República de Chile
Gobierno Regional de Atacama
División de Planificación y Desarrollo

DIAGNOSTICO TERRITORIAL DE LOS SISTEMAS ESTRATÉGICOS EXPUESTOS POR AMENAZA POR TSUNAMI

REGIÓN DE ATACAMA

Convenio de Desempeño Colectivo – Diciembre de 2018

Responsable documento:
Francisco Javier Chirino Salinas
Áres de Ordenamiento Territorial / DIPLADE
Arquitecto, Analista de Ordenamiento Territorial

INDICE

I. INTRODUCCIÓN 4
1. Objetivos 5
2. Base Conceptual para el Análisis 5
3. Metodología 6
II. AMENAZAS NATURALES 7
1. Amenaza por Terremoto 7
2. Amenaza de Inundación por Tsunamis 14
3. Amenaza por Licuefacción 22
4. Amenaza por Inestabilidad de Laderas 23
5. Fenómeno Volcánico 24
III. SISTEMAS ESTRATÉGICOS REGIONALES 26
1. Generalidades del Enfoque 26
2. Definición de los Sistemas Estratégicos 26
IV. SISTEMAS ESTRATÉGICOS A NIVEL REGIONAL 32
Sistemas Esenciales 33
a) Sistema de Salud 33
b) Sistema Educacional 34
c) Sistemas de Emergencia 37
d) Instituciones Públicas 39
Sistemas con Alto Potencial De Daño 42
e) Sistema de Combustibles y Sustancias Peligrosas 42
f) Acumulación de Agua 44
h) Sistemas de Carreteras 47
i) Sistemas Portuarios 47
j) Sistemas de Comunicaciones 49
V. EXPOSICIÓN DE POBLACIÓN Y DE LOS SISTEMAS ESTRATÉGICOS 50
VI. CONCLUSIONES Y REFLEXIONES 53

I. INTRODUCCIÓN

Una definición generalmente aceptada señala que los riesgos naturales son "aquéllos elementos del medio ambiente físico, o del entorno físico, perjudiciales al hombre y causados por fuerzas ajenas a él" (Burton, 1978). Más específicamente, en el presente informe el término riesgo natural es utilizado en referencia a todos los fenómenos atmosféricos, hidrológicos, geológicos (especialmente sísmicos y volcánicos) o causados por el fuego que, por razón del lugar en que ocurren, su severidad y frecuencia, pueden afectar de manera adversa a los seres humanos, a sus estructuras o actividades.

Los seres humanos, pueden hacer muy poco o casi nada para cambiar la incidencia o intensidad de la mayoría de los fenómenos naturales, pero en cambio, pueden tomar seguridades para que los eventos naturales no se conviertan en desastres debido a sus propias acciones y omisiones.

Es importante entender que la intervención humana puede aumentar la frecuencia y severidad de los peligros naturales, por ejemplo, si se extrae tierra de la parte inferior de un derrumbe para dar cabida a un nuevo asentamiento humano, el terreno puede moverse nuevamente y enterrarlo. La intervención humana puede también generar riesgos naturales donde antes no existían: los volcanes erupcionan periódicamente, pero sólo pasan a ser clasificados como peligros cuando los ricos suelos formados sobre sus productos de eyección son utilizados para cultivo, o para el establecimiento de asentamientos humanos. Finalmente, la intervención humana reduce el efecto de mitigación que tienen los ecosistemas naturales, como es el caso de la destrucción de los arrecifes de coral o las dunas que se situan en las costas, eliminando la primera línea de defensa contra los efectos de las corrientes y tempestades marinas, disminuyendo la capacidad del ecosistema para protegerse a sí mismo. Un caso extremo de intervención humana destructora del ecosistema es la desertificación que, por propia definición, es un riesgo "natural' inducido por el ser humano. (Wilhite et al, 1987)

La experiencia tanto nacional como internacional indica la necesidad de incorporar en la gestión del riesgo, los componentes de “análisis y evaluación de riesgos naturales”, asi como también, la exposición de los sistemas estratégicos de los asentamiento humanos, lo que implica desarrollar una comprensión de los fenómenos potencialmente peligrosos y los posibles efectos desastrosos que se pueden producir en su interacción con los sistemas de instalaciones y redes criticas[1], considerado importante por la sociedad, generando información necesaria para adoptar decisiones sobre la implementación de acciones de mitigación, prevención y emergencia. Este mismo análisis, permite definir o focalizar sistemas prioritarios, con el objeto de asignar recursos para disminuir el riesgo de un territorio o lugar, mediante la implementación de planes y proyectos, la reducción de la vulnerabilidad de elementos y/o sistemas, mediante la comparación de beneficios y costos potenciales.

[1] Sistemas de instalaciones y redes críticas: se consideran algunos elementos mencionados por Montoya y Vargas, UNESCO, tales como: Edificación en general, servicios esenciales, infraestructura con alto potencial de daño, sistemas de transporte, sistema de líneas vitales. (Wilhite et al, 1987)

1. Objetivos

a. Identificar los sistemas estratégicos que forman parte de las áreas urbanas de la costa de Atacama, correspondientes a:
   - Establecimientos de salud
   - Establecimientos educacionales
   - Organismos de emergencia (bomberos, carabineros, policía de investigaciones, otros)
   - Instalaciones públicas
   - Sistemas de combustibles
   - Acumulación de Agua
   - Carreteras
   - Sistemas portuarios
   - Sistemas de comunicaciones

b. Considerar las condicionantes y problemáticas ligadas a las Amenazas Naturales por Riesgos de Tsunami, respecto de las áreas urbanas de la costa de la Región de Atacama.

c. Desarrollar mapas cartográficos con los sistemas estratégicos afectados por amenaza de Tsunami para tres áreas urbanas de la Región de Atacama a saber: Chañaral, Caldera y huasco.

d. Difundir para conocimiento general, por medio de la pagina web del Gobierno Regional de Atacama, tres mapas comunales de exposición de los sistemas estratégicos.

2. Base Conceptual para el Análisis

El siguiente glosario contendrá términos necesarios para una mejor comprensión del presente informe (Tabla Nº1).

Tabla Nº 1. Definiciones

NOMBRE	DEFINICIÓN
Amenazas	Condiciones y/o procesos (naturales y artificiales) que tienden a iniciar episodios de daños excepcionales y alteración de las condiciones de habitabilidad de los asentamientos.
Amenazas Naturales	Se refiere específicamente a todos los fenómenos naturales que por su ubicación, severidad y frecuencia, tienen el potencial de afectar adversamente al ser humano, a sus estructuras o sus actividades. En otras palabras, una amenaza natural es la probabilidad de ocurrencia de un evento natural potencialmente desastroso para el ser humano durante un cierto periodo de tiempo en un lugar determinado (UNDRO, 1979).
Desastre	Es una seria interrupción en el funcionamiento de una comunidad o sociedad que ocasiona una gran cantidad de muertes al igual que pérdidas e impactos materiales, económicos y ambientales que exceden la capacidad de la comunidad o la sociedad afectada para hacer frente a la situación mediante el uso de sus propios recursos.
Exposición	Corresponde al grado en que se relaciona la localización de un componente o sistema en estudio y el área donde existe probabilidad de ocurrencia de una amenaza.
Elementos en Exposición	Son la población, los edificios y obras civiles, las actividades económicas, los servicios públicos, la infraestructura expuesta a un área de peligro.

Sistemas Estratégicos	Aquel cuyo funcionamiento es crucial antes, durante y después de sucedido el desastre natural, porque su estructura proporciona seguridad, porque alberga alta densidad poblacional, porque en caso de sufrir alguna falla o deterioro el sistema generaría numerosas muertes o lesiones o genera grandes daños que implicaría el desvío de grandes cantidades de recursos públicos a su reposición, entre otras.
Vulnerabilidad	Predisposición de un sistema, elemento, componente, grupo humano o cualquier tipo de grupo biológico o no, a sufrir afectación ante la acción de una situación de amenaza específica. Esta afectación dependerá de la susceptibilidad del sistema a ser impactada negativamente por una amenaza, en donde, el nivel de afectación estará determinado por los factores propios del sistema. En otras palabras, se entiende por vulnerabilidad de un sistema la medida de propensión al cambio que tiene el sistema respecto de una amenaza y de la capacidad de respuesta del sistema ante la misma amenaza, por lo tanto, la vulnerabilidad dependerá de la resistencia del sistema para mantenerse, adaptarse o desaparecer en el tiempo y espacio en que se ve afectado.
Riesgo	Número de pérdidas humanas, heridos, daños a las propiedades y efectos sobre la actividad económica debido a la posible ocurrencia de un desastre, es decir el producto del riesgo específico, y los elementos en riesgo. Se entiende también como la medida de la posibilidad y magnitud de los impactos adversos, siendo la consecuencia del peligro, y está en relación con la frecuencia con que se presente el evento.

Fuente: “Informe de Riesgos PROT - Atacama”. Diplade, 2012

3. Metodología

Se recopiló aquella información generada por el Diagnostico de Riegos Naturales para el Plan de Ordenamiento Territorial de la Regioan de Atacama año 2012, como documentación base para comenzar el actual análisis, estudio que jugará un papel fundamental, así también aquella información aportada por los Planes Reguladores Comunales de las tres comunas costeras de la región analizadas.

Además de los estudios mencionados, se extrajo información de estudios sectoriales de la región de Atacama que establecen una aproximación en materia de las infraestructuras relevantes de los sistemas urbanos, infraestructuras y equipamientos que se encuentran en su mayoría georreferenciados en los registros de la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) que pertenece al Gobierno Regional de Atacama.

El análisis de Amenaza por Tunami se realizó reconociendo la escala regional, pero con la incorporación de temáticas de interés local que resultan relevantes para el entendimiento de los Sistemas Estratégicos expuestos, para posteriormente, realizar la recopilación y análisis de la información existente sobre los Sistemas Estratégicos regionales, a fin de determinar dentro de éstos los Sistema de Instalaciones y Redes Estratégicas (entre otros salud, educación, emergencia, sistema almacenamiento de agua, transporte, etc.), que operan en el territorio regional.

Para el respectivo análisis de Exposición, se utilizará de información desarrollada en el estudio “Analisis de Riesgo por Tsunami, Región de Atacama, ejecutado por la Secretaria Regional de Vieinda y Urbanismo, el cual determinó el escenario mayor y más creible, zonificando la amenasa natural por Tsunami, definiciendo las áreas de suseptibilidad y las alturas de inundación en la costa regional.

II. AMENAZAS NATURALES

1. Amenaza por Terremoto

Los sismos se definen como un proceso paulatino, progresivo y constante de liberación súbita de energía mecánica debido a los cambios en el estado de esfuerzos, deformaciones y de los desplazamientos resultantes, regidos a los materiales rocosos de la corteza terrestre, bien sea en zonas de interacción de placas tectónicas, como dentro de ellas. Su efecto inmediato es la transmisión de esa energía mecánica liberada mediante vibración del terreno a ondas de diversos tipos, a través de la corteza y a veces del manto o el núcleo terrestre. (Leyton, 2009).

Chile es considerado uno de los países con mayor actividad sísmica, debido a su ubicación en el cinturón de fuego del Pacífico. Gran parte del territorio continental yace junto a la zona de subducción de la Placa de Nazca y bajo la Placa Sudamericana. Al sur del istmo de Ofqui, en la Región de Aysén, la subducción es producida por la Placa Antártica, la cual lo hace a menor velocidad que la de Nazca y, por ende, es menos activa sísmicamente. En los territorios insulares, la sismicidad también es importante, debido a la formación de placas de menor grado en la isla de Pascua y el archipiélago de Juan Fernández debido a la triple unión entre las placas Pacífica y de Nazca. (Conte et al., 1991).

La zona de subducción en Chile tiene uno de los más altos niveles de actividad sísmica en el mundo, con grandes terremotos de magnitud Mw> 8 cada 5-10 años. Estos acontecimientos son consecuencia de la subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana a una velocidad de convergencia por año de 8 cm. (DeMets et al., 1990, 1994).

En Chile, varios estudios han mostrado una variación a lo largo de la unión de las placas, en el ángulo de inclinación de la losa, y la segmentación posible de la zona de subducción, bien expresada en la geología de superficie y la morfología (Barazangi y Isacks, 1976). La convergencia rápida aloja terremotos intra-placa y terremotos superficiales asociados con sistemas de fallas intra-continental en la cordillera de los Andes y el Altiplano. (Leyton, 2009).

El estudio de los terremotos de Chile tiene una larga historia y las principales lagunas sísmicas, por ejemplo, el Norte de Chile (Antofagasta y Arica, 18 - 27 ◦ S), están llegando al final del ciclo sísmico con un alto riesgo de un terremoto en el siglo 21 (Kelleher, 1972; Nishenko, 1985). Desafortunadamente, la identificación de estas diferencias no soluciona el problema de la predicción a mediano plazo debido a la variabilidad del espacio y el tiempo de la actividad sísmica que ocurre a menudo en enjambres, cuyo origen sigue siendo sin ser esclarecido. Dentro de este fenómeno en el presente informe se analizan cuatro tipos de amenazas: *Amenaza por Terremoto*, *por Tsunami o Maremoto, por Licuefacción* y *por Inestabilidad de Laderas*

1.1 Formación de los Terremotos

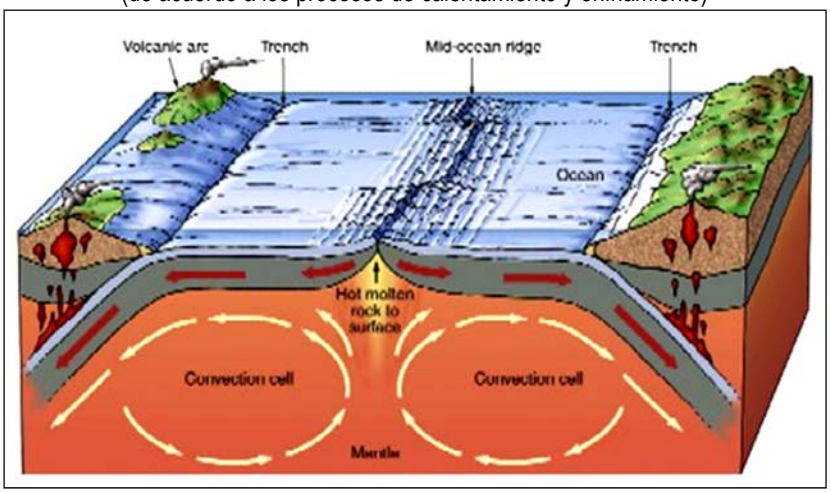
A pesar que los terremotos a la escala humana parecen fenómenos bruscos, agresivos y en ocasiones de gran envergadura, con un marcado carácter de incertidumbre, éstos a la escala de los fenómenos que tienen lugar en el planeta, corresponden a suaves y lentos procesos que responden a una dinámica interna que por siglos ha atraído la curiosidad de los hombres. Es quizás debido a lo inesperado de su ocurrencia, o tal vez a su inusual potencia destructiva, a la cual no se está cotidianamente enfrentado a experimentar, que los terremotos corresponden a uno de los fenómenos naturales que más impacta al ser humano, tanto en su dimensión social como en lo personal (Conte et al., 1991).

Comúnmente se suele asociar el término terremoto a "sacudidas de la superficie de la Tierra" o "vibraciones debido al paso de ondas elásticas causadas por bruscos movimientos en el interior de la tierra" (definición que se encuentra en los diccionarios). Sin embargo, la ciencia usa el concepto terremoto aplicándolo al fenómeno que tiene lugar en la fuente misma o desde donde se produce la radiación de energía. (OEA, 1984)

Debido a su proceso de enfriamiento, las capas más externas de la Tierra son quebradizas o de comportamiento frágil y frente a las fuerzas tectónicas responden mediante fracturamiento (figura 1).

Las fallas son fracturas en cizalle (corte), en las cuales el deslizamiento ocurre en una dirección paralela a la superficie de la fractura.

Fig. 1
Comportamiento de las capas externas de la Tierra
(de acuerdo a los procesos de calentamiento y enfriamiento)



Fuente: Presentación Felipe Leyton, 1er Seminario Riesgos Naturales, dentro del proceso de elaboración del PROT de Atacama, Copiapó 26/10/2011.

Este deslizamiento es resistido por la fricción debido a que las paredes de la falla se encuentran pegadas, soldadas una contra la otra, como resultado del esfuerzo compresivo que existe al interior de la Tierra a profundidades mayores que 1 a 2 Km. La capa quebradiza es de unos 10 a 50 Km. de espesor, y la deformación que ésta sufre como respuesta al campo de esfuerzos tectónicos, es manifestado principalmente mediante deslizamiento localizado en la fallas. Este deslizamiento ocurre casi enteramente mediante movimientos rápidos y abruptos, de carácter irregular, constituyendo así en esencia el fenómeno terremoto. La causa subyacente que permite explicar este comportamiento reposa en las propiedades de la fricción de muchos tipos de rocas. Estas, bajo las condiciones de presión y temperatura que la Tierra presenta en profundidad, son tales que la fricción presenta un

comportamiento inestable conocido como *stick-slip*. Este se caracteriza por largos períodos en los cuales las superficies rugosas se mantienen solidarias por fricción, pero cuando el deslizamiento comienza, se produce una inestabilidad dinámica acompañada por un rápido y gran deslizamiento la que inicia todo el proceso del terremoto. Esta inestabilidad llega a producirse porque la fricción dinámica, la responsable en resistir el movimiento una vez que el deslizamiento ha comenzado, es menor que la fricción estática. (Chow, 1964).

Una vez que la inestabilidad se ha manifestado, en un determinado dominio del plano de falla (nucleación del terremoto), ésta dinámicamente se propaga sobre la superficie de la falla a una velocidad de ruptura cercana a la velocidad de las ondas de cizalle (ondas S) del medio, del orden de los 3.2 km/s, y se detiene sólo donde el frente de ruptura no puede dinámicamente superar la fricción estática. Al interior de este dominio que va creándose detrás del frente de ruptura y en el frente de ruptura mismo, es donde se materializa el deslizamiento sísmico (el proceso terremoto). La velocidad de deslizamiento entre dos puntos ubicados respectivamente a ambos lados del plano de falla es típicamente del orden de 1 m/s y puede alcanzar valores aún mayores en el frente mismo de la ruptura. Es en el frente de ruptura desde donde se genera principalmente la radiación de ondas elásticas de altas frecuencias, las responsables en general del alto grado de agresividad que pueden alcanzar los movimientos sentidos en la superficie de la Tierra. (Chow, 1964).

El estudio de los terremotos de Chile tiene una larga historia y las principales lagunas sísmicas, por ejemplo, la primera desde Llo en Perú hasta Cuya (región de Arica y Parinacota), la mayor parte de esta región no se ha activado desde 1868, la segunda al sur de la ruptura que produjo el terremoto de Iquique en 2014 hasta Tocopilla o la península de Mejillones, dependiendo de cómo uno considere el sismo de Tocopilla en 2007, esta región no se ha activado desde 1877 y la tercera, en la región de Atacama entre Taltal y Huasco, cuyo último terremoto fue en 1922, están llegando al final del ciclo sísmico con un alto riesgo de un terremoto en los próximos años (Mario Pardo, subdirector del Centro Sismológico Nacional (CSN), 2015).

Desafortunadamente, la identificación de estas diferencias no soluciona el problema de la predicción a medio plazo debido a la variabilidad del espacio y el tiempo de la actividad sísmica que ocurre a menudo en enjambres, cuyo origen sigue desconocido.

Fig. 2
Ubicación Lagunas Sismicas Norte de Chile
Fuente: Centro Sismológico Nacional. 2015

Tabla N°2 Catastro de terremotos que han afectado a la Región de Atacama

EPICENTRO	FECHA	MAGNITUD	ANTECEDENTES
Copiapó	24.08.1796	7,7 ER	Se sintió de Copiapó a La Serena. a La Serena. Se generó Tsunami en las localidades de Caldera y Huasco
Copiapó	11.04.1819	8,3 ER	Un severo terremoto y posterior tsunami ocurrieron en el área de Copiapó. Este terremoto fue precedido por una serie de eventos precursores que comenzaron con uno fuerte el 3 de abril a las 10:00 horas. Continuaron una serie de temblores hasta la tarde del día siguiente, cuando a las 16:00 horas ocurrió uno mucho más fuerte que hizo colapsar una de las iglesias y varios otros edificios, matando a varias personas. Las réplicas continuaron durante toda la semana hasta que el día 11 a las 23:00 horas ocurrió el terremoto que destruyó completamente la ciudad. El área en la cual se originó el terremoto dio lugar a un tsunami que fue registrado a lo largo de 800 kilómetros de la costa del área, incluyendo Huasco y Caldera. En el puerto de Constitución la nave Fortunata, que estaba anclada, fue varada y golpeada contra las rocas. El epicentro del terremoto: latitud 27,0° S; longitud 71,5° W y magnitud estimada: 8,5 Richter. Largo estimado de la dislocación: 350 kilómetros, Variación máxima del nivel del mar: 4m en Caldera.
Caldera-Copiapó	05.11.1822	7,6 Ms	Fueron dos terremotos - TD en el litoral mar entró +600m. Hubo víctimas
Copiapó	26.05.1851		
Caldera	05.10.1859	7,6 ER	A las 8:00 horas ocurrió un fuerte terremoto en Copiapó, que causó la destrucción total de 115 hogares, mientras que 224 fueron declarados no aptos como vivienda. La línea del ferrocarril a Caldera fue destruida en una extensión de 25 kilómetros. También se dañaron muchos edificios en Tierra Amarilla y las instalaciones portuarias en Caldera, en este caso debido al tsunami. El nivel del mar descendió alrededor de 6 metros y el fondo de la bahía quedó al descubierto en una extensión de más de 150 metros desde el nivel de marea baja. El epicentro del terremoto: latitud 27,0° S; longitud 70,0° W y magnitud estimada: 7,5-7,7 Richter. Largo estimado de la dislocación: 0, Variación máxima del nivel del mar: 6 metros en Caldera
Caldera	08.06.1909	7,6 ER	
Chañaral	02.09.1909	7,6 ER	Se sintió de Chañaral a Vallenar
Caldera (Podría tratarse de réplica al temblor de Taltal, misma fecha)	04.12.1918	7,7 Ms	Víctimas: 23 muertos. Apuntes: Terremoto en Copiapó ocurrido a las 07:44 horas, generando la destrucción de un 21% de las viviendas de la ciudad. En Caldera el muelle del ferrocarril tuvo daños. Después de terremoto, el mar se recogió lentamente, retornando cuatro o cinco veces sin causar grandes daños. El epicentro del terremoto: latitud 26,0° S; longitud 71,0° W y magnitud calculada: 7,6 Richter. Largo estimado de la dislocación: 90 kilómetros, Variación máxima del nivel del mar: 5 metros en Caldera
Caldera-Huasco	10.11.1922	8,3 Ms	Tsunami: Se generó un tsunami de moderado a violento extensos daños. Arribó a Hilo, Hawaii en 14.5 horas con olas de 2.1 metros cada 20 minutos, daños. A Honolulu tardó 15 horas, tren cada 23 minutos y ola de 0.3 metros. En San Diego 0.2 m y en San Francisco 0.3 metros. Víctimas: 800 muertos. Apuntes: Terremoto en la provincia de Atacama, con una zona de destrucción desde Copiapó a Coquimbo, ocurrido a las 23:53 horas. En Copiapó hubo alrededor de 500 víctimas del terremoto. El tsunami arribó inmediatamente a la sección costera entre Huasco y Caldera. El movimiento inicial aquí fue un gradual ascenso del nivel del mar. El período de ondas sucesivas fue de 15 a 20 minutos. El primer ascenso en Caldera fue de alrededor de 5 metros sobre la marea alta y el más grande se estimó en 7 metros sobre la

			marea alta. En Chañaral el tsunami fue muy destructivo. Alcanzó una altura de 9 metros sobre la alta marea pero su ascenso fue lento. Posiblemente la mayor parte de los daños fue causada por el retiro de las aguas. En Coquimbo, el tsunami arribó dos horas después del terremoto, donde la tercera onda que fue la mayor, alcanzó 7 metros sobre el nivel medio del mar, ahogándose varios cientos de personas. El tsunami fue registrado a lo largo de casi toda la cuenca del océano Pacífico. Epicentro del terremoto: latitud 28,5° S; longitud 70,0° W y magnitud calculada: 8,4 Richter Largo estimado de la dislocación: 390 kilómetros, Variación máxima del nivel del mar: 9 metros en Chañaral. Nota de Geovirtual, Copiapó: Fuerte terremoto en Copiapó, Vallenar, Caldera y Huasco. En la Región Atacama y Coquimbo la cifra de fallecidos llega a 3000. Solo en Vallenar se cuenta 409 muertos y 300 heridos. En Copiapó el terremoto destruye entre otros el teatro rojo. Huasco casi completamente se queda destruido. Tres olas de Tsunamis destruyen grandes partes de Caldera y el ferrocarril. En Bahía Inglesa se queda una laguna grande. Era un día Viernes a las 23:45
Océano Pacífico CA Caldera	06.09.1942	6,8 ER	VICTIMAS: 5 muertos|16 heridos|705 damnificados
Caldera	03.08.1979	7,0 Ms	Se sintió desde Antofagasta (TALTAL violento) a Combarbalá. Víctimas: 1 muerto | 7 heridos
Caldera	04.10.1983	7,3 Ms	Se observó variación de marea en Valparaíso. Sentido en Argentina, Bolivia y Brasil. Víctimas: 5 muertos
Vallenar	15.08.1987	6,0 ER	Chañaral - Caldera - Copiapó - Tierra Amarilla – Freirina
Al N de Copiapó	30.03.1988	7,0 ER	Victimas:12 muertos | 35 heridos | 1375 damnificados
Caldera	14.08.1988	6,5 ER	CA Fosa de Atacama
30 km de Copiapó	18.04.2002	6,3 Mb	VICTIMAS: 699 damnificados
54 km NW Huasco	27.06.2002	6,3 Ml	
46 Km SW Caldera	26.08.2004	6,1 Ml	
56 Km W Caldera	30.04.2006	6,0 Ml	
19 Km W Vallenar	16.07.2006	6,0 Ml	
166 Km E Vallenar	12.09.2006	6,0 Ml	
50 Km NE Huasco	26.03.2010	6,2 MW USGS	OBSERVATORIOS (Magnitud): USGS 6.2 Mw | GEOFON 6.3 mb | EMSC 6.2 mb
72 Km N Huasco	07.12.2011	6,1 MW USGS	Observatorios (Magnitud): USGS 6.1 Mw | GEOFON 6.0 mb | EMSC 6.1 mb ONEMI; Caldera, Copiapó, Huasco, Los Loros, Tierra Amarilla V. Alto del Carmen, Freirina, Vicuña IV. Chañaral, Coquimbo, La Higuera, La Serena, Vallenar, Villa Alemana III. Diego de Almagro, Paiguano II.

ER: Escala de Richter; MW: Magnitud a partir del momento sísmico; Ml: Escala Mercali y Ms: Magnitud Richter determinada con ondas sísmicas superficiales.
Fuente: www.sismo24.cl

a) Lagunas Sísmicas (GAP) en la Región de Atacama

La zona de Vallenar, Huasco y Copiapó de la región de Atacama, en el norte central de Chile fue el escenario de grandes terremotos en 1819, 1859, 1922 y 1988 (Tabla Nº 2). El último acontecimiento importante en esta zona ocurrió el 18 de abril de 2002 con 699 damnificados cuyo epicentro se ubicó a 30 kilómetros al SurEste de la ciudad de Copiapó.

Se detectan dos GAP sísmicos importantes en el norte de Chile, que fueron abordados equipos de investigadores de Chile y Francia, donde se estima que en estas zonas se han registrado grandes terremotos en los últimos 130 años (Conte y Pardo, 1991). En el caso de la región de Atacama, la calma sísmica se ve agravada por la presencia de la falla de Atacama que vuele vulnerable la superficie ya que en estos sectores se producen desplazamiento de bloques. De acuerdo al estudio de "Riesgo Sísmico para Chile" de Stuart P. Nishenko", la región de Atacama presenta un riesgo diferenciado en dos grandes zonas. La primera se localiza aproximadamente al norte del río Copiapó, en la que se identifica una probabilidad de 50 a 100% definida como alta. El segundo sector se localiza al sur de dicho río y de acuerdo a los métodos estadísticos utilizados la probabilidad potencial de un sismo oscila entre el 0 y 50% definido como bajo a medio. (Conte y Pardo, 1991).

El último evento de gran magnitud y destrucción en la región se produjo hace 96 años, en noviembre de 1922 (Tabla N°2), por lo tanto se estima que el lugar de desplazamiento del sismo de 1922 representa el GAP (o brecha sísmica). (Conte y Pardo, 1991).

b) Análisis Amenaza Símica Región de Atacama

El presente análisis de la amenaza sísmica, se basa en los estudios desarrollado por Felipe Leyton, docente universidad Diego Portales, el cual fue presentado por el autor en el "Segundo Seminario de Riesgos Naturales Región de Atacama", efectuado en la ciudad de Copiapó el 13 de diciembre del año 2011, dentro del marco de construcción del PROT de Atacama.

- *<u>Detreminación de la estimación sísmica</u>*

La confección de las cartas de amenazas sísmicas realizada por Leyton F. (op cit), contiene los siguientes parámetros:

Magnitud:	8,8 Mw
Profundidad:	30 Kilómetros
Ubicación	Oceánica
Periodo de Retorno	500 años

Se generó el siguiente mapa sísmico (Figura 3).

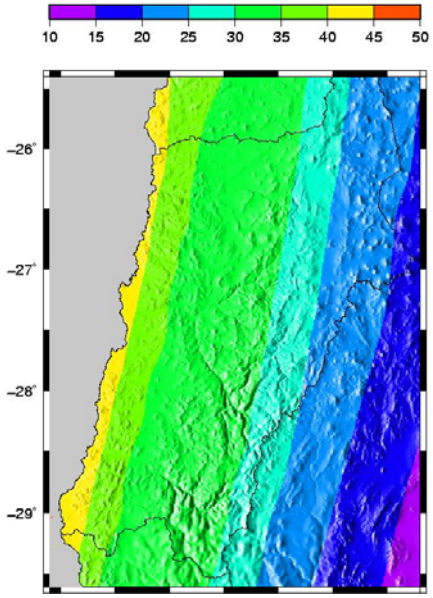


Fig. 3
Mapa Sísmico Región de Atacama
Fuente: Leyton, F., 2011

En lo que se puede observar en la simulación de un sismo de 8,8 (Grados Richter) el mayor efecto por la intensidad del sismo se genera en la costa, disminuyendo hacia el interior en intensidad. Sin embargo, al incorporar la variable suelo el mapa sísmico resultante difiere del anterior (Figura 4).

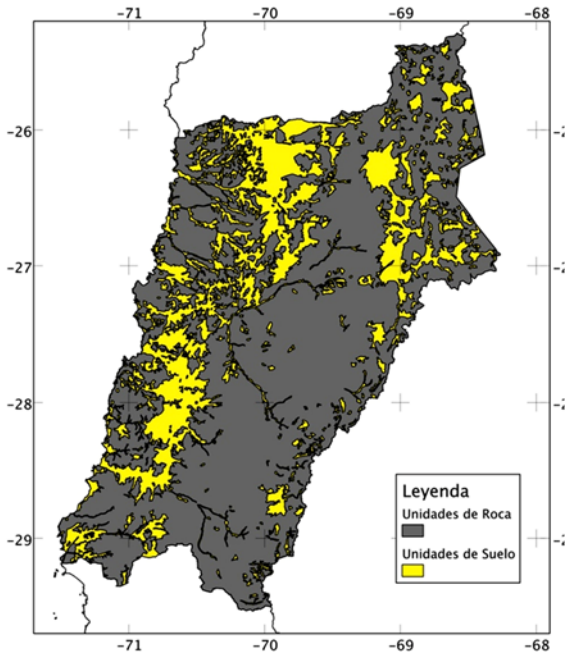
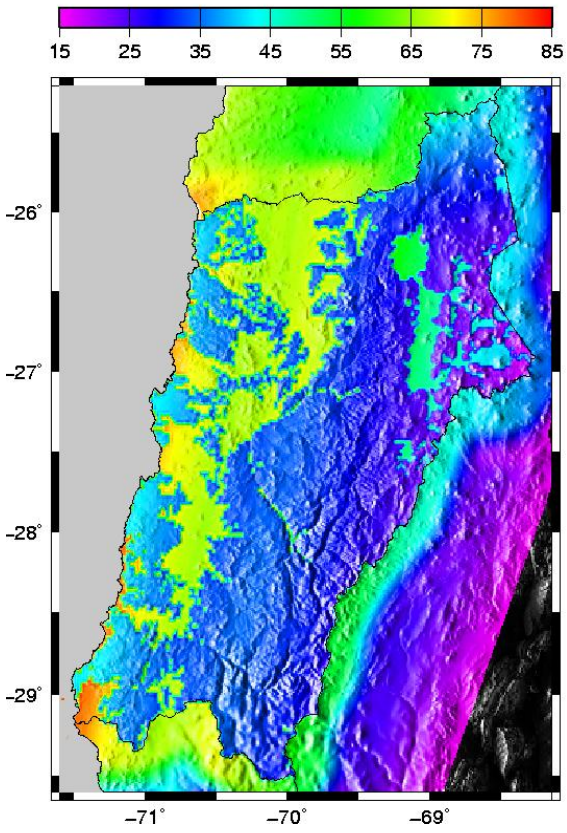


Fig. 4
Simulación Sísmica Considerando Variable Suelo
Región de Atacama
Fuente: Leyton, F., 2011

Al analizar las capas de información, el mapa sísmico resultante es el que se muestra en la Figura 5. En este mapa se puede observar que las mayores intensidades se registran en la zona en donde el sustrato es suelo, mientras que las menores intensidades se registran el sustrato rocoso. Punto a notar es lo que sucede en la costa, dado que el sustrato mayoritariamente es depositario (arenoso), registrándose las mayores intensidades, esto por efecto de las aceleraciones horizontales que recorren los sustratos (aceleraciones menores en sustratos compactos y mayores amplificaciones en sustratos poco consolidados). Es importante considerar que esta amenaza se ha analizado de acuerdo a antecedentes recogidos de la literatura y de presentaciones, por lo que se hace necesario un estudio más acabado respecto a la amenaza por terremotos en las ciudades más importantes de la región, con el fin de establecer cuáles son los riesgos para la población, tanto en términos de vidas humanas como en vivienda y salud.

Fig.5
Mapa de Sustrato de acuerdo a los antecedentes de Sernageomin. (Escala 1:1.000.000)



Fuente: Leyton, F., 2011

2. Amenaza de Inundación por Tsunamis

Los tsunamis son ondas marinas de período largo generadas por eventos tales como los terremotos, actividad volcánica o deslizamientos de tierra submarinos. La cresta de estas ondas puede ser superior a alturas de 25 metros al llegar a aguas poco profundas. Las características singulares de los tsunamis (longitudes de onda generalmente mayores de 100 km, velocidades en el océano profundo hasta de 700 km por hora, y alturas de ola muy pequeñas en agua profunda) hacen que su detección y monitoreo sea muy difícil. Las características de las inundaciones costeras a causa de los tsunamis son las mismas que aquellas correspondientes a las inundaciones marinas. (Wilhite, 1987).

A nivel mundial, no se conocen tsunamis que amenacen la vida en el Océano Atlántico desde 1918. Pero sí son un problema serio en el Pacífico. De hecho, en el período considerado entre 1900 y 1986 fueron observados 247 tsunamis en el Pacífico de los cuales 29% se generaron cerca de Japón. En el caso de América Latina, el tsunami más antiguo registrado ocurrió en 1562, inundando 1.500 km del litoral chileno. (Wilhite, 1987).

En las costas del Pacífico de México, Guatemala, El Salvador, Costa Rica, Panamá, Colombia, Ecuador, Perú, y Chile, entre 1900 y 1983 han ocurrido 20 tsunamis que han causado víctimas y daños significativos. En 1868, un devastador tsunami ocurrió en Arica, territorio que en ese entonces pertenecía al Perú. Los barcos fueron desplazados cinco kilómetros tierra adentro por una ola que excedió 21 metros en altura. Esta y las olas subsiguientes de 12 m de altura, barrieron la ciudad matando a centenares de personas (Wilhite, 1987).

Los tsunamis difieren de otros peligros sísmicos en el hecho que pueden causar daños serios a miles de kilómetros de las fallas causativas. Una vez que son generados son prácticamente imperceptibles en mar abierto, donde la altura de su superficie es menos de un metro. Viajan a velocidades de hasta 900 km/h, y la distancia entre cresta de ola y otra puede ser hasta de 500 km. A medida que las olas se acercan a aguas de poca profundidad, la velocidad del tsunami disminuye y la energía se transforma en altura de ola, la que a veces alcanza alturas de hasta 25 m; pero el intervalo de tiempo entre olas sucesivas permanece sin cambio y es generalmente de entre 20 y 40 minutos. Cuando los tsunamis se aproximan a la línea de costa, el mar suele retraerse a niveles mucho más bajos que la marea baja y luego crece como una ola gigante. (Wilhite, 1987).

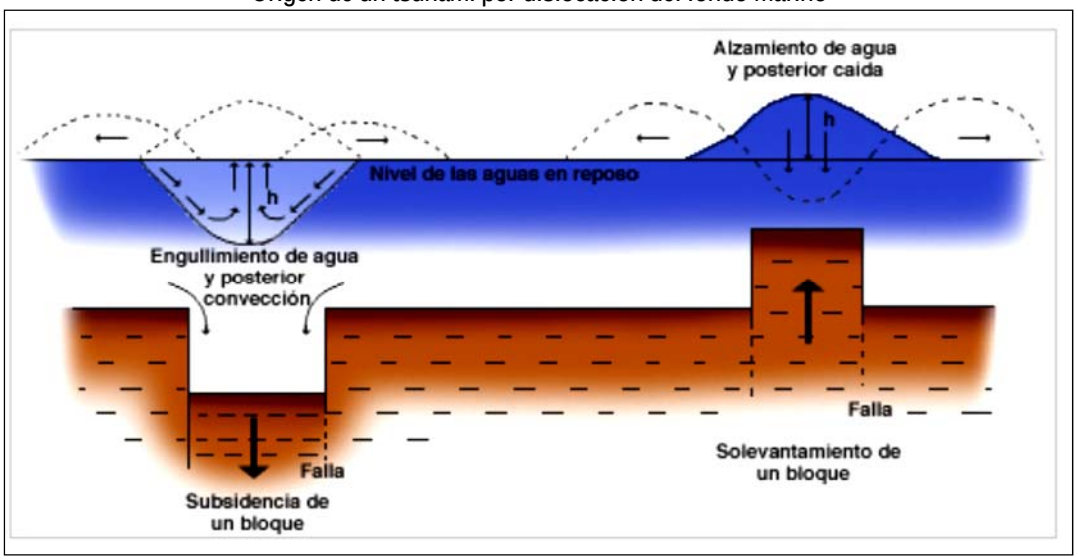
- *Mecanismos generadores*

Los principales mecanismos generadores de tsunamis son:

- Dislocaciones en el fondo del mar producidas por un terremoto, de magnitud superior a 6,5 en la escala de Richter, el cual provoca súbitos levantamientos o hundimientos de la corteza con el consiguiente desplazamiento de la columna de agua (Fig. 6). El tectonismo ocasiona el 96% de los tsunamis observados.
- Erupciones volcánicas submarinas que son responsables del 3% de ocurrencia de tsunamis.
- Deslizamientos en el talud continental, con 0,8% de ocurrencia.

Otros mecanismos naturales generadores de tsunami son el flujo hacia el mar de corrientes de turbidez o de lava, el desprendimiento de glaciares y, en forma artificial, las explosiones nucleares detonadas en la superficie o en el fondo del mar. Estos son fenómenos menos comunes pero de gran importancia por los efectos locales que producen (www.directemar.cl).

Fig. 6
Origen de un tsunami por dislocación del fondo marino



Fuente: http://www.directemar.cl/images/stories/Descargas_SPMAA/tsunamis.pdf

Es poco probable que terremotos de hipocentros poco profundos (menores a 60 Km.), con magnitudes inferiores a 6,4 en la escala de Richter generen un tsunami. Mientras que aquellos con magnitudes superiores a 7,75 pueden originar tsunamis de alto riesgo. Es preciso señalar que los terremotos de foco poco profundo constituyen un 75% del total de la energía sísmica liberada anualmente, presentando eso sí la mayor frecuencia relativa de ocurrencia en el mundo, alcanzando más del 72% (www.directemar.cl).

a) Tsunamis en la Costa de Chile

Por ser un país ribereño del Pacífico, la generación de tsunami en Chile está asociada a la ocurrencia de grandes terremotos. Lo anterior se explica por la posición geográfica de nuestro territorio, en una costa de subducción (fosa chileno-peruana), donde convergen las placas tectónicas de Nazca y la Placa Sudamericana. Así, nuestro Chile es una de las regiones de mayor sismicidad en el mundo, registrando su historia sísmica más de 30 sismos de magnitud superior a 7,5 en la escala de Richter. Esta realidad geotectónica convierte a Chile en una zona favorable para la generación de tsunami. Desde 1562 a la fecha, se posee información de 35 tsunamis de origen cercano a las costas chilenas, los cuales han generado daños de diversa magnitud. En la tabla N°3 se muestra la distribución territorial de estos eventos.

b) Tsunamis en la Costa de Atacama

Los tsunamis ocurridos en el litoral de Atacama han sido generados por terremotos interplaca como consecuencia de la tensión acumulada en la zona de subducción, donde convergen la placa de Nazca y la Sudamericana; por lo tanto, sus focos generadores se localizan próximos a la línea de costa, cercanos a las localidades de Chañaral, Caldera, Carrizal Bajo y Huasco. Desde principios del siglo XIX hay registros escritos de tsunamis en las costas de Atacama. En la Tabla N°4 se señalan las características de tsunamis entre los años 1819 y 1960, con los eventos generados por tsunamis de campo cercano cuyas cotas máximas de inundación han sido inferiores a 10 m. (Castro et al., 2010).

Tabla N°3. Tsunamis Históricos de Campo Cercano Registrados en el Litoral de Chile

Región	Fecha	Grado M del Tsunami	Magnitud Sismo M (Richter)
TARAPACÁ	24-11-1604	3	8,4
	16-09-1615	1	7,5
	10-03-1681	1	7,3
	22-08-1715	2	7,5
	03-07-1836	1	7,3
	13-08-1868	4	8,5
	19-08-1869	1	7,3
	24-08-1869	1	7,4
	09-05-1877	4	8,3
ATACAMA	11-04-1819	3	8,4
	26-05-1851	1	7,5
	05-10-1859	2	7,6
	18-12-1918	2	7,5
	10-11-1922	3	8,4
	04-05-1923	1	7,0
COQUIMBO	17-11-1849	2	7,5
	06-04-1943	1	8,3
	12-04-1955	1	7,1
VALPARAÍSO	08-07-1730	4	8,8
	19-11-1822	2	8,5
	25-03-1871	1	7,5
	16-08-1906	1	8,5
DEL MAULE	01-12-1928	1	8,4
DEL BÍOBIO	28-10-1562	3	8,3
	08-02-1570	3	8,3
	15-03-1657	3	8,0
	23-05-1751	3	8,5
	20-02-1835	3	8,3
LOS LAGOS	16-12-1575	3	8,5
	24-12-1737	1	7,8
	07-11-1837	3	8,0
	22-05-1960	4	8,4
AISÉN	21-11-1927	1	7,1
MAGALLANES	02-11-1927	1	7,3
	07-12-1949	1	7,5

Fuente: http://www.directemar.cl/images/stories/Descargas_SPMAA/tsunamis.pdf

Tabla N°4
Tsunamis Históricos de Campo Cercano Registrados en el Litoral de Atacama

FECHA (AÑO, MES, DÍA)	EPICENTRO		MAGNITUD TERREMOTO	COTA MÁXIMA DE INUNDACIÓN (M)	LUGAR ESPECÍFICO
	Latitud S	Longitud W			
1819/04/11	27,00	71,50	8,5	4,0	Caldera
1851/05/26	27,00	71,60	7,5	1,5	Caldera
				3,0	Huasco
1859/10/05	27,00	70,00	7,7	5,5	Caldera
1868/10/13	18,48	70,33	8,5	-	Caldera
				-	Carrizal Bajo
1877/05/09	19,6	70,20	8,5	2,0	Caldera
				1,5	Carrizal Bajo
1918/12/04	26,00	71,00	7,5	5,0	Caldera
1922/11/10	28,50	70,00	8,4	7,0	Caldera
				9,0	Chañaral
1960/05/22	39,50	74,50	9,5	2,9	Caldera

Fuente: Consuelo Castro, Carlos Marquardt y Álvaro Zúñiga, Revista de Geografía Norte Grande, 45: 21-39 (2010).

Los tsunamis de campo lejano se originan a distancias superiores a 1.000 kilómetros de la costa, en el litoral de Atacama se han manifestado como tsunamis menores de los originados en Kamchatka en 1952, Aleutianas en 1957, Alaska 1964 y en Hawai 1975, según se observa en tabla N°5.

Tabla N°5.
Tsunamis históricos de campo lejano registrados en el litoral de Atacama

FECHA (Año/Mes/Día)	REGIÓN FUENTE	RUNUP (M)	LUGAR AFECTADO
1952/11/05	Kamchatka	2,8	Caldera
1957/03/09	Aleutianas	1,3	Caldera
1975/11/20	Hawai	0,5	Caldera
1964/03/27	Alaska	-	Huasco

Fuente: Consuelo Castro A., Carlos Marquardt R. y Álvaro Zúñiga D., Revista de Geografía Norte Grande, 45: 21-39 (2010).

Tabla Nº6
Antecedentes Históricos de Tsunamis en la Región de Atacama

FECHA	ANTECEDENTES
11/04/1819	• El área en la cual se originó el terremoto dio lugar a un tsunami que fue registrado a lo largo de 800 kilómetros de la costa del área, incluyendo Huasco y Caldera. • Epicentro del terremoto: latitud 27,0° S; longitud 71,5° W • Magnitud estimada: 8,5 Richter • Largo estimado de la dislocación: 350 kilómetros • Variación máxima del nivel del mar: 4 metros en Caldera.
05/10/1859	• Epicentro del terremoto: latitud 27,0° S; longitud 70,0° W • Magnitud estimada: 7,5-7,7 Richter
04/12/1918	• Terremoto en Copiapó. • Epicentro del terremoto: latitud 26,0° S; longitud 71,0° W • Magnitud calculada: 7,6 Richter • Largo estimado de la dislocación: 90 kilómetros • Variación máxima del nivel del mar: 5 metros en Caldera
10/11/1922	• Terremoto en la provincia de Atacama. • El tsunami fue registrado a lo largo de casi toda la cuenca del océano Pacífico. • Epicentro del terremoto: latitud 28,5° S; longitud 70,0° W • Magnitud calculada: 8,4 Richter • Largo estimado de la dislocación: 390 kilómetros • Variación máxima del nivel del mar: 9 metros en Chañaral. • El terremoto de 1922, ocasionó un maremoto que “inundó y arrasó con gran parte de los edificios del reguardo, la aduana, la estación, la maestranza de los ferrocarriles. La aduana tenía un edificio de madera que flotó al principio y luego se partió en dos”.
28/12/1966	• Epicentro del terremoto: latitud 25,5° S; longitud 70,7° W • Magnitud calculada: 7,8 Richter • Largo estimado de la dislocación: 140 kilómetros • Variación máxima del nivel del mar: 0,8 metros en Caldera.
13/03/2011	• Se registró un Tsunami en las costas de Atacama, producto del gran terremoto de Japón, siendo una de las localidades más afectadas la Caleta Puerto Viejo.

Fuente: “Informe de Riesgos PROT - Atacama”. Diplade, 2012

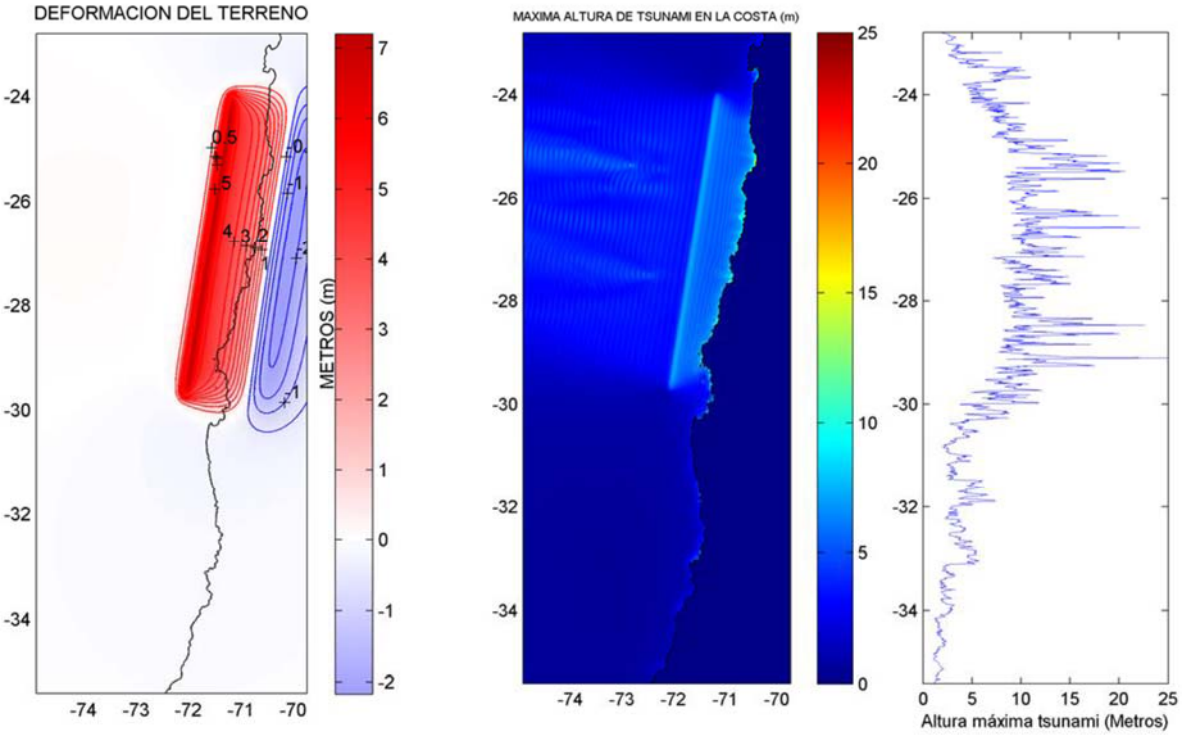
c) Susceptibilidad de Inidacion por Tsunami (Estudio de Riesgo por Tsunami, Región de Atacama – año 2018, MINVU)

La evaluación del peligro de tsunami en la Región de Atacama, considera la potencial ocurrencia de grandes terremotos de subducción interplaca, los que incluyen deformación de fondo oceánico, con focos poco profundos, donde la ruptura se localiza entre la fosa y la plataforma continental, cuya deformación vertical perturba un gran volumen de la columna de agua, dando origen a grandes tsunamis que podrían afectar sus costas.

La elección del escenario de peligro de tsunami consideró un enfoque determinístico, utilizando los peores escenarios creíbles que podrían afectar la Región de Atacama. La revisión de sus tsunamis históricos y recientes investigaciones científicas, confirma que potenciales tsunamis se podrían generar en las áreas de ruptura de los terremotos de 1922 y 1730, representando hoy los principales escenarios de peligro para las costas de Atacama. Destaca el tiempo transcurrido sin la ocurrencia de eventos similares, hecho que aumenta la probabilidad de que ocurran en el futuro grandes terremotos con tsunami.

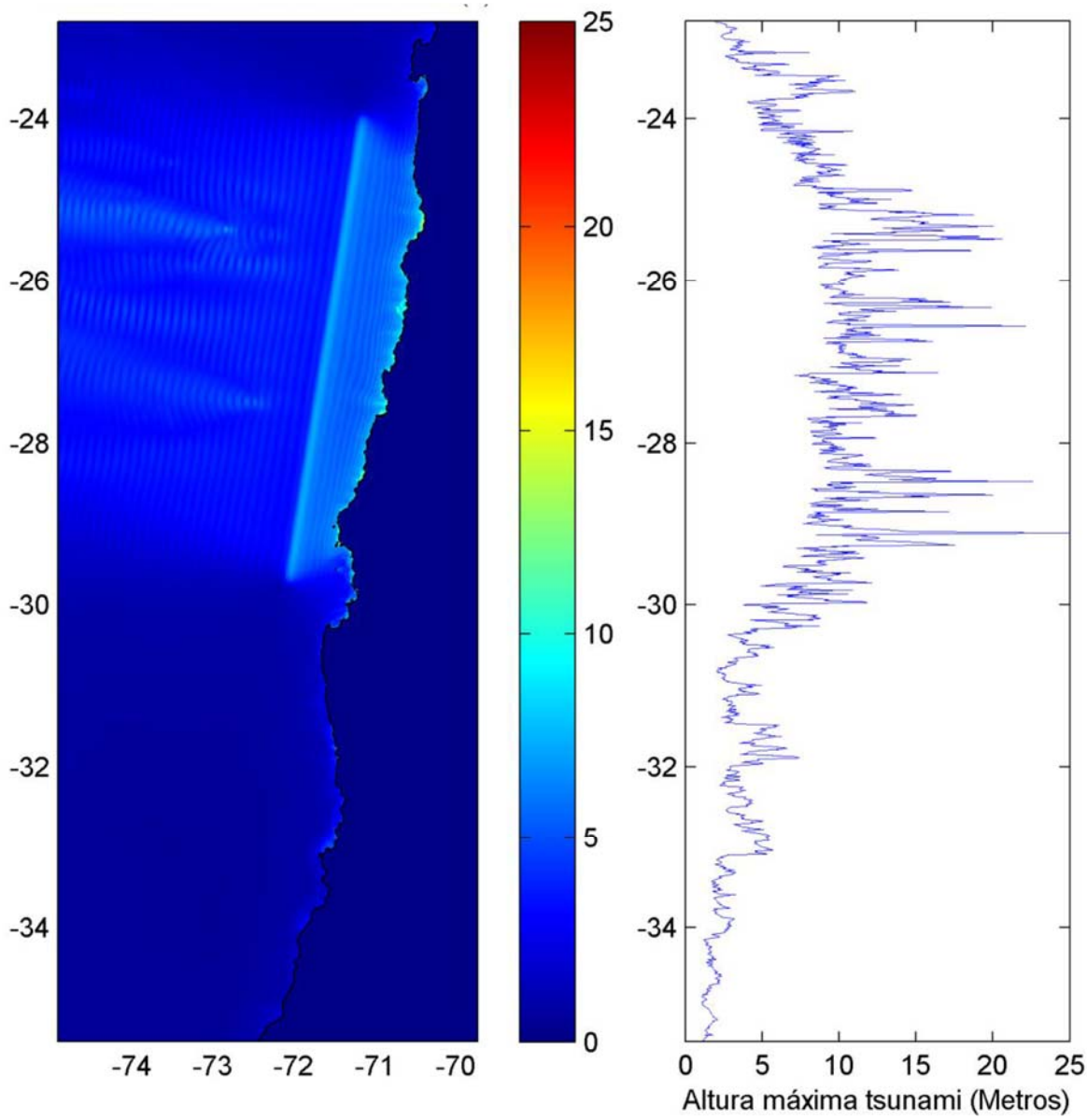
Por ello, se evaluaron seis escenarios con áreas de ruptura que ocurren en las costas de Atacama y otras rupturas que ocurren al sur de la Región. Cuatro escenarios hacen referencia al terremoto de 1922 y dos al terremoto de 1730. Cada escenario generó tsunamis con diferentes direcciones de trenes de ondas, y particularmente, diferentes alturas de inundación. El escenario seleccionado para evaluar peligro de tsunami, fue el que generó la máxima altura de inundación en las costas de Atacama. Este evento se localiza entre las zonas de bajo acoplamiento de Mejillones - La Serena, es generado por un terremoto de subducción magnitud Mw 9.0 y presentó las máximas alturas de tsunami en el área de estudio. Por lo anterior, fue seleccionado como el escenario para identificar áreas de inundación por tsunami.

Fig. 7 Deformación del terreno y alturas máximas de tsunami en la costa, mayor evento creible estudio MINVU 2018



Fuente: Estudio de Riesgo por Tsunami, Región de Atacama – año 2018, MINVU

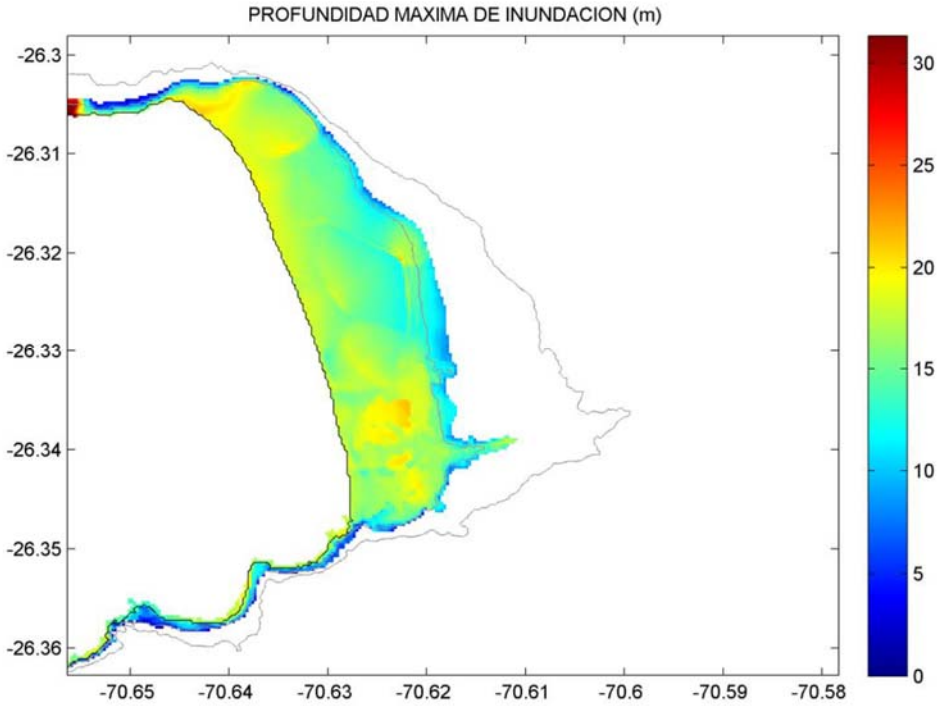
Fig. 8 Determinación de Alturas o Profundidad de Tsunami en la Costa de Atacama,
Mayor evento creible estudio MINVU 2018.



Fuente: Estudio de Riesgo por Tsunami, Región de Atacama – año 2018, MINVU

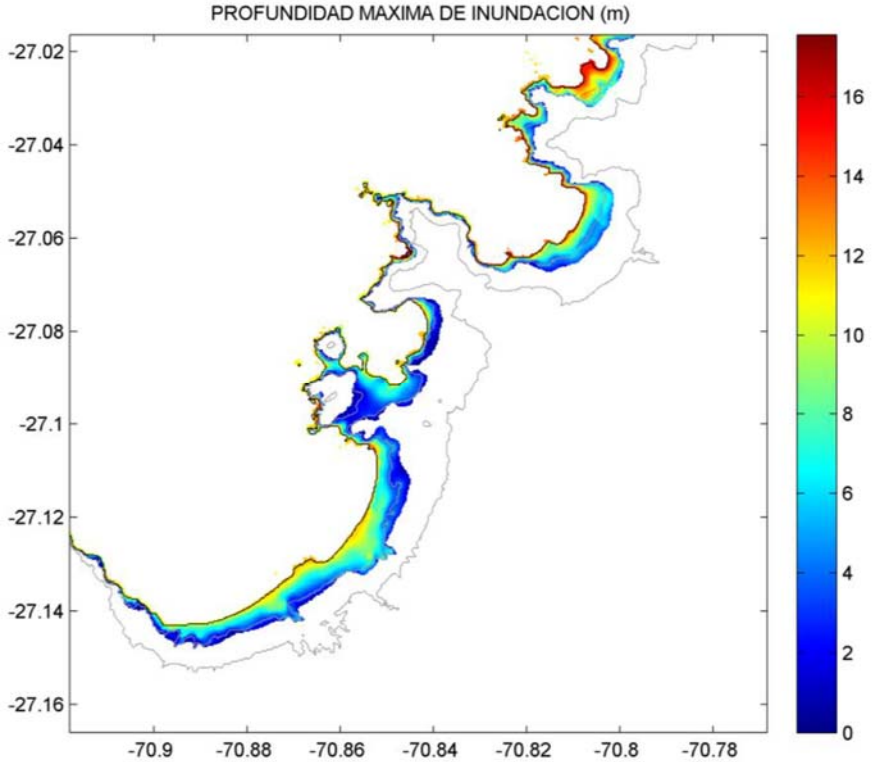
Parámetros hidrodinámicos detallados se determinaron para las localidades de mayor jerarquía urbano-portuaria. Las Figuras 9 a 14 presentan los parámetros profundidad máxima de inundación (m) y velocidad máxima de la corriente (m/s). Para cada localidad, los parámetros resultantes son altamente peligrosos tanto para estructuras como para la vida humana. Destaca Chañaral por ser la localidad que concentra los mayores parámetros hidrodinámicos resultantes.

Fig. 9 Profundidad máxima de inundación por tsunami en Chañaral. Escenario estudio MINVU 2018.



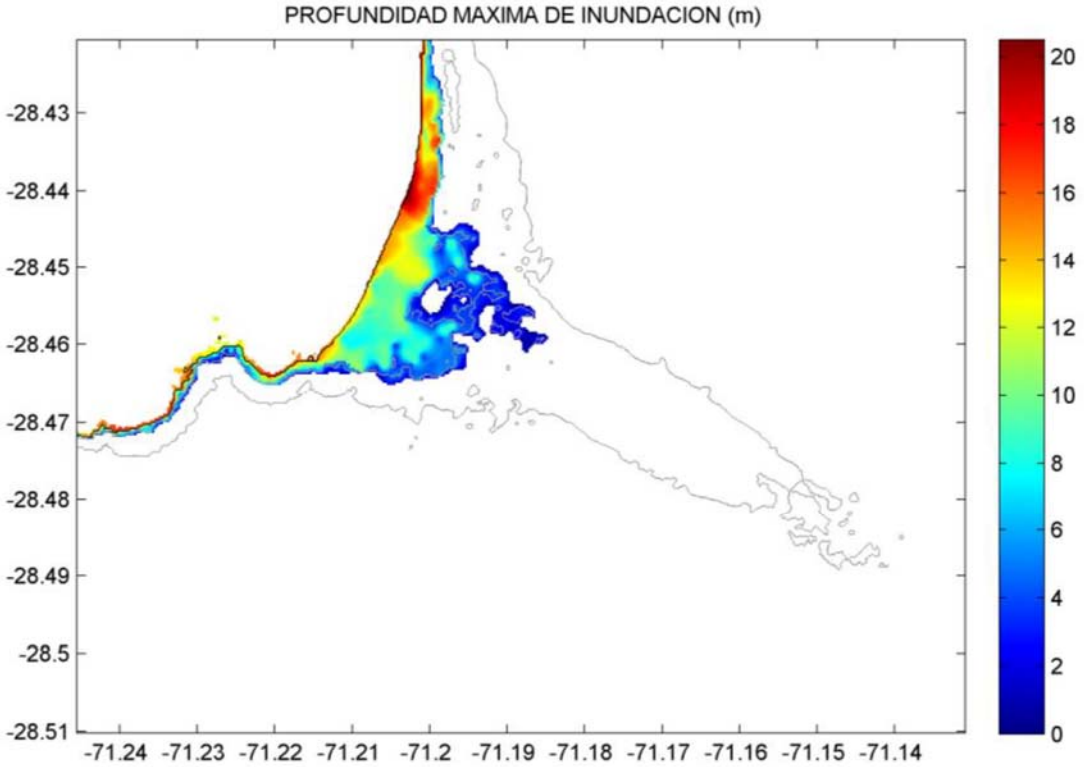
Fuente: Estudio de Riesgo por Tsunami, Región de Atacama – año 2018, MINVU

Figura 10. Profundidad máxima de inundación por tsunami en Caldera. Escenario estudio MINVU 2018.



Fuente: Estudio de Riesgo por Tsunami, Región de Atacama – año 2018, MINVU

Figura 11. Profundidad máxima de inundación por tsunami en Huasco. Escenario estudio MINVU 2018.



Fuente: Estudio de Riesgo por Tsunami, Región de Atacama – año 2018, MINVU

3. Amenaza por Licuefacción

La licuefacción corresponde al fenómeno donde un material sólido se comporta como líquido bajo solicitaciones sísmicas. Las ondas sísmicas hacen aumentar la presión de agua presente en sedimentos, de forma que los granos de arena o limo pierden el contacto entre ellos, esto causa una pérdida de resistencia del sólido y lo lleva a comportarse como un líquido. Bajo estas condiciones, el suelo puede perder su capacidad de soporte de estructuras, producir deslizamientos (incluso en superficies con muy bajas pendientes) y formar volcanes de arena. Muchos de estos fenómenos son acompañados por asentamientos en las superficies, normalmente irregulares, dañando construcciones, infraestructura y cañerías (Habiterra, 2010)[2].

Los suelos más susceptibles a la licuefacción son aquellos formados por depósitos jóvenes (producidos durante el Holoceno, depositados durante los últimos 10.000 años) de arenas y sedimentos de partículas de tamaños similares, en capas de por lo menos más de un metro de espesor, y con un alto contenido de agua (saturadas). Tales depósitos por lo general se presentan en los lechos de ríos, playas, dunas, y áreas donde se han acumulado arenas y sedimentos arrastrados por el viento y/o cursos de agua. Algunos ejemplos de licuefacción son arena movediza, arcillas movedizas, corrientes de turbidez, y licuefacción inducida por terremotos. (Habiterra, 2010).

[2] Ídem nota 6.

a) Procesos de Licuefacción en la Región de Atacama

En Chile, este tipo de remociones se asocia mayoritariamente a la explotación minera de cobre, que se realiza con minas subterráneas. En la región de Atacama se han registrado dos eventos de este tipo. El día 6 de marzo de 1993 se produjo un voluminoso cráter de hundimiento, 14.000 m^3, en torno al casco urbano de la ciudad de Tierra Amarilla. Su origen estaría vinculado a laboreos subterráneos en la mina Santos, su desarrollo se relacionó con un abrupto incremento local en los niveles freáticos, en terrenos de cobertura fluvioaluvional. (Habiterra, 2010).

Otro proceso de subsidencia se registró en el sector de Monte Amargo, en el valle del río Copiapó. Se relaciona con descensos en los niveles freáticos en terrenos previamente ocupados por antiguas zonas pantanosas o vegosas.

Los sectores habitados de Bahía Inglesa, Caldera-Bahía Inglesa, Bahía de Huasco, se encuentran emplazados en suelos arenosos saturados por lo que presentan un riesgo potencial de licuefacción. También existe riesgo potencial en aquellos asentamientos que presentan condiciones de emplazamiento similares, como es el caso de las localidades de Puerto Viejo y Carrizalillo. Por otra parte, aquellas áreas/sectores que presentan napas freáticas sub-superficiales, como es el caso de las zonas de desembocadura de los ríos Copiapó, Huasco y esteros Totoral y Carrizalillo, también presentan un riesgo potencial para este tipo de amenaza. (Habiterra S.A., 2010)[3]. Lamentablemente no se cuenta con mayores antecedentes para la región, siendo necesario, por lo mismo, la realización de estudios respecto a este tipo de amenaza, especialmente en los sectores señalados en los párrafos anteriores.

4. Amenaza por Inestabilidad de Laderas

Son eventos que se desencadenan por la actividad sísmica, en cuencas o quebradas muy escarpadas, en donde clastos de tamaño bloque van cuesta abajo tomando velocidad en función de su masa, en lo cual sil llegan a sectores urbanos o bien en carreteras, puede traer consecuencias nefastas.

La fuerza gravitatoria es el factor de primer orden en la dinámica de laderas, pero, los factores climáticos, meteorológicos, sismológicos y biológicos pueden también jugar un importante rol en esta dinámica. En la Región de Atacama, las laderas se concentran principalmente en las cuencas de ríos, que es donde se ha generado la ocupación por parte de la población.
Factores que favorecen los desmoronamientos de las laderas:

- Suelos Inestables.
- Pendiente acentuada de laderas.
- Escasa vegetación que dé protección de laderas y retarde el desplazamiento del material.
- Quebrada donde existen materiales no consolidados y sin cohesión.

[3] Estudio "Actualización Plan Regulador Intercomunal Costero de la Región de Atacama". Capítulo Estudio Fundado de Riesgos. Año 2010.

5. Fenómeno Volcánico

Un volcán es una formación geológica que consiste en una fisura en la corteza terrestre sobre la que se acumula un cono de materia volcánica. En la cima del cono hay una chimenea cóncava llamada cráter. El cono se forma por la deposición de materia fundida y sólida que fluye o es expelida a través de la chimenea desde el interior de la Tierra. Se trata de un conducto que establece comunicación directa entre la superficie terrestre y los niveles profundos de la corteza terrestre y que cada cierto periodo de tiempo, expulsan lava, gases, cenizas y humo provenientes del interior de la Tierra. (MacDonald, 1972)

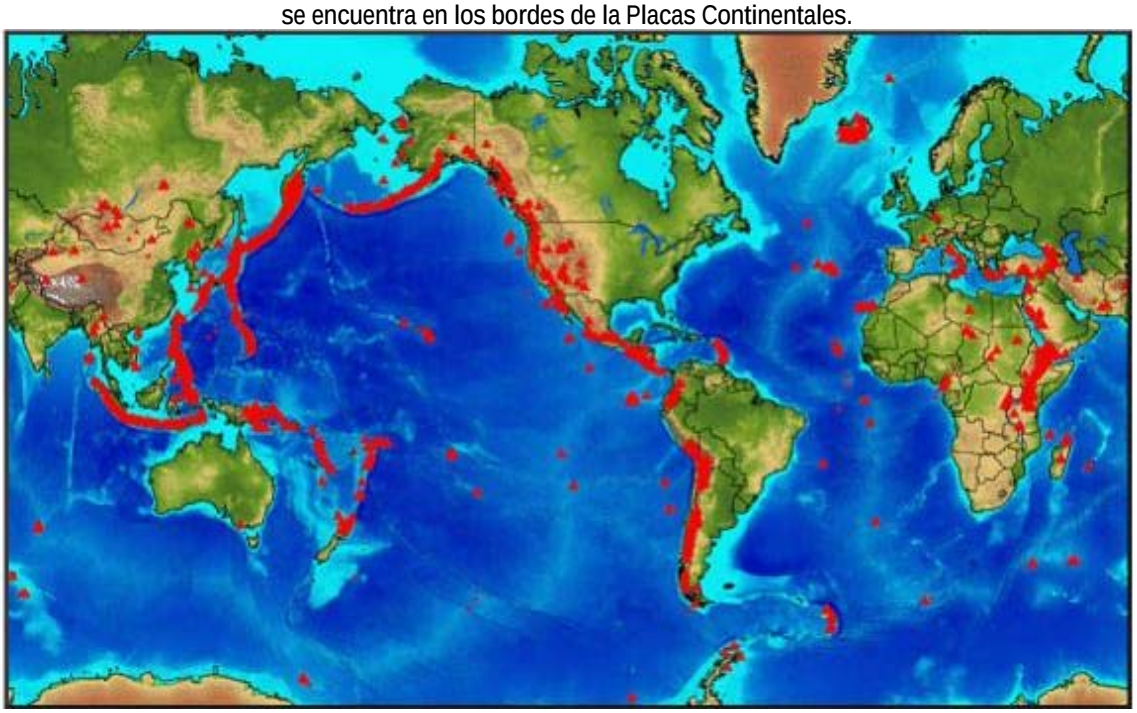
De una manera algo más formal puede utilizarse la definición de MacDonald (1972) en cuanto a que un volcán es aquel lugar donde la roca fundida o fragmentada por el calor y gases calientes emerge a través de una abertura desde las partes internas de la tierra a la superficie.

a) Localización geográfica de los volcanes

La localización geográfica de los volcanes actuales está relacionada con la división en placas de la corteza terrestre. A medida que se fue enfriando la superficie de la tierra, fueron apareciendo zonas sólidas de materiales ligeros que flotaban sobre otros todavía fundidos. Estas zonas sólidas dieron lugar a las primeras masas continentales que son arrastradas por las corrientes de convección del interior de la tierra. Con el tiempo, han ido creciendo estas masas continentales, disminuyendo las corrientes de convección y aumentando la rigidez de las capas exteriores al irse enfriando la tierra. (MacDonald, 1972). (Fig. 12).

En la actualidad, la superficie de la tierra está dividida en bloques, llamados placas tectónicas, que siguen moviéndose a diferente velocidad (varios centímetros por año). En los bordes de estas placas es donde se concentran las manifestaciones externas de la actividad del interior de la tierra; procesos orogénicos (pliegues y fallas), volcanes y terremotos. Estos bordes pueden ser convergentes, divergentes y transcurrentes. (MacDonald, 1972).

Fig. 12. Distribución de los Volcanes en el Mundo. La concentración de estas estructuras se encuentra en los bordes de la Placas Continentales.



Fuente: "Informe de Riesgos PROT - Atacama". Diplade, 2012

b) Vulcanismo en Chile

A lo largo de la Cordillera de Los Andes existen solo en nuestro territorio cerca de tres mil volcanes, desde pequeños conos de ceniza, hasta enormes calderas de varias decenas de kilómetros de diámetro. (Vergara et al, 1988). Donde las condiciones climáticas son de extrema aridez, varios de los volcanes se han preservado intactos por millones de años, siendo actualmente inactivos[4].

En cuanto a volcanes activos, Chile posee 122 volcanes en esta situación en el territorio continental – que incluyen desde grandes volcanes compuestos de larga vida hasta numerosos grupos de pequeños conos recientes–, 7 en el territorio antártico chileno, 10 en las islas oceánicas y algunos volcanes submarinos sobre la llamada Dorsal de Chile frente al golfo de Penas. Sus morfologías y tamaños, así como su potencial peligro asociado son también variables.

En Atacama existe muy poca información respecto a la actividad volcánica, aun cuando se cuenta con 7 volcanes, de los cuales solamente el Volcán Doña Inés se cuenta con un estudio en el que se determinó su formación hace 15 millones de años. Los volcanes ubicados en la región son: volcán Ojos del Salado (segunda cumbre más alta de América y el más alto del mundo con 6.875 metros), el Volcán Lastarria (llamado Azufre), el volcán Doña Inés (5.075 m), el volcán Bayo (6.436m), el volcán Sierra Nevada (6.173m), el volcán Sólo y el volcán Copiapó.

[4] Debido a esta realidad, en 1996 el Servicio Nacional de Geología y Minería (Sernageomin), con el apoyo del Gobierno Regional de la Araucanía, Conaf y la Dirección Regional de Arquitectura, creó el Observatorio Volcanológico de los Andes del Sur (OVDAS). (Lara et al, 2001).

III. SISTEMAS ESTRATÉGICOS REGIONALES

1. Generalidades del Enfoque

Por lo general el análisis de riesgos naturales se lleva a cabo sólo considerando las distintas amenazas que afectan a determinado territorio, no considerando en este análisis una evaluación integrada de todos aquellos factores que se conjugan al momento de desencadenarse una determinada amenaza, lo que "lleva a la adopción de procedimientos dispares con resultados no siempre óptimos sobre todo en decisiones del tipo espacio–temporales". Es por lo mismo, que la identificación de los grados de riesgo sólo es posible en el marco de estimaciones cualitativas, las que a la postre permiten estimaciones generales o, en el mejor de los casos una aproximación gruesa a la cuantificación del riesgo[5].

Es por ello que para la realización de un estudio de riesgo se hace imprescindible llevar a cabo una evaluación por cada uno de los sistemas denominados como vitales, sean estos estratégicos y críticos. Así, a objeto de poder estimar el riesgo de manera adecuada o lo más acertadamente posible se deberán considerar como análisis previos no sólo la identificación de las amenazas que existen en la región sino que el análisis de vulnerabilidad, analizada ésta en función de la identificación de sistemas estratégicos y críticos, así como los componentes y elementos expuestos en el área afectada por determinada amenaza, identificando los factores físicos determinantes (entorno, estructurales, no estructurales y funcionales) [6].

En suma, la identificación de los Sistemas Estratégicos de análisis permitirá la caracterización de éstos identificando su funcionalidad, componentes y localización para posteriormente realizar una priorización que permita discriminar sobre su relevancia.

En el presente Capítulo, se analizarán los sistemas vitales a fin poder avanzar en la construcción de un escenario de exposición de las instalaciones y redes que se han identificado como estratégicas según las razones que se indican más adelante (criterio regional).

2. Definición de los Sistemas Estratégicos[7]

En general, se puede señalar que los sistemas son estratégicos porque son necesarios para la salud, seguridad y prosperidad de la comunidad. Por tanto, si alguno de estos sistemas se ve dañado por algún evento natural el impacto negativo a nivel regional se incrementará respecto a un escenario en que estos sistemas no se vean afectados. Por lo mismo, son sistemas gravitantes al interior de la estructura regional.

[5] Basado en la "Guía de Análisis de Riesgos Naturales para el Ordenamiento Territorial". Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (SUBDERE), Junio 2011.
[6] Ídem nota 5.
[7] Ídem nota 5.

Para la identificación de los Sistemas Estratégicos se ha considerado la singularidad funcional que cumplen estos sistemas frente a desastres naturales, esencialmente el rol estratégico que desempeñan estos cuando se suscita un desastre natural. En suma, éstos se caracterizan por lo siguiente:

- Su funcionamiento es crucial antes, durante y después de sucedido el desastre natural.
- Su estructura proporciona seguridad.
- Alberga alta densidad poblacional.
- En caso de sufrir alguna falla o deterioro el sistema generaría numerosas muertes o lesiones o generaría grandes daños que implicarían el desvío de grandes cantidades de recursos públicos a su reposición, entre otras.

Otros criterios considerados para darle el nivel de estratégicos, son que éstos permiten *i)* ubicar y servir a las nuevas actividades económicas; *ii)* apoyar a las actividades económicas existentes; *iii)* proporcionar apoyo de las instalaciones para la emergencia; *iv)* contribuir con cualquier actividad de preparativo para los desastres (respuesta, recuperación, reconstrucción): y *v)* recibir una alta prioridad para su reforzamiento antes del desastre, durante las operaciones de emergencia y en su reparación rápida después de daños e interrupciones.

Sistemas Estratégicos Críticos[8]

También pueden considerarse algunos de estos sistemas como críticos, dado que ante la ocurrencia de un evento, los efectos secundarios en ellos puede causar, por ejemplo, desorganización en los servicios básicos o daño en la infraestructura, teniendo consecuencias negativas que van más allá de la propia importancia de los sistemas. A su vez, las instalaciones críticas se dividen esencialmente en dos:

i) aquellas destinadas a prestar servicios de emergencia cuando ocurre una emergencia (hospitales, bomberos, escuelas, etc.);

ii) aquellas que desencadenarían otros desastres o incrementarían el desastre.

Instalaciones Críticas con alto potencial de daño:

Son relevantes debido a que se requiere de su normal funcionamiento después del desastre, porque de verse deterioradas se incrementa el impacto del desastre. Por ejemplo, las fuentes de acumulación de agua sean estas para energía hidroeléctrica o para depósito de agua, son de vital importancia para el normal funcionamiento de las actividades económicas y de la población. Además si estas instalaciones se encuentran localizadas aguas arriba de un poblado, las consecuencias que pudiese tener la fractura del muro o dique de contención pueden ser desastrosas para la población.

[8] Ídem nota 5.

Instalaciones que prestan servicios altamente demandados cuando ocurre una emergencia

Es fundamental que estos sistemas se encuentren operativos para el manejo de la contingencia, por tanto, los niveles de riesgo de estas instalaciones deben ser mínimos. A modo de Ej.:

- Los hospitales desarrollan una labor esencial en la atención de heridos cuando se generan situaciones de emergencia.
- Los bomberos y la policía deben atender la emergencia, sea en incendios, rescate o salvamento.
- Las oficinas públicas en periodos de emergencia cumplen la función de coordinar y ejecutar gran parte de las tareas de manejo de la emergencia, por ende, estas oficinas por razones estratégicas deben permanecer operativas durante la emergencia.
- Las instalaciones educacionales, por el gran número de personas que albergan en algunos horarios y porque luego del evento pueden servir de refugio.

a) Características de las Instalaciones y las Redes Críticas

INSTALACIONES	REDES
Espacios donde hay gran cantidad de personas expuestas que requieren inmediata e intensa ayuda de expertos especializados y de recursos limitados, durante las operaciones de búsqueda y rescate. (Policía Oficinas Públicas, Hospitales, etc.)	Afectan a gran cantidad de personas y a las actividades socioeconómicas vitales (sistemas de energía, sistemas de irrigación, instalaciones de agua potable)
Son espacios vitales para las emergencias diarias, fácilmente saturadas durante un desastre y sin alternativas disponibles en caso de daños (Hospitales y Centros de Manejo de Emergencia).	Poseen extensa exposición debido a su característica lineal (sistema eléctrico, sistema de saneamiento y agua potable)
Son instalaciones que poseen el tamaño y la característica de uso continuo, cuya falla o interrupción puede causar peligros secundarios a áreas muy grandes y un aumento en el número de personas afectadas (infraestructuras con alto potencial de daño).	Son el suministro único a ciertas instalaciones de emergencia (sistemas eléctricos y de comunicaciones) o el acceso único para reparar otras instalaciones críticas (vías carreteras).
Espacios cuya operación es necesaria para una respuesta efectiva y para las actividades de recuperación durante y después de una emergencia (aeropuertos, puertos y generadores de energía).	La inhabilitación de estos servicios proporciona de aislamiento que causa demoras en la reparación (sistemas de comunicación).

Fuente: Guía de Análisis de Riesgos Naturales para el Ordenamiento Territorial". Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (SUBDERE), Junio 2011

Sistema de Instalaciones Estratégicas

a) Sistema Esenciales

Son instalaciones que al verse afectadas negativamente limitan la capacidad de gestión de la emergencia y restringen las opciones de respuesta efectiva durante y después del evento. Entre éstos están las instalaciones que se indican en el Tabla N°7.

Tabla N°7 Sistemas Esenciales

SISTEMA DE SALUD	Establecimientos públicos y municipales que son parte y se coordinan con los servicios de salud de la región y los demás establecimientos públicos o privados que suscriban convenio con el servicio de salud respectivo.	– Postas de Salud Rural – Consultorio General Urbano y Rural – Centro de Salud Familiar – Servicio Atención Primaria de Urgencia – Servicio Atención Médica de Urgencia – Centro de Referencia de Salud – Hospitales desde baja a alta complejidad
SISTEMA DE EMERGENCIA	Principalmente compuesto por bomberos, proporcionando uno de los principales recursos humanos para atender la emergencia (incendios, rescate o salvamente) generada por un desastre natural.	– Compañía de bomberos – Cuerpos de Bomberos
SISTEMA EDUCACIONAL	El sistema educacional es descentralizado cuya administración es responsabilidad de los municipios, personas naturales y jurídicas para los niveles de educación primaria y secundaria. En los establecimientos de educación preescolar y superior pueden ser administrados tanto por el sector público como privado.	– Parvularios – Establecimientos Educación Básica – Establecimientos Educación Media (Científico-Humanista; Comercial, Agrícola y Técnica). – Establecimientos de Estudios Superiores (Universidades, Públicas y Privadas, Institutos Profesionales y Centros de Formación Técnica Privados).
INSTITUCIONES PUBLICAS	Son indispensables debido a que su funcionalidad resulta estratégica frente a diversos desastres naturales. En periodos de emergencia cumplen la función de coordinar y ejecutar gran parte de las tareas de manejo de la emergencia, por lo cual deben permanecer operativas durante la emergencia.	– De Gobierno Interior (Intendencia y Gobernaciones Provinciales). – De Administración Territorial (Gobierno Regional y Municipalidades)
SISTEMA POLICIAL	El presente análisis se centrará en Carabineros dado que esta institución tiene como finalidad básica la generación directa y prestación inmediata de los servicios policiales que propendan a la seguridad pública de la comunidad. Tienen un rol principal en la gestión de hacer prevalecer el respeto a las normas de convivencia y de restablecer el orden y seguridad cuando éstas han sido perturbadas o quebrantadas.	– Cuartel – Altas Reparticiones (Dirección General Subdirección General, Direcciones, Jefaturas de Zona de Inspección). – Reparticiones (entre otros las Subdirecciones, Prefecturas y Subprefecturas, – Unidades (Comisarias y Subcomisarias) – Destacamentos (Tenencias y Retenes)

Fuente: Guía de Análisis de Riesgos Naturales para el Ordenamiento Territorial". Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (SUBDERE), Junio 2011

b) Sistemas con Alto Potencial de Daño

Son estructuras que cuando presentan algún deterioro generan nuevas situaciones de emergencia en el territorio alterando el bienestar de la población. Entre éstos están las instalaciones de Acumulación de Agua y de Almacenamiento y producción de sustancia peligrosas (Tabla N°8).

Tabla N°8 Sistemas con Alto Potencial de Daño

SISTEMA DE COMBUSTIBLES Y SUSTANCIAS PELIGROSAS	El sistema de combustibles y sustancias peligrosas[9] es relevante en el ámbito de los hidrocarburos principalmente para la producción de energía. El consumo neto de hidrocarburos el año 2007 correspondió al 67% del consumo primario de energía (CNE).	– Petróleo – Gas – Sustancias Peligrosas[10]
ACUMULACIÓN DE AGUA	Las fuentes de acumulación de agua corresponden a los sistemas de represas y embalses. En el caso de las primeras, éstas pueden ser para generación de energía hidroeléctrica o para depósito de agua, siendo de vital importancia para el normal funcionamiento de las actividades económicas y de la población. Si estas instalaciones se encuentran localizadas aguas arriba de un poblado las consecuencias que pudiese tener la fractura del muro o dique de contención pueden ser desastrosas para la población. En el caso de los embalses, corresponde a una acumulación de agua producida por una obstrucción en el lecho de un rio, los que pueden ser naturales o artificiales, estando sus aguas destinadas generalmente a regadío, canalización del riego y la producción de energía[11].	– Represas – Embalses (naturales, artificiales)
RELAVES	Tienen como función retener los desechos sólidos y líquidos de la explotación minera que son almacenados para su decantación. De igual forma que las represas hidráulicas cuentan con una cortina y vertedero sin embargo, en vez de tener bocatoma poseen un sistema para extraer los líquidos.	– Relaves mineros

Fuente: Guía de Análisis de Riesgos Naturales para el Ordenamiento Territorial". Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (SUBDERE), Junio 2011

Sistema de Redes Estratégicas

a) Redes Estratégicas de Transporte

Son redes que facilitan la gestión de emergencia dado que permiten la movilidad de las personas y reparación de otras instalaciones críticas. En caso de inhabilitarse los territorios se ven afectados por aislamiento. Entre estas redes estratégicas están las que se indican en el Tabla N°9.

[9] Las sustancias peligrosas se definen según la Norma NCh/382 como aquella que por su naturaleza, produce o puede producir daños momentáneos o permanentes a la salud humana, animal o vegetal y a elementos materiales tales como instalaciones, maquinarias, edificios, entre otros. Los criterios que normalmente definen la peligrosidad son la inflamabilidad, corrosividad, reactividad toxicidad, patogenicidad y radioactividad.
[10] Líquidos inflamables y con combustión espontánea, Oxidantes y peróxidos orgánicos, Materiales venenosos (tóxicos) e infecciosos, Radioactivos Corrosivos, Materiales peligrosos misceláneos.
[11] Los embalses mayores son aquellos que tienen una capacidad máxima de 50.000 m3 o muros con más de 5 m de altura.

Tabla N° 9 Redes Estratégicas de Transporte

SISTEMA DE CARRETERAS Y CAMINOS	Vías que unen una localidad con otra y puede tener intersecciones con otras carreteras. El camino público debe cumplir con 2 condiciones: la 1ra., la vía o conjunto de vías al interior de áreas urbanas unan un camino público con otro; la 2da., promulgación de un decreto supremo donde se señale la calle o avenida en cuestión.	– Caminos Nacionales – Caminos Regionales Primarios – Caminos Regionales Secundarios – Caminos Comunales Primarios – Caminos Comunales Secundarios
SISTEMA PORTUARIO	Se organizan a través de la Dirección de Obras Portuarias, y se puede caracterizar según su propiedad (estatal y privada), según su uso (público y privado)[12]; y según su destino o propósito (puertos comerciales, industriales, deportivos, pesqueros, militares, etc.).[13]	– Propiedad Estatal – Propiedad Privados – Uso Público – Uso Privado
SISTEMA DE AEROPUERTO	Administrados directamente por la Dirección General de Aeronáutica Civil. Está compuesto por una red principal (terminales mayores), teniendo gran parte de éstos conexión internacional; una red secundaria (terminales de apoyo a red principal), los que centralizan el movimiento aéreo de las regiones en que están ubicados; y la red de pequeños aeródromos (asfaltadas o no pavimentadas, para ser usadas por aviones pequeños como servicio eventual o de recorrido especiales).	– Aeropuertos – Aeródromo
TERMINALES DE BUSES	Están diseñados para que los buses urbanos o interurbanos se estacionen temporalmente para recoger y dejar pasajeros. Pueden ser públicos o privados, sin embargo, se consideran edificios de uso público, por lo cual las edificaciones construidas al interior de terminales deben satisfacer las condiciones relativas a edificios de uso público. Su localización obedece a consideraciones como usos del suelo permitido, relación con las vías de acceso, y relación con el origen y/o destino del servicio.	– Deposito de buses – Área de estacionamiento, maniobra y circulación – Áreas almacenamiento y expendio de combustibles – Infraestructura física
SISTEMA FERROVIARIO	El sistema y explotación de las redes es administrado por la empresa EFE. Es un sistema con menos grados de libertad que otros de transporte. Los trazados utilizan criterios de diseño relativamente conservadores tanto en lo que se refiere a la resistencia de la subestructura como a la geometría de la vía férrea porque los accidentes ferroviarios tienen elevados costos tanto en las personas como en los bienes materiales.	– Vías – Estaciones – Patios de Carga

Fuente: Guía de Análisis de Riesgos Naturales para el Ordenamiento Territorial". Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (SUBDERE), Junio 2011

[12] El puerto de uso público es aquel que presta servicios indistintamente a cualquier usuario que lo requiera y que constituye una actividad independiente no accesoria a la industria principal de su propietario; el puerto de uso privado a aquel que ofrece un servicio exclusivo destinado a responder a las necesidades de la actividad principal de su propietario

[13] Puerto comercial tiene por misión fundamental ofrecer a los buques las instalaciones necesarias para efectuar las operaciones de embarque y desembarque de mercancías y personas.

b) Redes Estratégicas Vitales

Son redes que proporcionan servicios de primera necesidad y están distribuidos espacialmente en el territorio, abarcando grandes extensiones, por lo mismo están altamente expuestas a eventos naturales. De ser inhabilitadas algunas de estas redes la población presentaría una situación de emergencia. Entre estos sistemas estratégicos están las que se indican en el Tabla N°10.

Tabla N°10 Redes Estratégicas Vitales

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	El sistema de abastecimiento de agua potable es el conjunto de instalaciones, infraestructura, maquinarias y equipos utilizados para la captación, almacenamiento y conducción de agua cruda; tratamiento, almacenamiento y conducción de agua potable; redes de distribución, arranques de agua potable, incluyendo el medidor de consumo, grifos públicos u otras, que permiten abastecer de agua potable a un núcleo de población determinado.	– Sector Urbano: • Empresas Sanitarias (Privada). – Sector Rural • Comités y Cooperativas
SISTEMA DE ALCANTARILLADO	Corresponde a un conjunto de tuberías construidas bajo tierra en la vía pública, que se denominan colectores públicos, interconectándose con las viviendas mediante uniones domiciliarias, cuya función es recoger y transportar las aguas servidas. Es decir este sistema es una red que es utilizada para recolección y transporte de aguas residuales o de los efluentes líquidos de las viviendas a través de un sistema de conductos.	– Colectores Principales – Planta Tratamiento Aguas Servidas – Cámaras o Pozos de Inspección
SISTEMA ELÉCTRICO	El sistema de suministro eléctrico desarrolla las actividades de generación, transporte y distribución de electricidad, y están en manos privadas, cumpliendo el Estado una función reguladora, fiscalizadora y subsidiaria. En la industria eléctrica participan 26 empresas generadoras, 5 empresas transmisoras y 36 empresas distribuidoras. En el país existen 4 sistemas interconectados: el del Norte Grande (SING); el Central (SIC), estando la región de Atacama dentro de este sistema; el de Aysén y el de Magallanes.	– Generación – Transmisión – Distribución – Subestaciones transformación – Centros de transformación
SISTEMA DE TELECOMUNICACIÓN	Obedece a las redes que soportan la prestación de los servicios de comunicación a los usuarios finales. Son de 2 tipos: aquellas redes de servicio (telefonía fija, telefonía móvil, datos e internet), constituidas por un conjunto de elementos de red llamados generalmente nodos o switches; y aquellas redes de acceso que conectan a los usuarios finales con dichas redes de servicio.	– telefonía fija – telefonía móvil – internet

Fuente: Guía de Análisis de Riesgos Naturales para el Ordenamiento Territorial". Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (SUBDERE), Junio 2011

IV. SISTEMAS ESTRATÉGICOS A NIVEL REGIONAL

Sistemas Esenciales

a) Sistema de Salud

En la región de Atacama existen sistemas de salud cuya dependencia es tanto pública como privada. Dentro del sistema de salud pública – sistema que atiende la mayor parte de la población regional – está el Servicio de Salud de Atacama, "organismo estatal, funcionalmente descentralizado y dotado de personalidad jurídica y patrimonio propio, para el cumplimiento de sus fines". Sus misión es "contribuir a elevar el nivel de salud de la población de la región de Atacama, coordinando, asesorando y supervisando en materias de promoción, prevención de enfermedades, tratamiento y rehabilitación de las personas, a través de la integración de la Red Asistencial, gestionando con eficiencia prestaciones de salud de calidad, fomentando la participación ciudadana y asumiendo un compromiso con la relación asistencial-docente para la formación de profesionales y técnicos para el sector salud" (http://ssat.redsalud.gob.cl/?page_id=147, año 2018).

Como visión, la institución se ha planteado ser: "Un Servicio de Salud reconocido por la comunidad regional y nacional por la excelencia en sus resultados sanitarios y por la implementación del modelo de salud biopsicosocial en la red asistencial, que permita mejorar la calidad de vida de la población de la Región de Atacama". (Cuenta Pública, Año 2018).

La población censada en el año 2017 por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), contabiliza un total de habitantes que asciende a 286.168 personas, tomando como referente estos datos, se tiene que la población regional se atiende mayoritariamente en el sistema de salud público. Efectivamente, el total de población beneficiaria de Fonasa al año 2018 es de 243.857 personas, lo que representa el 85% de la población regional.

Por otra parte, aquella población inscrita en establecimientos de *Atención Primaria de Salud* (APS) asciende a los 227.003 habitantes, representando el 79% respecto del total regional

Tabla N° 10. Población inscrita en estableciemientos de Atención Primaria de Salud (APS)

Población Beneficiaria Fonasa 2011	Población Inscrita en APS 2011	Población Beneficiaria Fonasa 2018	Población Inscrita en APS 2018
220.325 personas	218.737 personas	243857 personas	227.003 personas
78 % sobre la pob. INE	77 % sobre la pob. INE	85 % sobre la pob. INE	79 % sobre la pob. INE

Fuente: Boletines Estadisticos www.fonasa.cl

De la información anterior se puede inferir que aproximadamente el 15% de la población opta por el sistema de salud privado, aunque lamentablemente no se cuenta con información especifica respecto a este punto. En las Tablas N° 10 y 11 se entrega información relativa a la infraestructura de salud, según se indica en los mismos.

Tabla N°11. Sistema de Atención en Salud por Comunas.

Comunas	Hospitales según Tipo				CESFAM	CES	Centro Atención Primaria de Urgencia (SAPU)
	T1	T2	T3	T4			
Chañaral				1	2		
Diego de Almagro				1		1	
Caldera					1		1
Copiapó	1(*)				8		2
Tierra Amarilla					1		1
Vallenar			1		4		1
Huasco				1		1	
Freirina					1		1
Alto del Carmen					1		1
TOTAL	1		1	3	18	2	7

(*)Tiene adosado un Centro Diagnostico Terapéutico (CDT).
Fuente: Cuenta Pública Año 2018

Tabla N°12. Establecimientos de Salud en Zonas Urbanas, Comunas Costeras.

Nombre Establecimeinto	Clasificación	Comuna	Dirección
Hospital Doctor Jerónimo Mendez	Hospital	Chañaral	Carrera 1126
CESFAM Doctor Luis Herrera	CESFAM		Prat N° 1595
CESFAM Modular de Chañaral	CESFAM		Avenida Aeropuerto S/N
CESFAM Rosario Corvalán	CESFAM	Caldera	Canal de Beagle S/N
CECOF Orfilia Rojas Lavin	SAPU		La Piña 1229
Hospital Doctor Manuel Magalhaes Medling	Hospital	Huasco	Canteras N° 105
CGU- Juan Verdaguer	CES		Maipú S/N Esq. Francisco Pizarro

Fuente: Cuenta Pública Año 2018

b) Sistema Educacional

Según los últimos registros de la población matriculada al año 2016 por tipo de educación prebasica-basica y media (INE), ésta ascendió a los 65.612 estudiantes, de los cuales 63,7% se matricularon en establecimientos municipales y 36,2% en establecimientos particulares (incluye subvencionado, no subvencionado y corporaciones). Del total de matriculados, tanto en el sistema municipal como particular, se tiene que el 12,3% corresponde a enseñanza pre-básica; 60,4% a enseñanza básica; y el 27,3% a enseñanza media. (Tabla N°13).

Tabla N°13
Total Matriculados por Tipo de Enseñanza y Dependencia año 2016

Educación Regular	Pre-Básica (a)	Básica (b)	Media (c)	TOTAL
Municipal	5.090	25.545	11.172	41.807
Particular (*)	2.989	14.115	6.701	23.805
Total	8.079	39.660	17.873	65.612

(a) Incluye particular subvencionado, particular pagado y corporaciones de administración delegada.
(b) incluye educación básica especial.
(c) Incluye modalidades científico-humanista y técnico profesional
Fuente: Elaboración propia en base al Compendio Estadístico INE, Año 2018

Respecto a la enseñanza superior, se tiene que al año 2016 total de matriculados fue de 12.554 alumnos, de los cuales el mayor porcentaje (55,3%) se matriculó en las universidades pertenecientes al Consejo de Rectores de la Universidades Chilenas (CRUCH), siguiéndole en orden de importancia aquellos estudiantes que optaron por los Institutos Profesionales (20,2%), los centros de formación técnica (15,6%), mientras que sólo el 8,8% de los alumnos se matricularon en instituciones privadas en la Región.

Respecto a la distribución de los establecimientos educacionales de nivel básica y media por comuna, ésta sigue el mismo patrón de localización de la población regional. Efectivamente, al considerar la localización de los establecimientos de enseñanza básica y media se observa que el 36,1% de éstos se localizan en la comuna de Copiapó, y el 20,6% en Vallenar, ambas con la mayor concentración de población a nivel regional. Por el contrario, las comunas de Huasco, Freirina y Chañaral son las que concentran el menor número de este tipo de establecimientos educacionales (aproximadamente el 3,9% para las dos primeras, y 5,2% para Freirina).

Tabla N°14
Establecimientos de Educación por Tipo de Dependencia. Según Comuna. Año 2017

Comunas	Educación Basica			Educación Media		
	Particular Suv.	Municipal	Particular	Particular Suv.	Municipal	Particular
Chañaral	1	6	-	-	1	-
Diego de Almagro	4	3	-	1	1	-
Caldera	2	5	-	2	1	-
Copiapó	9	23	5	10	6	3
Tierra Amarilla	1	9	-	-	2	-
Huasco	1	5	-	-	1	-
Freirina	-	5	-	-	1	-
Vallenar	3	21	1	3	3	1
Alto de Carmen	-	15	-	-	2	-
Total	21	90	6	16	18	4

(*) el listado anterior no incluye estableciemintos de nivel pre básico.
Fuente: Listado Comunal Ministerio de Educación, Año 2018

Al separar la información por enseñanza básica y enseñanza media, se tiene que los establecimientos de enseñanza media experimentan un notorio cambio en cuanto a la concentración de los mismos, el 50% de éstos se localizan en la comuna de Copiapó, bajando el número de establecimientos de enseñanza media en las restantes comunas, salvo en el caso de Vallenar, siendo la única comuna que incrementa el porcentaje de establecimientos que imparten este tipo de enseñanza (18,4%). Se da el caso que tres comunas sólo llegan a concentrar el 2,6% cada una de este tipo de establecimientos (Chañaral, Huasco y Freirina), en que que se emplazan un liceo por cada una de ellas. La situación en el resto de las comunas no es muy distintas, ya que estas solo suman un liceo más a su registro, siendo solo Caldera la que posee tres liceos concentrando el 7,9% de los establecimientos de la Región.

Tabla N°14
Establecimientos de Educación por Tipo de Dependencia. Según Comuna. Año 2017

Comunas	Municipal	%	Particular Subencionado	%	Particular Pagado	%	Total	%
Chañaral	10	76,9	3	23,1	-	-	13	5,8
Diego de Almagro	6	28,6	13	61,9	2	9,5	21	9,4
Caldera	7	53,8	4	30,8	2	15,4	13	5,8
Copiapó	33	41,3	29	36,3	18	22,5	80	35,7
Tierra Amarilla	11	84,6	2	15,4	-	-	13	5,8
Huasco	6	60,0	4	40,0	-	-	10	4,5
Freirina	7	100	-	-	-	-	7	3,1
Vallenar	29	65,9	9	20,5	6	13,6	44	19,6
Alto de Carmen	23	100	-	-	-	-	23	10,3
Total	132	59%	64	29%	28	12%	224	100%

Fuente: Listado Comunal Ministerio de Educación, Año 2018
Fuente: Elaboración propia en base al Compendio Estadístico INE, Año 2018

Tabla N°14. Estableciemintos por nivel de educación Región de Atacama

Comuna	Nombre Establecimiento	Dirección	Nivel
Chañaral	Mi Rayito De Sol	Merino Jarpa N° 1335 (Actualmente funciona en Esc. Jose Luis Olivares)	Jardin Infantil
	Tortuguita	Colo Colo 433 Pobl.Ampliacion.	Jardin Infantil
	Los Enanitos	Andres Bello 660-A	Jardin Infantil
	Cristo Rey	Calle Cristo Rey	Jardin Infantil
	Caracolito	Av. Raul Barrionuevo 309	Jardin Infantil
	Semilla Del Puerto	Dagoberto Godoy N 751	Jardin Infantil
	Escuela Diego Portales Palazuelo	Carlos Condell s/n	Escuela Basica
	Escuela Basica Gaspar Cabrales	Gabriela Mistral Nº 100 - Barquitos	Escuela Basica
	Escuela Basica Jose Luis Olivares Arancibia	Avda.Arturo Prat Esq.Libertad s/n	Escuela Basica
	Esc. Rehabilitacion Social Padre Luis Soto N.	Avda. La Paz s/n	Escuela Adulto
	Escuela Angelina Salas Olivares	Almirante Latorre s/n	Escuela Basica
	Escuela Iganocio Domeiko	Arturo Perez Canto Nº 515	Escuela Basica
	Escuela Gabriela Mistral	Manuel Montt s/n	Escuela Basica
	Escuela "Hispano America"	Galvarino Nº 184	Escuela Basica
	Liceo Federico Varela	Avda. Manuel Montt s/n	Liceo
Caldera	Manitos Pintadas	Ossa Varas N° 650	Jardin Infantil
	Pecezuelos	Avda. Arica N° 1300.	Jardin Infantil
	Mi Pequeña Estrella	Av Batallones De Atacama N° 1100	Jardin Infantil
	Las Dunas	Playa Chorrillos N° 616	Jardin Infantil
	Desierto Florido	Playa Chorrillos N° 962	Jardin Infantil
	Olitas de Mar Laboral	Covadonga 775 Pob.Juan Godoy	Jardin Infantil
	Rinconcito de Bondad	Lebu Esquina Salado	Jardin Infantil
	Mi pequeña Estrella	Av Batallones De Atacama N° 1100	Jardin Infantil
	Jardin Infantil Palomita Blanca	Ossa Varas 147	Jardin Infantil
	Arenitas de Atacama	Avenida Esmeralda N° 400	Jardin Infantil
	Escuela Manuel Orella Echañez	Ossa Varas Nº 501	Escuela Basica

	Escuela Byron Gigoux James	Avda.Arica/Avda.Esmeralda	Escuela Basica
	Esc. Villa Las Playas - Desarrollo Artistico	La Piña 800 Esq. Playa El Chuncho	Escuela Basica
	Colegio Padre Negro	Paipote s/n	Esc. Ba. y Liceo
	Colegio Particular Caldera	Edwards Nº 285	Esc. Ba. y Liceo
	Esc. Especial de Trastornos Lenguaje "Stella Maris"	Edwards Nº 897	Esc. Especial
	Liceo Manuel Blanco Encalada	Canal Beagle s/n	Liceo
Huasco	Villa San Pedro	Las Heras s/n	Jardin Infantil
	Condell Sur	21 de Mayo s/n	Jardin Infantil
	Burbujitas del Saber	Patria Nueva s/n Pob. Huasco III.	Jardin Infantil
	Villa Las Palmas	Villa Las Palmas Cipres s/n	Jardin Infantil
	Escuela Jose Miguel Carrera	Las Heras Nº 317	Escuela Basica
	Escuela Mireya Zuleta Astudillo	Maestranza Nº 115	Escuela Basica
	Colegio "English College"	Pedro De Valdivia Nº 437	Escuela Basica
	Liceo Japón	Ignacio Carrera Pinto Nº 531	Liceo

Fuente: Elaboración propia en base al Compendio Estadístico INE, Año 2018

c) Sistemas de Emergencia

En la funcionalidad del Sistema de Protección Civil en sus fases de Prevención, Atención y Recuperación y actividades relacionadas al ciclo del manejo del riesgo, siempre es posible identificar un mando técnico, asociado a una organización o sector, un mando de coordinación, asociado a los directores de protección civil o emergencia y un mando de autoridad, asociado a las autoridades de gobierno interior (alcalde, gobernador, intendente, Ministro del Interior)[14].

Al ocurrir una emergencia siempre participa por lo menos un organismo de respuesta, que se relaciona con el conocimiento y manejo del evento específico, constituyendo un Mando Técnico frente a esa situación. Este mando técnico es reconocido por otros organismos que concurren a la emergencia y tácitamente se convierten en servicios de apoyo a la función principal de acuerdo a sus funciones específicas. Un ejemplo de lo anterior queda graficado frente a la ocurrencia de un incendio, donde se reconoce que el mando técnico en este caso lo ejerce Bomberos, concurriendo además, Carabineros, unidades de Salud, servicios municipales, etc., que giran en torno a la actividad que realiza Bomberos, reconociendo su liderazgo en la materia. Así también los medios de comunicación centran su actividad principalmente en la información que pueda entregar Bomberos.

De acuerdo a la Guía de Riesgos Naturales (Subdere, 2010) el sistema de emergencia está compuesto principalmente por el Cuerpo de Bomberos, dado que proporciona uno de los principales recursos humanos para atender la emergencia (incendios, rescate o salvamente) generada por un desastre natural. Cada Cuerpo de Bomberos, es una corporación privada, con personalidad jurídica y estatutos propios, estando ampliamente distribuidos en el territorio, pero con atribuciones diferentes entre sí, tanto por la diversidad de emergencias que deben atender, como por el tamaño y características de la comunidad a la que sirven, sin embargo, todos tienen la misma organización básica.

[14] PLAN NACIONAL. Instrumento Indicativo para la Gestión Integral Decreto N° 156, 12 de marzo de 2002

- *Bomberos*

La Compañía de Bomberos corresponde a la unidad básica de la organización bomberil. Las Compañías deben ser autosuficiente en cuanto a recursos: cuartel, carro, equipos de comunicaciones y material de trabajo. Dependen del respectivo Cuerpo de Bomberos. En el caso de los Cuerpos de Bomberos, éstos desarrollan su labor en una o más comunas, siendo la máxima autoridad de cada cuerpo de bomberos un directorio, encabezado por su superintendente, en quien residen los poderes administrativos. Las acciones operativas están a cargo del Comandante, al que corresponde dirigir las acciones de respuesta a la emergencia. En la Tabla N°15 se señalan el número de Compañías y Cuerpo de Bomberos por comuna costera.

Cuadro N°15
Compañía y Cuerpos de Bomberos Región de Atacama.

COMUNAS	Dirección
Chañaral	Merino Jarpa 570
Caldera	Ossa Cerda 370
Huasco	Latorre 346

FUENTE: www.bomberos.cl

- *Carabineros*

De acuerdo al Plan Nacional de Protección Civil, en los que respecta al Comité de Protección Civil , en éste deberán estar representados los servicios, organismos, cada una de las ramas de las Fuerzas Armadas y Carabineros del área jurisdiccional respectiva, e instituciones de los sectores públicos y privados que, por la naturaleza de sus funciones e importancia de sus recursos humanos y materiales disponibles, sean necesarios para la prevención de riesgos y solución de los problemas derivados de emergencias, desastres y catástrofes[15].

A nivel de Unidades, la región de Atacama cuenta con una Prefectura de Carabineros, a cargo de un Oficial Jefe[16] y localizada en la comisaria de Copiapó, tres Comisarías que se sumadas a la prefectura, localizadas en las ciudades de Chañaral, Vallenar y El Salvador; y 6 Subcomisarias. Tanto las Comisarías como las Subcomisarias son unidades son básicas del servicio policial y están comandadas por un Oficial Jefe del grado de Mayor y dependen Prefecturas o Subprefecturas. A nivel de Destacamento, la región de Atacama cuenta con 4 Tenencias y 10 Retenes, los que son comandados por un funcionario de los grados de Suboficial Mayor a Cabo, en lo posible graduado. Ambas dependen de las Comisarias, Subcomisarias o Tenencias (Tabla N°16).

[15] PLAN NACIONAL Instrumento Indicativo para la Gestión Integral Decreto N° 156, 12 de marzo de 2002
[16] Teniente Coronel Sr. Guillermo Alfonso Benítez Paredes

Tabla N°16
Distribución de las Unidades y Destacamentos de Carabineros de Chile. Región de Atacama.

Comunas	Unidades			Destacamento	
	Prefecturas	Comisarías	Subcomisarias	Tenencias	Retenes
Chañaral	-	1	1	-	1
Diego de Almagro	-	1	1	-	1
Caldera	-	-	1	-	-
Copiapó	-	1	1	1	2
Tierra Amarilla	-	-	1	-	1
Vallenar	-	1	-	1	2
Alto del Carmen	-	-	-	1	3
Huasco	-	-	1	-	-
Freirina	-	-	-	1	-
Total	-	4	6	4	10

Fuente: Geoporta, Catálogo Nacional de Inf. Geoespacial - 2018 (http://www.geoportal.cl)

d) Instituciones Públicas

El Sistema de Gobierno y Administración Regional, se estructura según se indica:

- El Gobierno Interior de la Región corresponde al Intendente, en su calidad de representante del Presidente de la República.
- La administración de la región corresponde al Gobierno Regional, compuesto por el Intendente, como órgano ejecutivo, y el Consejo Regional, como órgano resolutivo, nominativo y fiscalizador de aquél.
- Las funciones de administración son apoyadas por las Secretarías Regionales Ministeriales, órganos desconcentrados de los Ministerios, subordinados en el ámbito regional al Intendente.
- A nivel provincial el Gobierno corresponde al Gobernador, subordinado al Intendente. Su administración también compete a aquél como órgano desconcentrado del Intendente, en cuanto ejecutivo del Gobierno Regional.
- Existe como instancia de representación consultiva el Consejo Económico y Social Provincial, presidido por el Gobernador.
- La administración comunal corresponde a la Municipalidad, compuesta por el Alcalde como autoridad superior y el Concejo, presidido por el Alcalde como órgano resolutivo, nominativo y fiscalizador de aquél, ambos de elección popular y cuya duración es de 4 años. Para cumplir sus funciones, la Municipalidad cuenta con Unidades como: la Secretaría Comunal de Planificación y Coordinación, Dirección de Obras, Dirección del Tránsito, entre otras.

Por otra parte, la Constitución Política de la República de Chile, al consagrar las Bases de la Institucionalidad, dispone que es deber del Estado "dar protección a la población y a la familia"[17]. De ello se desprende que es el Estado, ente superior de la nación, es el encargado de la función pública

[17] Art. 1º, inciso quinto

denominada Protección Civil. Para la ejecución y desenvolvimiento de las acciones derivadas o vinculadas con la atención de aquella función pública, se han asignado competencias y otorgado facultades y atribuciones a diversos órganos de la Administración del Estado, de distinto nivel, naturaleza y contexto jurisdiccional, mediante disposiciones legales dictadas en diferentes épocas, lo cual ha ido estructurando un Sistema de Protección Civil que, en esencia, tiende a lograr la efectiva participación de toda la nación para mejorar las capacidades de prevención y respuesta frente a eventos destructivos o potencialmente destructivos, de variado origen y manifestaciones[18].

En cumplimiento de lo establecido en la ley N°16.282[19], y en el D.L. N°369, de 1974[20], el Reglamento de la Ley Orgánica de ONEMI[21], dispuso la constitución de Comités de Emergencia Regionales, Provinciales y Comunales, con el carácter de comisiones de trabajo permanentes, presididos por el Intendente, Gobernador o Alcalde respectivo, y la constitución de los Centros de Operaciones de Emergencia, COE, esto es, el lugar o espacio físico que debe ser habilitado por la respectiva Autoridad Regional, Provincial y Comunal, para que se constituyan en él, en su oportunidad, las personas encargadas de administrar las emergencias o desastres que se produzcan y de adoptar o proponer, según proceda, las medidas de solución que de tales eventos se deriven (arts. 27, 28 y 29).-

En la estructura para la gestión en protección civil para cada nivel jurisdiccional (comuna, provincia, región o país), se establece que el Comité de Protección Civil para una eficiente y efectiva acción en protección civil, y frente a la emergencia o desastre, se debe trabajar coordinadamente con los organismos o instituciones del Sistema de Protección Civil de un área jurisdiccional determinada.

Dicho Comité lo integran instituciones y organismos públicos y privados, que por mandato legal, competencia o interés, puedan aportar a la gestión de protección civil. A nivel regional son presididos por el intendente regional, gobernador provincial y alcalde respectivo, quienes tienen la facultad de fijar, por resolución fundada, las normas especiales de funcionamiento de los mismos, convocar a los miembros que los integrarán y el orden de subrogación. (Tabla N°17)

[18] PLAN NACIONAL Instrumento Indicativo para la Gestión Integral Decreto N° 156, 12 de marzo de 2002
[19] Dictada en el año 1965 a raíz del terremoto registrado ese año n la zona central, otorga en su Título I facultades para la adopción, en casos de sismos o catástrofes de una serie de medidas especiales que pueden ser aplicadas por un lapso de doce meses contados desde la fecha del sismo o catástrofe, plazo que podrá ser extendido hasta por igual período. Asimismo, previene que el Ministerio del Interior tendrá a su cargo la planificación y coordinación de las actividades que establece esa ley y la atención de aquel tipo de evento (art. 2 l).
[20] Del año 1974, crea la Oficina Nacional de Emergencia con el carácter de servicio público centralizado dependiente del Ministerio del Interior, cuya misión es la planificación, coordinación y ejecución de las acciones destinadas a prevenir o solucionar los problemas derivados de sismos o catástrofes.
[21] D.S. Nº 509, de 1983, de Interior.

Tabla N°17
Institucionalidad Pública Regional

Nombre	Comuna	Dirección
Gobierno Interior		
Intendencia y Gobierno Regional	Copiapó	- - -
Gobernaciones Provinciales		
Gobernación de Chañaral	Chañaral	Calle Buin N° 462
Gobernación de Copiapó	Copiapó	- - -
Gobernación de Huasco	Vallenar	- - -
Administración Territorial (municipalidades)		
Municipalidad de Chañaral	Chañaral	Almirante Latorre N°700
Municipalidad de Diego de Almagro	D. de Almagro	- - -
Municipalidad de Caldera	Caldera	Matias Cousiño N° 395
Municipalidad de Copiapó	Copiapó	- - -
Municipalidad de Tierra Amarilla	T. Amarilla	- - -
Municipalidad de Vallenar	Vallenar	- - -
Municipalidad de Alto del Carmen	A. del Carmen	- - -
Municipalidad de Huasco	Huasco	Calle Craig N° 530
Municipalidad de Freirina	Freirina	- - -
Otras Instituciones Públicas		
Ministerio Obras Públicas (*)	Copiapó	- - -
Dirección Regional ONEMI	Copiapó	- - -
Gobernación Marítima de Caldera	Caldera	
Capitanía de Puerto Chañaral	Chañaral	Panamericana Norte s/n Km. 971.
Administracion regional de aduana	Chañaral	Panamericana Norte Nº 70
Capitanía de Puerto de Caldera	Caldera	Whell Wright N° 441
Capitanía de Puerto de Huasco	Huasco	Conchería N° 104
Dirección Regional SAG	Copiapó	- - -
Dirección Regional INDAP	Copiapó	- - -
Dirección Regional CONAF	Copiapó	- - -
Consejo de Defensa del Estado	Copiapó	- - -
Dirección Servicio Salud de Atacama	Copiapó	- - -
Dirección Regional SERNAPESCA	Caldera	Arturo Prat N° 58
Dirección Regional Servicio Médico Legal	Copiapó	- - -
Dirección Regional de Gendarmería	Copiapó	- - -
Superintendencia Electricidad Combustibles	Copiapó	- - -
Dirección Regional SERVIU	Copiapó	- - -

(*) Dirección Regional de Vialidad, Aeropuertos, Aguas, Planeamiento, Obras Hidráulicas, Portuarias.

Sistemas con Alto Potencial de Daño

e) Sistema de Combustibles y Sustancias Peligrosas

El sistema de combustibles y sustancias peligrosas es relevante en el ámbito de los hidrocarburos principalmente para la producción de energía[22]. Según la Comisión Nacional de Energía, el consumo neto de hidrocarburos correspondió al 39,2% del consumo bruto de energía primaria el año 2015, llegando el consumo neto de petróleo crudo al 20,6%, mientras que el carbón alcanzó al 18%. La principal fuente de suministro de crudo para Chile son las importaciones, que durante el 2015 alcanzaron a 8.461.964.644 de TON, siendo los principales proveedores de crudo Brasil (60%) y Ecuador (37%), además de EEUU, Peru, Argentina y Angola, los que en conjunto sólo llegan a proveer el 2,2%. El consumo de combustibles derivados del petróleo, por su parte, alcanzó en el 2015 a 4.752.943.633 Ton, de los cuales el 90 de estas importanciones provinieron de EEUU y un 10% de Japon.

En la actualidad el sector hidrocarburos líquidos se encuentra constituido por la Empresa Nacional del Petróleo (ENAP) y por compañías privadas. El rol de ENAP y sus filiales se basa en su participación en la exploración y explotación de petróleo, refinación, servicios de almacenamiento y transporte de productos.

La distribución de combustibles a público está constituida por compañías privadas. En el caso de los combustibles líquidos derivados del petróleo se encuentran presentes las compañías Copec, Esso, Shell y Terpel (ex YPF), las que concentran en torno al 98% de las ventas. Respecto de gas licuado, las compañías privadas presentes en la comercialización en cilindros y granel son Lipigas, Abastible, Uligas y Gasco, de las cuales, las dos primeras concentran en torno al 72% del mercado.

En cuanto al transporte de combustibles éste es realizado vía terrestre a través de camiones y a través del sistema de ductos. En el primer caso, el transporte es realizado por flotas propias o subcontratadas de las propias compañías ya señaladas, mientras que en el segundo, los ductos de transporte se encuentran operados según corresponda por ENAP o SONACOL.

- *Capacidad Productiva y de Almacenamiento.*

La capacidad conjunta de refinación de las tres refinerías pertenecientes a la Gerencia de Refinación y Comercialización de ENAP, Aconcagua y Bío Bío y Gregorio, asciende a 36.000 metros cúbicos diarios, lo que equivale a 13 millones de metros cúbicos anuales. Los terminales de almacenamiento se encuentran distribuidos a lo largo del país, teniendo la región de Atacama una capacidad de almacenamiento en Combustibles Líquidos de 22.913,04 m^3, en dos puntos de la región siendo ellos, Copiapó y Caldera.[23] Respecto de los terminales marítimos –utilizados para la recepción y despacho de petróleo crudo y combustibles entre barcos y plantas de almacenamiento –, éstos se encuentran ubicados principalmente en las regiones de Antofagasta, Valparaíso, Biobío y Magallanes. En el caso

[22] En términos generales los hidrocarburos son energéticos que en su estructura química se componen principalmente de átomos de carbono e hidrógeno. Para efectos de la Comisión Nacional de Energía, los hidrocarburos son los energéticos presentes en la matriz de energía primaria o secundaria de origen o derivados de los combustibles fósiles. Así dentro de los hidrocarburos encontramos en la matriz primaria al petróleo crudo, el gas natural, el carbón mineral.
[23] https://www.enap.cl/pag/89/996/capacidad_productiva y http://energiamaps.cne.cl/# (2018)

de Atacama, se tiene que en la región existen 4 terminales marítimos, localizándose uno en la comuna de Chañaral, 1 en Caldera y 2 en Huasco (Tabla N°18).

Tabla N° 18
Concesiones Terminales Marítimos relacionados con Hidrocarburos. Región de Atacama

Terminal	Puerto	Concesionario	Combustible Manejado
Terminal Petrolero Codelco	Chañaral	Codelco Chile, Div. El Salvador	Diesel - Fuel Oil
Terminal Planta COPEC	Caldera	Compañía Petróleos de Chile (Copec)	Petroleo - Gasolina
Guacolda I	Huasco	Empresa Eléctrica Guacolda S.A.	IFO 380 - Diesel
Guacolda II	Huasco	Cía. Minera del Pacífico S.A.	IFO 380 - Diesel

Fuente: http://energiamaps.cne.cl/# (2018)

- *Distribución De Combustibles A Público y Estaciones de Recepción de Gas Licuado*

Tal como señaló anteriormente, la distribución al público de combustibles líquidos derivados del petróleo está constituida por compañías privadas. En la región de Atacama existen registradas un total de 23 estaciones de servicio, las que expenden desde gasolina 93 hasta kerosene y petróleo diese (Tabla N°19).

Tabla N°19
Estaciones de Servicio Combustibles. Región Atacama.

Comuna	Nombre	Dirección
Chañaral	Petrobras	Panamericana Norte s/n
	Copec	Merino Jarpa con Ruta 5 N°973
	Shell	Longitudinal Norte, Sector: Punta Colorada
Diego de Almagro	Copec	Av. El Tofo N°043
		Manuel Antoni Matta N°400
Caldera	Copec	Edwards 207 con M. Montt
	Petrobras	Ruta 5N, Km. 877
	Copec	Carretera Panamericana, C. Calderilla Ruta 5 Oriente
Copiapó	Copec	Av. Los Loros 1310
		Carretera Panamericana N° 255
		Av. Henríquez N°504
		Av. Copayapu 2024
		Carretera Panamericana Norte Km. 834
		Av. Copayapu con Callejon Zorraindo
	AutoGasco(*)	Ruta 5 Norte Km 814,5 000
		Sindicato de dueños independientes taxis colectivos Línea N° 24, Venancio Diaz esquina Juncalito s/n
	Petrobras	Av, Copayapu 957
		Panamericana Norte S/N 00,Copiapó
		Camino Diego de Almagro 660,Copiapó
	Shell	Eleuterio Ramírez 776
		Av. Freire 310
		Av. Circunvalación con Chacabuco
		Los Carrera 3356
		Av. Copayapu 852

		Av. Copayapu con Callejon Ricardo Vallejos
	Abastible	Los Loros 1264
	Lipigas	Panamericana Norte Km 813
Tierra Amarilla	Copec	Av. Miguel Lemeur 427
Huasco	Copec	Ignacio De La Carrera N° 167
	Shell	Carretera Huasco
Vallenar	Copec	Panamericana Norte con Cruce camino Huasco
		Miraflores 510
		Marañon 614
		Brasil 1001
		Panamericana Norte con Cruce camino Huasco
	Shell	Ramirez Avda. Matta 1
		SerranoValdivia 1892
		Serrano 299
	Petrobras	Panamericana Norte con Cruce camino Huasco

(*) (GLP Vehicular). Fuente: http://energiamaps.cne.cl/# (2018)

Respecto de gas licuado, las compañías privadas presentes en la comercialización en cilindros y granel son Lipigas, Abastible, Uligas y Gasco, de las cuales (Cuadro N°20).

Tabla N°20
Localización Distribuidoras Gas Licuado. Región de Atacama

Nombre	Comuna	Dirección
Abastible	Chañaral	Manuel Rodriguez N° 111
Lipigas	Diego de Almagro	Av. Lautaro, 906
Lipigas	Salvador	Av. El Tofo esquina Washington
Lipigas	Caldera	Batallones de Atacama 557
Abastible	Caldera	Batallones de Atacama 251
Gasco	Copiapó	Panamericana Norte 149
Gasco	Copiapó	Onix 2011
Lipigas	Copiapó	Ruta 5 Norte, 3901 - Km.814,5
Abastible	Copiapó	Av. Circunvalacion N° 962
Abastible	Copiapó	RUTA 5 NORTE KM 812
Abastible	Vallenar	SERRANO N° 201
Lipigas	Vallenar	Miraflores 510
Gasco	Vallenar	Barrio Industrial S/N Lote 6

Fuente: Paginas web de distribuirdoras (2018)

f) Acumulación de Agua

Dentro de los sistemas de acumulación de agua están las represas y embalses. Los primeros tienen por objeto generación de energía hidroeléctrica o para el depósito de agua; los segundos son sistemas de acumulación de agua, sean de origen natural o artificial. En el caso embalses artificiales el objetivo

principal es asegurar la disponibilidad de agua para su uso posterior, principalmente en actividades agrícolas (regadío/ canalización del riego).

Para efecto del presente estudio, la importancia del análisis de este tipo de infraestructura radica en la localización de la misma en relación a los asentamientos humanos que pudiesen estar situados aguas abajo de estos sistemas de acumulación de agua. Ello debido a que eventuales fracturas del muro o dique de contención –sea ésta provocada por fatiga de material o por un sismo– ya que este hecho puede llegar ser alto riesgo para la población. La región de Atacama cuenta con dos sistemas de embalses artificiales, de los cuales se dará cuenta en los siguientes acápites.

i) Embalses Artificiales

Este tipo de infraestructura es demandada especialmente en aquellas regiones donde la disponibilidad de agua está por debajo de aquella que asegura el desarrollo tanto de los asentamientos humanos como socio-económico y ambiental.

En la región de Atacama existen 2 embalses artificiales: Santa Juana, localizado en la comuna de Vallenar, y Lautaro, situado en la comuna de Copiapó.

- *Embalse Santa Juana*

La construcción de este embalse se inició a fines del año 1991 y se terminó de construir a mediados del 1995. La presa se ubica aproximadamente a unos 20 Km al oriente de Vallenar (Figura 52). El objetivo de su construcción fue mejorar la producción agrícola de la zona del Valle de Huasco[24].

Tiene una longitud de aprox. 10 km. de largo, una superficie inundada 410 hectáreas, una altitud de 550 m.s.n.m., y una capacidad útil de 166 Hm3[25], consiguiendo 12 mil hectáreas de riego lo que permite mantener el desarrollo de la agricultura en el valle. Sobresale su imponente muro de contención de 114,30 metros de alto.

Previo a su construcción, en el Valle del Huasco existía un sistema de canales que extraía las aguas del río Huasco y sus afluentes, teniendo como propósito regar una importante zona agrícola que no recibía el agua con la seguridad necesaria, motivo por el cual no era posible mantener tipos de cultivos más rentables. Se debe tener presente que sin el embalse los recursos de agua eran bastante escasos, especialmente en las épocas de sequía donde se llegaba a contar con una disponibilidad de 1m³/s, lo que no permitía cultivo estable alguno en el área[26].

- *Embalse Lautaro*

El embalse Lautaro fue construido entre los años 1928 y 1942, y está ubicado en el valle del río Copiapó, unos 20 Km aguas abajo del lugar denominado Juntas, punto de confluencia de los ríos

[24] En las secciones Uno, Dos, Tres y Cuatro, vale decir en los valles de los ríos El Carmen, El Tránsito y Huasco.
[25] Esta capacidad permite incrementar la superficie regada desde 2.000 ha, con seguridad 85% en la situación sin embalse, a 10.000 ha, con seguridad 85%, con embalse.
[26] "El Riego en Chile", Juan Sandoval J., Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Obras Hidráulicas. Año 2003

Jorquera, Pulido y Manflas, afluentes del río Copiapó. Se encuentra aproximadamente a 90 Km al sureste de la ciudad de Copiapó (Figura 49).

Su objetivo básico era regular el caudal del río y asegurar el riego potencial de unas 6.000 ha del valle de Copiapó, teniendo también un objetivo secundario cual era actuar como tranque de retención de aguas lluvia en periodos de fuertes precipitaciones, evitando así probables inundaciones. Tiene una capacidad de almacenamiento de 37,3 Hm³ (su capacidad bajó a 25.7 Hm³, por efectos de un aluvión originado en el valle del río Manflas), una altura máxima del muro de 30 metros, una superficie inundada a la cota del vertedero de 326 ha, y una superficie hoya hidrográfica: 6.700 Km^2.

Este embalse ha presentado diversos problemas durante su vida útil lo cual ha obligado a la Dirección de Obras Hidráulicas a efectuar estudios y trabajos de normalización en el vertedero, muro, sistema de entregas de agua y otros. Tales trabajos no dieron los resultados esperados por lo que no ha sido posible llevar una estadística de su comportamiento. Posterior a estas reparaciones se han realizado otras, pero a pesar de ello el embalse continúa sin prestar muchos beneficios. Es importante señalar que debido a su infiltración permanente y considerable, permite alimentar napas y vertientes que en gran medida afloran en la localidad de La Puerta a unos 20 Km aguas abajo del embalse, con caudales del orden de 1 a 2 m³/s, aun estando cerradas las válvulas de entrega[27].

- *Almacenamiento de Agua Potable Areas Urbanas Comunas Costeras*

La Aducción Copiapó – Caldera (denominada Nueva), puesta en funcionamiento hacia el año 1998, abastece al estanque elevado de Caldera (Recinto Antiguo) y se desarrolla principalmente en acueducto, hasta el sector del Nudo CORFO (Km 65,07), con una longitud total es de 78 km.

La Aducción Copiapó - Chañaral se materializó en el año 1972 y nacía del recinto Cancha Rayada para posteriormente prolongarse hasta el recinto Vicuña. Tiene una longitud 173 km y se desarrolla en presión y abastece además de la ciudad indicada, a la localidad de Barquitos, los villorrios San Pedro, Flamenco, Rodillo, así como otros consumos menores en camino. Esta conducción cuenta a partir de las cercanías del Estanque de carga Montevideo (Km 79,74), actualmente fuera de uso, con tramos en paralelo, así como cañerías de acero hasta 450 mm.[28]

La ciudad de Caldera cuenta con dos recintos de regulación denominados “Estanque Antiguo” y “Estanque Antena”. En el primero de ellos, se emplazan dos estanques que abastecen a distintas zonas de la ciudad. La zona alta se abastece de un estanque elevado de 1.500 m^3 de volumen y la zona baja desde un estanque semienterrado de 1.000 m^3. El estanque elevado es alimentado directamente desde la Nueva Aducción Copiapó – Caldera y el semienterrado desde un arranque de la Aducción Corfo - Caldera y alternativamente de la aducción proveniente de Copiapó. El estanque Antena es semienterrado de 1.000 m^3 y se alimenta desde la Aducción Corfo – Caldera. De este estanque se abastecen el sector Poniente de Caldera y el Balneario de Bahía Inglesa. La ciudad de Chañaral, en tanto, cuenta sólo con un estanque semienterrado de 4.000 m^3, en cuyo recinto es reclorada el agua transportada desde Copiapó.

[27] Nota 52.
[28] Mejoramiento de la Aducción Copiapó – Caldera – Chañaral (Aguas Chañar 2009)

g) Sistemas de Carreteras

La región actualmente cuenta con un 17% de caminos pavimentados (1.214 km) siendo la media nacional de 21,8%; un 34%, en estándar de bischofita y sal(2.459 km) siendo la media nacional de 10,6% y un 49% de caminos en estándar de ripio y tierra (3.549 km) siendo la media nacional de 67,6%.
Por otra parte la Dirección de Vialidad del MOP cuenta con 9 puntos en la Región donde sus caminos atraviesan sectores urbanos.

Tabla N° 21. Resumen de la Red Vial Actual.

Provincia	Pavimentos					Bischofita	Sal	Ripio	Tierra	Total Gral.
	Asfalto	DTA	Cape Seal	Sello	Hormigon					
Chañaral	221		63	1		575	236	42	1.030	2.169
Copiapo	295	114	89	1	4	956	160	210	1.477	3.307
Huasco	259	49	104	14		531		278	511	1.746
Total Gral.	774	162	257	17	4	2.062	397	531	3.018	7.222

Fuente: Plan de Infraestructura y Recurso Hidrico 2012-2018 MOP

En cuando a las comunas costeras, que cuentas con zonas urbanas en la región se informa la siguiente cantidad de red vial por comunas.

Tabla N° 22. Resumen de la Red Vial Actual por Comuna (km).

Comuna	Pavimento	Estabilizado	Ripio	Tierra	Sin Info.	Total
Chañarl	147	401	11	484	3	1046
Caldera	107	255	40	171	59	632
Huasco	14	166	32	20	44	276
Total	268	822	83	675	106	1954

Fuente: Cartografia Vialidad 2017

h) Sistemas Portuarios

Los sistemas portuarios localizados en la Región de Atacama son ocho (8) con capacidad de atraque y que se detallan en el Tabla N°23, más dos terminales que no cuentan con esta cualidad de atraque que son Terminal Petrolero Barquitos y el Terminal Marítimo Pesquero, Bahía Caldera S.A.

a. Terminal Petrolero Barquitos: Posee un sitio de 250 mts de eslora, con capacidad de descargar sólo una nave a la vez, además posee 3 boyas de amarre (Shoa N°2213), permitiendo la transferencia de carga líquida de hidrocarburos de importación y cabotaje.

b. Terminal Marítimo Pesquero: Situado al Norte del Puerto de Caldera. El objeto es la utilización de mejora fiscal para amparar las instalaciones básicas de operaciones de flota pesquera, utilizando el muelle en faenas de abastecimiento, mantención, reparación y fondeadero de sus embarcaciones. En el año 2007 se solicita modificación de objeto, además de solicitarse el otorgamiento de una CCMM mayor, la que incluye desarrollo de obras para amparar la instalación de una planta elaboradora de harina y aceite de pescado con sus anexos, canchas

de secado, bodegas para almacenamiento, estanques para guardar aceite de pescado, oficinas, facilidades para el personal, talleres, un pontón bomba de 1012 TRG, 2 cañerías conductoras de pescado, 2 cañerías conductoras de agua de mar, 1 cañería de desagüe de agua de mar y un emisario para la evacuación de riles.

Tabla. N°23. Detalle Puertos, Region de Atacama.

Puerto	Totralillo	Rocas Negra	Punta Caldera	Punta Padrones
Ubicación	Caldera	Caldera	Caldera	Caldera
Propietario	Cía. Minera del pacifico	Cía de petróleos del Chile Copec	Puerto Caldera S.A	Minera Candelaria S.A
Operación	Recibe mineral de hierro (pulpa) desde minera Candelaria	Abastece de petróleo a gran parte de la III región	Embarque de uva de mesa y carga de general	Concentrado de cobre
Cap. Max				
Calado	18 m	12 m	11,2 m	12 m
Eslora	320 m	200 m	222 m	240 m
Manga	55 m	32 m	31,4 m	35 m
Productos	Pulpa de hierro magnetico	petroleo	Frutas, equipo, maquinarias, harina de pescado y minerales	Concentrado de cobre
Puerto	**Barquito**	**Las Lozas**	**Guacolda 1**	**Guacolda 2**
Ubicación	Chañaral	Huasco	Huasco	Huasco
Propietario	Codelco Div. Salvador	Agrosuper y CAP operaciones	Empresa Electrica Guacolda S.A	Cía. Minera del Paifico
Operación	Abastecimiento de petróleo para las faenas mineras de codelco	Construido y en operación	Terminal mecanizado de 182 x 17,5 con dos gruas 15 ton c/u y cancha acopio 320.000 ton	El muelle tiene dos gruas con cap 15 ton c/u y cancha acopio 320.000 ton
Cap. Max		60.000 ton	75.000 ton	200.000 ton.
Calado	12,5 m	13 m	14 m	22 m
Eslora	220 m	214 m	250 m	315 m
Manga	50 m	32 m	50 m	50 m
Productos	Cobre, petróleo y acido sulfurico	Maíz, soya, harinilla, carbón y contenedores	Carbón. Fierro, caliza, cal y petroleo	Petróleo y granel solido pellets hierro

Fuente: Plan de Infraestructura y Recurso Hidrico 2012-2018 MOP

i) Sistemas de Comunicaciones

El 61% de la población tiene acceso a internet; diferenciándose en un 62% de acceso a nivel urbano y un 42% de acceso a nivel rural. Por otro parte el 62% de usuarios a nivel nacional tiene acceso a Internet, mientras que en países desarrollados los usuarios de internet llegan al 78% (Plan de Infraestructura y Recurso Hidrico 2012-2018 MOP).

En cuanto a la señal telefónica en la región el 72% de las antenas perfenecen a las empresas de Telefonica Moviles de Chile (38%) y a Entel Telefonia Movil (34%), mientras que el 20% queda en poder de Claro Chile S.A. De todas las antenas telefónicas intaladas en la región estas se distribuyen por comuna de la siguente manera:

Tabla N°24: Distribución de antenas de telefonía por comuna

Comunas	N° de Estaciones	% por comuna
Chañaral	27	7,1 %
Diego de Almagro	28	7,3 %
Caldera	37	9,7 %
Copiapó	154	40,3 %
Tierra Amarilla	33	8,6 %
Huasco	16	4,2 %
Freirina	5	1,3 %
Vallenar	62	16,2 %
Alto del Carmen	20	5,2 %
Total	382	100 %

Fuente: Cartografia MMT

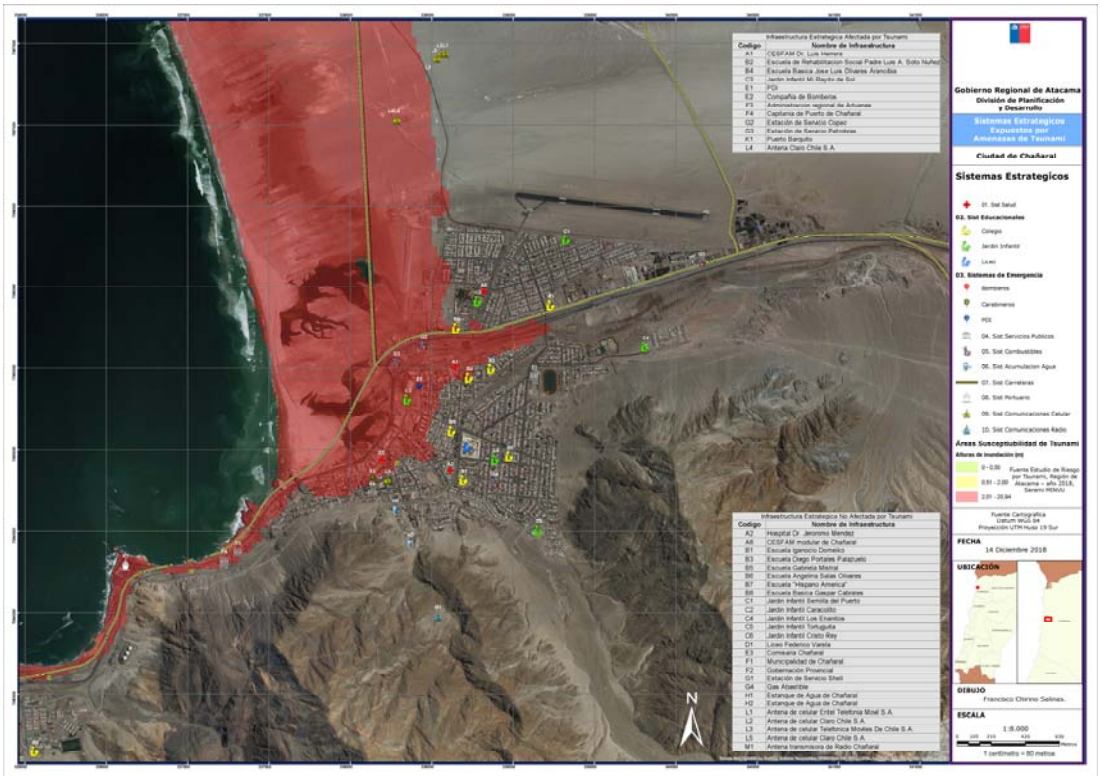
En cuanto a las antenas de radio el 62% están ubicadas en asentamientos, mientras que el 29% de ellas están ubicadas al interior de las ciudades. Por otra parte 11 de las 21 antenas son trasmisoras mientras que el resto son de tipo repetidora y decodificadoras, mientras que de estas estaciones trasmisoras dos se encuentran ubicadas en Chañaral, una en Diego de Alamagro, una en Caldera, dos en Copiapó, una en Vallenar y las otras cuatro en Alto del Carmen.

V. EXPOSICIÓN DE POBLACIÓN Y DE LOS SISTEMAS ESTRATÉGICOS

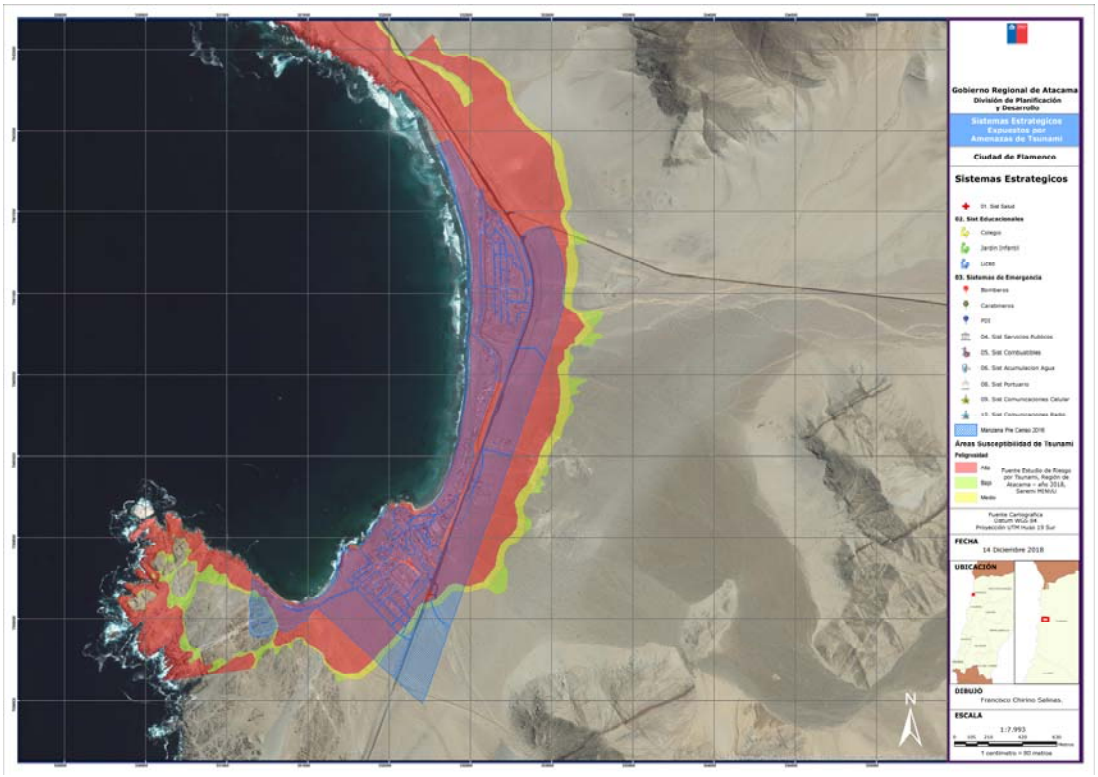
La exposición refleja la posición geográfica del sistema (o componentes) en relación a una determinada amenaza. A esta exposición se le denomina exposición física. ¿Cuál es su importancia? Permite discriminar rápidamente la parte del sistema (o componentes) que se verá afectada y avanzar en el análisis de vulnerabilidad con respecto de la amenaza, descartando así aquellos sistemas que no estén expuestos.

El análisis de exposición se entenderá como resultado y visualización del cruce de los mapas de amenaza por tsunami en el territorio regional, con los sistemas estratégicos que han sido identificados como tales, de manera de establecer si éstos están o no expuestos a las amenazas que han sido relevadas mediante trabajo del presente informe. Al determinar l infraestructura que resulte expuesta, en el cpitulo VI. Conclusiones y Reflexiones, se realizarán recomendaciones a seguir con el objeto de disminuir la vulnerabilidad de estas asentamientos, permitiendo aumentar de esta manera, los niveles de resilencia frente a la ocurrencia de un evento de tsunami en las costas de la Región. Para ello se generaron 4 salidas cartográficas en escala 1:8.000 para las áreas urbanas de: Chañaral, Flamenco, Caldera y Huasco.

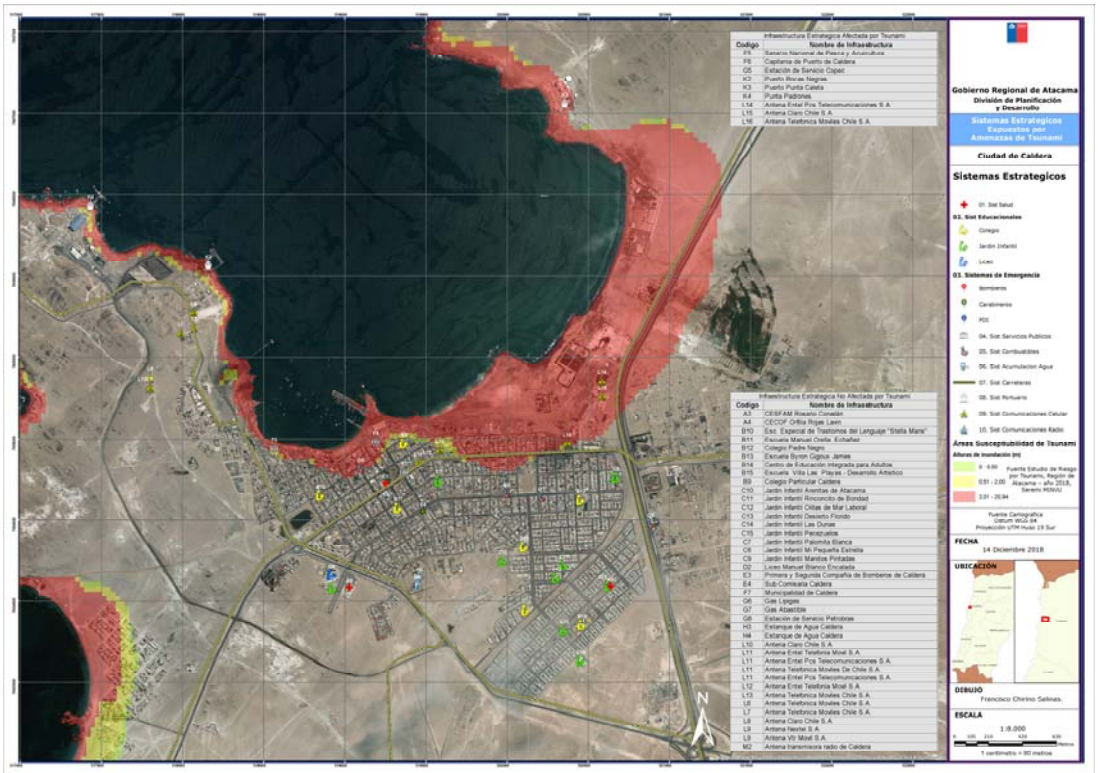
Localidad de Chañaral



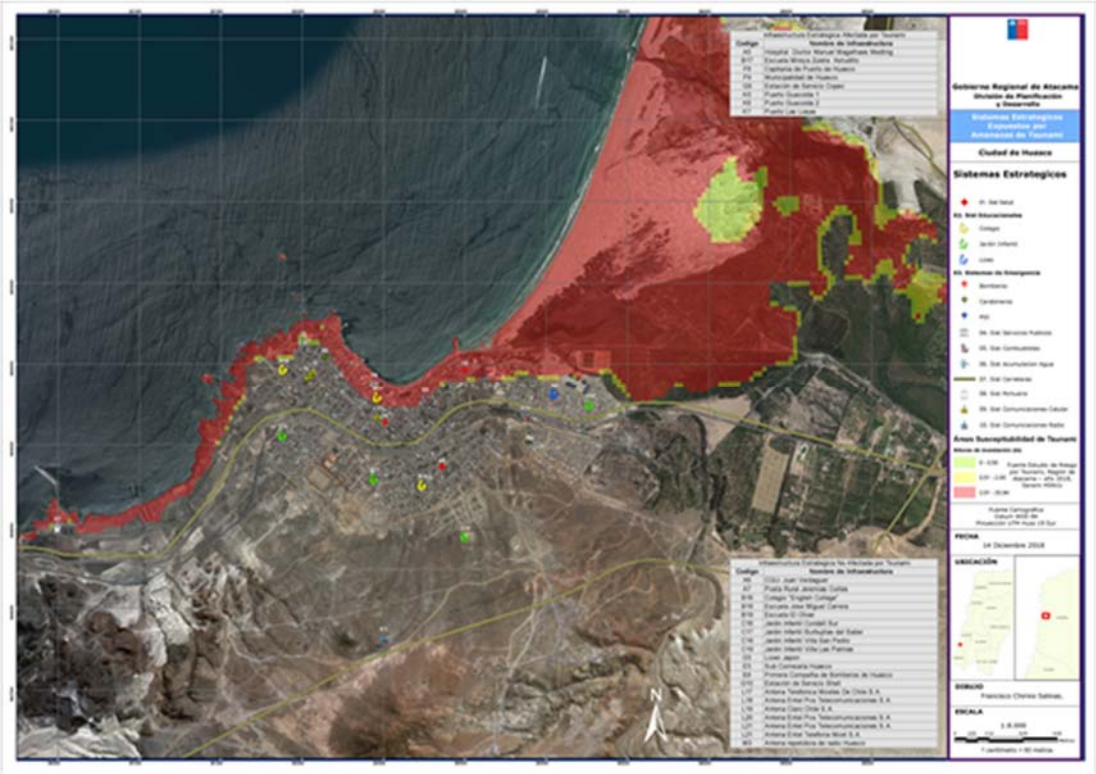
Localidad de Flamenco



Localidad de Caldera



Localidad de Huasco



VI. CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Tal como se señala en el Informe, los tsunamis ocurridos en el litoral de Atacama han sido generados por terremotos interplaca como consecuencia de la tensión acumulada en la zona de subducción, donde convergen la placa de Nazca y la Sudamericana, por lo tantosus focos generadores se localizan próximos a la línea de costa, cercanos a las localidades de Chañaral, Caldera, Carrizal Bajo y Huasco. El resultado y visualización del cruce de los mapas de amenazas por evento de tsunami con los sistemas estratégicos identificados como tales, entrega el nivel de exposición que experimentan estos últimos respecto a la amenaza, para los cuales podemos citar los siguientes sistemas estratégicos expuestos a amenaza por tsunami en el siguiente cuadro.

Tabla N°25: Infraestructura expuesta ante amenaza por Tsunami

Área Urbana	Codigo Cartografía	Nombre Infraestructura
Chañaral	A1	CESFAM Dr. Luis Herrera
	B2	Escuela de Rehabilitacion Social Padre Luis A. Soto Nuñez
	B4	Escuela Basica Jose Luis Olivares Arancibia
	C3	Jardin Infantil Mi Rayito de Sol
	E1	PDI
	E2	Compañia de Bomberos
	F3	Administracion regional de Aduanas
	F4	Capitania de Puerto de Chañaral
	G2	Estación de Servicio Copec
	G3	Estación de Servicio Petrobras
	K1	Puerto Barquito
	L4	Antena Claro Chile S.A.
Caldera	F5	Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura
	F6	Capitania de Puerto de Caldera
	G5	Estación de Servicio Copec
	K2	Puerto Rocas Negras
	K3	Puerto Punta Caleta
	K4	Punta Padrones
	L14	Antena Entel Pcs Telecomunicaciones S.A.
	L15	Antena Claro Chile S.A.
	L16	Antena Telefonica Moviles Chile S.A.
Huasco	A5	Hospital Doctor Manuel Magalhaes Medling
	B17	Escuela Mireya Zuleta Astudillo
	F8	Capitania de Puerto de Huasco
	F9	Municipalidad de Huasco
	G9	Estación de Servicio Copec
	K5	Puerto Guacolda 1
	K6	Puerto Guacolda 2
	K7	Puerto Las Losas

Fuente: Cartografia MMT

De los 115 infraestructuras estregicas detectadas para las cuatro áreas urbanas analizadas, se tiene que 29 de ellas se encuentran al interior del área de aefctación por tsunami equivaliendo a un 25 de ellas, considerando al mayor evento creible identificado en el estudio Estudio de Riesgo por Tsunami, Región de Atacama – año 2018 del MINVU, de las cuales 7 de ellas corresponden a puertos de la región (6%). En cuanto al detalle de las infraestructuras estratégicas mensionadas en la tabla 25, se encuentran un CESFAM, un hospital, tres escuelas y un jardín infantil (Rayito de Sol) ubicado en la ciudad de chañaral, este jardín infantil fue afentado durante el aluvión del año 2015 y actualmente opera en la Escuela Jose Luis Olivares Arancibia, la que también se encuentra en zona de afectación. Por utlimo, importante mencionar que en cuanto a los servicios públicos, de la infraestructura detectada, se tiene que 6 de ellos se encuetran en zona de afectación, mencionando como l más critico de ellos, a la Municipialidad de Huasco.

– Chañaral

En el caso de Chañaral se observa que la línea de máxima inundación afectaría la zona centro y suroeste de la ciudad. Dentro de los sistemas estratégicos que se verían mayormente afectados está la Ruta 5 Norte, siendo ésta la red estratégica de transporte más relevante no sólo de la región sino del país. Dependiendo de la intensidad del evento podría incluso significar un corte de esta ruta, lo que podría generar un insospechado impacto ya que, según se observa en el Mapa Síntesis de Exposición Inundación por Tsunami, Comuna de Chañaral, gran parte de la vía que cruza la ciudad queda bajo la línea de máxima inundación. Otra red de transporte que se vería afectada es la ruta que conecta a Chañaral con el Parque Nacional Pan de Azúcar, quedando bajo de la línea de inundación parte importante del primer tramo de esta red vial.

Otros sistemas estratégicos que se serían directamente afectados por este tipo de amenaza corresponden a los sistemas con alto potencial de daño y sistemas esenciales, así como redes estratégicas de trasporte y redes vitales, dado que se sitúan por debajo de la línea de inundación. Dentro de los primeros están el Terminal Marítimo de Hidrocarburos Petrolero de Codelco y dos Estaciones de Servicio de Combustibles; en el caso de los sistemas esenciales están un Consultorio de Salud, el Cuerpo de Bomberos, dos escuelas; entre la red de trasporte de carácter estratégico se encuentra el Puerto de Chañaral.

– Caldera

Respecto a la ciudad de Caldera, se observa que las zonas afectadas por amenaza de tsunami, es decir las viviendas e infraestructura que se encuentran emplazadas bajo la línea máxima de inundación, es en términos generales menor en cantidad respecto de las afectadas en la ciudad de Chañaral. En el caso de las viviendas éstas corresponden principalmente a aquellas localizadas en la primera fila del borde costero, es decir aquellas situadas en la zona noroeste del litoral de la ciudad. Respecto de la infraestructura estratégica se observa que actualmente solo seis de éstas se emplazan bajo la línea de inundación (sin contar a los tres puertos), la Capitania de Puerto y el Servicio Nacional de Pesca. Finalmente, próximo al límite de la línea de máxima inundación se encuentran el Colegio Particular de Caldera.

– Huasco

En el caso de la ciudad de Huasco, se observa una mayor exposición de viviendas e infraestructura estratégica frente a este tipo de amenaza que aquella que afectaría a las ciudades de Chañaral y Caldera. Efectivamente, se tiene que las zonas afectadas por amenaza de tsunami –considerando para tal efecto a las viviendas e infraestructura emplazadas bajo la línea de máxima inundación– corresponden mayormente a zonas donde se emplaza infraestructura de carácter estratégico con alto potencial de daño, infraestructura de carácter vital y redes de transporte estratégicas, lo que en el caso de aquellas con alto potencial de daño éstas podrían agravar los impactos sobre la población, ya que sumado a los efectos que produce la amenaza de tsunami –la que de por sí es destructora– están los impactos que pudiesen generarse a partir de la destrucción de sistemas que disponen de sustancias tóxicas y/o peligrosas para el ser humano.