo entre una construcción y otra a nivel de sub áreas dentro de la microzona. Como se indicara, esto requiere de personal especializado, especialmente de ingenieros de resistencia y de modelística derivada, y también de economistas para establecer valores monetarios realistas para el riesgo y otras externalidades modificantes (por ejemplo, modernización urbana, desarrollo industrial, y desarrollo tecnológico en la construcción).

Los mecanismos de protección, en términos de: (a) atenuación, tales como el reforzamiento preventivo, o demolición de construcción riesgosa, o el cambio de uso de la construcción y del suelo, entre otros, y (b) absorción, tales como autoaseguro del Estado a través del 2% del presupuesto, otras formas de financiamiento domestico (nuevos impuestos, resignación de ítemes del presupuesto, u otros mecanismos), ayuda internacional (donaciones, prestamos a bajo interés del Banco Mundial, y otros), y contratación de seguros privados (e.g. Lloyd, u otras aseguradoras o reaseguradoras).

Finalmente, **un análisis de costo** que tome en cuenta los riesgos y los mecanismos de protección a nivel de división administrativa local (y también general donde ello corresponda) debe ser desarrollado para establecer la combinación de mecanismos de protección mas económicamente eficientes y socialmente eficaces. Esto es, el costo esperado por riesgos, pero no incurrido gracias a la protección, debe compararse con el costo de la combinación mas eficiente de mecanismos de protección. Esto ultimo, puede hacerse en términos financieros directos (e.g. pólizas de seguro, etc) y/o económicos (e.g. costo de oportunidad de un impuesto, etc). Los costos de respuesta al desastre no incurridos, debidos a la atenuación y la

absorción (que representan el beneficio de utilizarlos), se contrastan con los costos de la atenuación y la absorción (que es el costo de la mejor combinación de ellos a nivel local).

El objetivo es buscar la combinación económicamente mas eficiente de atenuación y absorción, cuyo costo sea menor o igual que el costo potencial no incurrido derivado del riesgo. Si no existe ningún valor presente neto positivo en esta comparación de beneficios y costos, la decisión de proteger la propiedad publica deberá ser política. En este ultimo caso, una consideración por las vidas humanas salvadas y por la reducción de lesiones puede bien justificar una decisión económicamente ineficiente, pero socialmente eficaz, de protección de la propiedad publica.

Entre estos mecanismos de búsqueda de eficiencia económica y social, debiera también estar la de establecer códigos y normas estrictas en la construcción privada y uso del suelo, que a menudo representa un significativo gasto estatal, especialmente durante la emergencia derivada de desastres, que pudo haberse atenuado de mediar tales reglamentos. Así como también, la imposición de contratar seguros a determinadas propiedades y actividades privadas relevantes.

Es finalmente importante enfatizar que los seguros no solamente son un mecanismo de absorción de perdidas, sino también de disciplina en la construcción, en el uso del suelo y en las actividades económicas, puesto que de no mediar esta las compañías aseguradoras pueden no estar dispuestas a extender su cobertura a ellas.

La metodología propuesta para evaluar la inversión nueva, así como la destinada a analizar la construcción existente, requiere de ciertos esfuerzos informacionales, pero una vez hechos, su aplicación es relativamente poco costosa. En consecuencia, se hace necesario que el Estado entre en este tipo de gastos, en caso contrario el objetivo no seria alcanzado.

5. Conclusiones y recomendaciones

El estudio concluyó con un conjunto de recomendaciones, una síntesis de las cuales se presentan a continuación:

I. Se propone incorporar explícitamente en la evaluación, los niveles de riesgo a que están expuestos los proyectos de construcción pública. Se podría elaborar una función de daños probables evitados para las infraestructuras estatales, debido a la reducción de su vulnerabilidad frente al conjunto de amenazas naturales a que están expuestas. El resultado se debe contrastar con el costo de prevenir los mismos niveles de riesgo, derivando así un criterio de decisión basado en el valor presente neto entre beneficios y costos.

II. En la evaluación de proyectos de construcción pública, es indispensable identificar el riesgo total del proyecto. Esto es, se deben asociar las normas de construcción sismorresistentes con las normas hidrológicas y otras para lograr este objetivo.

III. Es importante revisar y ampliar los sistemas de control y cumplimiento de las normas técnica de construcción y uso de suelos. Se requiere de un adecuado monitoreo y control del grado de cumplimiento de normas técnicas y de localización en la construcción nueva. Esto debiera ser extendido a la propiedad privada, donde sea relevante. Ello podría hacerse a través de la concesión del rol de inspección a empresas calificadoras privadas, o directamente a través de una autocalificación pública independiente.

IV. Es imprescindible el desarrollo y disponibilidad de microzonificaciones de eventos naturales, especialmente en las zonas de aglomeración de construcción y población mas expuestas del país. Es esencial que esta información se genere a nivel administrativo relevante (a nivel de municipalidad). Esto permitiría, por una parte, establecer un ranking de riesgos a nivel local a lo largo de todo el país y, por otra, asegurar un control y supervisión apropiado a ese nivel. El ranking permitirá una más eficiente priorización de recursos estatales y, a su vez, un tratamiento descentralizado de la ejecución y monitoreo de dichos recursos, reduciendo los gastos innecesarios. Asimismo, ello permitiría, tanto abordar la evaluación de proyectos de inversión pública nueva, como analizar las formas de protección más apropiadas para la propiedad pública existente, y hasta donde sea relevante también serviría para la propiedad privada.

V. Derivado de lo anterior, se propone un enfoque que permite evaluar la forma más apropiada de proteger la propiedad pública existente frente a fenómenos naturales. El objetivo aquí es analizar los mecanismos alternativos de protección (atenuación y absorción) de la propiedad pública existente. De ella debiera emanar la combinación económicamente más

eficiente de atenuación (formas de prevención) y absorción (formas de seguro) de eventos naturales. Esta también puede ser extendida para la propiedad privada donde sea relevante.

VI. Aprovechando la infraestructura institucional provista por el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), se podría anexar a las evaluaciones realizadas con este sistema las consideraciones de riesgos de desastres naturales. El objeto de esta propuesta es compatibilizar factores externos (efectos del ambiente en el proyecto) e internos (efectos del proyecto en el ambiente) en las evaluaciones de proyectos, utilizando la infraestructura institucional provista por el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

VII. Se hace indispensable buscar un método económico de desagregación y homogeneización tanto en el registro de inversión estatal destinada a la prevención, como en los ítemes presupuestarios a que ello corresponde. Dada la estructura del banco de información sobre proyectos de inversión estatal, es extremadamente difícil dimensionar los gastos o inversión en prevención realizados anualmente por el estado. Como tal, esto también se extiende al presupuesto, lo cual impide reconocer y evaluar las posibles alternativas estratégicas disponibles para el estado.

BIBLIOGRAFIA

- Albala-Bertrand, J.M. The Political Economy of Large Natural Disasters. Oxford University Press-Clarendon, London , 1993.
- Albala-Bertrand, J. M. "Situación de desastre, efectos macroeconómicos y reglas derivadas. Un marco para la fundamentación de políticas de enfrentamiento a desastres". Informe de Consultoría Proyecto CHI/92/009. Santiago de Chile, Setiembre 1994.
- Ayala, Luis Diseño Hidráulico de Puentes. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Departamento de Ingeniería Civil. Centro de Recursos Hidráulicos.1983.
- Berz, G. "Research on Natural Disasters in Insurance and Reinsurance Companies" in in Giarini,O (Ed) The Geneva Papers on Risk and Insurance (Geneva Association, Geneva, 1984)
- Bull, Ross "Disaster Economics", 1st. Edition, Disaster Management Training Programme, UNDP, UNDRO, 1992
- CEPAL Manual para la evaluación de desastres Naturales. 1993.
- Ferrando, F.J. "Vulnerabilidad urbana y sustentabilidad frente a desastres". Informe de Consultoría,ProyectoCHI/92/009, Anexo N° 3.1994
- Foster, H. "Reducing Vulnerability to Natural Hazards" in Giarini,O (Ed) The Geneva Papers on Risk and Insurance (Geneva Association, Geneva, 1984)
- Friedman, D. "Natural Hazard Risk Assessment for an Insurance Program" in Giarini, O (Ed.) The Geneva Papers on Risk and Insurance (Geneva Association, Geneva, 1984)
- Hirshleifer, Jack "Economic Behaviour in Adversity". The University of Chicago Press, 1987.
- Hirshleifer, Jack "Disaster and Recovery" en The Fortune Encyclopedia of Economics, 1993.
- Jones-Lee, M.W. "Safety and the saving of life" in Layard, R. and Glaister, S. Cost- Benefit Analysis (Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1994, Second Edition)
- Kramer, R.A. "Advantages and Limitations of Benefit-Cost Analysis for Evaluating Investments in Natural Disaster Mitigation". World Conference on Natural Disaster Reduction, Yokohama, Japan . May 1994.
- Kunreuther, H. "The role of insurance in reducing losses from natural hazards". World Conference on Natural Disaster Reduction. Yokohama, Japan . May 1994.
- MIDEPLAN Inversión Pública, eficiencia y equidad. Departamento de Inversiones. MIDEPLAN,1992.
- MIDEPLAN Manual SEBI Anual, 1995.
- MOP Manual de Carreteras, 1981
- ONEMI Marco conceptual para la prevención y atención de desastres. Agosto 1994.
- OAS "Natural Risk Reduction in Project Formulation and Evaluation". Primer on Natural Hazard Management in Integrated Regional Development Planning. Department of Regional Development and Environment. 1993.
- Sauter, F. Catastrophic Risks of Nature (Symposium, 1988)
- U. de Chile. El sismo del 3 de Marzo de 1985. Santiago de Chile. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.1986.
- Otras fuentes:
- Boletines Informativos ONEMI. Enero-Abril 1991 / Mayo-Agosto 1991
 - Desastres Naturales Ocurredos en Chile en el período 1541-1993. ONEMI,1993.
 - Estudio de Factibilidad, Proyecto de Regadío San Juan de Quirihue,M.O.P., 1995.
 - Ley General de Urbanismo y Construcciones. Ed. Jurídica, 1991.
 - Ley Orgánica del Ministerio de Obras Públicas. Diario Oficial, 1985.
 - Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. Ed Jurídica,1992.
 - Plan de Reconstrucción del Terremoto de 1985. Mideplan, 1985.
 - Plan Regulador Metropolitano. Editorial A&C ,1995.
 - Presupuesto de la Nación 1985 y 1986.
 - Proyecto Pavimentación Camino El Abra-Cruce Ruta H40. M.O.P., 1995.
 - Proyecto Reparación Sitios 3, 2 y 1 del Puerto de San Antonio. M.O.P., 1992.
 - Proyecto Construcción Cárcel de Arica. M.O.P