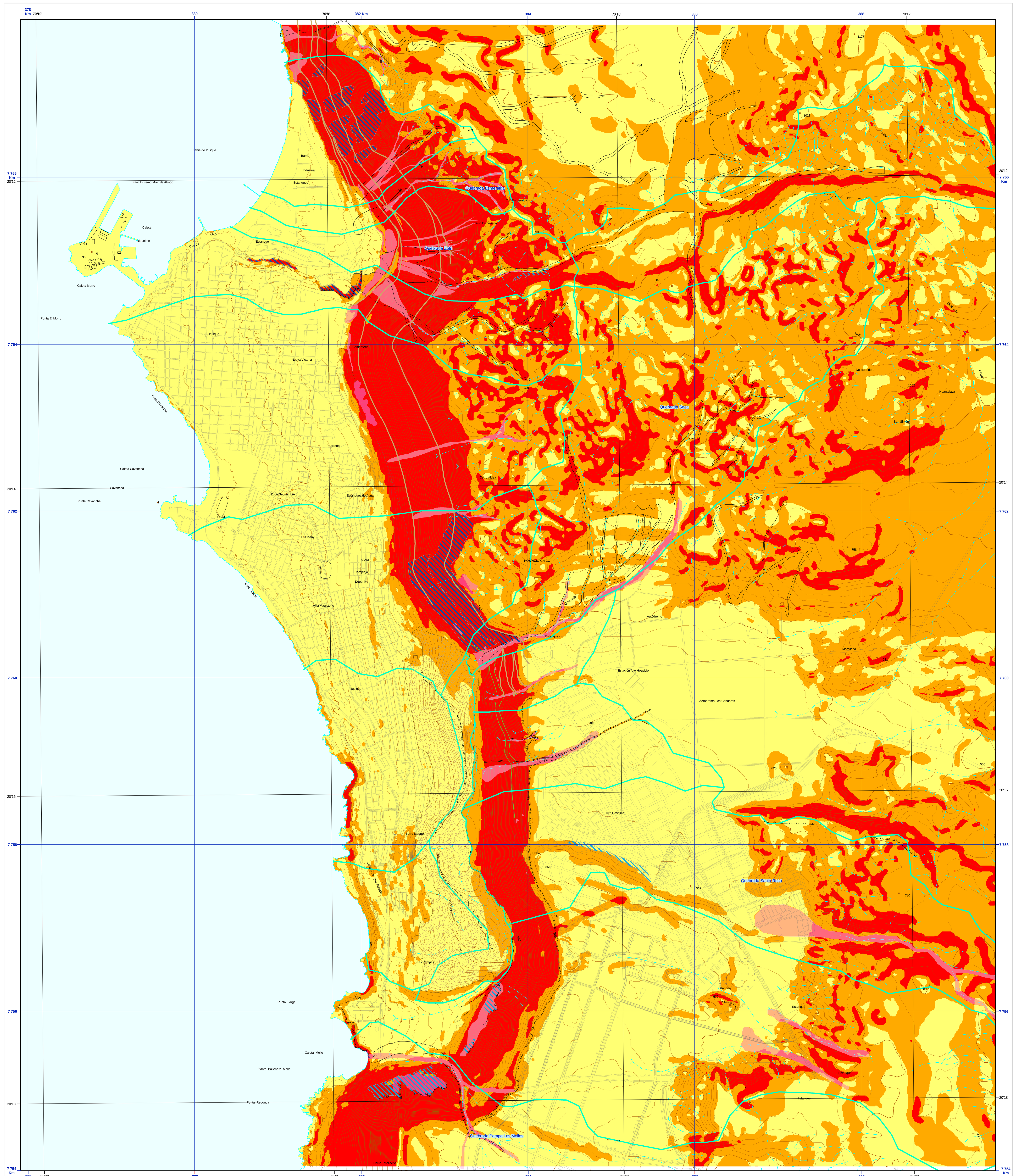
MAPA 3: PELIGRO DE REMOCIONES EN MASA

SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA

ESCALA 1:20.000



L E Y E N D A

PELIGRO DE REMOCIONES EN MASA EN EL ÁREA DE IQUIQUE - ALTO HOSPICIO

En este mapa se muestran el peligro de remociones en masa estudiadas en las ciudades de Iquique y Alto Hospicio que corresponde principalmente a caídas de rocas, flujos detritos (conocidos en Chile como aluviones) y en menor medida deslizamientos. Para la generación de dicho mapa se utilizó una metodología de análisis Heurístico que corresponde a un análisis geomorfológico, geológico y de pendientes con una posterior combinación de mapas y puntajes, Van Westen (1993). Esto se basó en dos análisis uno cualitativo en el cual el componente de amenaza se evalúa subjetivamente por expertos y se asignan rangos de intensidad de susceptibilidad para llegar a niveles de peligro con calificativos, paralelamente el análisis cuantitativo en el cual todas las variables se cuantifican para llegar a un peligro de remociones en masa en términos de intensidad y probabilidad de ocurrencia, estos métodos se tratan en conjunto para llegar a valores cuantitativos, (IUGS, 1997).
Una vez obtenido el mapa de susceptibilidad de remociones en masa, se trabajó en la determinación de las zonas de alcance e impacto, donde se siguió un análisis geomorfológico, también conocido como método implícito (Ojeda y Muñoz, 2001), junto a la revisión de antecedentes como publicaciones de mapas anteriores, informes y control de terreno, en este punto se evaluaron las posibles zonas de alcance de aluviones y caídas de rocas que se desprenden desde el acantilado de la costa principalmente, cabe mencionar que en este estudio no se incluyen los flujos detríticos volcánicos o lahares, por estar asociado al PeligroVolcánico, peligro que no se analizó en este estudio.
Adicionalmente se incluyó un mapa a escala 1:50.000 de la zona sur de Iquique, debido a que esta área puede ser una posible zona de expansión urbana y que ha sido afectada por remociones en épocas pasadas. En este Mapa se observa un peligro alto de susceptibilidad de remociones en masa, asociados principalmente al escarpe de la cordillera de la costa y donde se pueden observar cerca de la Caleta Los Verdes (antes del Aeropuerto), dos grandes remociones en masa con una edad aproximada de más de 40.000 años (dataciones de 14C), Yugsi, F et al. 2012, estas remociones se observan muy bien en imágenes satelitales mostrando la cicatriz desde donde se desprendieron en el escarpe de la costa llegando casi a la línea de mar actual (en algunos casos estos depósitos sobrepasaron la vía principal Ruta 1), el área aproximada de los depósitos son de 10,316K2, cabe mencionar que estas remociones según el estudio de Yugsi, F et al. 2012, no muestran una fuerte correlación entre terremotos con periodos de retorno de M > 8 y la edad datada de los depósitos, lo que implica que las grandes remociones podrían haberse desencadenado por otros factores.

CAÍDA DE ROCAS: La caída de rocas es un tipo de movimiento en masa, según el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire, pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978).
En este mapa se puede observar que la zona de mayor caída de roca está asociada al escarpe de la costa que por su posición geomorfología es un generador de remociones en masa donde la pendiente alcanza hasta 49 grados en los puntos más altos, estas caídas han sido mitigadas en algunas partes de los taludes de la Ruta A-16 con obras como mallas y shotcrete. Estas obras se generaron principalmente debido al último sismo fuerte ocurrido el 14 de Noviembre de 2007 cerca a Tocopilla con Mw 7.7, en Iquique y Alto Hospicio se registraron VI grados Escala Mercalli (Tomado de www.sismologia.cl/), este sismo se generó un desprendimiento de rocas sueltas de la parte alta del escarpe de la cordillera de la costa que genero un corte en la RutaA-16 causando el fallecieron seis personas, (Tomado de reliefweb.int).

GRADO DE PELIGRO	DESCRIPCIÓN	CAUSAS GENERALES	RECOMENDACIONES GENERALES
Alto (a) (b)	Corresponde a las zonas de mayor susceptibilidad de generación (a) y depositación o alcance (b) de remociones en masa, principalmente caídas de rocas y/o bloques de hasta 1m de diámetro. Este tipo de remociones se genera en el escarpe costero, asociado a las partes altas a medias de las laderas, con pendientes entre 25 y 48º. Las zonas de alcance se ubican en la base o media ladera del talud y están cubiertas por los detritos que se desprenden y se depositan en ellas formando conos de derrubios. Estos depósitos se reconocen en las partes medias a bajas de las laderas y en los cauces de las quebradas.	**Factores Detonantes**: Sismos; Activación de fallas locales; Inestabilidad del terreno por intervención antrópica. **Factores Condicionantes**: Presencia del escarpe de la cordillera de la Costa, con laderas altas y pendientes pronunciadas, del orden de 25 a 48º, y una altura de aproximadamente 600 m.s.n.m. Rocas altamente meteorizadas y fracturadas. Excavación de laderas.	Restringir la construcción de viviendas y servicios básicos y de emergencia al pié del escarpe costero, en zonas con alto peligro de caída de roca. Implementar medidas de mitigación y protección (mallas o revestimientos de concreto), en aquellos sectores que pueden verse afectados por caídas de rocas en la zona urbana, principalmente sector Zofri. Además, implementar dichas medidas en la Ruta A-16, Iquique-Alto Hospicio?, en sectores de mayor vulnerabilidad.
Medio (a) (b)	Corresponde a las zonas de posibilidad media de generación **(a)** y depositación **(b)** de caída de rocas y/o bloques. Estas zonas presentan un relieve con pendiente generalmente entre 15 y 25º, con algunas evidencias de remociones en masa.		Remover las rocas de mayor tamaño (>1 m), que se encuentran en situación de inestabilidad en las laderas del escarpe, y que eventualmente puedan afectar viviendas cercanas o puedan causar cortes en la Ruta A-16.
Bajo (a) (b)	Zonas de baja a nula generación (a) y depositación o alcance (b) de caídas de rocas y/bloques. Corresponden a zonas bajas y onduladas, generalmente con pendientes entre los 0º y 10º, donde se depositan rocas de tamaño menor a 10 cm, que ruedan desde la parte más alta. Estas zonas pueden tener una zona de alcance medio.		Restringir la extracción del material disponible en las laderas del escarpe del acantilado de la costa, para su uso como material de construcción?, ya que esto aumenta el peligro de remociones en masa y debilita la base del talud.

FLUJOS DETRÍTICOS O ALUVIONES: Corresponde a un flujo rápido a extremadamente rápido de detritos, que transcurre, principalmente, confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada. Estos flujos de detritos incorporan gran cantidad de material que se encuentra ubicado en su trayectoria al descender por el canal, y finalmente lo depositan en abanicos de detritos. Presentan un alto poder destructivo debido al material particulado que puede transportar, como limos, arenas y bloques angulosos de rocas de mediano a gran tamaño, así como restos de troncos, (Modificado de Proyecto Multinacional Andino, 2007). Estos flujos locales repentinos, son muy comunes en el norte de Chile y corresponden a torrentes de volumen relativamente grande y de corta duración. Estos desbordan los cauces en valles secos, transportando una enorme carga de barro y fragmentos rocosos, generalmente vinculados a lluvias muy esporádicas, de corta duración y gran intensidad.
Es importante resaltar que el comportamiento hidrológico de la zona y las escasas precipitaciones durante el año, tanto en magnitud como frecuencia generan mínimos problemas asociados a inundaciones urbanas tales como aluviones en el área de estudio, pero existe un cierto grado de riesgo asociado a estos fenómenos, aunque con una posibilidad de ocurrencia menor que la observada en ciudades del Norte de Chile como Antofagasta, Tocopilla Y Taltal, dicha problemática puede verse aumentada, debido a que las quebradas de la zona de estudio presentan abundante material disponible para ser arrastrado en eventuales lluvias.
En el área de estudio se logró identificar un conjunto de ocho eventos importantes de tormentas desde 1911 en adelante, de los cuales 6 de ellos son destacados por la prensa local o nacional y solo uno de ellos correspondería a un evento aluvional importante, siendo el evento de Julio de 1940 donde se generaron una serie de aluviones de barro, arenas y piedras en distintas quebradas de Iquique yAlto Hospicio, ssegún la información obtenida en el estudio del MOP y ARCADIS 2012.

FLUJOS SECOS: El termino flujo se relaciona naturalmente con la idea de contenido de agua, y de hecho para la mayoría de los movimientos de este tipo se requiere cierto contenido de agua. Sin embargo, ocurren, con alguna frecuencia, pequeños flujos secos, estos flujos secos (dry flow), son un movimiento tipo flujo de material granular, con estructura ordenada o desordenada, suelto, seco o húmedo, durante el cual no hay un exceso significativo de presión de poros (Hungr et al., 2001). De acuerdo al tipo de material, puede denominarse flujo de arena seco, flujo de limo seco, flujo de grava seco o flujo de detritos seco.
En el área de estudio es posible observar este tipo de flujos secos asociados a complejos dunarios, principalmente la Duna Dragón. Además, en el piedemonte del escarpe de la costa, se pueden encontrar flujos secos de talud formados por material granular, los que son importantes en la formación de conos de derrubios.

CONOS DE DERRUBIOS: De las abruptas paredes del escarpe de la costa, se desprenden continuamente, materiales desintegrados o fragmentos de roca debido a la acción de la meteorización mecánica y química. Esos fragmentos se acumulan en un paisaje distintivo denominado "conos de derrubios", que forman un ángulo constante con la horizontal, generalmente entre 15 y 25º uno junto a otro a lo largo del acantilado costero, cuando existe una gran diversidad en el tamaño de las partículas, los fragmentos más grandes por la acción de la gravedad llegan hasta la base del cono debido a su mayor impulso, mientras que los granos más finos se depositan en la parte superior, creando una vasta superficie de escombros de falda en la pendiente y varios conos de derrubios en su base (L, Figueroa y M, Sánchez, 1991), dichos conos están siendo explotados aumentando la susceptibilidad de remociones en masa en esos sectores, principalmente en la base del acantilado costero cerca de la zona urbana de Iquique y en la desembocadura de las Quebradas Zofri, Esmeralda y Bajo Los Molles.
Las zonas de alcance se determinaron a partir de la distancia al origen del fenómeno, por lo general, los procesos de remociones en masa afectan un área limitada (radios menores a 500m). Hay que considerar que este punto depende directamente del tamaño de volumen desplazado, particularmente la zonas de caída de roca se tuvo en cuenta primero la zona de generación alta o medio y la distancia hasta la zona de alcance dentro del peligro de remociones en masa bajo, en algunos casos llega aproximadamente a 50m y para el caso de aluviones se consideró la zona de alcance como toda el área que afecta desde que se desencadena en las partes altas de las cuencas hasta que se deposita en algunos casos generando geoformas de abanicos, cabe mencionar que los conos de derrubios también se consideraron en este estudio como zonas de alcance de remociones en masa.

GRADO DE PELIGRO	DESCRIPCIÓN	CAUSAS GENERALES	RECOMENDACIONES GENERALES
Alto	Son aquellas áreas que han sido y pueden ser afectadas, con mayor frecuencia e impacto, por el escurrimiento de flujos de detritos. Corresponden, principalmente, a las zonas cercanas al eje del drenaje principal de las quebradas. Impacto: pueden movilizar bloques de hasta 50 cm de diámetro, aprox. y generar destrucción total y/o parcial de muros de casas.	**Alta disponibilidad de material movilizable** (arena, rocas, detritos) en laderas con pendientes mayores a 20º. **Pendiente del cauce alta** (> 25º), lo que aumenta la energía del flujo. Esto es particularmente crítico en valles colgados en la cercanía del escarpe costero, donde ocurre un brusco aumento de la pendiente media del cauce al llegar a la desembocadura, en este caso, la ciudad de Iquique. Esto se observa, principalmente, en la parte central del área de estudio, especialmente en las quebradas Esmeralda, Zofri, Seca, Santa Rosa y Pampa Los Molles. **Tormentas con precipitaciones de tipo convectivo**, presencia de núcleos nubosos de baja temperatura, concentrados en zonas determinadas. **Escurrimiento de agua** por rotura de estanques, ductos y/o matrices.	Implementar las obras de disipación de energía propuestas por la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH-MOP), en las quebradas Esmeralda, Zofri, Seca, Santa Rosa y Pampa Los Molles, y las que anteriormente han presentado importantes flujos detríticos. Determinar umbrales críticos de precipitaciones con mayor precisión, destinadas a generar alertas tempranas y planes de emergencia. Regular la construcción de viviendas en las zonas de alto y medio peligro de flujos detríticos, especialmente en las quebradas Esmeralda, Zofri, Seca, Santa Rosa y Pampa Los Molles, y en cuencas con eventos de remociones en masa anteriores. Retirar escombros y residuos industriales y domiciliarios, presentes en las quebradas cercanas a la ciudad de Iquique y Alto Hospicio, ya que dichos desperdicios son elementos que pueden contribuir a un mayor impacto de los flujos. Evaluar la posible reubicación y/o protección de las tomas de agua, tales como acueductos, tanques y matrices, ya que al estar en el área de influencia de los flujos detríticos, pueden romperse causando impactos mayores.
Medio	Áreas ubicadas aproximadamente entre 50 y 100 m de distancia de los drenajes principales. También se incluyen los abanicos aluviales de media a baja pendiente (5 º a 10º) y los cauces en los cuales se han realizado obras de mitigación de flujos detríticos. Impacto: inundaciones e ingreso y depositación de barro en casas cercanas y, en algunos casos puntuales, caída de panderetas.		
Bajo	Áreas de abanicos aluviales que se encuentran alejadas (> 100 m) del drenaje actual del abanico. Impacto: Se producen inundaciones y anegamientos.		

REFERENCIAS

Evans, S.G., y Hungr, O., 1993, The analysis of rock fall hazard at the base of talus slopes: Canadian Geotechnical Journal,v. 30, p. 620–636.

L, Figueroa y M, Sanchez 1991 en Revista de Geografía Norte Grande,l8: 3-8 "Características Geomorfológicas. Área litoral: Iquique – Caleta Molle" p 6.

Hungr, O., Evans, S.G., Bovis, M., y Hutchinson, J.N., 2001, Review of the classification of landslides of the flow type: Environmental and Engineering Geoscience, v. 7, p. 22–238. (L, Figueroa y M, Sánchez, 1991).

IUGS, 1997.Quantitative Risk Assessment for Slopes and Landslides –The State of theArt. En Cruden y Fell (Eds.), 1997-pp. 3-12

Ministerio de Obras Públicas MOP, Dirección de Obras Públicas DOH y ARCADIS, 2012. Estudio de Factibilidad "Construcción Obras Aluvionales en Quebradas de Iquique y Alto Hospicio. Informe Final, proyecto Nº 3868, p117.

Ojeda, J.; Muñoz, F. 2001. Elementos conceptuales generales. In Evaluación del Riesgo por fenómenos de remoción en masa. Escuela Colombiana de Ingeniería-INGEOMINAS, p. 15-28. Bogotá.

Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. 2007. Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p.,

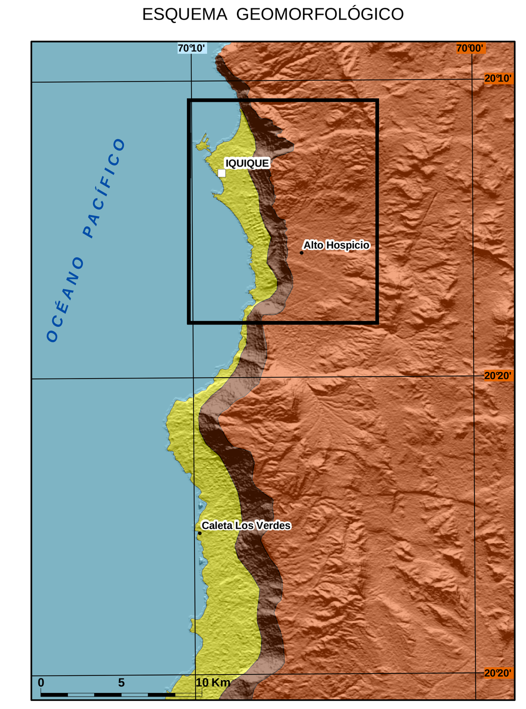
Varnes, D. J. 1978. Slope movements, type and processes. In Schuster R.L. & Krizek R.J. (Eds.), Landslides analysis and control. Washington Transportation Research Board, Special Report 176. National Academy of Sciences, WA, p. 11-33.

Van Westen C.J (1993) Training Package of Geographic Information Systems in Slope Instability Zonation. Volume 1: Theory. Aplication of Geografic Information System to Landslides Hazard Zonation. International Institute forAerospace Survey and Earth Sciences. (ITC) The Netherlands.

Yugsi, F et al. 2012. Large rock avalanches in northern Chile, an integrated analysis towards regional hazard assessment. In XIII Congreso Geológico Chileno, Antofagasta Chile, 05-09 de Agosto 2012: Actas, S2.1027-1029.

Paginas consultadas:
http://www.sismologia.cl/
http://www.tarapacaonline.cl/
http://reliefweb.int/report/chile/chile-sismo-regi%C3%B3n-actualiza-informaci%C3%B3n#sthash.iymiJJdw.dpuf

ESQUEMA GEOMORFOLÓGICO



Planicie costera — Farellón costero — Codillera de la costa

Referencia bibliográfica
SERNAGEOMIN,. 2013. Geología para el Ordenamiento Territorial y la Gestión Ambiental en el área de Iquique - Alto Hospicio. Servicio Nacional de Geología y Minería, Informe Registrado IR-13-53, 41 p., 5 mapas diferentes escalas. Santiago.

Inscripción No.240.454

© Servicio Nacional de Geología y Minería. Av. Santa María 0104, Casilla 10465, Santiago, Chile.
Director Nacional: Julio Poblete C.
Subdirector Nacional de Geología: Luis Ignacio Silva P.

Derechos reservados, prohibida su reproducción.

Edición
Este informe no ha sido editado en conformidad con estándares y/o nomenclaturas de la Subdirección de Geología de SERNAGEOMIN

Normas utilizadas
Escala Geológica del Tiempo: Gradstein, F.M.; Ogg, J.G.; Schmitz, M.D.; Ogg, G.M. (editores) 2012.The geologic time scale 2012. Elsevier:1176 p. Boston, EEUU.

Base topográfica
Ministerio de Obras Públicas (MOP) y Arcadis Chile, 2012. Estudio de Factibilidad "Construcción Obras Aluvionales en Quebradas de Iquique yAlto Hospicio. Informe Final, proyecto Nº 3868, p 133.

Plan Maestro de evacuación y drenaje de aguas lluvias Iquique, año 2003.

Cartas Iquique y Punta Gruesa escala 1:50.000, Iquique del Instituto Geográfico Militar (Chile), modificados.

Plan Regulador de la comuna de Iquique, escala 1:10.000, modificado año 2007.

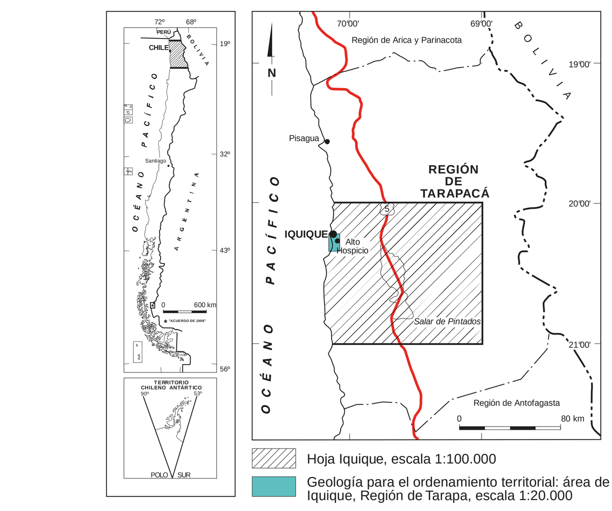
Referencia geodésica
Proyección Universal Transversal de Mercator (UTM), Zona 19S, SIRGAS.

Apoyo científico y técnico
Producción digital: Hugo Neira S., del Servicio Nacional de Geología y Minería.

Apoyo financiero
Fondos Sectoriales del Servicio Nacional de Geología y Minería.

"Autorizada su circulación, en cuanto a los mapas y citas que contiene esta obra, referentes o relacionadas con los límites internacionales y fronteras del territorio nacional, por Resolución No. 270 del 06.10.05 de la Dirección Nacional de Fronteras y Límites del Estado.
La edición y circulación de mapas, cartas geográficas u otros impresos y documentos que se refieran o relacionen con los límites y fronteras de Chile, no comprometen, en modo alguno, al Estado de Chile de acuerdo con el Art. No. 2, letra g) del DFL No. 83 de 1979 del Ministerio de Relaciones Exteriores".

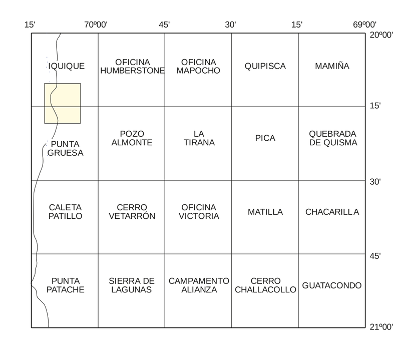
MAPA DE UBICACIÓN



Hoja Iquique, escala 1:100.000

Geología para el ordenamiento territorial: área de Iquique, Región de Tarapa, escala 1:20.000

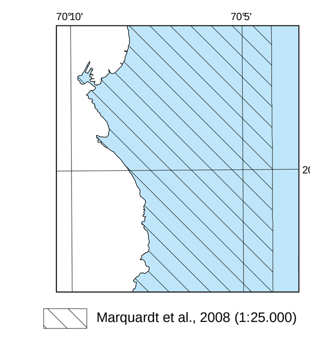
CUADRO DE SITUACIÓN EN HOJA IQUIQUE



ÁREA DEL IQUIQUE, escala 1:20.000

Cartas Catálogo IGM, escala 1:50.000

TRABAJOS ANTERIORES

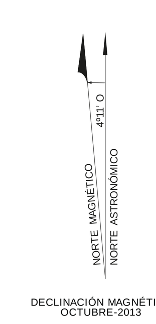


Marquardt et al., 2008 (1:25.000)

Blanco *et al.*, 2012 (1:100.000)

S I M B O L O G Í A

- Escarpe
- Quebrada seca o curso intermitente
- Camino pavimentado
- Camino sin pavimentar
- Calle
- Camino sin pavimentar, transitable temporalmente
- Huella o sendero
- Línea férrea, trocha angosta
- Obras de protección (enrocados)
- Camino amortiguador
- Curva de nivel
- Cota (m s.n.m.) 3672
- Límite área construida
- Cuencas



DECLINACIÓN MAGNÉTICA
OCTUBRE-2013

ESCALA 1:20.000

1.000 m — 0 — 1 km

Equidistancia curvas de nivel: 10 m

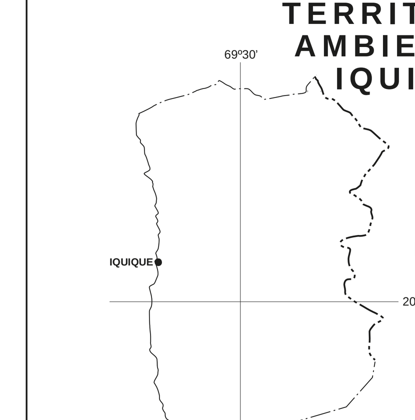
SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA

GEOLOGÍA PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y LA GESTÍON AMBIENTAL EN EL ÁREA DE IQUIQUE- ALTO HOSPICIO

REGIÓN DE TARAPACÁ

MAPA 3:

PELIGRO DE REMOCIONES EN MASA



Escala 1:20.000

Mónica Marín D.

INFORME REGISTRADO
IR-13-53
5 MAPAS

SUBDIRECCIÓN NACIONAL DE GEOLOGÍA

2013