

PLAN DE ACCIÓN DE LOS SERVICIOS DE INFRAESTRUCTURA AL CAMBIO CLIMÁTICO. 2017-2021



INTRODUCCIÓN

Es por todos sabido que el cambio climático es una realidad y la comunidad científica ha concluido que la variabilidad climática en las últimas décadas es a causa de actividades antropogénicas. A la fecha, el Cambio Climático es, sin duda, el principal problema global al que se enfrenta la humanidad; pues pone en riesgo su existencia. El cambio climático no es un hecho nuevo. El clima terrestre no ha dejado de cambiar desde que se formó la atmósfera primigenia. Lo único nuevo es que parece evidente que hemos comenzado a influir notablemente en el clima. El clima es un promedio, a una escala de tiempo dada, del tiempo atmosférico y sobre el cual influyen muchos fenómenos. El Panel Intergubernamental del Cambio Climático¹ (IPCC) ha publicado de manera sistemática los hallazgos de científicos que afirman que la actividad industrial humana está provocando el aumento de la temperatura global, y los impactos que derivan de esta amenaza.

La infraestructura constituye un elemento de soporte de las actividades humanas, tanto en materia de provisión de agua potable, conectividad, protección del territorio, edificación pública y de aprovechamiento óptimo de los recursos hídricos, así como de apalancamiento de actividades productivas como es el caso de los embalses y canales de regadío.

En el contexto del cambio climático de largo plazo, se presenta una gama de preocupaciones emergentes en el área de la infraestructura que los que toman decisiones necesitan conocer. A diferencia de aquellos casos donde la recuperación de la inversión ocurre durante períodos relativamente cortos (por ejemplo, de uno a tres años), existen otras inversiones en infraestructura que tienen una vida útil de varias décadas, como obras de riego, viales, portuarias, entre otras. En tales casos, se requiere tomar medidas para anticipar las necesidades de adaptación no sólo frente a las amenazas actuales, sino también a las amenazas y las condiciones climáticas del mañana. El recurso de consultar los registros de tiempos pasados como directrices para visualizar el futuro de la planificación de la infraestructura, ya no es una opción viable. Es por ello, que el presente Plan persigue como uno de sus objetivos centrales **adaptar** la infraestructura que ejecuta el Ministerio de Obras Públicas a los impactos esperados por el cambio climático, a fin de que los servicios que presta la infraestructura a la comunidad no se vean afectados o interrumpidos. Por tanto, la visión del presente plan está centrada en las personas.

Cabe mencionar, que diversos organismos internacionales recomiendan un enfoque local para el blindaje climático, en lo relativo tanto a enfrentarse a los riesgos climáticos presentes y futuros, como en evitar las inversiones de alto riesgo que puedan desembocar en pérdidas catastróficas (PNUD, 2010)

¹ El Panel Intergubernamental del Cambio Climático: El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) se creó en 1988 con la finalidad de proporcionar evaluaciones integrales del estado de los conocimientos científicos, técnicos y socioeconómicos sobre el cambio climático, sus causas, posibles repercusiones y estrategias de respuesta. (http://www.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml).

Sin embargo, se reconoce el rol de las instituciones nacionales en relación al liderazgo que deben ejercer (especialmente para la recopilación y armonización de la información sobre amenazas y para establecer y verificar el cumplimiento de códigos y estándares de construcción). La orientación la pericia de las instituciones nacionales deben integrarse a las actividades locales para que se tornen efectivas y la pericia de las instituciones nacionales deben integrarse a las actividades locales para que se tornen efectivas. (PNUD, 2010). Por tanto, el presente plan si bien es cierto tiene un carácter general, de él deben ejecutarse las acciones/programas locales regionales, de acuerdo a la amenaza climática que deban hacer frente.

Sin embargo, tan importante como adaptar la infraestructura a los impactos del cambio climático es la posibilidad de contribuir a la **mitigación** al cambio climático. Ello, en la medida que se incorporen criterios de eficiencia energética en el diseño y construcción de las obras, las cuales aluden tanto a la incorporación de energías renovables no convencionales como a la incorporación del diseño pasivo en el caso de la edificación pública. Todo ello, a fin de lograr al largo plazo el objetivo del desarrollo de infraestructura baja en carbono.

En términos institucionales, el Ministerio de Obras Públicas ha adquirido a través del Consejo de Ministros para la Sustentabilidad el compromiso de elaborar dos planes, el primero de ellos corresponde al Plan de Adaptación de los Servicios de Infraestructura al Cambio Climático durante el año 2017, y el segundo es el Plan de Adaptación de los Recursos Hídricos al Cambio Climático el año 2018. Respecto del primero, se ha decidido efectuar un esfuerzo mayor y no sólo abordar los desafíos en materia de adaptación de la infraestructura al cambio climático, sino también incluir el eje de mitigación en consideración al aporte de este sector al compromiso de Chile frente a Naciones Unidas en esta materia. Por tal motivo, el presente documento se constituye como el *Plan de Acción de los Servicios de Infraestructura al Cambio Climático*.

El documento que se presenta a continuación, constituye un marco de referencia que sienta las directrices en materia de cambio climático para la Direcciones que constituyen parte de este Ministerio y que se encuentran relacionadas con la materialización de las obras de infraestructura, como lo son: Dirección de Vialidad, Dirección de Obras Hidráulicas, Dirección de Obras Portuarias, Dirección de Aeropuertos, Dirección de Arquitectura, Dirección de Planeamiento y la Coordinación de Concesiones del Ministerio de Obras Públicas.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	2
CAPÍTULO I: ANTECEDENTES GENERALES	6
Cómo afectan las proyecciones de Cambio Climático en el desarrollo de la Infraestructura	9
Cambio en patrón de precipitaciones y aumento en intensidad y frecuencia de sequías.	9
Aumento en intensidad en inundaciones fluviales	10
Inundaciones costeras.....	12
Enfoque Metodológico para evaluar la Incorporación de Análisis de Cambio Climático en la Infraestructura -MOP	14
CAPÍTULO II: VISIÓN Y ENFOQUE DE LOS SERVICIOS DE INFRAESTRUCTURA EN CAMBIO CLIMÁTICO.	16
Caracterización de Servicios de Infraestructura	17
Dirección de Obras Hidráulicas	18
Dirección de Vialidad.....	24
Dirección de Obras Portuarias	26
Dirección de Aeropuertos	27
Dirección de Arquitectura	28
Coordinación de Concesiones	29
Estudios y coordinación interministerial.....	29
CAPÍTULO III: PLAN DE ACCIÓN DE LOS SERVICIOS DE INFRAESTRUCTURA AL CAMBIO CLIMÁTICO.....	31
Objetivos	31
Objetivo General:	31
Objetivos específicos:.....	31
Estructura del Plan	32
Eje de Adaptación al Cambio Climático:	32
Líneas estratégicas de Acción por objetivo específico.....	32
Eje Mitigación al Cambio Climático.....	33
Eje Creación de Capacidades	33
Línea de Acción 1: Cambios Metodológicos para incorporar la gestión del riesgo hidrológico futuro en la evaluación, diseño y planificación de servicios de Infraestructura.....	40

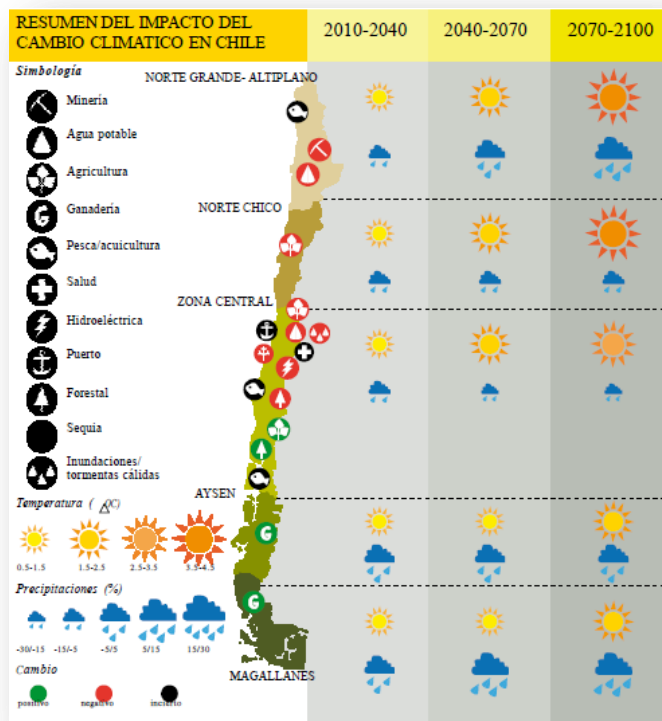
Línea de Acción 2: Monitoreo Amenazas.....	50
Línea de Acción 3: Monitoreo de vulnerabilidad de la infraestructura	54
Línea de Acción 4: Promoción de la Innovación tecnológica para la adaptación al cambio climático	55
Línea de Acción 5: Incorporación en los procesos de planificación ministerial las implicancias del cambio climático para los servicios de infraestructura MOP.	56
Eje de Mitigación.....	56
Línea de Acción 1: Mitigación de gases de efecto invernadero en el diseño, operación y construcción de infraestructura y edificación pública.....	57
Línea de Acción 2: Contabilidad de reducción de gases de efecto invernadero	59
Eje Creación de Capacidades	60
Línea de Acción 1: Coordinación Intra e Inter Ministerial Cambio Climático	60
Línea de Acción 2: Gestión del Conocimiento en Cambio Climático	61
MONITOREO Y ACTUALIZACIÓN DEL PLAN	69
BIBLIOGRAFÍA.....	70
ANEXOS.	72
Acrónimos	72
Ciclo de Vida Obras	73

CAPÍTULO I: ANTECEDENTES GENERALES

Existe un consenso científico generalizado de que el mundo está experimentando cambios climáticos y que se está incrementando la frecuencia y severidad de los desastres naturales (Stern, 2008; UNDP, 2008; UNISDR, 2009d; World Bank, 2009). Se espera que Latinoamérica, en particular, sufra por el cambio climático y que se incrementen los eventos naturales extremos (UNDP, 2008; De la Torre, Fajnzylber, Nash, 2009; EU, 2009; World Bank, 2009b) (citado en PNUD, 2010).

Para Chile, las proyecciones climáticas muestran como principales efectos el alza en la temperatura y la disminución en las precipitaciones. También se proyecta un aumento en la frecuencia de eventos extremos tales como sequías, e inundaciones fluviales y costeras. Todos estos cambios tendrán repercusión directa o indirecta sobre la mayor parte de las actividades productivas del país, y por supuesto, tendrá repercusión en los servicios que presta la infraestructura, tal como se aprecia en la Ilustración 1.

Ilustración 1: Impactos del Cambio Climático y Su Relación con las Proyecciones Climáticas Futuras

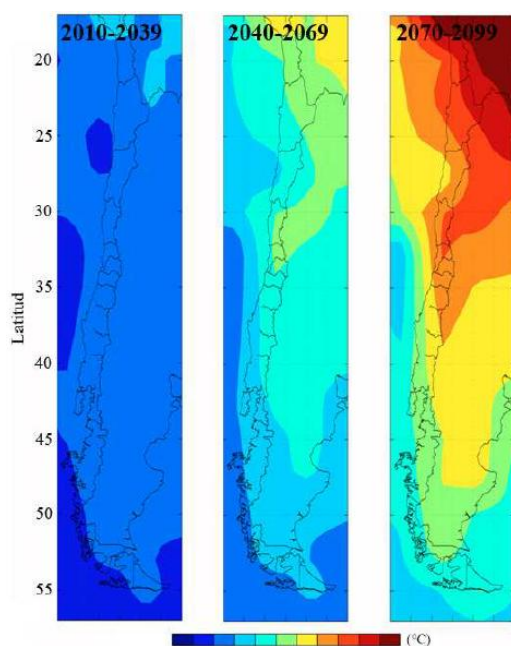


Fuente: La Economía del Cambio Climático en Chile. CEPAL; 2012

De acuerdo al Estudio “La Economía del Cambio Climático para Chile” (CEPAL, 2012) existen diferentes proyecciones para el país en torno a precipitación y temperatura, considerando dos escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero, A2 y B2. El primero, considera un nivel más alto de emisiones y el segundo, más moderado. Dado los últimos estudios del IPCC (2014), frenar el aumento sobre los 2°C es “probable” sólo si se reduce entre las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero con respecto a las de 2010 entre un

40% y un 70%. Por tanto, el escenario más severo (A2), es el más probable para los próximos años. Por tanto, el ERECC indica que son dos los cambios proyectados para Chile, éstos son: aumento de temperaturas y cambios en los patrones de precipitaciones. Respecto de la temperatura, el

Ilustración 2: Proyecciones de Temperatura en el Escenario A2, Cambio en grados Celsius sobre base Histórica



Fuente: La Economía del Cambio Climático en Chile.
CEPAL; 2012

aumento va del orden de los 2° a los 4° C, siendo más evidente el aumento a medida que se aleja de

la influencia del océano.

En relación a los cambios de patrones en las precipitaciones, se proyecta una alta probabilidad de una disminución entre los paralelos 30°S y 42 ° (región de Coquimbo a Los Lagos, aprox.)

Los últimos estudios en materia de proyecciones de precipitación y temperatura para Chile, llevados a cabo en consideración al último informe del IPCC (2014), y que consideran escenarios de Forzamiento Radioactivo Representativo (RCP, por sus siglas en inglés). Los escenarios RCP se denotan en función del forzamiento radiativo (en W/m²) que se lograría hacia fines de siglo. A mayor concentración de GEI mayor el forzamiento radiativo. El escenario RCP 2.6 con un forzamiento de 2.6 W/m² implicaría un aumento en 2°C de la temperatura global del planeta. Un escenario RCP 8.5 se concibe por otra

parte como el escenario BAU (business as usual) de acuerdo a la trayectoria actual de emisión de GEI.

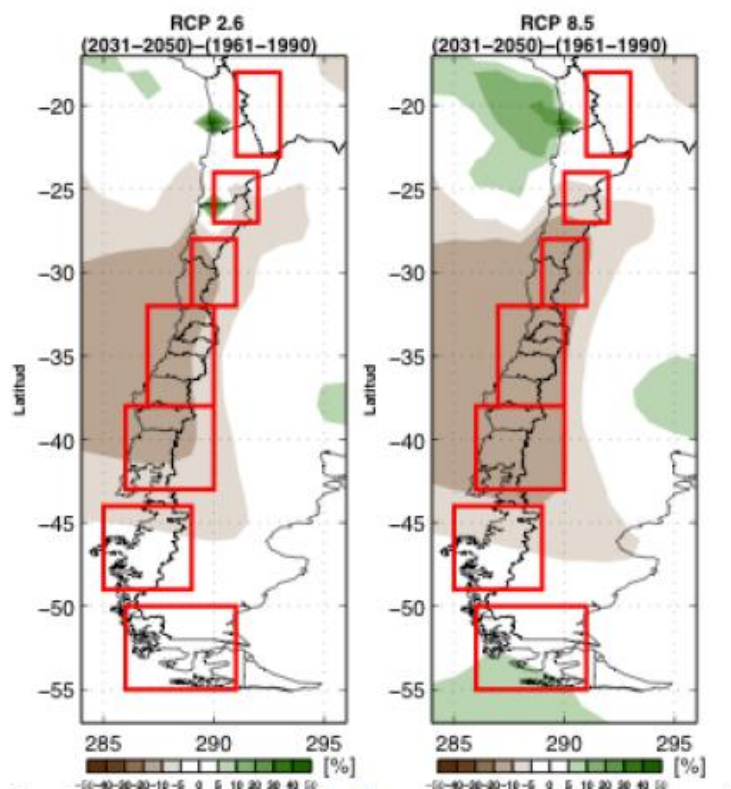
Acorde a lo descrito por Centro de Cambio Global (2014) se concluye que para Chile, dependiendo del escenario radioactivo se proyecta un aumento de temperatura del orden de 2° C a mediados de siglo, asociándose los mayores aumentos a la zona central, siendo más marcados en la zona de valle central y la zona cordillerana.

Para el caso de las precipitaciones, presentan en general un mayor nivel de incertidumbre. En la Ilustración 2 se puede observar para mitad de siglo un descenso bastante marcado para la zona localizada entre las regiones de Antofagasta y Los Lagos especialmente en el escenario de mayor forzamiento radiativo, existiendo mayor incertidumbre para las zonas extremas del país. 8.5).

En la Ilustración 3, se puede observar para mitad de siglo un descenso bastante marcado para la zona localizada entre las regiones de Antofagasta y Los Lagos especialmente en el escenario de mayor forzamiento radiativo, existiendo mayor incertidumbre para las zonas extremas del país. La Figura 3 muestra el detalle de las proyecciones para la zona de análisis 4 correspondiente a Chile Central (32-38°S). Se puede apreciar que tanto para el caso del escenario RCP 2.6 y 8.5 solamente el 5% de los modelos indica un aumento de precipitaciones. El promedio de las proyecciones

indica una reducción del orden de 10% (20%) en el caso del escenario RCP 2.6 (RCP 8.5).

Ilustración 3: Mapas de Cambio Porcentual de Precipitación para el periodo 2031-2050, con respecto al periodo 1961-1990-



Las proyecciones climáticas mencionadas, sin duda que tendrán repercusiones en los servicios que presta la infraestructura. De ello, las principales amenazas son por déficit y exceso de agua, además de las afectaciones al borde costero provocadas por el aumento de la altura en la ola significativa.

Fuente: La Economía del Cambio Climático en Chile.
CEPAL; 2012

Cómo afectan las proyecciones de Cambio Climático en el desarrollo de la Infraestructura

Para analizar cómo afectan las proyecciones de cambio climático a los servicios que presta la infraestructura, se caracterizan a continuación las amenazas climáticas frente a las cuales ésta (infraestructura) se encuentra expuesta.

Las principales amenazas que potencialmente pueden afectar a los servicios de infraestructura son:

- Cambios en el patrón de precipitaciones y aumento en tasas de precipitaciones
- Aumento en intensidad en inundaciones fluviales
- Aumento en intensidad en inundaciones costeras

Existen algunos ejemplos en la literatura que abordan este tipo de eventos extremos para Chile, cuya base se comenta a continuación, relacionando además su relevancia para el sector de la infraestructura.

Cambio en patrón de precipitaciones y aumento en intensidad y frecuencia de sequías.

En general, las sequías son un fenómeno recurrente en términos temporales y que normalmente muestra una extensión espacial considerable. Si bien ellas dependen de condiciones climáticas e hidrológicas, en un número importante de casos su ocurrencia y severidad están asociadas a temas institucionales y de manejo que hacen que la oferta sea incapaz de satisfacer la demanda. Es por ello que normalmente se distinguen varios tipos de sequías, en atención a las causas que las originan y, potencialmente, a las consecuencias que pueden traer. Las sequías meteorológicas corresponden a un período prolongado de ausencia de precipitaciones o de una marcada deficiencia en ellas. Si bien, los términos cualitativos son ambiguos (prolongado y marcada deficiencia), ellos enfatizan la necesidad de referir a una sequía meteorológica dentro del marco referencial del régimen climático de una determinada localidad. La sequía hidrológica se define en forma análoga (Kayentash y Dracup, 2002) y se refiere a un período en que los volúmenes de cursos de agua, embalses, acuíferos y/o lagos se encuentran por debajo de valores normales. El vínculo con las condiciones climáticas es evidente, no obstante malas prácticas de manejo tales como deforestación, sobreexplotación de acuíferos, inadecuada distribución de recursos de agua almacenados, entre otros pueden desencadenar o exacerbar una sequía hidrológica. Las sequías de carácter agrícola se alcanzan en aquellas oportunidades en que la humedad del suelo es incapaz de satisfacer la demanda de agua de los cultivos. Por ello es que se espera sufrir un daño en términos de su productividad o eventualmente la falla total del cultivo. Es interesante puntualizar que la cantidad de agua en el suelo depende de la oferta de agua de las precipitaciones (vínculo con sequía meteorológica) y de la capacidad que tenga el sistema agronómico de suplir agua en forma de riego (vínculo a la sequía hidrológica). Por tanto, “las sequías son desastres naturales recurrentes y que se insertan en las condiciones climáticas, hidrológicas e institucionales y sociales de sus respectivas regiones”, (Cambio Global, 2014).

En este sentido, el cambio climático juega un rol fundamental sobre el ciclo hidrológico y en los patrones de disponibilidad de agua. Estudios revelan que los volúmenes de precipitación en la región de Los Andes se correlacionan de forma importante con la acumulación de nieves. Esta acumulación es a su vez determinante en los volúmenes de descarga de los ríos (Masiokas et al., 2006). Por otro lado, se ha visto que la temperatura está muy relacionada con los momentos en que se dan los máximos caudales de descarga (Segunda Comunicación Nacional, 2011). De esta forma, cambios como los que se han mencionado respecto a temperatura y precipitación afectarían directamente la magnitud y estacionalidad de los caudales. La probabilidad de sequías futuras fue evaluada en el estudio CEPAL (2012). Este estudio, toma como definición de evento de sequía aquel periodo de 2 años seguidos en que las precipitaciones caen por debajo del percentil 20, se evaluó el número de eventos proyectado por varios modelos bajo un escenario de cambio climático, para periodos futuros de 30 años (temprano, medio y tardío). Para la zona centro y centro-norte del país, la tendencia general proyectada fue de un alza en el número probable de eventos de sequía, identificándose incluso zonas de sequía permanente hacia fines de siglo.

Según lo indica la Estrategia Nacional de Recurso Hídricos de la Dirección General de Agua (2012), existen varias zonas del país que durante los últimos años han experimentado situaciones de sequía, principalmente en localidades comprendidas entre las regiones de Atacama y La Araucanía. Dado que esta situación se caracteriza por tener un carácter estacional, existen antecedentes que apuntan a un problema más frecuente. Además, reconoce la necesidad de adoptar e implementar medidas no sólo para superar la situación de corto plazo, sino también para abordar la escasez de forma más permanente. Todo ello, acentuado con las proyecciones de cambio climático.

A mayor abundamiento, el Centro de Ciencia del Clima y resiliencia (CR2), aporta más antecedentes señalando que entre un 30 y un 60% de déficit de precipitación anual ha afectado desde la región de Coquimbo a La Araucanía, durante los últimos 6 años, siendo particularmente severa en los últimos 3 años.

Consecuentemente, la infraestructura desarrollada por el MOP tal como las Obras de Riego, se ven amenazadas en el cumplimiento de su objetivo y servicios que otorgan a la ciudadanía (disponibilidad de agua), siendo por tanto vulnerables al cambio climático.

Aumento en intensidad en inundaciones fluviales

El cambio climático genera episodios más intensos de precipitación que sumado a la construcción de caminos, obras hidráulicas, alteran el régimen de caudal de muchos ríos (Chu et al., 2010; Banasik & Pham, 2010; Olang & Furst, 2011). Por tales motivos se proyecta un aumento de las inundaciones (IPCC, 2007; Eissa & Zaqui, 2011) y de los costos asociados, en las próximas décadas (Stern, 2007)

Las inundaciones fluviales se presentan como una amenaza de origen meteorológico, al respecto Centro de Cambio Global (2014) señala que las crecidas se explican por un aumento significativo

de la escorrentía aportante a un cauce o curso de agua. Este aumento puede deberse a un evento de precipitación líquida, o al derretimiento del manto nival. También puede ocurrir que indirectamente este tipo de fenómenos signifiquen la falla de una obra, lo que a su vez significaría un aumento en los caudales. Cualquiera sea el caso, hay una vinculación directa con la ocurrencia de variaciones en una o las dos variables meteorológicas relevantes previamente discutidas: temperatura y precipitación. Por último, el uso de suelo o, en general, su tipo y/o las condiciones de éste al inicio de un evento de precipitación pueden acentuar significativamente la magnitud y efectos de una crecida.

El aumento de temperaturas sin la ocurrencia de precipitación puede originar eventos de derretimiento de masas de nieve o hielo, las que típicamente no tienen un impacto mayor dado los tiempos de respuesta involucrados, aunque hay excepciones. Sin embargo, estudios recientes muestran que aumentos bruscos de temperatura podrían ser la causa, o al menos contribuir en parte al derretimiento y/o rotura de masas de hielo que contienen grandes volúmenes de agua líquida, lo que puede generar el vaciamiento de cuerpos de agua masivo en periodos muy cortos de tiempo.

El caso más tradicional de crecida generalmente sí está vinculado a la ocurrencia de un evento de precipitación significativo. Ahora bien, dado que las crecidas con potencial de generar una inundación se explican por el escurrimiento de una gran cantidad de agua en tiempos relativamente cortos, es necesario entonces aclarar que éstas se pueden originar por tres motivos, los que además pueden darse simultáneamente: (1) una tormenta que en su totalidad, o al menos parcialmente, tiene altas intensidades; (2) una tormenta de duración significativa, donde se logra condiciones en la cuenca de alta saturación y bajo almacenamiento que aumentan las tasas de escorrentía, y (3) la ocurrencia de un evento de precipitación líquida sobre una porción significativa de la cuenca contribuyente, mayor a la típica. Esto último ocurre cuando el evento de precipitación coincide con temperaturas altas, lo que significa un aumento en la elevación de la isoterma cero (comúnmente se conoce a estos eventos como lluvias cálidas). Así entonces, una mayor proporción de la precipitación cae como agua líquida de escurrimiento inmediato, en desmedro de precipitación nival, la cual permanecería almacenada para su futuro derretimiento. En una situación de este tipo, no sólo la precipitación líquida contribuye a la escorrentía directa, sino que también parte de la nieve acumulada puede derretirse, tanto por las altas temperaturas como por la energía que significa el impacto sobre el manto de nieve de gotas de aguas. De esta manera, eventos de precipitación que pudiesen considerarse como no extremos pueden generar inundaciones fluviales extremas.

Respecto a crecidas e inundaciones, CEPAL (2012) proyecta un decrecimiento en gran parte del país de los eventos más intensos de precipitaciones. Sin embargo también proyecta un aumento en la ocurrencia de eventos de alta precipitación en días con temperaturas elevadas. Tendencias de este tipo pueden tener un gran impacto en la frecuencia de crecidas e inundaciones fluviales causadas por las lluvias cálidas previamente descritas.

Otros estudios recientes que han identificado las condiciones meteorológicas que gatillan eventos de crecidas (Viale y Nuñez, 2010; Garreaud, 2013) corroboran los resultados de Vicuña et al. (2013) y lo pronosticado por CEPAL. Estos estudios muestran que los eventos más fuertes registrados en la zona central de Chile están asociados con lluvias cálidas de larga duración caracterizadas por la presencia de corrientes atmosféricas que inciden en los Andes subtropicales. En estos eventos cálidos la temperatura del aire y presión superficial cambian poco antes y durante la tormenta, y la precipitación está uniformemente distribuida durante el evento (Garreaud, 2013). En el caso de Chile Central, Garreaud (2013) establece que las tormentas cálidas de gran magnitud se caracterizan por tener temperaturas por encima de los 10.5°C en la zona del valle, lo que a su vez genera isotermas elevadas con incrementos en el área aportante y subsecuente respuesta hidrológica.

Todas estas amenazas climáticas ponen de manifiesto la necesidad de evaluar el comportamiento de los servicios de infraestructura asociados a la protección del territorio, como lo son las obras de control aluvional y las obras de drenaje urbano. Así como se requiere efectuar programas de control aluvional en función de estas nuevas amenazas climáticas.

Inundaciones costeras

El reporte actualizado del IPCC (2013) entrega alguna información adicional respecto a potenciales impactos y cambios en las dinámicas litorales sobre las costas de América Latina y el Caribe. Se identifica la posibilidad de cambios en los climas de oleaje, tanto en aumentos de altura significantes como en su dirección, que podrían producir problemas a nivel de operación de infraestructura y erosión de sistemas costeros.

En relación a las variaciones del clima de oleaje a nivel local, no se han encontrado nuevos estudios que entreguen información actualizada respecto de sus tendencias por lo que el estudio CEPAL (2011) y aquellas referencias utilizadas en el trabajo previo "Marco estratégico para la adaptación de la infraestructura al cambio climático" sigue siendo la referencia más importante.

En dicho estudio, afirma que las proyecciones globales coinciden en que las alturas de oleaje extremas como el nivel del mar estarían aumentando en el futuro. En el caso chileno, sin embargo, las tendencias respecto del nivel del mar no son concluyentes, debido a la fuerte actividad sismotectónica a la que está sometido el margen occidental del continente sudamericano, que redundan en frecuentes levantamientos o hundimientos del terreno. Por otro lado, los aspectos relacionados con la frecuencia de tormentas y marejadas son muy importantes de analizar, puesto que podrían tener consecuencias significativas en el funcionamiento de la infraestructura portuaria. Del mismo modo, el país requiere hacer esfuerzos adicionales para mejorar los sistemas de observación y medición de variables oceanográficas disponibles actualmente, con el objeto de aumentar la cobertura y resolución de esta información. De esta manera se estará en condiciones de cuantificar en forma más precisa las potenciales consecuencias del cambio climático en las costas de Chile y así anticipar medidas de adaptación adecuadas.

En particular, existen ejemplos de afectación en las costas chilenas evidenciada por la Dirección de Obras Portuarias. En particular en la Playa Artificial El Laucho, ubicada en la Región de Arica y Parinacota la DOP intervino esta playa incorporando elementos de protección contra el oleaje con el fin de disminuir su exposición al ataque continuo de las olas y mejorar su estabilidad, seguridad y niveles de servicio. Para ello, se construyeron dos molos de abrigo y se procedió a hacer una recarga de arena el año 2010. El diseño de las obras contempló la utilización del instructivo SHOA 3201 (SHOA PUB. 3201) para mediciones y análisis oceanográficos y la base de datos de OLAS CHILE III 2 (<http://www.olasdelpacifico.com/>) que considera 21 años de reanálisis de climas de olas entre 1985 y 2006. El oleaje de tormenta fue definido de acuerdo a las metodologías aprobadas por dicho instructivo en donde sólo se consideró el oleaje reinante de dirección SW que incide el 95% del tiempo. No se consideraron tormentas incidentes desde la dirección W ni NW debido a la baja recurrencia observada en la base de datos considerada asumiendo también que existían condiciones naturales asociadas a la presencia de roqueríos que obstaculizarían el paso de climas de oleaje con estos ángulos de incidencia. Luego de 3 años de operación de la playa, en enero de 2013, la DOP reportó problemas de socavación en el perfil de playa ubicado en la zona sur que disminuían la servicialidad de la playa exponiendo además a las personas que transitan por ese sector. Los análisis de las tormentas que provocaron este problema mostraron que el clima de oleaje que provocó las socavaciones tuvo dirección W y periodos mayores a los registrados en la base de datos de reanálisis utilizado para el diseño. Esta situación ejemplifica la dificultad real que experimenta el diseño de obras marítimas en al menos tres elementos fundamentales:

- ✓ No contar con una buena cobertura espacio-temporal de registros de climas de oleaje a lo largo de la costa de Chile que permita ir complementando la información utilizada para el cálculo de oleajes extremos así como incorporar nuevas tormentas no necesariamente capturadas en los reanálisis numéricos de oleaje.
- ✓ Las bases de datos disponibles para la determinación de tormentas de diseño parecen no incluir algunos eventos extremos que han sido observados en años recientes por lo que haría falta realizar un esfuerzo por extenderlos y avanzar hacia la evaluación de posibles escenarios futuros que tomen en cuenta tendencias y cambios potenciales que podrían incidir en la operación de las obras.
- ✓ Se hace necesario revisar las metodologías e instructivos actualmente utilizados para la definición de tormentas de diseño pues la evidencia muestra que en los últimos años han existido diversas obras recientes que han presentado problemas al ser solicitadas por climas de oleaje “anómalos” que no pudieron ser correctamente anticipados

Del mismo modo, situaciones como la ejemplificada en el caso de la Playa el Laucho se han observado en otras obras, donde algunas de ellas han generado controversias importantes a nivel técnico entre mandantes y contratistas, así como preocupación a nivel político. Estos problemas muestran la necesidad de hacer una revisión en línea con los elementos planteados en los puntos anteriores.

Enfoque Metodológico para evaluar la Incorporación de Análisis de Cambio Climático en la Infraestructura -MOP

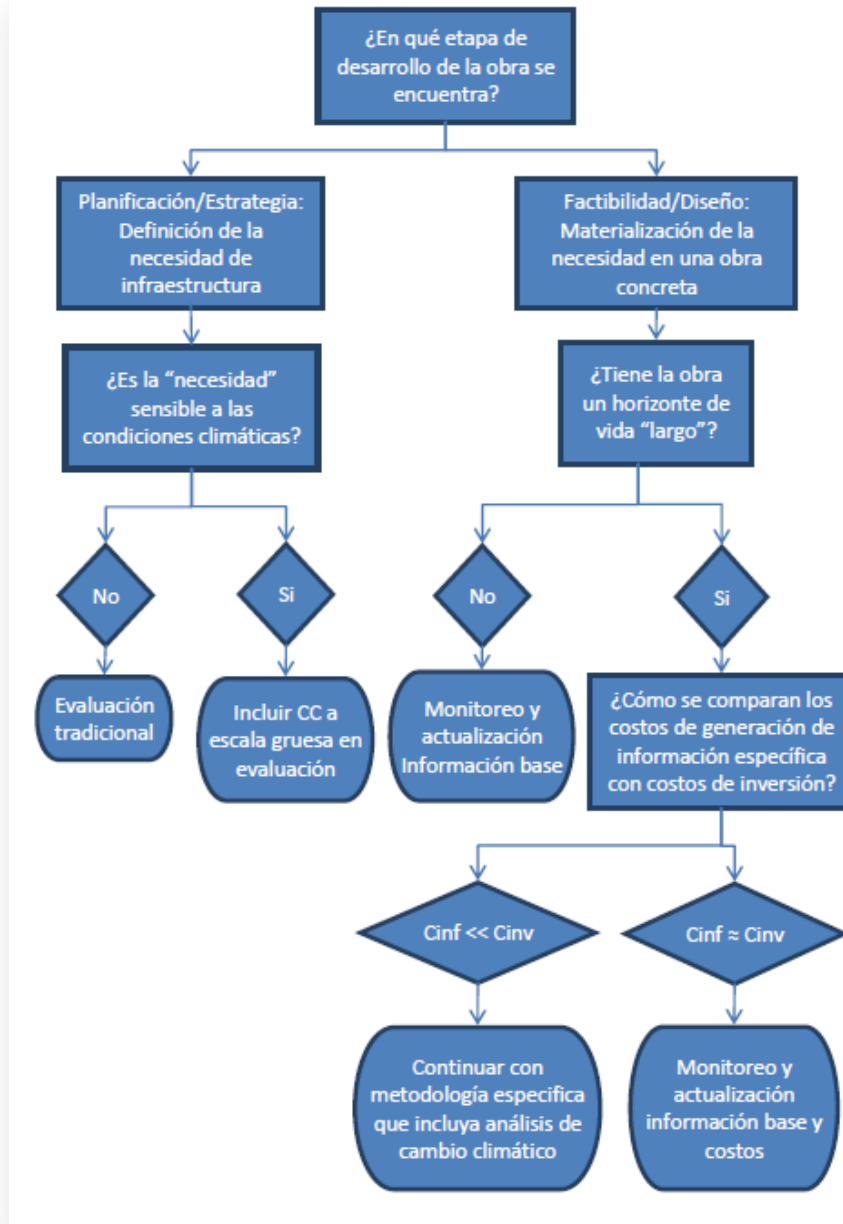
Para analizar la conveniencia de efectuar análisis de cambio climático en las obras de infraestructura que ejecuta el MOP, se desarrolló un primer acercamiento a través de una Consultoría ejecutada por el Centro de Cambio Global de la Universidad Católica el año 2012, a través del cual se determinó como primer punto de análisis la etapa en que dicha obra se encuentra, así si se encuentra en etapa de pre-factibilidad, factibilidad o diseño se plantea en la metodología una primera pregunta clave asociada a la vida útil de la obra. Si es que la obra es de corto plazo (podría ser menor a 10 años por ejemplo) se propone simplemente seguir actualizando información de base en relación a condiciones hidroclimáticas y/o de vulnerabilidad de la obra o del servicio que provee. Si por otra parte el horizonte de vida de la obra es a largo plazo (ej. mayor a 20 años) se propone incluir el cambio climático en la próxima etapa de la metodología. Una segunda pregunta clave que hay que plantearse antes de decidir si ocupar una metodología compleja -en términos de inclusión de modelaciones de caudales proyectados en escenarios de cambio climático-para incorporar la adaptación al cambio climático en el proceso de desarrollo de una obra de infraestructura tiene que ver con los costos y desafíos que deben de tomarse en cuenta para el desarrollo de escenarios climáticos futuros. Esto es especialmente cierto cuando se requiere de información a escalas de tiempo muy bajas (ej. precipitación de dos horas) o en espacios muy reducidos. En ambos casos las condiciones locales (a diferencias de las condiciones globales que rigen los modelos de clima global) son más relevantes. (Centro Cambio Global, 2012).

En este sentido la pregunta que es necesario realizar intenta comparar los costos requeridos para generar la información de base para proyectar escenarios futuros necesarios para el análisis de impactos (es importante tener en mente que en algunos casos el costo es infinito o muy alto ya que no es posible obtener algunos tipos de información). Si estos costos son comparables en cierto modo con los costos de inversión de la obra propiamente tal entonces no se cree pertinente utilizar metodologías específicas sino que continuar con medidas de monitoreo tanto de las condiciones hidroclimáticas como también de la vulnerabilidad de las obras que se espera en este caso duren por tiempos prolongados de tiempo. (Centro Cambio Global, 2012).

Por tanto, de las diferentes tipologías de obras que ejecuta el MOP, las siguientes obras deberían considerar análisis de sensibilidad en relación al cambio climático:

- Obras de Riego.
- Evacuación y Drenaje de aguas lluvias
- Puentes/proyectos viales interurbanos.
- Infraestructura portuaria de ribera
- Infraestructura Hidráulica de Control Aluvional y de Manejo de Cauces

Ilustración 4: Enfoque Metodológico de Decisión para Adaptar la Infraestructura MOP al Cambio Climático



Fuente: Ministerio de Obras Públicas; 2012

CAPÍTULO II: VISIÓN Y ENFOQUE DE LOS SERVICIOS DE INFRAESTRUCTURA EN CAMBIO CLIMÁTICO.

La visión del presente plan está focalizada en lograr que los Servicios que presta la infraestructura que desarrolla el Ministerio de Obras Públicas, no se vean interrumpidos producto de los amenazas climáticas actuales y futuras, en un marco de resiliencia y blindaje climático preventivo. En el sentido de construir infraestructura que reduzca el riesgo de desastres producto de las amenazas hidrológicas, junto a ello que la construcción de la infraestructura incorpore medidas de mitigación a cambio climático.

Eje de Adaptación

El concepto de blindaje climático de la infraestructura pública, deriva del contexto más amplio de desarrollo territorial que también incorpora e integra la Adaptación al Cambio Climático y la Gestión de Riesgos. Dicho concepto es acuñado por el PNUD² el año 2010 y alude dentro de otros aspectos a a) enfrentarse a los riesgos climáticos presentes y futuros, y b) evitar las inversiones de alto riesgo que puedan desembocar en pérdidas catastróficas.

¿Por qué se requiere este “nuevo” enfoque?

La adaptación de la infraestructura contra los riesgos relacionados a la variabilidad y el cambio climático puede parecer un nuevo concepto, pero los ingenieros tradicionalmente han tomado en cuenta las condiciones climáticas históricas cuando diseñan, construyen, usan y dan mantenimiento a la infraestructura. En el pasado se le solía llamar «impermeabilización» o «protección frente a amenazas», u otras terminologías (o simplemente se le tomaba en cuenta sin nombrarlo siquiera).

Entre las medidas asociadas con el blindaje climático se incluyen las inversiones en material y equipo, las reformas de las políticas e instituciones (incluyendo las normas y los estándares de construcción), y desarrollo de capacidades para el manejo de amenazas y riesgos potenciales asociados con el cambio climático y los desastres naturales, incluyendo los sistemas de alerta temprana (SAT) y las acciones de emergencia.

En el contexto del cambio climático de largo plazo, hay una gama de preocupaciones emergentes en el área de la infraestructura que los que toman decisiones deben conocer. A diferencia de aquellos casos donde la recuperación de la inversión ocurre durante períodos relativamente cortos (por ejemplo, de uno a tres años), las inversiones en infraestructura pública, como embalses, acueductos usualmente tienen una expectativa de vida de varias décadas. En tales casos, los que diseñan y planifican tendrán que anticipar las necesidades de adaptación no sólo

² En el blindaje climático convergen el concepto de GFDRR (El Fondo Mundial para la Reducción y Recuperación de Desastres) del Banco Mundial y el principio de prevención de la UNFCCC (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio, por sus siglas en inglés)

frente a las amenazas actuales sino también a las amenazas y las condiciones climáticas del mañana. El recurso de consultar los registros de tiempos pasados como directrices para visualizar el futuro ya no es una opción viable.

Será necesario un conjunto sofisticado de información para orientar las decisiones concernientes a la inversión en infraestructura así como las decisiones propias de la gestión. Las inversiones futuras en infraestructura tendrán que incorporar proyecciones científicas actualizadas de cómo las precipitaciones y los patrones de temperatura y vientos podrían cambiar ya que estos influenciarán la ubicación y operación de infraestructuras como plantas hidroeléctricas, autopistas y puentes, entre otras.

Eje de Mitigación

En esta área, se pretende dotar de sustentabilidad a esta cartera pública, incorporando elementos de mitigación al cambio climático, contribuyendo de esta manera a cumplir los compromisos internacionales que Chile ³tiene en esta materia. Además, de incorporar la medición de la huella de carbono tanto en el área de construcción como operación.

Finalmente, cabe destacar que los servicios de infraestructura corresponden tanto a las funcionalidades como a las prestaciones que una obra pública debe proveer durante su fase de operación. Las funcionalidades se refieren a los principales propósitos de la obra. Así entendido el concepto, se definen los siguientes servicios por tipología de obras MOP.

Caracterización de Servicios de Infraestructura

El Ministerio de Obras Públicas (MOP, en adelante) es la secretaría de Estado que está a cargo de planear, estudiar, proyectar, construir, ampliar, reparar, conservar y explotar la infraestructura pública de carácter fiscal, que esté bajo su tuición, a lo largo del país. Entre las obras que tiene a cargo se incluyen caminos, autopistas, puentes, túneles, aeropuertos y aeródromos, además de embalses de riego, defensas fluviales, colectores de agua lluvia y agua potable rural. Su misión también considera lo referido a la nueva edificación pública y la puesta en valor de las construcciones ya existentes que tienen un carácter patrimonial. Dentro de sus facultades legales, el MOP es responsable de la aplicación de la Ley de Concesiones y del Código de Aguas. Puede actuar por mandato, como responsable del estudio, la proyección, construcción, ampliación y reparación de obras que le encarguen los Ministerios que por ley tengan facultad para construir

³ COP 21, Acuerdo de París: al 2030, Chile se comprometió a reducir en un 30% las emisiones de GEI — expresadas en CO2 equivalente— por unidad de PIB, con respecto al nivel alcanzado en 2007, considerando un crecimiento económico futuro que permita implementar las medidas adecuadas para alcanzar este compromiso. Adicionalmente y condicionado a la obtención de aportes monetarios internacionales (grant), al 2030 aumentar la reducción de emisiones GEI por unidad de PIB hasta alcanzar una disminución de entre 35% y 45% con respecto al nivel alcanzado en 2007, considerando un crecimiento económico futuro que permita implementar las medidas adecuadas para alcanzar este compromiso. (Tercera Comunicación Nacional de Chile ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático 2016, MMA)

Misión del Ministerio de Obras Públicas

Recuperar, fortalecer y avanzar en la provisión y gestión de obras y servicios de infraestructura para la conectividad, la protección del territorio y las personas, la edificación pública y el aprovechamiento óptimo de los recursos hídricos; asegurando la provisión y cuidado de los recursos hídricos y del medio ambiente, para contribuir en el desarrollo económico, social y cultural, promoviendo la equidad, calidad de vida e igualdad de oportunidades de las personas.

obras. Esto incluye a las instituciones o empresas del Estado, las sociedades en que el Estado tenga participación, los Gobiernos Regionales y las Municipalidades (DFL 850, 1997).

Con el mandato otorgado por la Ley, referida en el párrafo anterior, el MOP contempla dentro de su misión la protección del territorio y las personas, así como el aprovechamiento óptimo de los

recursos hídricos, todo ello en un marco de sustentabilidad.

Sin duda, la infraestructura juega un rol importante en el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes, así como también ayuda a disminuir las inequidades territoriales y sociales, pues genera un incremento del crecimiento económico con innovación y mejora la competitividad para lograr un país con desarrollo equilibrado (MOP, 2014).

Dirección de Obras Hidráulicas

Misión Institucional: *Proveer de servicios de Infraestructura Hidráulica que permitan el óptimo aprovechamiento del agua y la protección del territorio y de las personas, mediante un equipo de trabajo competente, con eficiencia en el uso de los recursos y la participación de la ciudadanía en las distintas etapas de los proyectos, para contribuir al desarrollo sustentable del país.*

Los productos estratégicos que provee la Dirección de Obras Hidráulicas son:

1. Servicios de Infraestructura Hidráulica de Riego.
 - Embalses.
 - Canales de Regadío.
2. Servicios de Infraestructura Hidráulica de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias.
 - Colectores Primarios de Aguas Lluvias
 - Planes Maestros de Aguas Lluvias
3. Servicios de Infraestructura Hidráulica de Control Aluvional y de Manejo de Cauces.
 - Defensas Fluviales
 - Encauzamiento de Riberas
 - Control Aluvional
 - Definición de Deslindes
 - Planes Maestros de Obras de Manejo de Cauces
4. Servicio de Infraestructura Hidráulica de Agua Potable Rural en localidades Concentradas y Semiconcentradas.

- Sistemas de Agua Potable Rural
- Asesoría en materias comunitarias, técnicas, administrativas y contable a los servicios de agua potable rural existentes.

Infraestructura Hidráulica de Riego

La Dirección de Obras Hidráulicas tiene entre sus funciones, la construcción de nuevos embalses y su supervisión; construcción de nuevos canales de regadío y entubamiento; mejoramiento de



canales y obras de arte, y la construcción de pozos, entre otros.

Dentro de las obras de infraestructura asociadas a riego, se distinguen en el Manual de Drenaje Urbano de la DOH (2013), las siguientes obras:

- Obras para captación de agua: aquellas que permiten extraer los recursos desde su nacimiento y para su uso en riego, agua potable, industria y otros. Incluye la inversión en pozos para captar las aguas subterráneas, reparación o reemplazo de represas, construcción de muros de contención y otras;
- Obras de derivación de agua: embalses de carácter permanente en las aguas de los ríos o tramos de canales.
- Obras de conducción: para la captura o desviación de las obras de regulación y conducción del agua hasta las obras de distribución (por ejemplo, sellado o reparación del canal principal);
- Redes de distribución: canales secundarios y terciarios que llevan el agua de un canal matriz hasta las áreas de demanda; su objetivo es distribuir adecuadamente el agua entre los sectores por medio de medidores y compuertas para cumplir con el calendario de producción (además de canales, incluye divisores, metros, puertas, cámaras y equipos de medida de caudales;
- Obras de regulación: permiten la reserva de las aguas que fluyen durante los períodos cuando no esté en uso para utilizarlas cuando hay un déficit. Dentro de esta categoría se incluyen la regulación de los diques o presas nocturnas.,

En relación al proceso de planificación de estas tipologías de obras, existe una instancia a nivel estratégico para determinar la necesidad de la infraestructura. Para ello, se realiza una planificación macro que incluye procesos de consulta a actores claves como: Gobierno Regional, organizaciones de usuarios, canalistas, etc. Proceso que es liderado por Dirección de Planeamiento y que han derivado en Planes Regionales de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico, cuyo horizonte es al año 2021. Estos planes definen la carta de navegación deseable para que la infraestructura pública sea un habilitador del desarrollo de cada territorio regional y son el primer esfuerzo del Ministerio por trabajar planes integrales en la escala regional. Sin embargo, existen

obras que superan ampliamente dicho horizonte, como es el caso de los embalses cuya vida útil puedes ser hasta de 100 años.

Cabe destacar, que la etapa de operación del embalse es traspasada a los usuarios (regantes, generadores de electricidad o sanitarias), quienes generan manuales para su uso en base a condiciones hidrológicas históricas.

Infraestructura Hidráulica de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias

En Chile, el drenaje urbano es regulado desde 1997 por la Ley N° 19.525 que “Regula Sistemas de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias”. A grueso modo, los alcances de esta ley son los siguientes:

- El Estado velará por que en las ciudades y en los centros poblados existan sistemas de evacuación y drenaje de aguas lluvias (AA.LL.) que permitan su fácil escurrimiento y disposición”, con objeto de “impedir el daño que éstas puedan causar daño a las personas, a las viviendas y, en general, a la infraestructura urbana.
- Los sistemas de drenaje (especificados como “sistemas de evacuación y drenaje de aguas lluvias”) se separan en la red primaria y la red secundaria. La planificación, estudio, proyección, construcción, reparación, mantención y mejoramiento de la red primaria corresponderá al MOP. La red secundaria estará a cargo del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) a quien le corresponderá, directamente, su planificación y estudio y, a través de los Servicios de Vivienda y Urbanización (SERVIU), la proyección, construcción, reparación y mantención de la misma. Las actividades del MINVU en drenaje urbano y la red secundaria deben estar en concordancia con el respectivo plan maestro y con las normas que al respecto dicte el MOP.
- Se encomienda al MOP el desarrollo de Planes Maestros (PMs) para los centros poblados de más de 50.000 habitantes. El PMs definirá la red primaria, y, por exclusión, la red secundaria quedará conformada por los elementos no considerados. Estos PMs, así como la coordinación de las actividades de drenaje deben considerar la situación de las cuencas hidrográficas. El PMs debe ser aprobado por decreto supremo firmado por el MOP y el MINVU. Actualmente sólo 16 de los Planes Maestros ejecutados cuentan con decreto de aprobación.
- Las urbanizaciones están obligadas a contar con una red de colectores sólo una vez aprobado el PM de la correspondiente área. Así mismo, los sumideros conectados a redes de aguas servidas tendrán 5 años para ser reconectados a la red de colectores una vez ésta exista.

Para cumplir con el cometido indicado por la Ley 19.525, la DOH, a través de sus Departamentos de Proyectos y de Construcción de Sistemas de Aguas Lluvias y de las 15 Direcciones Regionales, desarrolla las siguientes acciones:

- Planes Maestros: Que corresponde al estudio del drenaje de una ciudad o localidad para planificar, en un horizonte de largo plazo (típicamente 30 años), las soluciones de aguas lluvias requeridas, definiendo la red primaria.

- Estudios de Factibilidad, Diseños de Ingeniería Definitiva y Revisiones Técnicas de Proyectos Externos de Red Primaria: Que corresponden a soluciones técnicas específicas en la red primaria para resolver los problemas de drenaje urbano de una zona, de la manera más económica y eficiente posible.
- Obras de Evacuación de Aguas Lluvias: Construcción de las obras proyectadas.
- Conservación y Mantenimiento de la Red Primaria: Mantenimiento de las obras construidas.

El objetivo de éstas es principalmente mitigar los problemas generados por las inundaciones que se traducen en riesgos para la población, para las viviendas, el equipamiento, y la infraestructura, y que generan perjuicios económicos:

En los casi 15 años de vida de Ley 19.525, la DOH desarrolló los PMs encomendados para ciudades con 50.000 habitantes o más. Estos PMs consideran un horizonte de estudio de 30 años y contienen estudios básicos de hidrología, hidráulica y el análisis de las alternativas de solución consideradas para cada sistema primario, incluyendo las correspondientes evaluaciones socioeconómicas de las alternativas consideradas, y una priorización de las soluciones propuestas. Hasta el año 2012, se han desarrollado 33 PMs que abarcan una cantidad mayor de ciudades (más del 80% de la población nacional). (MOP, 2012).

En estos PMs, se han definido como redes primarias a todas aquellas vías superficiales y subterráneas que conducen o controlan la escorrentía principal de la ciudad. Como parte de esa red primaria, se han incluido a los cauces naturales que atraviesan la zona urbana, exceptuando aquellos asociados a cuencas grandes como por ejemplo el río BíoBío o el Mapocho. También se incluyen quebradas, canales, lagunas o estanques de regulación, obras de retención de sedimentos y colectores que drenan áreas públicas, mayores a determinado diámetro (del orden de los 600 mm), o sección rectangular equivalente y mayores a cierta longitud. Además, se ha definido como parte de la red primaria los colectores unitarios, en algunos casos, de forma independiente de su sección.

Obras de Manejo de Cauce

Entre las obras de manejo de cauces se incluyen las obras de defensa y protección de riberas, las defensas longitudinales, los espigones, obras de protección en estribos de puentes y obras de control aluvional (DOH, 2012).

A nivel de planificación, la DOH realiza estudios en los cauces naturales denominados Planes de Manejo de Cauces (PMC), los cuales elaboran un análisis integral del cauce, considerando aspectos hidráulicos y de mecánica fluvial. Como resultado de lo anterior, estos estudios identifican los terrenos inundables o erosionables ante crecidas del cauce en estudio y según eso, propone soluciones no estructurales, como restricciones al uso de suelo, o identifica posibles obras de defensas fluviales, para aquellos sectores con infraestructura o poblacionales; propone medidas para regular la explotación sustentable de los áridos del lecho del río y, de corresponder, se proponen criterios para futuros estudios de fijación de los deslindes de las propiedades aledañas.

(recuperado

de:

http://www.doh.gov.cl/publicacionesyestudios/Documents/Obras_de_manejo_de_Cauces.pdf)

En resumen, se abordan aspectos de manejo de cuencas y la planificación territorial de zonas de riesgo, entre otras acciones.

La DOH es el organismo responsable de las etapas de pre-factibilidad, factibilidad, diseño y ejecución. Por lo general, las obras son concesionadas a terceros, basando el desarrollo de estas etapas en Términos de referencia (TDRs) Si bien la metodología de evaluación del Sistema Nacional de Inversiones (S.N.I.) establece usar un horizonte de evaluación no mayor a 30 años, las características técnicas de realizar obras de este tipo son menos complejas que para otras obras aquí analizadas (ej. Embalses), de menor costo y a su vez más flexibles, por lo que es poco probable que los horizontes realmente utilizados superen los 10 años. Las obras de control aluvional pueden ser la excepción a esto último, debido a un mayor trabajo de ingeniería y costo asociado.

Dado el corto horizonte de evaluación con que son por lo general planificadas las obras que caen en esta categoría, evaluar una posible incorporación de proyecciones de cambio climático sobre sus procedimientos no parece lógico. La flexibilidad asociada a obras pequeñas permite que sus potenciales limitaciones como producto de un clima en vías de cambio puedan ser abordadas en la medida en que existe un mejor reconocimiento de estos cambios.

Sistema de Agua potable Rural

Los sistemas de agua potable rural (en adelante APR)son aquellos que se prestan en zonas no urbanas, definidas por el Plan Regulador de cada comuna. El desarrollo de sistemas de APR se enmarca en el Programa de Agua Potable Rural de la Dirección de Obras Hidráulicas del MOP, el cual depende de los fondos de Iniciativa de Inversión (ex ISAR), los cuales son anualmente entregados a la DOH. Cada año, la DOH informa a los Gobiernos Regionales los proyectos posibles de ser ejecutados. Los Gobiernos Regionales mediante sus respectivos Consejos, priorizan esta lista de proyectos para su posterior ejecución.

Los Planes Regionales de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico incorporan el proceso estratégico de decisión respecto a la construcción de sistemas de APR. En estos planes regionales se genera un diagnóstico de la situación actual relativa a sistemas de agua potable rural, así como también las brechas y la proposición de proyectos estratégicos para superarlas.

El desarrollo de la etapa de Pre-factibilidad de un proyecto en particular es adjudicado a terceros mediante los Términos de Referencia correspondientes. En general, los productos de la Etapa de Pre-factibilidad deben estar en concordancia con lo señalado por el S.N.I., para proyectos de Agua Potable Rural (Metodología de Proyectos de Agua Potable Rural - Ministerio de Desarrollo Social). El organismo demandante para el desarrollo de esta etapa suele ser el Ministerio de Obras Públicas mediante la Dirección de Obras Hidráulicas. En ocasiones, el organismo demandante es directamente la Municipalidad de la comuna en la que existe el requerimiento del estudio. El

objetivo general de esta etapa de Pre-factibilidad es disponer física (cuando corresponda) y legalmente de una fuente de abastecimiento de agua, que garantice el caudal necesario para satisfacer la demanda de la comunidad a beneficiar, con la operación del Sistema de Agua Potable a construir y todos los antecedentes para la posterior postulación de la etapa de Diseño del proyecto, en los términos requeridos por el Sistema Nacional de Inversión Pública, a financiamiento con recursos del Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR).

Dirección de Vialidad

Misión Institucional: *Ser proveedores de infraestructura Vial con estándar de calidad y eficiencia, aumentando la cobertura de kilómetros pavimentados y caminos básicos, manteniendo en estado*

La Dirección de Vialidad se plantea como objetivos estratégicos:

1. Impulsar la planificación integral de la infraestructura vial.
2. Mejorar la conectividad del territorio nacional, disminuyendo la red vial no pavimentada.
3. Mantener en estado adecuado las vías pavimentadas para circulación y transitabilidad vial.
4. Alcanzar un eficiente uso de los recursos en la provisión de infraestructura vial.
 - Puentes
 - Proyectos Viales Interurbanos

Puentes/Proyectos Viales Interurbanos

La Dirección de Vialidad del Ministerio es el organismo central que dirige el desarrollo de infraestructura vial y puentes, desempeñando un rol fundamental en todas las etapas del ciclo de vida de los correspondientes proyectos (planificación, proyección, construcción, conservación y explotación). Cabe destacar que en el caso particular de puentes, existe el Departamento de Puentes de la Dirección de Vialidad, el que propone y aplica las normas y especificaciones técnicas a la construcción y conservación de estos, a la vez que revisa y supervisa su construcción y los correspondientes programas de rehabilitación y conservación.

La Figura 16 identifica el rol de esta dirección en conjunto con otros organismos que participan en el ciclo de vida de las obras. Estas básicamente son la Dirección de Planeamiento del MOP (DIRPLAN) y los Gobiernos Regionales, los que interactúan en la etapa de planificación, y el Ministerio de Desarrollo Social, el cual participa en las etapas de factibilidad y diseño mediante la metodología de evaluación socioeconómica de proyectos. La Figura 16 también identifica los documentos y/o procedimientos asociados a cada etapa del ciclo de vida, cuyos horizontes de planificación se definen en la Tabla 6, la que también define posibles incorporaciones de la temática del Cambio Climático.

A nivel de la planificación, el rol de la DIRPLAN es asesorar en la planificación y priorización de planes de estudios, proyectos y ejecución de infraestructura de acuerdo a las necesidades del país, los programas gubernamentales y las Estrategias Regionales de Desarrollo elaborada por los Gobiernos Regionales. El instrumento tradicional utilizado para este fin es el Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico. Este documento incorpora una evaluación de los recursos hídricos por lo que potencialmente se podría considerar para su elaboración escenarios climáticos futuros.

El Manual de Carreteras de la Dirección de Vialidad es el documento central en torno al cual se estructura el resto del ciclo de vida de obras de vialidad (desde la definición del perfil de éstas hasta su operación y mantención). Este documento de carácter normativo guía las diferentes acciones de la Dirección, y entrega políticas, criterios, procedimientos y métodos asociados con proyectos viales que guardan relación con la planificación, estudio, evaluación, diseño construcción, seguridad, conservación, calidad e impacto ambiental. Es un documento de gran relevancia dado que debe ser seguido por proyectistas, constructores y todos aquellos que desarrollen trabajos para la Dirección de Vialidad o estén supervisados por ésta. Su relevancia se acrecienta aún más ya que uniformiza y sistematiza, dentro de lo posible, criterios y procedimientos. El Manual de Carretera identifica distintas etapas y especialidades involucradas en el desarrollo de proyectos viales, y define capítulos específicos para cada una de ellas. Dos capítulos fundamentales son el de Procedimientos de Estudios Viales (Capítulo 2) y el de Instrucciones y Criterios de Diseño (Capítulo 3). En estos capítulos se tratan los temas principales sobre la relación clima-agua-infraestructura vial. Por un lado, se presentan los estudios básicos de hidrología, hidráulica y transporte de sedimentos para estudios viales, y por el otro se presentan los criterios de drenaje, saneamiento, mecánica e hidráulica fluvial, así como los riesgos y protección frente a avalanchas de nieve y el diseño de puentes y estructuras afines. Todas estas temáticas tienen una potencial relación con aspectos del cambio climático.

En lo referido a los estudios básicos de hidrología, el diseño de infraestructura vial utiliza una serie de herramientas y metodologías basadas en el supuesto de estacionalidad de las variables hidrometeorológicas. Éstas incluyen principalmente: (1) el análisis de frecuencia y ajuste de distribuciones de probabilidad para la estimación de magnitudes y periodos retorno asociados, así como del riesgo adoptado en el diseño, (2) la construcción de curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) las que permiten definir intensidades de precipitación para distintas duraciones y probabilidades de ocurrencia, (3) la definición de tormentas de diseño, las que se utilizan en los métodos lluvia-escurrimiento para la estimación de crecidas en cauces no instrumentados, así como las velocidades y alturas de escurrimiento. Dado que la gran mayoría de estos métodos asumen un periodo de retorno de la crecida igual al de la precipitación que la origina, las propiedades del análisis probabilísticos de las lluvias se propagan en las estimaciones de los caudales para el diseño y análisis de obras.

El Manual de Carretera propone periodos de retorno tanto para el diseño como para la verificación de los distintos tipos de obras, las que a su vez son diseñadas considerando una cierta vida útil, también definida en el Manual (Tabla 8). Este periodo de retorno está asociado a un riesgo de falla, el cual corresponde a la probabilidad de que durante la vida útil la condición de falla se alcance al menos una vez. El diseño y la verificación implican distintas condiciones de operación que el manual también define. Como se mencionó, los valores de las variables de diseño para estos periodos de retorno se obtienen a partir de un análisis de frecuencia y/o un ajuste de un modelo de distribución de probabilidad, eventualmente combinado con algún modelo hidrológico. Cualquiera sea el caso, se asume que los valores históricos conocidos son representativos del futuro (es decir, hay una estacionalidad en las condiciones

hidrometeorológicas). La estimación de los valores de diseño se podría fortalecer y/o complementar al incorporar predicciones de futuros escenarios climáticos, que significan también un cambio en el comportamiento de las variables hidrometeorológicas. La relevancia de esta contribución consideración está supeditada al escenario climático a definir, así como la vida útil de la obra a evaluar.

Para el caso de la infraestructura vial nacional, es muy relevante la existencia de cuencas con una hipsometría variada y amplia, lo que significa la ocurrencia de precipitación tanto en estado líquido como sólido, según lo define la temperatura concurrente. Como se mencionó en el Capítulo I, un aumento de la temperatura puede entonces significar mayores contribuciones de precipitación líquida, lo que eventualmente genera crecidas más violentas y de mayor magnitud. En este caso, la no estacionalidad de los caudales máximos no se explica por tendencias en la precipitación, sino más bien por tendencias en las temperaturas. Así entonces, parece razonable implementar modelos de base física que permiten simular el comportamiento de las variables hidrológicas de interés, considerando tanto los factores climáticos como otros cambios que pueda experimentar el área de interés o cuenca (cambio de uso de suelo en general, deforestación, desarrollo urbano, canalizaciones, etc.)

El Manual de Carreteras reconoce la necesidad de actualizaciones periódicas de modo de incorporar cambios, mejoras o innovaciones relevantes. Existe un procedimiento formal donde el cambio propuesto se presenta a la Dirección de Vialidad, la cual analiza y eventualmente resuelve la incorporación de esta modificación. Este procedimiento entonces debiese seguirse en caso de incorporarse alguna metodología vinculada con la consideración del cambio climático.

Dirección de Obras Portuarias

- Infraestructura Portuaria
- Protección de Riberas

Misión Institucional: *Producir la integración física de los ciudadanos y ciudadanas del litoral marítimo, fluvial y lacustre al desarrollo económico y social del país, siendo reconocido por valorar el medio ambiente, los niveles de vida, la equidad y la identidad local, con funcionarios calificados/as y comprometidos/as.*

Infraestructura Portuaria y de protección de Riberas

Actualmente, la Dirección de Obras Portuarias es la encargada de planificar la infraestructura portuaria y ejecutar las obras establecidas en el sistema nacional de inversión pública, a través de estudios propios o encargados a terceros a nivel de consultorías. Un aspecto importante abordado por esta dirección tiene que ver con la supervisión y fiscalización de obras definiendo las normas técnicas respecto de desarrollos portuarios y verificando que éstas cumplan con el proyecto aprobado.

A nivel de planificación, la DOP y la DIRPLAN son los encargados de definir los planes de infraestructura que dan origen a los lineamientos para los desarrollos de infraestructura portuaria y costera. En las siguientes etapas del ciclo de vida de un

proyecto, es la DOP la encargada de desarrollar el proyecto y el Ministerio de Desarrollo Social el encargado de evaluarlo. La DOP elabora un perfil de proyecto que puede dar origen a los Términos de Referencia para los estudios de pre-factibilidad en el caso de tratarse obras de importancia, o pasar directamente a la fase de diseño para obras menores o de poca complejidad.

En la fase de diseño, se especifican las metodologías para la estimación de las forzantes climáticas y oceanográficas las que en la actualidad se rigen por los instructivos del SHOA. Es en esta etapa en donde el conocimiento de la evolución histórica de estas variables, sus tendencias y proyecciones futuras, se torna fundamental para el dimensionamiento de las obras proyectadas.

Una vez finalizado el diseño se definen los TDR para la fase de ejecución, donde éste se construye ya sea con las capacidades internas de la DOP (excepcional) o a través de licitaciones hacia privados.

Finalmente la obra es entregada a sus receptores finales, los que se encargarán de administrarla, operarla y mantenerla de acuerdo a los manuales de conservación.

Como se comentó anteriormente, se han observado tendencias al aumento de alturas de oleaje significativo y mayor frecuencia de los eventos de marejada. Asimismo, las proyecciones indican también un aumento en estas variables para la costa del Pacífico de América del Sur. Este tipo de información debiese ser relevante tanto en la etapa de planificación, como en la etapa de diseño de obras portuarias.

Dirección de Aeropuertos

Misión Institucional: *Dotar al país de servicios de infraestructura aeroportuaria, asegurando estándares de calidad, seguridad y eficiencia, para la satisfacción de las necesidades de los diversos actores del sistema de transporte aéreo, contribuyendo al desarrollo económico sustentable y a la competitividad del país, y a mejorar*

Esta dirección tiene por objetivos estratégicos:

- Construir, Conservar y/o Mejorar la Infraestructura Aeroportuaria nacional de uso público a través de financiamiento estatal, aportes o a través de entes privados mediante el sistema de Concesiones.
- Administrar el Programa de Pequeños Aeródromos orientándolo a las zonas aisladas o apartadas de los grandes centros urbanos, a aquellas zonas donde se requiere hacer soberanía y en aquellos Pequeños Aeródromos que se justifiquen por Demanda.

Dirección de Arquitectura

Misión Institucional: Proveer y conservar la edificación pública requerida, para favorecer la competitividad y el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes, a través de acciones realizadas por el MOP o por mandato de otras instituciones del Estado.

Esta Dirección tiene los siguientes objetivos estratégicos:

- Contribuir al desarrollo humano, social y cultural, de comunidades y ciudades, mejorando la calidad de vida de las personas y la equidad a través de la provisión de servicios de Edificación Pública, el Arte y la puesta en valor del Patrimonio Arquitectónico y Urbano.
- Contribuir al resguardo medioambiental para el beneficio de las personas a través de la provisión de servicios de Edificación Pública, el Arte y la puesta en valor del Patrimonio Arquitectónico y Urbano que cumplan con las políticas y normativas medioambientales.
- Lograr estándares de eficiencia en el uso de los recursos para la provisión de servicios con equidad de Edificación Pública, el Arte y la puesta en valor del Patrimonio Arquitectónico y Urbano.

Para lo anterior, desarrolla los siguientes Productos Estratégicos:

- Servicios de Edificación Pública: La Dirección de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas, se desempeña operativamente en la supervisión, ejecución e inspección de la Edificación Pública, actuando por mandato de distintas instituciones del Estado.
- Obra de Arte asociadas a la infraestructura pública.
- Servicios de Edificación Pública Patrimonial: Como un promotor excepcional de la puesta en valor de la edificación pública histórica en Chile, se crea el Departamento de Patrimonio en el año 1976.
Entre sus principales líneas de trabajo, este departamento se ha preocupado de gestionar declaratorias de monumentos nacionales, formular proyectos de inversión en las regiones, generar instancias de convocatoria al sector privado, realizar talleres y seminarios de capacitación y elaborar acciones y material de difusión. Todo esto ha contribuido a generar adhesión y compromiso de parte de diversos actores con el patrimonio arquitectónico a nivel nacional.

Coordinación de Concesiones

En el marco de una asociación público-privada y amparada en las políticas de equilibrio presupuestario, descentralización, medio ambiente, participación ciudadana e inversión de infraestructura pública, la Coordinación de Concesiones tiene entre sus funciones proponer al Ministerio de Obras Públicas:

Misión Institucional: *Proveer, resguardar y mejorar las obras y servicios de infraestructura pública, dentro del marco de la asociación público privada. De esta manera, la institución impulsa el desarrollo económico, social, cultural, sustentable y equitativo del país, promoviendo la integración territorial para una mejor calidad de vida.*

➤ La aceptación o el rechazo de las ideas de iniciativa privada de concesión presentadas por particulares, en virtud de lo establecido en el artículo 2º de la Ley de Concesiones.

➤ La programación de los procedimientos de licitación para la contratación de estudios, proyectos y ejecución de obras públicas fiscales a través del Sistema

de Concesiones.

- Las condiciones administrativas y económicas a las que se sujetarán los procesos de licitación, para el otorgamiento a concesión de las obras públicas fiscales, de acuerdo a la normativa vigente.
- Las normas de fiscalización de los contratos de concesión, según la normativa vigente.
- Las modificaciones que sean necesarias incorporar a los contratos de concesión en construcción u operación, en virtud de lo establecido en la normativa vigente.

Estudios y coordinación interministerial

A fin de acercarse a la problemática de los impactos del cambio climático en los Servicios de Infraestructura, el MOP ha realizado una serie de estudios prospectivos a través de fondos sectoriales, de otros organismos públicos (Ministerio del Medio Ambiente) e internacionales. Fue así como en el año 2012 se realizó el primer estudio con fondos sectoriales, denominado “Enfoque Metodológico para Evaluar la Adaptación al Cambio Climático en la Infraestructura Pública del MOP”, a través del cual se identificó un enfoque metodológico que permitió contar con análisis de sensibilidad para evaluar la adaptación de los servicios de infraestructura al cambio climático.

Con dicho estudio, se estableció que la decisión para determinar a qué tipología de obras MOP era necesario incorporar elementos de adaptación de las obras de infraestructura está en función de la vida útil y los costos asociados a la generación de información climática futura. En la Ilustración 4, se presenta el enfoque metodológico, el cual permite contar con una aproximación respecto de cuál de las obras de infraestructura que ejecuta el MOP es conveniente y recomendable efectuar análisis de cambio climático..

Otro estudio importante que permitió avanzar en la comprensión del fenómeno del cambio climático en los servicios de infraestructura fue financiado por el Gobierno de Canadá el año 2013, denominado “Marco Estratégico para la Adaptación de la Infraestructura al Cambio Climático”, consistió básicamente en efectuar una propuesta metodológica para la incorporación del cambio

climático en el diseño de obras portuarias, embalse y puertos. Utilizando como casos pilotos el embalse de Valle Hermoso, el puente sobre el río Mataquito y el puerto de Valparaíso.

Finalmente, el año 2014 se realizó el estudio “Propuesta de Portafolio de Medidas para Elaborar el Plan de Adaptación al Cambio Climático para la Infraestructura”, desarrollado por el Centro de Cambio Global con fondos del Ministerio del Medio Ambiente. Y en él se presenta una serie de medidas, que aúna el conocimiento recabado en los estudios anteriores.

Todos los estudios referidos, fueron insumos de vital importancia para la construcción del presente plan.

CAPÍTULO III: PLAN DE ACCIÓN DE LOS SERVICIOS DE INFRAESTRUCTURA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Objetivos

Objetivo General:

Incorporación de la problemática de cambio climático en los servicios de infraestructura que provee el Ministerio de Obras Públicas, a fin de evitar la afectación/interrupción de los servicios que ésta presta tanto a la comunidad como a las actividades productivas, junto con generar medidas que mitiguen la generación de gases de efecto invernadero a través de la incorporación en el diseño de la infraestructura y edificación pública de medidas de eficiencia energética y la huella de carbono en etapas de construcción y operación..

Objetivos específicos:

- Adaptar los servicios de Infraestructura a los impactos proyectados por cambio climático, bajo un enfoque de blindaje climático preventivo.
- Propender hacia la construcción de las obras de infraestructura MOP baja en Carbono.
- Generar capacidades e institucionalidad en materia de cambio climático en el MOP, tanto para el área de adaptación como en mitigación.

Estructura del Plan

Eje de Adaptación al Cambio Climático:

Objetivo específico 1: Adaptar los servicios de Infraestructura a los impactos proyectados por cambio climático, bajo un enfoque de blindaje climático preventivo

Líneas de Acción

LA 1: Cambios Metodológicos para incorporar la gestión del riesgo hidrológico futuro en la evaluación, diseño y planificación de servicios de Infraestructura

- **MEDIDA 1: Incorporación de cambios metodológicos en la evaluación económica de obras de infraestructura con perspectivas de largo plazo**
- **MEDIDA 2: Incorporación de cambios metodológicos en las etapas de desarrollo de obras de infraestructura asociadas a la provisión de recursos hídricos: Embalses de Regadío**
- **MEDIDA 3. Incorporación de cambios metodológicos en la etapa de desarrollo de obras de infraestructura en zonas costeras**
- **MEDIDA 4. Incorporación de cambios metodológicos en la etapa de diseño de obras de infraestructura asociadas a conectividad y de protección del territorio que se pueden ver afectadas por eventos extremos de origen hidrometeorológico.**
- **Medida 5: Generar programas de protección del territorio frente a lluvias intensas**

LA 2: Monitoreo de amenazas:

- **MEDIDA 6: Mejoras en monitoreo en disponibilidad de recursos hídrico: Ampliar la densidad de estaciones en glaciares, cuenca y sub – cuencas de zonas con cobertura de nieve.**
- **MEDIDA 7: Mejoras en monitoreo de caudales extremos**
- **MEDIDA 8: Mejoras en monitoreo de amenazas costeras**

LA 3: Monitoreo de vulnerabilidad de la infraestructura:

- **MEDIDA 9: Revisión periódica de obras fluviales, de drenaje y viales (puente) (Catastro de estado de operación de obras hidráulicas de drenaje, obra fluvial o puente).**
- **MEDIDA 10: Incorporación de un Monitoreo Semi-continuo del Impacto de Obras de Infraestructura costera**

LA 4: Promoción de la Innovación tecnológica para la adaptación al cambio climático.

- **Medida 11: Promover Innovación tecnológica para la adaptación al cambio climático**

Línea de Acción 5: Incorporación en los procesos de planificación ministerial las implicancias del cambio climático para los servicios de infraestructura MOP

- **Medida 12: Incorporar en todas las escalas de planificación ministerial los efectos de cambio climático**

Eje Mitigación al Cambio Climático

LA 1: Mitigación de gases de efecto invernadero en la construcción de infraestructura y edificación pública Contabilidad de reducción de gases de efecto invernadero

- **Medida 13: Incorporación de Energías Renovables No Convencionales (ERNC) en la ejecución de Infraestructura Pública MOP**
- **Medida 14: Incorporación de Diseño Pasivo en Edificación Pública**
- **Medida 15: Medición y gestión de la Huella de Carbono en la obras de infraestructura y edificación pública que ejecuta el MOP**

LA2: Contabilidad de reducción de gases de efecto invernadero

- **Medida 16: Contar con una plataforma que permita medir y contabilizar la reducción de GEI desde el Ministerio de Obras Públicas**

Eje Creación de Capacidades

LA 1: Coordinación Intra e Inter Ministerial Cambio Climático

- **MEDIDA 17. Coordinación interministerial - Ministerio de Obras Públicas**
- **MEDIDA 18. Coordinación con Plan Nacional de Adaptación, Plan de Acción Nacional y Planes Sectoriales de Adaptación**

LA 2: Gestión del Conocimiento en Cambio Climático

- **Medida 19: Creación de la Unidad de Cambio climático.**
- **Medida 20: Generación de Capacidades en Cambio Climático**

Ilustración 5: ESTRUCTURA DEL PLAN

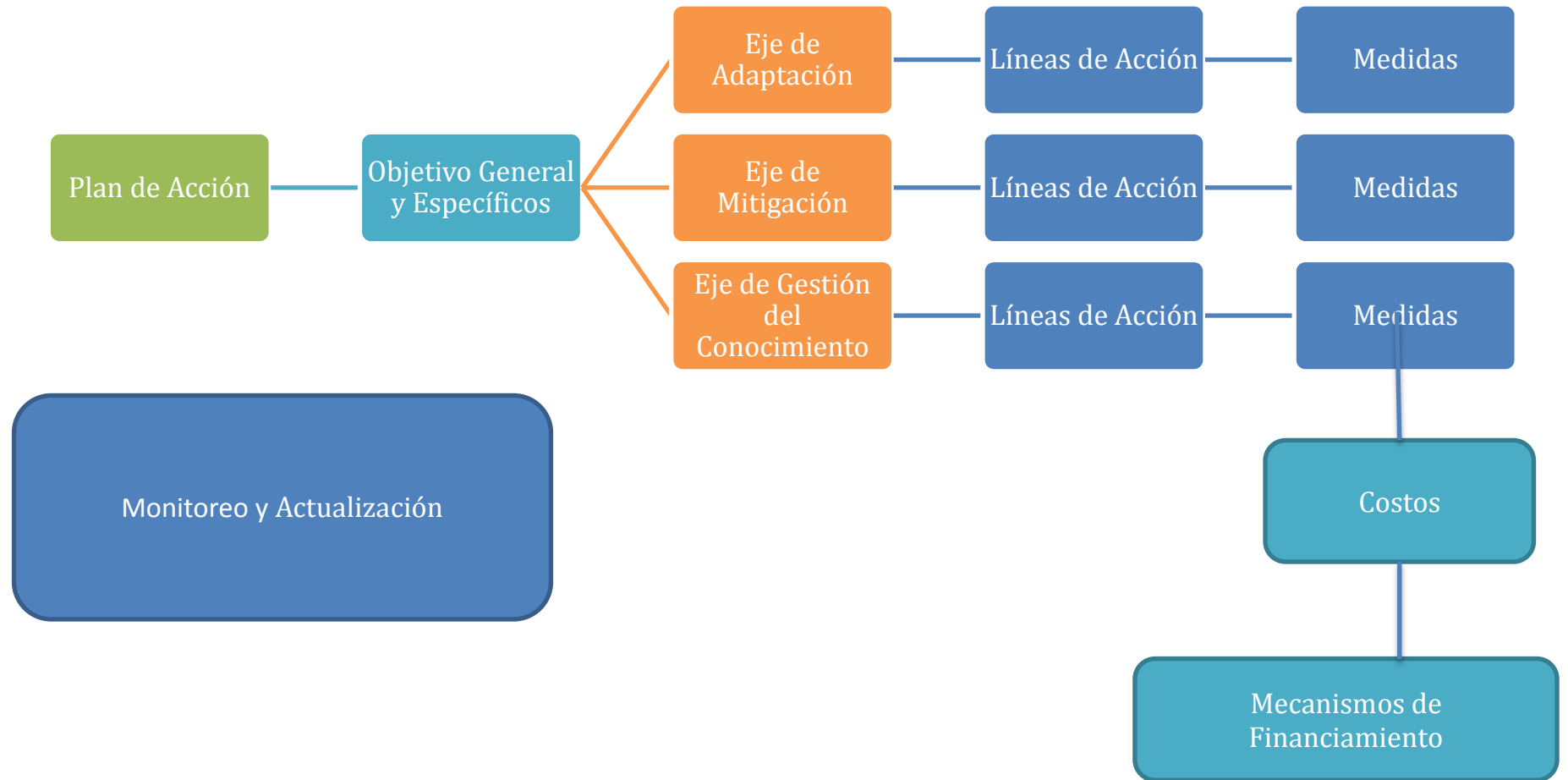


Ilustración 6: EJE DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

LA 1: Cambios Metodológicos para incorporar la gestión del riesgo hidrológico futuro en la evaluación, diseño y planificación de servicios de Infraestructura

MEDIDA 1: Incorporación de cambios metodológicos en la evaluación económica de obras de infraestructura con perspectivas de largo plazo

MEDIDA 2: Incorporación de cambios metodológicos en las etapas de desarrollo de obras de infraestructura asociadas a la provisión de recursos hídricos: Embalses de Regadío

MEDIDA 3. Incorporación de cambios metodológicos en la etapa de desarrollo de obras de infraestructura en zonas costeras

MEDIDA 4. Incorporación de cambios metodológicos en la etapa de diseño de obras de infraestructura asociadas a conectividad y de protección del territorio que se pueden ver afectadas por eventos extremos de origen hidrometeorológico.

Medida 5: Generar programas de protección del territorio frente a lluvias intensas



LA 2: Monitoreo de amenazas:

MEDIDA 6: Mejoras en monitoreo en disponibilidad de recursos hídrico: Ampliar la densidad de estaciones en glaciares, cuenca y sub -cuencas de zonas con cobertura de nieve.

MEDIDA 7: Mejoras en monitoreo de caudales extremos

MEDIDA 8: Mejoras en monitoreo de amenazas costeras



LA 3: Monitoreo de vulnerabilidad de la infraestructura:

MEDIDA 9: Revisión periódica de obras fluviales, de drenaje y viales (puente) (Catastro de estado de operación de obras hidráulicas de drenaje, obra fluvial o puente).

MEDIDA 10: Incorporación de un Monitoreo Semi-continuo del Impacto de Obras de Infraestructura costera



LA 4: Promoción de la Innovación tecnológica para la adaptación al cambio climático.

Medida 11: Promover Innovación tecnológica para la adaptación al cambio climático

Línea de Acción 5: Incorporación en los procesos de planificación ministerial las implicancias del cambio climático para los servicios de infraestructura MOP

Medida 12: Incorporar en todas las escalas de planificación ministerial los efectos de cambio climático



Objetivo específico 1: Adaptar los servicios de Infraestructura a los impactos proyectados por cambio climático, bajo un enfoque de blindaje climático preventivo

Ilustración 7: EJE MITIGACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO



LA 1: Mitigación de gases de efecto invernadero en la construcción de infraestructura y edificación pública **Contabilidad de reducción de gases de efecto invernadero**

Medida 13: Incorporación de Energías Renovables No Convencionales (ERNC) en la ejecución de Infraestructura Pública MOP

Media 14: Incorporación de Diseño Pasivo en Edificación Pública

Medida 15: Medición y gestión de la Huella de Carbono en la obras de infraestructura y edificación pública que ejecuta el MOP



LA2: Contabilidad de reducción de gases de efecto invernadero

Medida 16: Contar con una plataforma que permita medir y contabilizar la reducción de GEI desde el Ministerio de Obras Públicas

Objetivo específico 2: Propender hacia la construcción de las obras de infraestructura MOP baja en Carbono.

Ilustración 8: EJE CREACIÓN DE CAPACIDADES



LA 1: Coordinación Intra e Inter Ministerial Cambio Climático

MEDIDA 17. Coordinación interministerial - Ministerio de Obras Públicas

MEDIDA 18. Coordinación con Plan Nacional de Adaptación, Plan de Acción Nacional y Planes Sectoriales de Adaptación



LA 2: Gestión del Conocimiento en Cambio Climático

Medida 19: Creación de la Unidad de Cambio climático.

Medida 20: Generación de Capacidades en Cambio Climático

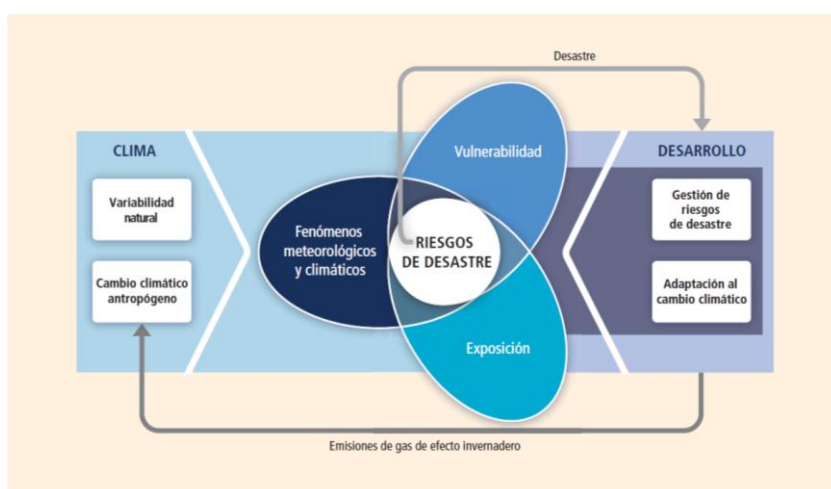
Objetivo específico 3: Generar capacidades e institucionalidad en materia de cambio climático en el MOP, tanto para el área de adaptación como en mitigación

EJE DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Adaptar los servicios de Infraestructura a los impactos proyectados por cambio climático, bajo un enfoque de blindaje climático preventivo (OE1)

Para analizar la componente de gestión de riesgos hidrometeorológicos gestión adaptativa al cambio climático, se tomó en consideración la publicación del IPCC del 2012, denominada “Informe Especial de Cambio Climático y Eventos Extremos” (SREX, por su siglas en inglés). En ella, se realiza el vínculo entre el riesgo de desastres entre el modelo de desarrollo y los factores climáticos que fuerzan dichos desastres.

Ilustración 9: Relación entre adaptación al cambio climático y la gestión de desastres



Es así como en la Ilustración 5, se presentan los conceptos centrales del Informe especial sobre la gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático, Fuente, IPCC (2012).

De acuerdo a ese marco

Fuente: IPCC, 2012

conceptual presentado en dicha figura, la ocurrencia de un desastre ocurre cuando existe la concurrencia de tres factores: una amenaza de tipo climático, un sistema natural o humano que se ve expuesto a dicha amenaza, y que a la vez es vulnerable a la misma. Si no ocurren estos tres factores no existe el riesgo, ni su manifestación que corresponde al desastre. Con respecto a la amenaza climática se puede distinguir aquella parte que corresponde a la variabilidad natural intrínseca al sistema climático. Pero ésta puede verse exacerbada o disminuida producto del cambio climático de origen antropogénico. A través de la mitigación de la emisión de gases de efecto invernadero se puede en el largo plazo reducir la magnitud de este cambio en la amenaza. Por otra parte la reducción de la magnitud del desastre se puede reducir a través de una reducción en la exposición y/o vulnerabilidad de los grupos amenazados. El desarrollo sostenible contribuye a ambos efectos en particular a través del desarrollo de políticas y/o medidas de Adaptación y Gestión de Desastres. Pese a que el objetivo de ambas estrategias es el mismo, la adaptación al cambio climático se puede reconocer como un complemento a la gestión de desastres concebido para amenazas que se manifiestan en el largo plazo (CGC, 2014).

En general, la variabilidad del sistema climático genera fenómenos extremos como inundaciones, fuertes marejadas, tormentas o temperaturas extremas. Las alteraciones de los promedios climáticos regionales debidas al calentamiento global van acompañadas de cambios en la frecuencia e intensidad de estos fenómenos extremos. La exposición a riesgos relacionados con el clima, sumada a las condiciones de vulnerabilidad y capacidad insuficiente para reducir o responder a sus consecuencias, causan graves desastres y pérdidas.

Cabe mencionar que el IPCC (2014) ya alerta respecto a las implicancias de los eventos extremos en un contexto de cambio climático, los cuales no dependen solamente del fenómeno en sí sino que también de la vulnerabilidad y la exposición. Los fenómenos climáticos extremos, la exposición y la vulnerabilidad están influenciados por una amplia gama de factores, incluidos el cambio climático antropógeno, la variabilidad natural del clima y el desarrollo socioeconómico.

El IPCC (2014), proyecta que los eventos extremos que se intensificarán producto del cambio climático, dentro de ellos destacan:

- Aumento importante en las temperaturas extremas para finales del siglo XXI.
- Aumento de la frecuencia de precipitaciones intensas o la proporción de lluvias totales derivadas de precipitaciones intensas.
- Aumento la velocidad máxima media del viento.
- Las sequías se intensifiquen en el siglo XXI en algunas zonas y estaciones del año, debido a la disminución de las precipitaciones y/o al aumento de la evapotranspiración.
- Los cambios proyectados en las precipitaciones y las temperaturas suponen posibles cambios en el régimen de inundaciones.
- Aumento del nivel medio del mar
- Los cambios en las olas de calor, el retroceso glacial y/o la degradación del permafrost influyan en los fenómenos de alta montaña, como la inestabilidad de las pendientes, los movimientos de masa y las inundaciones provocadas por el desbordamiento de lagos glaciales

Todos estos fenómenos tienen directa incidencia en las obras que ejecuta el MOP, y por tanto ponen en riesgo los servicios que presta hacia las comunidades.

En lo particular, la tabla que se presenta continuación evidencia la relación de estos fenómenos con las obras MOP.

Implicancia de los fenómenos climáticos extremos y vinculación con Infraestructura MOP			
Factores climáticos	Tipo de Infraestructura	Elemento	Descripción del impacto
Incrementos de n° de días de calor y olas de calor	Obras viales, aeroportuarias	Pavimentos, hormigones, explanadas	Restricción en la operación de la infraestructura debido a consideraciones de seguridad y eventualmente salud
Exceso de agua:	Obras de drenaje de	Acueductos,	Afectación en vidas humanas y

aluviones e inundaciones	aguas lluvias y obras de control aluvional	piscinas de decantación, muros de contención, parques inundables, canalizaciones de ríos.	material con la afectación del servicio de infraestructura que prestan las obras de drenaje y control aluvional.
Aumento de la velocidad media del viento (trombas marinas)	Infraestructura portuaria e Infraestructura Aeroportuaria	Caletas pesqueras, borde costero, puertos de conectividad	Afectación a las actividades productivas (tanto a gran como a menor escala) que se desarrollan en torno al borde costero.
Sequías	Obras de regadío	Dimensión de embalses y canales de regadío	Afectación a los sistemas agrícolas en la provisión de agua para regadío.
Cambio en la altura de la ola significativa	Obras portuarias	Socavación de muros verticales, inundación de explanadas y paseos costeros	Afectación a las actividades productivas (tanto a gran como a menor escala) que se desarrollan en torno al borde costero.

Línea de Acción 1: Cambios Metodológicos para incorporar la gestión del riesgo hidroclimático futuro en la evaluación, diseño y planificación de servicios de Infraestructura

En coherencia con lo expuesto en el punto anterior, la incorporación del cambio climático en el ciclo de vida de la provisión de infraestructura, implica un aumento significativo de la incertidumbre de tanto de los beneficios como costos del proyecto de inversión e incrementos de los horizontes de evaluación. Sin embargo, no es óptimo incorporar el cambio climático al ciclo de vida de todos los proyectos de inversión en infraestructura pública. La incorporación del cambio climático en la vida útil de la obra dependerá de la etapa en que se encuentra el proceso de gestión de la obra de infraestructura (CGC , 2014). Tal como se explicitó en el capítulo II, ilustración 5.

Las obras de largo plazo que deben efectuar modificaciones en relación a las metodologías a través de las cuales se diseñan y aprueban las obras de infraestructura, producto del cambio climático son: obras de regadío, puentes, obras viales de conectividad, obras portuarias, obras aeroportuarias. Por tanto, para esta línea de acción es de vital importancia sistematizar información, antecedentes y datos requeridos para aplicar nuevas metodologías de evaluación que incorporen la incertidumbre. Más específicamente, se requiere de información de calidad, a

escalas temporales y espaciales relevantes para enfrentar el problema del aumento en la incertidumbre.

En coherencia con el avance en las metodologías de evaluación social bajo incertidumbre, es necesario mejorar el monitoreo de condiciones climáticas e hidrológicas de cuencas en altura y en zonas más extremas del país.

Actualmente la metodología de evaluación de proyectos de inversión de infraestructura pública establece como criterios de evaluación un enfoque costo-beneficio o un enfoque costo-eficiencia, dependiendo si se es factible cuantificar y/o valorar los beneficios del proyecto. A fin de incorporar incertidumbre existen diferentes metodologías, tales como el uso de Teoría de probabilidades y la evaluación basada en opciones. Todas ellas, a considerar cuando se desarrollen las metodologías en comento.

Otro elemento a considerar es el horizonte de evaluación y tasas de descuento, las cuales actualmente son constante para todo el horizonte de evaluación. Situación que debe ser sometida a análisis en consideración a los impactos futuros proyectados en las variables hidroclimatológicas, en un contexto de cambio climático y que ponen en riesgo la servicialidad de la obra de infraestructura.

El resultado esperado de esta medida es una propuesta con metodologías específicas de evaluación social de proyectos, que incorpore el incremento en la incertidumbre producto de los impactos del cambio climático al ciclo de vida de una obra de inversión en infraestructura.

A continuación se presentan las medidas contempladas en esta línea de acción:

MEDIDA 1: Incorporación de cambios metodológicos en la evaluación económica de obras de infraestructura con perspectivas de largo plazo

La incorporación del cambio climático en el ciclo de vida de la provisión de infraestructura, implica un aumento significativo de la incertidumbre de tanto los beneficios como costos del proyecto de inversión e incrementos de los horizontes de evaluación. Sin embargo, no es óptimo incorporar el cambio climático al ciclo de vida de todos los proyectos de inversión en infraestructura pública. La incorporación del cambio climático en la vida útil de la obra dependerá de la etapa en que se encuentra el proceso de gestión de la obra de infraestructura. Por ejemplo, Si la obra se encuentra en una fase de planificación, se debe analizar si la necesidad de llevar a cabo la obra de infraestructura puede verse influenciada por condiciones climáticas. En el caso que no sea influenciada, no es necesario incorporar el cambio climático. Sin embargo, si es influenciado entonces la incorporación del cambio climático dependerá de la vida útil de la infraestructura; si es de corto plazo, no corresponde considerar el cambio climático, en caso contrario la inclusión del CC dependerá del costo de generar la información necesaria para incorporar el CC en relación al beneficio de la obra de infraestructura. Solo en aquellos casos en que los beneficios superen los costos de la información se debe considerar explícitamente el CC en la evaluación socio-

económica de la obra de infraestructura. (Para mayores detalles ver Donoso, Vicuña, y Camaño, 2013).

Esto determina que las metodologías y criterios de evaluación de proyectos de inversión actuales, no sean potencialmente los más adecuados para las obras que deben considerar el cambio climático, de acuerdo a los criterios expuestos anteriormente. Por lo anterior, se requiere que el Departamento de Metodologías de la División de Evaluación Social de Inversiones del MDS, en cercana coordinación con el Ministerio de Obras Públicas (MOP), realice un estudio de las metodologías de evaluación de proyectos de inversión que permitan incorporar el aumento de la incertidumbre y de los horizontes de evaluación que implica la consideración del cambio climático en el diseño de los proyectos de infraestructura pública.

RESPONSABLE: MIDESO - MOP

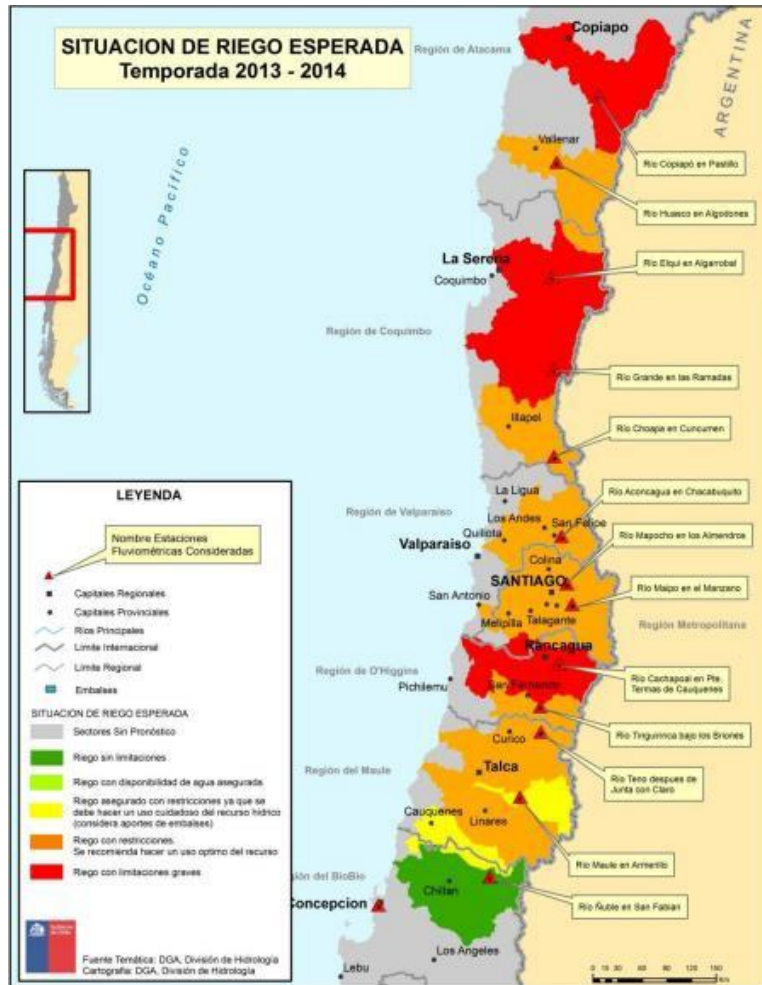
MEDIDA 2: Incorporación de cambios metodológicos en las etapas de desarrollo de obras de infraestructura asociadas a la provisión de recursos hídricos: Embalses de Regadío

El cambio climático puede afectar en el futuro las necesidades de servicios de infraestructura al alterar la disponibilidad de agua en la fuente o alterar las necesidades de consumo de agua. En algunos de esos casos el rol que provee la cordillera como regulador natural de caudales puede verse también alterado. Todo esto generaría por una parte posibles nuevas necesidades de servicios de infraestructura y también nuevos desafíos para evaluar los beneficios o costos de obras particulares que se consideren para suplir esta necesidad de servicios.

En el caso de obras de riego, en particular embalses, se reconoce que, por una parte dado el periodo largo de operación de estas obras y por otra los altos costos/beneficios de estas obras en relación a los costos de generar la información climática adecuada es pertinente introducir cambios metodológicos en distintas etapas de desarrollo de estas obras.

La situación de coyuntura actual, permite reconocer en el contexto de escasez hídrica actual las complejidades que enfrenta la provisión de agua para riego en el país. A modo de ejemplo la Figura 2 muestra la situación de riego esperada para la temporada 2013-2014 de acuerdo a información proporcionada por la DGA. Sin considerar Copiapó que presenta problemas estructurales de abastecimiento de agua, la zona desde la región de Coquimbo (IV) hasta la localidad de Chillan (VIII) presenta una situación desde riego con restricciones hasta una situación de riego con restricciones graves. En ambas situaciones se deben tomar acciones extraordinarias para poder cumplir con la demanda de agua esperada.

Ilustración 10:] Situación de riego esperada, temporada 2013-2014. DGA, Pronostico de disponibilidad de agua, temporada de riego 2013-2014



Los antecedentes presentados anteriormente no necesariamente significarían un antecedente de problemas de escasez hídrica, si es que no existiera una demanda por el recurso agua que justificara tales problemas de escasez. En los últimos 15 años, la frontera agrícola de frutales se ha desplazado desde una zona Centro-Norte (V-RM), hacia una zona Centro-Sur (VI-IX) (Figura 28), lo que también ha hecho aumentar y cambiar el manejo del agua en estas últimas. Todo este escenario conjunto necesita ser incorporado en la metodología de planificación de los recursos hídricos de las regiones, se recomienda incorporar esta planificación en las estrategias de desarrollo regional.

En este contexto de cambios en las condiciones de oferta y demanda de agua es que enfoca esta medida de adaptación la

cual se ejecuta en dos etapas: Una primera parte corresponde a la etapa estratégica de planificación de obras de embalse y una segunda etapa corresponde a la etapa de evaluación de obras específicas, las cuales se describen a continuación.

a) Etapa de planificación de obras de riego

En esta etapa del proyecto, es necesario realizar estudios a escala de subcuenca, que identifique las necesidades gruesas de capacidad de almacenamiento que se requiera producto de los impactos del cambio climático. Este estudio deberá trabajar sin la necesidad de desarrollar modelos hidrológicos nuevos sino que usar información disponible en estudios anteriores para presentar una sensibilización esperada sobre la oferta natural de recursos hídricos y la demanda evaporativa esperada producto de cambios en el clima y cambios posibles en el patrón de cultivos.

Los resultados de este estudio podrán servir de input de entrada a los procesos estratégicos de decisión de necesidades de obras de embalse que coordina la CNR y que se materializan en los procesos de Planes Regionales de Riego.

RESPONSABLE: CNR, DOH, DGA.

b) Etapa de evaluación de obras de riego

En este caso se considera el proceso de evaluación (factibilidad) de un embalse propiamente tal. Para hacer este proceso de evaluación se recomienda ocupar modelos acoplados hidrológicos y agronómicos que permitan determinar el balance hídrico con escenarios de incertidumbre. Los modelos hidrológicos usados deben tener sensibilidad a cambios climáticos, y de esta forma reflejar los cambios generados por las proyecciones futuras del cambio climático. Otro factor importante del modelo es la capacidad para generar información con respecto al cambio del uso del suelo. Por último, es fundamental que la evaluación de los impactos económicos sean hechos para escenarios de ausencia y presencia de la infraestructura.

Esta nueva generación de modelos hidrológicos, deben permitir abordar y solucionar problemas que se producen al simular eventos futuros en el mediano y largo plazo.

Un modelo que recientemente se ha utilizado para realizar este tipo de análisis es la plataforma WEAP, principalmente en el mundo académico. Este modelo permite hacer análisis de cambios en la hidrología y en la demanda de agua frente a diferentes escenarios climáticos, ya sea de sensibilidad o proyectando condiciones futuras usando GCMs (MOP, 2013).

RESPONSABLE: DOH.

MEDIDA 3. Incorporación de cambios metodológicos en la etapa de desarrollo de obras de infraestructura en zonas costeras

En el Marco Estratégico para la Adaptación de la Infraestructura al Cambio Climático (2012) del Centro de Cambio Global, se reconoce a los puertos como infraestructura vulnerable al cambio climático, debido a:

- ✓ Su vida útil es larga, superando en muchas ocasiones los 50 años, siendo entonces particularmente sensibles frente a los cambios futuros del clima.
- ✓ Por su localización en las costas, ríos o lagos, están expuestos a una gran variedad de acciones, tales como el ascenso del nivel del mar, las variaciones en marea meteorológica, tsunamis, oleaje y vientos extremos, inundaciones fluviales, embancamiento o socavación, o incluso levantamientos o hundimientos (subsidiencias) de origen tectónico.
- ✓ Las operaciones portuarias pueden verse afectadas por las condiciones climáticas, produciendo retrasos en la actividad comercial y/o de conectividad del puerto.

Respecto del grado de vulnerabilidad de cada puerto, dependerá de varias variables como: las características físicas, su localización, las actividades y el grado de resiliencia climática del diseño. Es por ello que la evaluación de respuestas de adaptación, en términos de costos y beneficios, también es característica y dependiente de las condiciones locales.

Finalmente, Lozada (2012) señala que las proyecciones globales coinciden en que tanto las alturas de oleaje extremas como el nivel del mar estarían aumentando en el futuro. Para Chile, sin embargo, las tendencias respecto del nivel del mar no son concluyentes, debido a la fuerte actividad sismotectónica a la que está sometido el margen occidental del continente sudamericano, que redunda en frecuentes levantamientos o hundimientos del terreno. Por otro lado, los aspectos relacionados con la frecuencia de tormentas y marejadas son muy importantes de analizar, pues han puesto de manifiesto los impactos en zonas de borde costero afectando significativamente la infraestructura portuaria del país. Por tanto, es necesario hacer esfuerzos adicionales para mejorar los sistemas de observación y medición de variables oceanográficas disponibles actualmente, con el objeto de aumentar la cobertura y resolución de esta información. De esta manera se estará en condiciones de cuantificar en forma más precisa las potenciales consecuencias del cambio climático en las costas de Chile y así anticipar medidas de adaptación adecuadas.

En el sentido de lo expuesto anteriormente, se requiere implementar las siguientes medidas adaptativas para el sector costero y que tiene implicancias en las obras de infraestructura ejecutada por el MOP a través de la Dirección de Obras Portuarias

a) Generación de una Base de Datos de Climas de Oleaje Estandarizada para el establecimiento de Solicitaciones para el Diseño de Obras Costeras

Se requiere generar información de climas de oleaje en aguas profundas, es así como en el estudio del Centro de Cambio Global (2012) denominado "Marco estratégico para la adaptación de la infraestructura al cambio climático" (2013), se hacen recomendaciones que implican el análisis de la frecuencia de tormentas y marejadas. La generación de esta información requiere establecer bases de datos modelados de oleaje de hindcasting a lo largo de la costa de Chile sobre extensiones de tiempo mayores a los exigidos por las actuales normativas. Se considera que al menos la puesta a disposición de 50 años de datos históricos de oleaje, debiera permitir realizar análisis estadísticos adecuados respecto de tendencias y eventos extremos a considerar en el diseño de obras de infraestructura.

Adicionalmente, se requiere desarrollar bases de datos de climas de oleaje futuro, considerando la incertidumbre climática y sus implicancias en las variables oceanográficas, para evaluar los diseños de obras, su nivel de servicio y/o alternativas de adaptación a lo largo de su vida útil.

En la actualidad existe una base de datos modelados histórica que puede ser obtenida desde el programa Olas Chile con información de más de 20 años (1983-2006). También existen otras empresas que pueden proveer información similar para fines del establecimiento de solicitudes de diseño. Sin embargo, este tipo de información debe comprarse para cada proyecto, no pudiendo ser utilizado para otros fines, ni está disponible en forma abierta.

RESPONSABLE: SHOA o Dirección Meteorológica de la Armada,

CORRESPONSABLE: DOP - MOP.

b) Revisión y Actualización de Normativas Vigentes y Metodologías de Análisis Estadísticos de Series de Tiempo

Se requiere revisar y actualizar las normativas vigentes, en específico lo relacionado al análisis estadístico de series de tiempo, lo que debe ser realizado en forma conjunta entre distintas direcciones del Ministerio de Obras Públicas y la Dirección Meteorológica de la Armada. La aplicación de estas metodologías en el caso de infraestructura portuaria, requiere como condición previa contar con información más completa respecto de series de tiempo condiciones históricas de forzantes oceanográficas.

Dado que el análisis de datos y los estudios oceanográficos asociados son desarrollados por empresas consultoras o contratistas, es necesario desarrollar mesas de trabajo o estudios tendientes a establecer las metodologías más adecuadas para actualizar las normativas, además de una capacitación de profesionales de la DOP para evaluar los estudios realizados por terceros.

RESPONSABLE: DOP

MEDIDA 4. Incorporación de cambios metodológicos en la etapa de diseño de obras de infraestructura asociadas a conectividad que se pueden ver afectadas por eventos extremos de origen hidrometeorológico.

El tipo de servicios/obras que se consideran son: infraestructura vial y aeroportuaria.

Infraestructura Vial de conectividad

A nivel internacional, se reconoce al sector vialidad como un actor relevante que debe asumir el liderazgo ante el cambio climático mediante la implementación de estrategias integradas de desarrollo de nuevos productos, servicios y tecnologías que permitan su adaptación a las nuevas amenazas producto de cambio climático.

Dentro de las componentes que conforman la infraestructura vial y que deben someterse a análisis de la potencial afectación por cambio climático se encuentran: taludes, rellenos, explanadas, drenaje, obras de protección, puentes y estructuras, señalización fija y variable, además de iluminación y vegetación.

En diversos estudios a nivel internacional se ha identificado que los impactos de mayor repercusión sobre las carreteras están asociados a los taludes y pavimentos. Respecto de los taludes, se prevé un aumento de daños localizados, principalmente en el norte del país, ya que el principal desencadenante será el aumento de la intensidad de las precipitaciones extremas de corta duración. Ello puede afectar la estabilidad de los taludes por efecto del agua de escorrentía. El aumento de la intensidad de las precipitaciones extremas, combinado con un incremento de las condiciones de aridez, puede afectar también la erosión de los taludes.

Por tanto, se requiere incorporar en las metodologías de diseño de taludes estas nuevas consideraciones climáticas que permitan ir adaptando el sector al cambio climático.

Respecto del pavimento producto de cambio climático se prevé un aumento de las temperaturas extremas, esto puede provocar deformaciones y fisuras de la carpeta asfáltica. Además de un descenso de la precipitación media anual, por lo que se desaconseja el empleo de mezclas drenantes en una mayor superficie del territorio.

Otra componente de la infraestructura vial que pueden igualmente afectados por el cambio climático es el diseño de obras fluviales, de drenaje y puentes (conectividad), pues el aumento de la intensidad de las precipitaciones extremas sumado a un aumento de la temperatura puede entonces significar mayores contribuciones de precipitación líquida, lo que eventualmente genera crecidas más violentas y de mayor magnitud.

El Manual de Carretera propone periodos de retorno tanto para el diseño como para la verificación de los distintos tipos de obras, las que a su vez son diseñadas considerando una cierta vida útil, también definida en el Manual (Tabla XX)

Períodos de retorno, vida útil y riesgo de falla para el diseño y verificación de puentes

Obra	Tipo de Ruta	Período Retorno		Vida útil (años)	Riesgo de Falla	
		Diseño	Verificación		Diseño	verificación
Puentes	Carreteras	200	300	50	22	15
	Camino	100	150	50	40	28

Fuente: MOP, 2012

Este periodo de retorno está asociado a un riesgo de falla, el cual corresponde a la probabilidad de que durante la vida útil la condición de falla se alcance al menos una vez. El diseño y la verificación implican distintas condiciones de operación que el manual también define. Los valores de las variables de diseño para estos periodos de retorno se obtienen a partir de un análisis de frecuencia y/o un ajuste de un modelo de distribución de probabilidad, eventualmente combinado con algún modelo hidrológico. Cualquiera sea el caso, se asume que los valores históricos conocidos son representativos del futuro (es decir, hay una estacionaridad en las condiciones hidrometeorológicas). La estimación de los valores de diseño se podría fortalecer y/o complementar al incorporar futuros escenarios climáticos, que significan también un cambio en el comportamiento de las variables hidrometeorológicas. La relevancia de esta contribución consideración está supeditada al escenario climático a definir, así como la vida útil de la obra a evaluar (Marco estratégico para la Adaptación de la Infraestructura al Cambio Climático, 2013).

RESPONSABLE: DV

Infraestructura Aeroportuaria

Para el caso de la infraestructura aeroportuarias, es relevante considerar el aumento de temperaturas, al momento de diseñar los edificios aeroportuarios, pues este aumento irá asociado a un incremento de demanda energética para climatización de los edificios terminales, así como para la mantención de equipos de torre de control y centros emisores. Eventualmente, el aumento

de temperatura podría suponer, además mayores requerimientos de longitud de pista, dado que las temperaturas elevadas se traducen en densidades menores de aire, factor que reduce el empuje producido y la sustentación de la aeronave. El aumento de temperatura llevará aparejado también un incremento de la sensación de calor en el interior de los vehículos, tanto para el servicio del aeropuerto como de los pasajeros, lo que se traducirá en un menor grado de confort de aquellos usuarios que estacionan sus vehículos en zonas desprovistas de elementos que proyecten sombras sobre ellos.

Otra amenaza para este sector, es el impacto que se produce por el aumento de la intensidad de las precipitaciones extremas sobre el diseño de sistemas de desagüe, para evitar la inundación de campos de vuelo.

Por último, es necesario analizar el impacto potencial del factor viento en el diseño del campo de vuelo, dado que las previsiones actuales de cambios en el régimen de los vientos son todavía inciertos, especialmente a nivel local.

RESPONSABLE: DAP

Medida 5: Generar programas de protección del territorio frente a lluvias intensas

El tipo de servicios/obras que se consideran son: infraestructura hidráulica de evacuación y drenaje de aguas lluvias

Infraestructura Hidráulica de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias

El cambio climático está provocando un exceso de lluvias en algunas partes del planeta y escasez de precipitaciones en otras. Y ambas situaciones pueden afectar tanto a las zonas urbanas y como a las naturales. Y ambas situaciones son visibles en Chile.

Estas alteraciones en la pluviometría pueden afectar gravemente al rendimiento de las redes de saneamiento que tendrán que trabajar con caudales para los que no fueron diseñadas, lo cual puede hacerlas no operativas, ocasionando inundaciones más frecuentes dentro de las ciudades. Por tanto es un desafío predecir la magnitud de los impactos del cambio climático sobre el ciclo hidrológico para diseñar unos sistemas de drenaje adaptados al futuro. En ello, es fundamental que las políticas y el enfoque de la ingeniería deben considerar la adaptabilidad como parte fundamental de la planeación de proyectos hidráulicos (Ávila, 2012).

Además el cambio climático puede tener un serio impacto sobre la calidad del agua de los sistemas fluviales moderadamente o fuertemente contaminados, debido al aumento de los periodos de caudales bajos (incremento de los periodos de estiaje) con la correspondiente bajada de dilución disponible.

En particular, se reconoce que la adaptabilidad del sistema de drenaje de una ciudad debe ser desde el momento en que el agua toca el suelo hasta el cuerpo receptor. Es decir, el alcantarillado pluvial no es el sistema, sino un componente del sistema de drenaje pluvial.

Con todos estos antecedentes, la medida adaptativa para el sector comienza incorporando análisis de cambio climático, tanto en los Planes Maestros de Aguas Lluvias como en el diseño de la red primaria, así como en el mantenimiento de las mismas. A fin de predecir la magnitud de los impactos sobre el ciclo hidrológico para diseñar unos sistemas de drenaje adaptados

RESPONSABLE: DOH

CORESPONSABLE: MINVU

Obras de Manejo de Cauce y Control Aluvional

En Chile, las proyecciones indican que lloverá más en las zonas de montaña, lo que podría traer inundaciones y aluviones.

Entre 1981 y 2010, el cambio climático ha incrementado en un 12% los episodios de precipitaciones fuertes, causantes de inundaciones o graves daños, en diferentes regiones del planeta, según una investigación publicada ayer en la revista Climatic Change. Se trata de la primera que atribuye directamente al calentamiento el aumento de estos episodios extremos.

El estudio, realizado por científicos del Instituto Potsdam para la Investigación de los Impactos Climáticos de Alemania, concluye que la concentración de casos de lluvias extremas en los 30 últimos años “no tiene precedentes”.

En el marco de la vigésimo segunda Conferencia de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP22) en Marrakech, Marruecos, fue presentado un nuevo reporte del Índice Global de Riesgo Climático elaborado por la organización alemana Germanwatch, y que ubica a Chile dentro de los diez países más afectados por eventos meteorológicos asociados al cambio climático durante 2051. La aparición de Chile en el ranking se debe a las excepcionales lluvias ocurridas en el norte del país en marzo del año pasado, donde se registraron más de 50 milímetros de agua caída en menos de 24 horas, lo que causó el desborde de los ríos Copiapó y El Salado. Los aluviones dejaron un saldo de 28 muertos y más de 3 mil damnificados⁴.

“Las tormentas convectivas, es decir, aquellas como la tormenta de Atacama donde la precipitación ocurre a tasas más altas, van a ser más intensas debido al cambio climático”, indica Roberto Rondanelli, investigador del Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2 y académico del Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile. “La razón es que cuando la temperatura del planeta aumenta, se produce una mayor cantidad de vapor de agua en la atmósfera, lo que hace que las tormentas tengan más energía y las precipitaciones sean más eficientes”, explicó.

Respecto a la mayor recurrencia de este tipo de tormentas convectivas en Chile, el académico indicó que “eso es aún incierto, pues dependerá de la dinámica de cada evento”, pero que “las

⁴ <http://www.futurorenovable.cl/chile-se-encuentra-entre-los-diez-paises-mas-afectados-por-el-cambio-climatico-en-2015/>

observaciones y modelos han mostrado que la intensidad de la precipitaciones asociadas será mayor y, por lo tanto, también las inundaciones y aluviones”.

En consideración a lo expuesto anteriormente, es de vital importancia que el MOP a través de la DOH contemple dentro de sus procesos de planificación de control aluvional esta nueva amenaza que deriva del cambio climático (tormentas convectivas) y genere a partir de estos análisis un programa de protección del territorio que considere en su formulación escenarios de cambio climático en contraste con los últimos eventos acontecidos, siendo un insumo relevante la información a escala local. Junto con ello, generar cambios metodológicos en el diseño de este tipo de obras (respecto del período de retorno con el que se diseña esta infraestructura hidráulica).

Dado que los aluviones derivan en fuertes impactos en zonas urbanas y rurales, dicho programa debe ser elaborado en coordinación con el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, en lo que respecta al impacto en las ciudades.

RESPONSABLE: DOH

CORESPONSABLE: MINVU

Línea de Acción 2: Monitoreo Amenazas

Siempre han existido en Chile sistemas de monitoreo de diferentes variables de origen hidrometeorológico y oceánico que definen las características de las amenazas y oportunidades de origen climático que existen en diferentes localidades del país. Sin embargo, este proceso de monitoreo puede ser mejorado considerablemente, en particular en los temas específicos asociados a información relacionada con provisión de agua, impactos por exceso de agua y amenazas costeras.

En la medida en se mejoran los sistemas de monitoreo se puede trabajar de manera más robusta los ejercicios tanto de detección de cambios, como así también de atribución al cambio climático de estos (Bindoff et al, 2013). Si no se efectúa este trabajo de manera correcta, se puede correr el riesgo de diseñar medidas de adaptación que no reconozcan el rol que pueden tener distintos forzantes no solamente aquellos de origen climático. Por ejemplo la ocurrencia de inundaciones puede surgir tanto de un cambio en el clima, como también decambios en el uso del suelo de alguna parte en la cuenca. El no reconocimiento del rol que tienen las condiciones climáticas puede inducir a considerar medidas de adaptación no necesariamente asociadas a un impacto atribuible al cambio climático o que no afecten la causa de origen primordial.

MEDIDA 6: Mejoras en monitoreo en disponibilidad de recursos hídrico: Ampliar la densidad de estaciones en glaciares, cuenca y sub –cuencas de zonas con cobertura de nieve.

Los recursos hídricos son base del sostén ecosistémico y productivo del país. Sin embargo, la disponibilidad de estos recursos es muy heterogénea espacial (Norte-Sur) y temporalmente tanto

dentro de un año (Invierno-Verano) como entre años. En adición a la variabilidad interanual, el cambio climático puede afectar en el futuro o estar afectando actualmente la disponibilidad de los recursos por lo que se requiere tener las mejores herramientas para monitorear su disponibilidad. El correcto y constante monitoreo de la disponibilidad de agua, la capacidad de infraestructura de cada zona y el conocimiento de la demanda del recurso se vuelve una acción primordial y principal para poder satisfacer la necesidad y nivel de demanda de todos los usuarios.

La DGA es el organismo encargado de promover la gestión y administración del recurso hídrico en Chile. Junto con controlar la asignación de recursos y controlar el uso del agua, la DGA proporciona información hidroclimatológica generada a través de su red de estaciones fluviométricas de monitoreo distribuidas a lo largo del País. Dependientes de la DGA existen organismos con funciones específicas y que son fundamentales para un correcto desempeño. En el contexto de la escasez hídrica, juegan un importante rol los siguientes:

- División de Hidrología: que es la encargada de operar el servicio hidrometrológico, realizar estudios hidrológicos de situaciones contingentes y procesar y publicar la información generada.
- Unidad de Glaciología y Nieves: encargada de desarrollar normativas y metodologías para el diseño de una red de monitoreo de glaciares y nieves

La necesidad de incorporar acciones de mejora en las redes de monitoreo ya ha sido mencionado en los estudios anteriores (MOP, 2012) dentro de las responsabilidades que le caben a la DGA en torno a la adaptación al cambio climático, siendo la principal de ellas la generación de información de calidad y a una frecuencia adecuada que permitan hacer análisis y ayuden a mejorar la toma de decisiones en relación al uso sustentable del recurso hídrico.

En cuanto al monitoreo de glaciares, según información proporcionada por la Unidad de Glaciología y Nieves de la DGA, se establece que hoy la unidad cuenta con 22 estaciones fijas, las cuales se encuentran posicionadas en las salidas de los glaciares y miden de forma constante variables meteorológicas como (temperatura, radiación solar, dirección y velocidad del viento, humedad relativa), incluyendo estaciones fluviométricas para medir caudales de salidas de los glaciares. A estas últimas estaciones fijas, la Unidad de Glaciología y Nieves, aumenta la densidad de estaciones entre los meses noviembre a abril con 22 estaciones móviles extras, las cuales se posicionan sobre los glaciares. La densidad actual de monitoreo de glaciares está dada por la siguiente distribución:

- 2 estaciones meteorológicas ubicados en la periferia del glaciar.(Tipo fija)
- 1 estaciones meteorológica ubicada sobre el glaciar. (Tipo móvil).
- 1 estación fluviométrica ubicada a la salida del glaciar.

Sin embargo, actualmente no existe una priorización del monitoreo de glaciares por lo que se propone como medida adaptativa es realizar estudios que permitan determinar zonas prioritarias de monitoreo desde el punto de vista de la importancia de la disponibilidad y la demanda proyectada con cambio climático. Considerando, a lo menos los siguientes criterios:

- Zonas en donde se proyecte una importante reducción de la precipitación y que además proyecten un aumento de la demanda por el recurso, ambas condiciones juntas.
- Glaciares que actualmente tengan poca información, y que tengan una representación en cuanto a su tamaño y que finalmente tengan condiciones ambientales representativas de la zona Centro-Sur del País.

Además de ello, y en relación al escaso monitoreo de la Cordillera, y dada la importancia que presenta la medición de precipitación sólida en el aporte a caudales (relacionado a las áreas aportantes de las cuencas), se requiere la implementación de estaciones equipadas. Para ello, se debe completar la red de monitoreo focalizada en elevaciones medias y altas:

- Lograr una densidad de al menos 1 estación cada 100 a 200 Km² de área entre los 1600 y 2500 m de elevación. Evidentemente las condiciones específicas de las distintas áreas afecta la densidad final que se pueda lograr.
- Al margen del criterio anterior, asegurar al menos 1 estación cada 80 km de largo de norte a sur entre esas cotas.
- Se necesita registrar la información al menos cada 15 minutos en caso de precipitación líquida y cada 6 – 24 h en caso de precipitación sólida. Se hace necesaria la disponibilidad de la información en forma rápida y sin requerir viajes a terreno. Por lo tanto se recomienda la transmisión de datos a través de enlace satelital.

RESPONSABLE: DGA

MEDIDA 7. Mejoras en monitoreo de caudales extremos

En la descripción de la medida de adaptación relacionada con el monitoreo de disponibilidad de agua se hizo mención de la red de estaciones meteorológicas que existen a escala nacional y las instituciones que las operan. Para entender cambios en la frecuencia y magnitud de eventos de exceso de agua, la calidad de esta red de monitoreo es clave. Por lo tanto, las mejoras en este sentido también ayudan al logro de la medida de adaptación que se describe acá.

El monitoreo de estos caudales apunta principalmente al seguimiento y actualización de los registros de caudales máximos, de manera de: (1) generar información histórica estadísticamente significativa o extender registros ya en curso, (2) detectar tendencias en la media, varianza y otros estadísticos de relevancia que caracterizan el comportamiento de estos caudales, (3) ajustar modelos estadísticos estacionarios y no estacionarios, según sea el caso, a ser utilizados en el diseño hidrológico de obras hidráulicas. Adicionalmente a este objetivo principal se agregan otros impactos positivos como son: (1) la contribución de información de utilidad para calibración de modelos lluvia escurrentía y modelos regionales; (2) la identificación de modelos estadísticos simples que permiten estimar caudales máximos instantáneos a partir de caudales máximos diarios, disponibles en más localidades dentro del territorio nacional, y (3) el desarrollo de sistema de alerta temprana para la protección de zonas aguas debajo de los registros. Sin embargo, es importante mencionar que lo último debiese entenderse solo como una parte de estos sistemas ya

que los tiempos de respuesta y de viaje en las cuencas chilenas es bastante corto. De este modo, los sistemas de alerta temprana deben basarse principalmente en pronósticos meteorológicos y monitoreo en tiempo real de las variables detonantes de eventos de crecidas.

Más aún, MOP-DGA (2014) plantea que la red actual fue diseñada con el objetivo principal de caracterizar los recursos hídricos, particularmente con un énfasis en su aprovechamiento productivo. Por lo tanto, la información disponible suele ser insuficiente para efectos de entendimiento detallado de procesos hidrológicos, particularmente en áreas sensibles a procesos de cambio hidrológico y climático. Similarmente, estos registros son insuficientes para la caracterización de eventos extremos que ocurren en forma puntual en un periodo de tiempo relativamente corto.

En función de lo anterior, se plantea la necesidad de completar la red de estaciones fluviométricas existentes con otras estaciones especialmente consideradas para el seguimiento de potenciales efectos del cambio climático en la escorrentía. Por lo tanto, se propone asegurar al menos la existencia de 1 estación fluviométrica en cada una de las 1672 subsubcuencas definidas por la DGA, la cual debe ser capaz de registrar valores cada 15 minutos y transmitirlos a teledistancia (por ejemplo, en forma satelital). Siguiendo los criterios expuestos en la sección anterior respecto a la sensibilidad a los cambios del clima se recomienda para la implementación de esta medida centrar los esfuerzos en las sub-subcuencas de la zona centro-sur, cuya salida se encuentre sobre los 500 m de elevación.

RESPONSABLE: DGA.

MEDIDA 8. Mejoras en monitoreo de amenazas costeras

Red de Observación de Climas de Oleaje en Aguas Profundas

En Chile existen importantes carencias respecto del conocimiento del clima de oleaje, parámetro fundamental para el diseño de obras marítimas. Las observaciones directas del oleaje son escasas, no existiendo en la actualidad una red de boyas estables de operación continua en el tiempo.

En la actualidad, el SHOA y el Instituto Nacional de Hidráulica (INH) poseen instrumentos de medición de oleaje que cumplen con las características requeridas de medición continua y transmisión de datos en línea de espectros de oleaje direccionales que puedan instalarse en aguas profundas. En particular, el SHOA posee una boya direccional Triaxys, la que puede ser complementada por 2 sistemas equivalentes en manos del INH.

La medida de adaptación, está orientada a complementar la medición de oleaje, acorde a lo descrito en el párrafo anterior, en la etapa inicial, se recomienda instalar y operar 5 boyas de estas características, las que debieran proveer mediciones de oleaje entre Arica y Punta Arenas. La distribución geográfica de estas boyas podría establecerse en concordancia con las definiciones existentes en el Sistema de Empresas Públicas (SEP; en adelante), es decir:

- Zona Norte, entre Arica y Coquimbo. 2 boyas.

- Zona Centro, entre Valparaíso y Constitución. 1 boya.
- Zona Sur, entre Talcahuano y Punta Arenas. 2 Boyas.

RESPONSABLE: SHOA –DOP- INH

Red de Observación de Condiciones de Oleaje en Puertos del Estado

En este ítem, se considera un sistema similar al actualmente en operación en el Puerto de San Antonio, que incluye un equipo ADCP fondeado en las cercanías del puerto, y un sistema de transmisión y explotación de datos. Se considera la expansión de este modelo al sistema de Puertos del Estado bajo la tutela del SEP, es decir 4 puertos en la zona norte (Arica, Iquique, Antofagasta, Coquimbo), 2 en la zona centro (Valparaíso y San Antonio), y 4 en la zona sur (Talcahuano, Puerto Montt, Chacabuco y Punta Arenas).

RESPONSABLE: Sistema de Puertos del Estado (bajo tutela del SEP) en colaboración con la DOP.

Línea de Acción 3: Monitoreo de vulnerabilidad de la infraestructura

Existe la necesidad de desarrollar catastros acabados respecto al comportamiento de las obras de infraestructura, generando además sistematización y orden de la información existente asociada, de manera de disponer de registros que permitan hacer un seguimiento de los planes de conservación de dichas obras.

MEDIDA 9: Revisión periódica de obras fluviales, de drenaje y viales (puente) (Catastro de estado de operación de obras hidráulicas de drenaje, obra fluvial o puente).

Actualmente la Dirección de Vialidad del MOP revisa obras de infraestructura que han presentado problemas y/o fallas en general, lo cual se asocia a la etapa de “conservación” en el ciclo de vida de las mismas. En esta medida, se propone contar formalmente con una ficha de catastro donde se reporten distintas condiciones de operación de estas obras. El objetivo es no sólo permitir la toma de acción inmediata en caso de emergencia, sino también levantar información que permita tomar medidas en lo relacionado a metodologías de diseño hidrológico/hidráulico.

Se hace relevante el continuo monitoreo del funcionamiento de las metodologías de modelamiento y diseño de esta infraestructura dada la incertidumbre asociada a la variabilidad y cambio climático. En el caso concreto de la infraestructura vial, fluvial y de drenaje, es necesario un procedimiento continuo de revisión de estrategias y supuestos de modelamientos como también de métodos de diseño, teniendo en cuenta el funcionamiento y desempeño observado en terreno. Este proceso permite validar o modificar procedimientos de manera asegurar mejores diseños al corto plazo.

Se requiere catastrar anualmente, y en forma acabada, al menos una obra fluvial, una obra de drenaje y un puente por cuenca. Luego, expandir la cobertura de este monitoreo a nivel de subcuenca, partiendo por aquellas ubicadas en la zona centro sur (IV – X regiones). Finalmente, y

en función de la información levantada cuando el monitoreo periódico esté implementado, se propone realizar una revisión cada 5 años de las metodologías, criterios, supuestos y herramientas de modelación y diseño hidrológico/hidráulico. Lo anterior permite verificar si el comportamiento de la variable de diseño sigue lo considerado en la metodología de diseño. Ante este análisis es posible entonces modificar estas metodologías si fuese necesario, lo que implicaría una actualización tanto en la documentación de diseño, como en el capital humano. Las medidas asociadas a cambios metodológicos en la etapa de desarrollo de obras de infraestructura asociadas a conectividad y de protección del territorio que se pueden ver afectados por eventos extremos de origen hidrometeorológico se realizan a través de distintas metodologías para el diseño bajo variabilidad climática que se pueden adoptar en el proceso de revisión de las metodologías actualmente utilizadas.

Adicionalmente se hace necesario, que se revise y/o valide el cálculo de las externalidades y beneficios socioeconómicos calculados en el diseño. A fin de incorporar los beneficios económicos al considerar elementos de adaptación al cambio climático.

RESPONSABLE: DV- DOH

MEDIDA 10: Incorporación de un Monitoreo Semi-continuo del Impacto de Obras de Infraestructura costera

Utilizando técnicas de monitoreo de video, se podría realizar el seguimiento de los impactos de obras de infraestructura costera encargadas por la DOP. Una alternativa sería incluirlo en las bases de licitación la implementación de planes de monitoreo basados en imágenes de video que pudieran ser incorporados en el tiempo a la red de monitoreo costero descritas previamente. Esto ayudaría a hacer crecer esta red e ir mejorando en el tiempo su cobertura espacial.

RESPONSABLE: DOP - DIRECTEMAR.

Línea de Acción 4: Promoción de la Innovación tecnológica para la adaptación al cambio climático

Medida 11: Promover Innovación tecnológica para la adaptación al cambio climático

Puesto que para el desarrollo y ejecución de este Plan se requiere contar con información fidedigna, oportuna y en línea. Esta medida da cuenta de la necesidad de incorporación de medidas de innovación tecnológica en todo lo que respecta en monitoreo tanto de amenazas como en vulnerabilidad de los servicios de infraestructura.

Por tanto, es necesario incorporar todo el acervo tecnológico que permitan anticiparse a eventos catastróficos, en relación tanto a la información en materia de recursos hídricos como en materia de datos climáticos que faciliten la toma de decisiones en forma oportuna y den cuenta de la necesidad de nuevas medidas de adaptación.

Responsable: DGOP Y DIRECCIONES OPERATIVAS MOP (DV-DOH-DAP-DOP-DA)

Línea de Acción 5: Incorporación en los procesos de planificación ministerial las implicancias del cambio climático para los servicios de infraestructura MOP.

Medida 12: Incorporar en todas las escalas de planificación ministerial los efectos de cambio climático.

A fin de incorporar análisis preliminares de los potenciales efectos del cambio climático en los servicios de infraestructura, es necesario incorporar esta temática en las distintas escalas de planificación ministerial.

Dichas escalas de planificación a nivel ministerial, están relacionadas con la Dirección de Planeamiento (DIRPLAN), quién elabora desde los Planes Directores de Infraestructura, con carácter nacional, hasta los Planes Regionales de Infraestructura, así como también los Planes especiales. En todos ellos, se realizan análisis territoriales con distintas escalas (nacional, regional e incluso, en algunos casos a nivel comunal), por tanto es una importante instancia para incluir la temática de cambio climático y, dependiendo de la escala, incluir análisis a nivel más específico.

Las dos facetas de la planificación que podrían verse más comprometidas por el cambio climático son los estudios de demanda y evaluación de alternativas de emplazamiento para la construcción de nuevas infraestructuras.

En el análisis de alternativas de emplazamiento, se recomienda tener presente, fundamentalmente posibles cambios en zonas costeras, en el caso de Chile por el clima de oleaje – más que las implicancias de la subida del nivel del mar- y el riesgo de alteración de las condiciones climáticas locales que puedan restar eficiencia y regularidad a las operaciones en infraestructuras nodales. Por ejemplo, los aeropuertos deberán planificarse de forma que permitan que las aeronaves operen, la mayor cantidad de tiempo, en condiciones normales de tiempo.

Responsable: DIRPLAN Y DIRECCIONES OPERATIVAS MOP (DV-DOH-DAP-DOP-DA)

Eje de Mitigación

Propender hacia la construcción de las obras de infraestructura MOP baja en Carbono (OE2)

Chile en materia de mitigación tiene compromisos internacionales suscritos en el marco del Acuerdo de Copenhague (COP15, 2009), a través del cual el Estado de Chile se compromete voluntariamente a realizar “acciones nacionalmente apropiadas de mitigación de modo de lograr una desviación del 20% por debajo de su trayectoria creciente de emisiones business as usual en el

2020, proyectadas desde el 2007". Así mismo bajo el Acuerdo de París (diciembre 2015), los países son responsables de tomar acción y reportar progreso de sus acciones. Los países presentaron sus mejores esfuerzos a través de "contribuciones determinadas a nivel nacional"⁵ y poseen la obligación de implementar dichas contribuciones y reportar el avance de las mismas. Los países revisarán sus compromisos al alza cada cinco años, con la idea de ir aumentando la ambición en el tiempo para asegurar que se alcanza el objetivo del Acuerdo. Esto debido a que las metas de mitigación agregadas de todos los países no son suficientes para mantener la trayectoria de temperatura por debajo de los 2°C.

En dicho acuerdo, Chile se compromete al 2030, a reducir sus emisiones de CO₂ por unidad de PIB en un 30% con respecto al valor alcanzado en 2007, considerando un crecimiento económico futuro que le permita implementar las medidas adecuadas para alcanzar este compromiso. Condicionado a la obtención de aportes monetarios internacionales, el país se compromete al 2030 a aumentar su reducción de emisiones de CO₂ por unidad de PIB hasta alcanzar una disminución entre 35% a 45% con respecto al nivel alcanzado en 2007, considerando un crecimiento económico futuro que le permita implementar las medidas adecuadas para alcanzar este compromiso.

Línea de Acción 1: Mitigación de gases de efecto invernadero en el diseño, operación y construcción de infraestructura y edificación pública

Medida 13: Incorporación de Energías Renovables No Convencionales (ERNC) en la ejecución de Infraestructura Pública MOP

Actualmente varias de las Direcciones ejecutoras del proyecto, integran en sus obras de infraestructura energías renovables no convencionales, como son la Dirección de Obras Portuarias, la Dirección de Aeropuertos, la Dirección de Vialidad. Dicha iniciativa no responde a una política pública del Ministerio, y más bien responden a acciones aisladas que dicen relación con el presupuesto asignado a la obra.

Para la implementación de las ENRC un actor relevante es el Ministerio de Desarrollo Social, pues se puede incrementar el costo inicial de la obra al considerar este tipo de energías. Sin embargo, una forma de incorporar las ENRC es a través de la cuantificación de la reducción del precio social del carbono como beneficio en la evaluación social de proyectos del MIDESO.

Responsable: SEMAT - DIRECCIONES OPERATIVAS MOP (DV-DOH-DAP-DOP-DA)-MIDESO

⁵ Las Contribuciones Previstas y Determinadas a Nivel Nacional (iNDC, por sus siglas en inglés) son un compromiso de la comunidad internacional para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, acorde con la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) y no exceder los 2 grados centígrados de temperatura en el planeta respecto a la época preindustrial.

Medida 14: Incorporación de Diseño Pasivo en Edificación Pública

Durante varios años la Dirección de Arquitectura (DA) ha liderado los procesos de eficiencia energética en la edificación pública y ha generado una serie de manuales y procedimientos para la incorporación de elementos de diseño pasivo⁶ en la construcción de este tipo de edificación.

Al interior del MOP se ha creado institucionalidad a partir de esta temática, con el Sub Departamento de Eficiencia Energética de la DA. Sin embargo, todo este esfuerzo no se ha vinculado con cambio climático, aun cuando existe una relación directa. Por tanto, se requiere contabilizar y sistematizar la reducción de gases de efecto invernadero que se están generando a través de la construcción de la edificación pública, de manera de visibilizar y contribuir a los compromisos que Chile ha suscrito en materia de mitigación al cambio climático.

Responsable: DA - SEMAT – MIDESO

Medida 15: Medición y Gestión de la Huella de Carbono en la obras de infraestructura y edificación pública que ejecuta el MOP

La preocupación por el cambio climático ha fomentado el desarrollo de métricas de evaluación ambiental en diversos ámbitos. Una de las herramientas de contabilidad y reporte ambiental es la Huella de Carbono (HdC) que corresponde a “la totalidad de GEI emitidos por efecto directo o indirecto de un individuo, organización, evento o producto”(UK Carbon Trust, 2008). Los GEI considerados son aquellos definidos por las Naciones Unidas en el Protocolo de Kyoto: CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC, SF₆ y la cantidad total se expresa en unidades de masa de dióxido de carbono equivalente (tCO₂-e).

Esta herramienta ha tomado fuerza como indicador de sustentabilidad durante los últimos años, en parte debido a la simplicidad de su reporte y la posibilidad de hacer comparaciones en el tiempo y entre productos de la misma categoría. El cálculo de la HdC se constituye en el punto de partida para la comprensión y análisis de la situación propia que permite a continuación iniciar medidas concretas de mejoramiento, como la eficiencia energética, la eficiencia operacional, el uso de energías renovables entre otros. La generalidad es que las reducciones de HdC significan a su vez rebajas de costos y en muchas ocasiones éstas superan con creces los esfuerzos e inversiones desplegadas.

En lo particular, es de interés del Ministerio calcular la HdC en la fase de construcción de las obras a fin de dotar de un marco de sustentabilidad a esta repartición pública. Para facilitar la incorporación de esta herramienta de gestión, es necesario que se efectúe en forma paulatina, y es recomendable efectuar el cálculo a través de casos piloto por tipología de obra, poniendo especial énfasis en las medidas asociadas a la reducción de GEI.

⁶ Diseño pasivo: Diseño pasivo es un método utilizado en arquitectura con el fin de obtener edificios que logren su acondicionamiento ambiental mediante procedimientos naturales. Utilizando el sol, las brisas y vientos, las características propias de los materiales de construcción, la orientación, entre otras. Las estrategias de diseño pasivo buscan hacer un edificio más eficiente desde el punto de vista energético. (para más información ver Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos. MOP, 2012)

Responsable: DIRECCIONES OPERATIVAS MOP, en colaboración de SEMAT - DGOP

Línea de Acción 2: Contabilidad de reducción de gases de efecto invernadero

Medida 16: Implementar una plataforma que permita medir y contabilizar la reducción de GEI desde el Ministerio de Obras Públicas

Dada la serie de iniciativas en materia de eficiencia energética que permiten reducir gases de efecto invernadero, descritas en las medidas anteriores, se requiere implementar con un sistema que permita sistematizar la contribución que desde las obras públicas se realizan en pos de dar cumplimiento a los compromisos de mitigación al cambio climático. Y que aúne tanto las reducciones de GEI que se produzcan debido al cambio en diseño de las obras, que consideren ERNC y/o criterios de diseño pasivo en edificación como las que eventualmente, puedan generarse al aplicar las medidas derivadas de la aplicación de HdC.

Para ello, se requiere implementar un desarrollo tecnológico para que las Direcciones que ejecutan proyectos puedan ingresar las reducciones de GEI por proyecto y a su vez se cuente con herramientas que permita medir, reportar y verificar (MRV) dichas reducciones.

Responsable: DIRECCIONES OPERATIVAS MOP (DV-DOH-DAP-DOP-DA)- SEMAT

Eje Creación de Capacidades

Generar capacidades en los funcionarios e materia de cambio climático tanto para el área de adaptación como en mitigación.

Línea de Acción 1: Coordinación Intra e Inter Ministerial Cambio Climático

MEDIDA 17. Coordinación interministerial - Ministerio de Obras Públicas

La responsabilidad del desarrollo e implementación de un Plan de Acción de los servicios de Infraestructura al cambio climático implica coordinaciones interministeriales, pues implica el actuar de varios ministerios e instituciones del Estado. Cabe destacar, que actualmente la SEMAT actúa como punto focal frente al Ministerio de Medio Ambiente para todos los temas relativos a cambio climático, por tanto le correspondería hacer el seguimiento tanto de la ejecución del Plan, así como impulsar iniciativas para dar cumplimiento a las medidas, en apoyo a las Direcciones ejecutoras.

Por tanto, le corresponderá a SEMAT realizar el seguimiento

RESPONSABLE: SEMAT

MEDIDA 18. Coordinación con Plan Nacional de Adaptación, Plan de Acción Nacional y Planes Sectoriales de Adaptación

De la descripción realizada respecto al rol de los servicios de infraestructura y los posibles impactos del cambio climático, se identifican una serie de posibles interacciones con los procesos de adaptación que se desarrollen en otros sectores y niveles de implementación. Se reconocen tres tipos de relaciones que deben ser considerados en esta coordinación:

- Necesidades de servicios de infraestructura que surjan de planes de adaptación sectorial: Los impactos del cambio climático en algunos sectores (ej. agrícola) o escalas (ej. ciudades, cuencas) generan una nueva necesidad de servicio de infraestructura o la revisión de un servicio de infraestructura existente.
- Medidas de adaptación complementarias que pueden generarse en otros planes de Adaptación sectorial: En la discusión de medidas de adaptación para hacer frente a un cambio en necesidades de servicios de infraestructura pueden surgir opciones que pueden ser considerados en otros procesos de adaptación.
- Generación y traspaso de información climática necesaria para el análisis de amenazas y oportunidades futuras: Se espera que la generación de información climática futura surja de instituciones externas al MOP que se encarga de manera más concreta del proceso de evaluación y diseño de obras de infraestructura.

RESPONSABLE: SEMAT - MMA (coordinación interministerial)

Línea de Acción 2: Gestión del Conocimiento en Cambio Climático

Medida 19: Creación de la Unidad de Cambio climático

Acorde compromiso adquirido en el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PAN) (MMA, 2014), se debe “Crear una Unidad de Cambio Climático en cada Ministerio competente, que asuma las tareas de coordinar el diseño implementación y actualización de los planes de adaptación al interior de su institución”, con plazo para su implementación entre los años 2015-2016. Compromiso ratificado en el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y Cambio Climático.

Unidad que debería abordar los desafíos de este Eje y además velar por el cumplimiento del presente plan, así como coordinar y dar lineamientos en materias de Cambio Climático tanto a las Direcciones ejecutoras de proyectos como a la Dirección General de Aguas.

RESPONSABILIDAD: MOP- DGOP.

Medida 20: Generación de Capacidades en Cambio Climático

Dado que en materia de cambio climático existe avance científico permanente en el desarrollo del conocimiento del fenómeno mismo, como en modelaciones de distintas naturalezas tanto a nivel nacional como internacional. Es de vital importancia que los funcionarios del Ministerio se capaciten en estos avances, a fin de dar respuesta a los nuevos desafíos que se proyectan debido a las amenazas climáticas que potencialmente afectarían a la infraestructura y los servicios que ésta presta, comentados anteriormente.

Por tanto, para tales efectos será la SEMAT –DGOP, la encargada de coordinar y hacer las gestiones pertinentes para que los funcionarios de esta repartición pública se capaciten en cambio climático.

RESPONSABILIDAD: SEMAT.

	EJE DE ADAPTACIÓN					
	Nombre de la Medida	Institución Responsable	Institución Corresponsable	Costo estimado	Plazo estimado	
Línea de Acción 1: Cambios Metodológicos para incorporar la gestión del riesgo hidrológico futuro en la evaluación, diseño y planificación de servicios de Infraestructura	Incorporación de cambios metodológicos en la evaluación económica de obras de infraestructura con perspectivas de largo plazo	MIDESO - MOP				Sectorial MOP y/o MIDESO
	La incorporación del cambio climático en el ciclo de vida de la provisión de infraestructura, implica un aumento significativo de la incertidumbre de tanto los beneficios como costos del proyecto de inversión e incrementos de los horizontes de evaluación. Por tanto, para dicha incorporación se requiere efectuar un estudio que analice las metodologías de evaluación de proyectos de inversión que permitan incorporar el aumento de la incertidumbre y de los horizontes de evaluación que implica la consideración del cambio climático en el diseño de los proyectos de infraestructura pública.					
	Incorporación de cambios metodológicos en las etapas de desarrollo de obras de infraestructura asociadas a la provisión de recursos hídricos: Embalses de Regadío	DOH	CNR - DGA		1-5 años	
	Breve descripción: El cambio climático puede afectar en el futuro las necesidades de servicios de infraestructura al alterar la disponibilidad de agua en la fuente o alterar las necesidades de consumo de agua. En el caso de obras de riego, en particular embalses, se reconoce que, por una parte dado el periodo largo de operación de estas obras y por otra los altos costos/beneficios de estas obras en relación a los costos de generar la información climática adecuada es pertinente introducir cambios metodológicos en distintas etapas de desarrollo de estas obras					
	Incorporación de cambios metodológicos en la etapa de desarrollo de obras de infraestructura en zonas costeras: - Generación de una Base	SHOA-	MOP-DOP		5 AÑOS	

de Datos de Climas de Oleaje Estandarizada para el establecimiento de Solicitaciones para el Diseño de Obras Costeras	Dirección Meteorológica de la Armada				2-4 AÑOS	
- Revisión y Actualización de Normativas Vigentes y Metodologías de Análisis Estadísticos de Series de Tiempo	DOP					
Breve descripción: Se requiere generar información de climas de oleaje en aguas profundas, además de desarrollar bases de datos de climas de oleaje futuro, considerando la incertidumbre climática y sus implicancias en las variables oceanográficas, para evaluar los diseños de obras, su nivel de servicio y/o alternativas de adaptación a lo largo de su vida útil. Además, es necesario establecer metodologías más adecuadas para actualizar las normativas en conjunto con efectuar una capacitación de profesionales de la DOP para evaluar los estudios realizados por terceros						
Incorporación de cambios metodológicos en la etapa de diseño de obras de infraestructura asociadas a conectividad que se pueden ver afectadas por eventos extremos de origen hidrometeorológico:	DV-DAP	MINVU			5 AÑOS	
- Infraestructura Vial de conectividad - Infraestructura aeroportuaria						
El cambio climático puede afectar la conectividad de las personas producto del impacto que tendrá este fenómeno en la infraestructura vial (puentes, caminos, taludes) y la infraestructura aeroportuaria (edificios terminales, pistas, sistema de desagües, etc.). Por tanto, la medida plantea analizar a través de estudios específicos las modificaciones requeridas para la adaptación del diseño de estas infraestructuras al cambio climático.						
Generar programas de protección del territorio frente a lluvias	DOH	MINVU			3AÑOS	

Línea de Acción 2: Monitoreo Amenazas	intensas: - Infraestructura Hidráulica de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias - Obras de Manejo de Cauce y Control Aluvional					
	Breve descripción: El cambio climático está provocando un exceso de lluvias en algunas partes del planeta y escasez de precipitaciones en otras. Y ambas situaciones pueden afectar tanto a las zonas urbanas y como a las naturales. Y ambas situaciones son visibles en Chile. Dicha amenaza tendrá impacto tanto en los sistemas de drenaje y evacuación de aguas lluvias (inundaciones) como en los sistemas de control aluvional. Por tanto, la medida se plantea desde el punto de vista tanto del diseño de las obras asociadas a este tipo de infraestructuras como a los procesos de planificación de ellas.					
	Mejoras en monitoreo en disponibilidad de recursos hídrico: Ampliar la densidad de estaciones en glaciares, cuenca y sub –cuencas de zonas con cobertura de nieve	DGA-MOP			5 AÑOS	
	Breve descripción: La necesidad de incorporar acciones de mejora en las redes de monitoreo ya había sido estacado dentro de las responsabilidades que le caben a la DGA en torno a la adaptación al Cambio climático, siendo la principal de ellas la generación de información de calidad y a una frecuencia adecuada que permitan hacer análisis y ayuden a mejorar la toma de decisiones en relación al uso sustentable del recurso hídrico.					
	Mejoras en monitoreo de caudales extremos	DGA – MOP			5 AÑOS	
	Breve descripción: El monitoreo de estos caudales apunta principalmente al seguimiento y actualización de los registros de caudales máximos, de manera de: (1) generar información histórica estadísticamente significativa o extender registros ya en curso, (2) detectar tendencias en la media, varianza y otros estadísticos de relevancia que caracterizan el comportamiento de estos caudales, (3) ajustar modelos estadísticos estacionarios y no estacionarios, según sea el caso, a ser utilizados en el diseño hidrológico de obras hidráulicas.					
	Mejoras en monitoreo de amenazas costeras:					

	a) Red de Observación de Climas de Oleaje en Aguas Profundas.	SHOA –INH	DOP –MOP		+5 AÑOS	
	b) Red de Observación de Condiciones de Oleaje en Puertos del Estado	Sistema de Puertos del Estado	DOP-MOP		+5 AÑOS	
	<p>Breve descripción: En Chile existen importantes carencias respecto del conocimiento del clima de oleaje, parámetro fundamental para el diseño de obras marítimas. Las observaciones directas del oleaje son escasas, no existiendo en la actualidad una red de boyas estable de operación continua en el tiempo.</p> <p>Respecto a la medida b) se considera un sistema similar al actualmente en operación en el Puerto de San Antonio, que incluye un equipo ADCP fondeado en las cercanías del puerto, y un sistema de transmisión y explotación de datos. Se considera la expansión de este modelo al sistema de Puertos del Estado bajo la tutela del SEP, es decir 4 puertos en la zona norte, 2 en la zona centro, y 4 en la zona sur.</p>					
Línea de Acción 3: Monitoreo de vulnerabilidad de la infraestructura	Revisión periódica de obras fluviales, de drenaje y viales (puente) (Catastro de estado de operación de obras hidráulicas de drenaje, obra fluvial o puente).	DV-DOH	ONEMI		3-5 AÑOS	
	<p>Breve descripción: Se hace relevante el continuo monitoreo del funcionamiento de las metodologías de modelamiento y diseño de esta infraestructura dada la incertidumbre asociada a la variabilidad y cambio climático. En el caso concreto de la infraestructura vial, fluvial y de drenaje, es necesario un procedimiento continuo de revisión de estrategias y supuestos de modelamientos como también de métodos de diseño, teniendo en cuenta el funcionamiento y desempeño observado en terreno. Este proceso permite validar o modificar procedimientos de manera asegurar mejores diseños al corto plazo.</p>					
	Incorporación de un Monitoreo Semi-continuo del Impacto de Obras de	DOP	DIRECTEMAR		3 AÑOS	

	Infraestructura costera					
	Breve descripción: Utilizando técnicas de monitoreo de video, se podría realizar el seguimiento de los impactos de obras de infraestructura costera encargadas por la DOP. Una alternativa sería incluirlo en las bases de licitación la implementación de planes de monitoreo basados en imágenes de video que pudieran ser incorporados en el tiempo a la red de monitoreo costero descritas previamente. Esto ayudaría a hacer crecer esta red e ir mejorando en el tiempo su cobertura espacial					
Línea de Acción 4: Promoción de la Innovación tecnológica para la adaptación al cambio climático	Promover la Innovación tecnológica para la adaptación al cambio climático	Innovación DGOP- SEMAT	Direcciones MOP		1-5 AÑOS	
	Breve descripción: Puesto que para el desarrollo y ejecución del Plan se requiere contar con información fidedigna, oportuna y en línea. Esta medida da cuenta de la necesidad de incorporación de medidas de innovación tecnológica en todo lo que respecta en monitoreo tanto de amenazas como en vulnerabilidad de los servicios de infraestructura. Por tanto, es necesario incorporar todo el acervo tecnológico que permitan anticiparse a eventos de catastróficos, en relación tanto a la información en materia de recursos hídricos como en materia de datos climáticos que faciliten la toma de decisiones en forma oportuna y den cuenta de la necesidad de nuevas medidas de adaptación.					
Línea de Acción 5: Incorporación en los procesos de	Incorporar en todas las escalas de planificación ministerial los efectos de cambio climático.	DIRPLAN - MOP	Direcciones MOP		2 AÑOS	
	Breve descripción: A fin de incorporar análisis preliminares de los potenciales efectos del cambio climático en los servicios de infraestructura, es necesario incorporar esta temática en las distintas escalas de planificación ministerial					
	EJE MITIGACIÓN					
Línea de Acción 1: Mitigación de gases de efecto invernadero en la construcción de	Incorporación de Energías Renovables No Convencionales (ERNC) en la ejecución de Infraestructura Pública MOP	Direcciones MOP	MIDESO		2-3 AÑOS	
	Breve descripción: Actualmente varias de las Direcciones ejecutoras del proyecto, integran en sus obras de infraestructura energías renovables no convencionales, como son la Dirección de Obras Portuarias, la Dirección de Aeropuertos, la Dirección de Vialidad. Dicha iniciativa no responde a una política pública del Ministerio, y más bien responden a acciones aisladas que dicen					

	relación con el presupuesto asignado a la obra.					
	Incorporación de Diseño Pasivo en Edificación Pública	DA-MOP	MIDESO		2-3 AÑOS	
	Breve descripción: Al interior del MOP se ha creado institucionalidad a partir de esta temática, con el Sub Departamento de Eficiencia Energética de la DA. Sin embargo, todo este esfuerzo no se estado vinculado con cambio climático, aun cuando existe una relación directa. Por tanto, se requiere contabilizar y sistematizar la reducción de gases de efecto invernadero que se están realizando a través de la construcción de la edificación pública, de manera de visibilizar y contribuir a los compromisos que Chile ha suscrito en materia de mitigación al cambio climático					
	Medición y Gestión de la Huella de Carbono en la obras de infraestructura y edificación pública que ejecuta el MOP	Direcciones MOP	SEMAT		5 AÑOS	
	Breve descripción: es de interés del Ministerio calcular la HdC en la fase de construcción de las obras a fin de dotar de un marco de sustentabilidad a esta repartición pública. Para facilitar la incorporación de esta herramienta de gestión, es necesario que se efectúe en forma paulatina, y es recomendable efectuar el cálculo a través de casos piloto por tipología de obra, poniendo especial énfasis en las medidas asociadas a la reducción de GEI.					
Línea de Acción 2: Contabilidad de reducción	Contar con una plataforma que permita medir y contabilizar la reducción de GEI desde el Ministerio de Obras Públicas	Direcciones MOP	SEMAT		5 AÑOS	
	Breve descripción: se requiere implementar un desarrollo tecnológico para que las Direcciones que ejecutan proyectos puedan ingresar las reducciones de GEI por proyecto y a su vez se cuente con herramientas que permita medir, reportar y verificar (MRV) dichas reducciones.					
	EJE CREACIÓN DE CAPACIDADES					
Línea de Acción 1: Coordinación Intra e Inter	Coordinación interministerial - Ministerio de Obras Públicas	SEMAT			1 AÑO	
	Breve descripción: La responsabilidad del desarrollo e implementación de un Plan de Acción de los servicios de Infraestructura al cambio climático implica coordinaciones interministeriales, pues implica el actuar de varios ministerios e instituciones del					

Gestión del Conocimiento en Cambio Climático	Estado					
	Coordinación con Plan Nacional de Adaptación, Plan de Acción Nacional y Planes Sectoriales de Adaptación	SEMAT			1 AÑO	
	Breve descripción: De la descripción realizada respecto al rol de los servicios de infraestructura y los posibles impactos del cambio climático, se identifican una serie de posibles interacciones con los procesos de adaptación que se desarrollen en otros sectores y niveles de implementación					
	Creación de la Unidad de Cambio climático	MOP				
	Breve descripción: Acorde compromiso adquirido e en el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PAN) (MMA, 2014), se debe “Crear una Unidad de Cambio Climático en cada Ministerio competente, que asuma las tareas de coordinar el diseño implementación y actualización de los planes de adaptación al interior de su institución”, con plazo para su implementación entre los año 2015-2016. Compromiso ratificado en el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y Cambio Climático.					
	Generación de Capacidades en Cambio Climático	SEMAT			1 – 5 AÑOS	
	Breve descripción: Dado que en materia de cambio climático existe avance científico permanente en el desarrollo del conocimiento del fenómeno mismo, como en modelaciones de distintas naturalezas tanto a nivel nacional como internacional. Es de vital importancia que los funcionarios del Ministerio se capaciten en estos avances, a fin de dar respuesta a los nuevos desafíos que se proyectan debido a las amenazas climáticas que potencialmente afectarían a la infraestructura y los servicios que ésta presta, comentados anteriormente					

MONITOREO Y ACTUALIZACIÓN DEL PLAN

A fin de evaluar el cumplimiento del presente Plan, se realizará un monitoreo del cumplimiento de las medidas establecidas en él, cada **2 años**. Dicho plazo se alinea con las políticas públicas de cambio climático del Ministerio del Medio Ambiente, en lo que respecta a los Informes Bienales de Actualización de Chile, compromiso adquirido en el marco de la Conferencia de las Partes 16, asociado a los Acuerdos de Cancún (diciembre, 2010), en donde se señala que los países en desarrollo deberán presentar a la Convención informes bienales de actualización (IBA o BUR, biennial update reports) que contengan información actualizada sobre los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero y sobre las medidas de mitigación, las necesidades en esa esfera y el apoyo recibido.

En lo que respecta a la actualización del Plan, éste se realizará cada **5 años**, también en coherencia a las directrices del Ministerio de Medio Ambiente. Toda vez, que el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático tiene un horizonte al 2017 – 2022.

BIBLIOGRAFÍA

Ávila, H. (2012). "Perspectiva del manejo del drenaje pluvial frente al cambio climático - caso de estudio: ciudad de Barranquilla, Colombia"

CEPAL-ONU, (2012). La economía del cambio climático en Chile. Cambio Climático en la Costa de América Latina y el Caribe. Santiago Chile.

Demaría, E., Gironás, J., Vicuña, S. (2013). Metodología propuesta para la inclusión del cambio climático en la planificación de infraestructura. Aplicación a puentes. Marco Estratégico para la Adaptación de la Infraestructura al Cambio Climático. P. Universidad Católica de Chile, Ministerio de Obras Públicas, Ministerio de Medioambiente.

Centro del Ciencia del Clima y Resiliencia (CR2, 2015). Causas y Consecuencias de la Mega sequía 2008-2013.

CEPAL, Conferencia Internacional Adaptación al cambio climático y gestión preventiva del riesgo. (2011). "Políticas públicas para el desarrollo de infraestructura resiliente y sostenible"

Coordinación de Concesiones. (Diciembre de 2016). Misión,

Dirección de Obras Portuarias. (Diciembre de 2016). Misión. Obtenido de <http://www.dop.gov.cl/quienessomos/mision.htm>

Dirección de Aeropuerto. (Diciembre de 2016)

Dirección de Vialidad. (Diciembre de 2016)

Dirección de Obras Hidráulica. (Diciembre de 2016)

Dirección de Arquitectura. (Diciembre de 2016)

Dirección de Planeamiento, (MOP 2011). Guía para la elaboración de planes. http://www.dirplan.cl/centrodedocumentacion/Documents/Metodologia/Guia_Elaboracion_Planes_marzo_2011.pdf. Dirección General de Aguas (DGA 2014). Pronostico de disponibilidad de agua temporada de riego 2014-2015 Dirección General de Aguas (DGA 2012). Plan de acción para la conservación de Glaciares ante el Cambio Climático Dirección General de Aguas (DGA 2009). Estrategia Nacional de Glaciares. Santiago, Chile. S.I.T N° 205. 289 p

Gironás, J., Donoso, G., y Camaño, M. (2013). Infraestructura, incertidumbre y cambio climático. en: Neira, A. y González, P. (ed). Marco Estratégico para la Adaptación de la Infraestructura al Cambio Climático. Santiago, Chile: p. 37-45.

Gobierno de España, (2013). Informe final "Necesidades de Adaptación al Cambio Climático de la Red Troncal de la Infraestructura de Transporte en España".

Ministerio de Obras Públicas (2011). Medición y diseño de un plan de disminución de huella de carbono en el MOP, en edificio nivel central (Morandé 59, Santiago. MOP)

Naciones Unidas para Reducción de Riesgo de Desastres (UNISDR). (). (Nota de Orientación Sobre Recuperación: Infraestructura

Organización de Las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – FAO, (2010). Gestión del Riesgo de Sequía y Otros Eventos Climáticos Extremos en Chile.

IPCC (2007). Climate Change 2007: Synthesis Report

PNUD, (2010). Nota Conceptual : Hacia un Blindaje Climático de la Infraestructura Pública

Rojas, O; Mardones,M.; Arumí, J. y Aguayo, M. Una revisión de inundaciones fluviales en Chile, período 1574-2012: causas, recurrencia y efectos geográficos¹

Ministerio de Medio Ambiente (MMA 2013). Análisis de los Procedimientos y Metodologías de la Dirección General de Aguas para la Adaptación al Cambio Climático Ministerio de Medio Ambiente (MMA 2014). Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático. Ministerio de Obras Públicas (MOP 2012). Manual de carreteras vol. nº 3 instrucciones y criterios de diseño. Santiago. Ministerio de Obras Públicas (MOP 2013). Marco estratégico para la adaptación de la infraestructura al Cambio climático

ANEXOS.

Acrónimos

CNR: Comisión Nacional de Riego, MINAGRI DGA: Dirección General de Aguas, MOP

DGOP: Dirección General de Obras Públicas, MOP

DIRECTEMAR: Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante, MDN

DIRPLAN: Dirección de Planeamiento, MOP

DOH: Dirección de Obras Hidráulicas, MOP

DOP: Dirección de Obras Portuarias, MOP

DV: Dirección de Vialidad, MOP

DOH: Dirección de Obras Hidráulicas, MOP

CCOP: Coordinación de Concesiones, MOP

ONEMI: Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública

SEMAT: Secretaría Ejecutiva Medio Ambiente y Territorio, MOP

SHOA: Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada, MINTERIOR MDN: Ministerio de Defensa Nacional

MDS: Ministerio de Desarrollo Social

MINAGRI: Ministerio de Agricultura

MINTERIOR: Ministerio del Interior y Seguridad Pública

MMA: Ministerio de Medio Ambiente.

MINVU: Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

MOP: Ministerio de Obras Públicas.

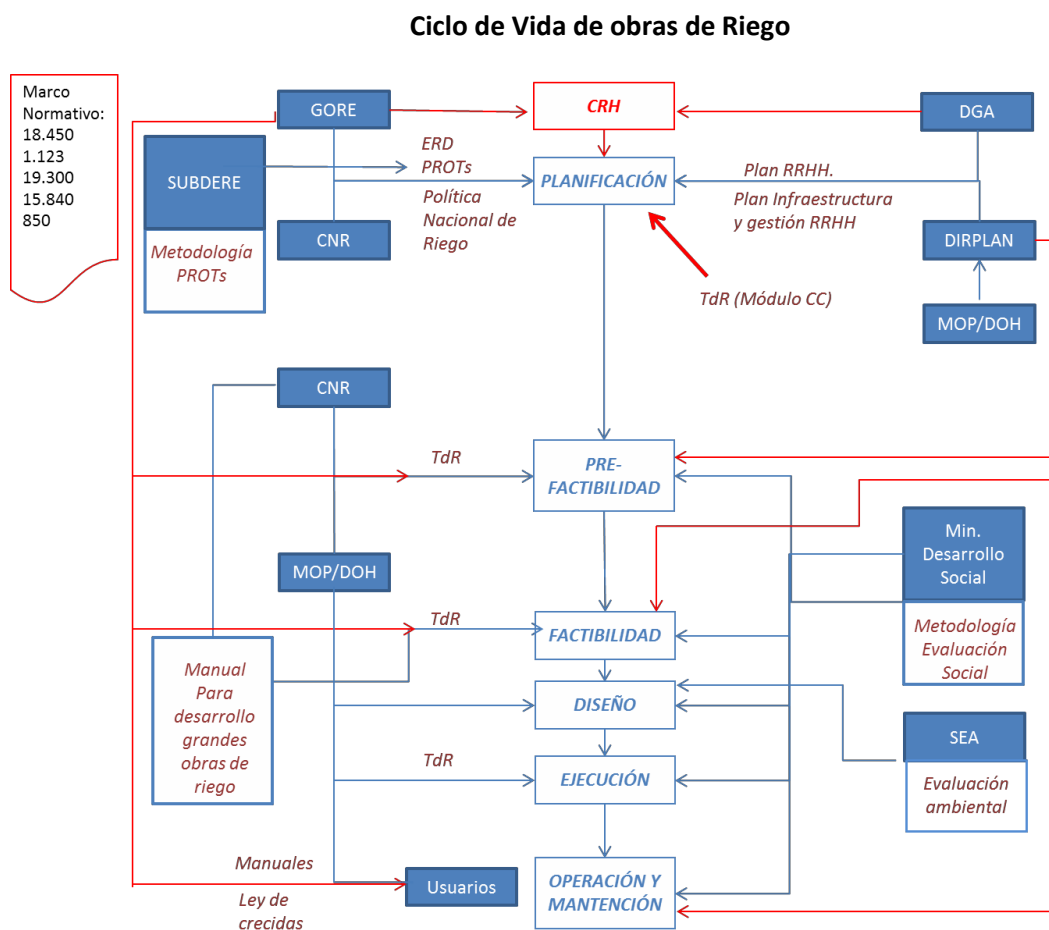
GEI: Gases de efecto invernadero.

HdC: Huella de Carbono

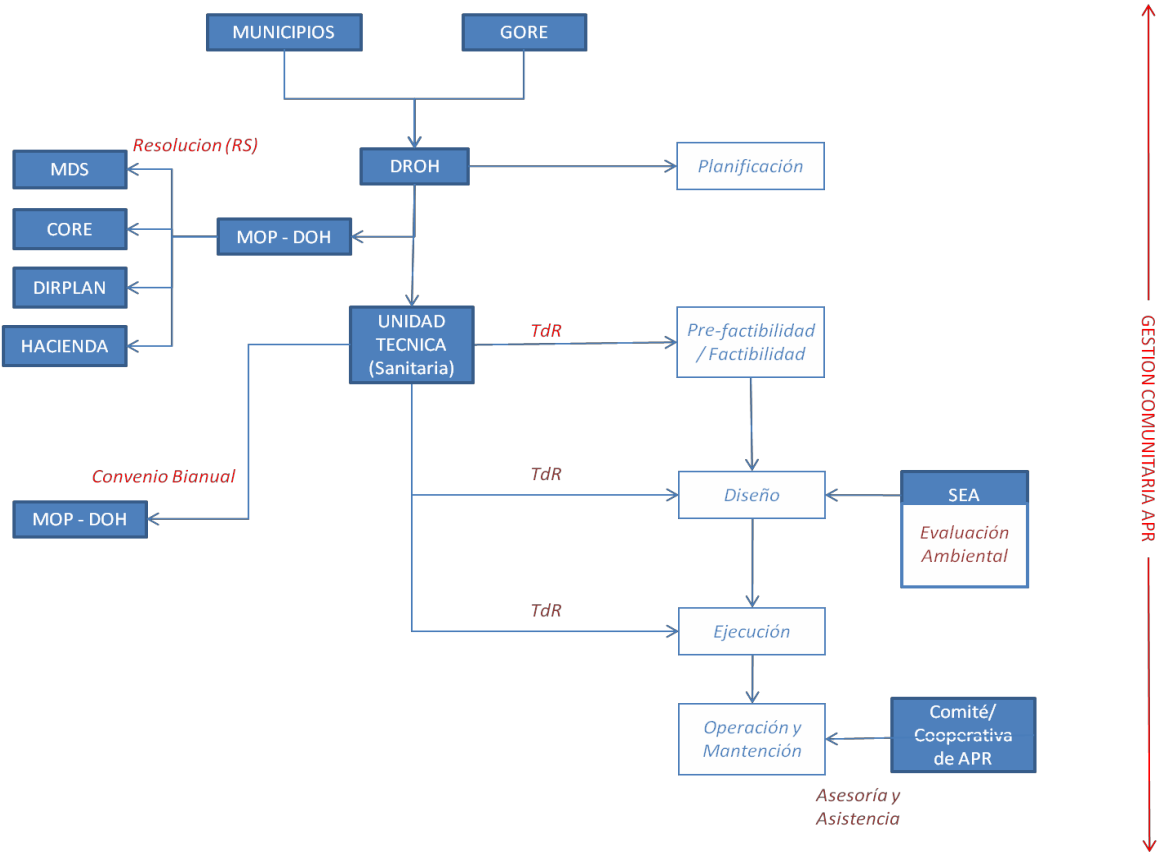
Ciclo de Vida Obras

De los ciclos de vida de obras de infraestructura seleccionadas a partir de análisis previos del marco estratégico de análisis del cambio climático en la infraestructura del MOP (“Marco estratégico para la adaptación de la infraestructura al cambio climático”), se visualiza que, salvo excepciones con limitada aplicación práctica, el proceso actual de definición, planificación, evaluación, diseño y seguimiento de los servicios de infraestructura en Chile no considera al cambio climático y las necesidades de adaptación a los impactos de éste en forma explícita.

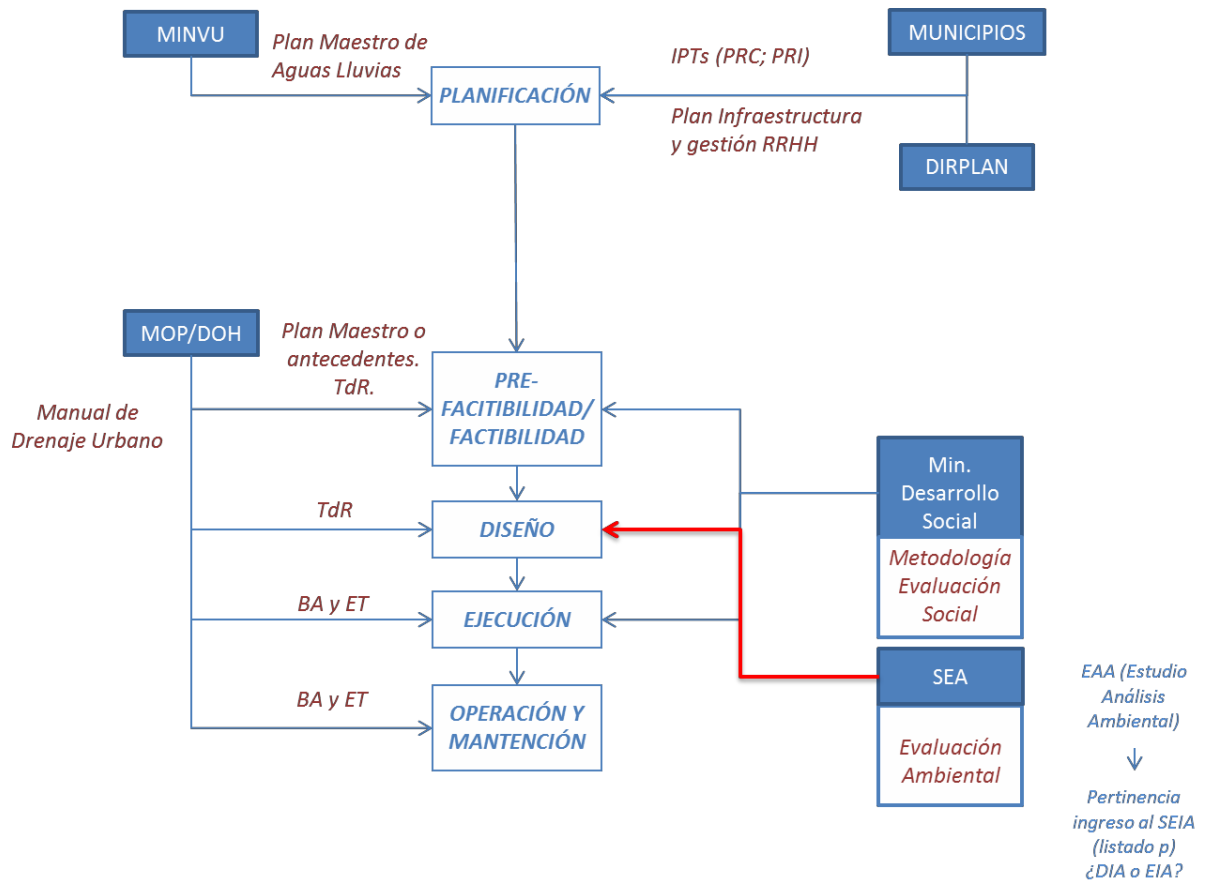
A continuación se muestran figuras de dichos ciclos de vida:



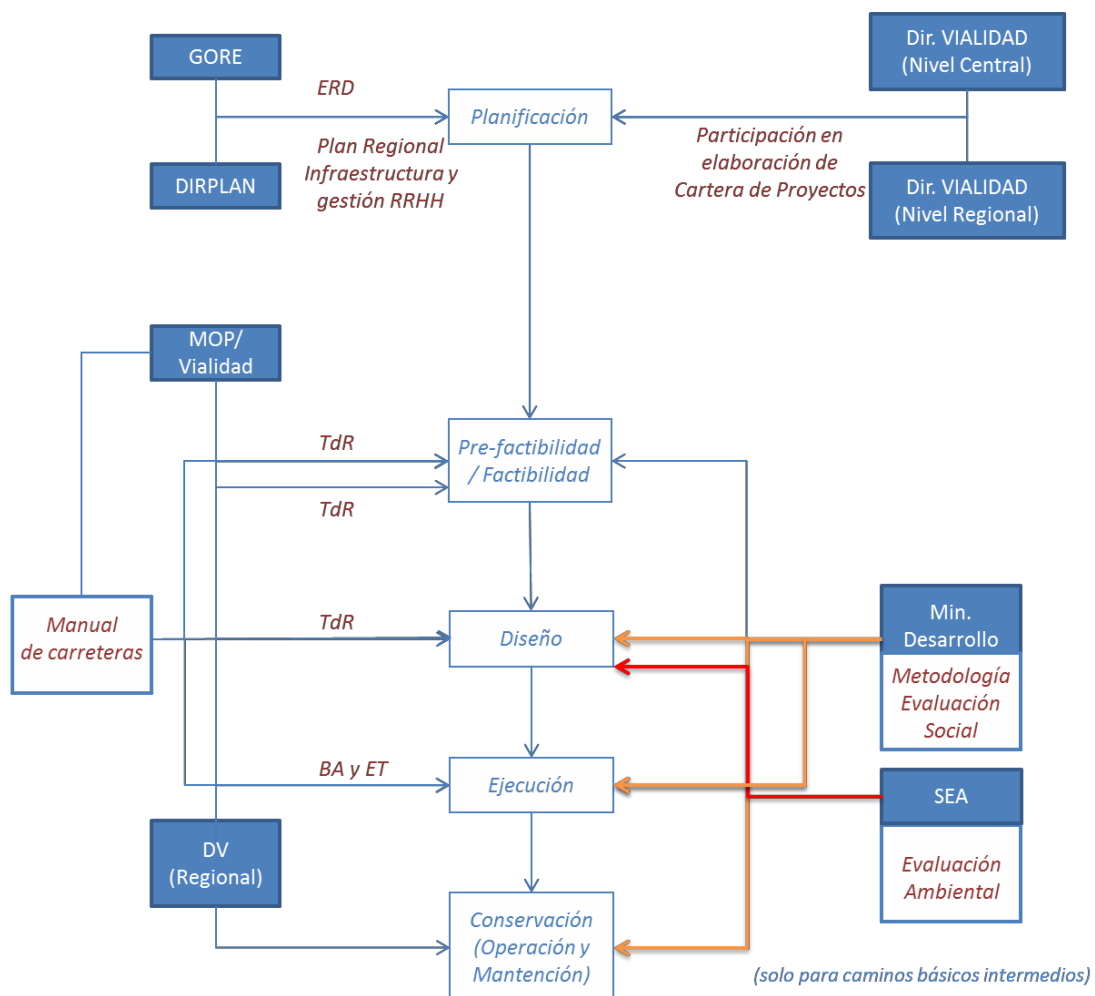
Ciclo de Vida para sistemas de Agua Potable Rural



Ciclo de Vida Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias



Ciclo de Vida Puentes y Proyectos Viales Interurbanos



Ciclo de vida Obras de Infraestructura Portuaria y de Ribera

