

ACTUALIZACIÓN PLAN REGULADOR COMUNAL

PUERTO WILLIAMS, COMUNA DE CABO DE HORNO



REGIÓN DE MAGALLANES Y LA ANTÁRTICA CHILENA

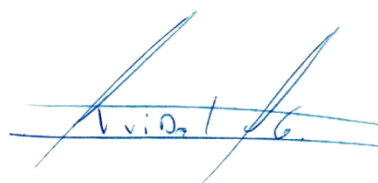
ESTUDIO DE RIESGOS Y PROTECCIÓN AMBIENTAL

Mayo, 2018

Profesionales a cargo del estudio:



Miguel Tapia Viera
Geólogo



Iván Vidal Gómez
Geólogo

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	7
1.1	UBICACIÓN ÁREA DE ESTUDIO.....	7
1.2	MARCO JURÍDICO	8
1.3	ALCANCE Y LIMITACIONES	8
2	METODOLOGÍA.....	9
2.1	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES	9
2.2	CATASTRO DE FACTORES CONDICIONANTES Y DESENCADENANTES	9
2.3	CAMPAÑA DE TERRENO.....	9
3	GEOLOGÍA	9
3.1	CLIMA.....	10
3.2	VEGETACIÓN.....	11
3.3	HIDROGRAFÍA.....	11
3.4	SUELOS	11
3.5	GEOMORFOLOGÍA.....	12
4	RIESGOS NATURALES Y ANTRÓPICOS RECONOCIDOS EN LA COMUNA DE CABO DE HORNO.....	15
4.1	CLASIFICACIÓN DE LOS RIESGOS	15
4.2	RIESGOS NATURALES:	15
	ZONAS INUNDABLES O POTENCIALMENTE INUNDABLES	15
4.2.1	<i>Inundaciones o avenidas.</i>	15
4.2.2	<i>Tsunamis.</i>	16
	ZONAS CON PELIGRO DE SER AFECTADAS POR ACTIVIDAD SÍSMICA	16
4.2.3	<i>Sismos.</i>	16
	ZONAS PROPENSAS A AVALANCHAS, RODADOS, ALUVIONES O EROSIONES ACENTUADAS.....	17
4.2.4	<i>Deslizamientos</i>	18
4.2.5	<i>Erosión del suelo</i>	18
4.3	RIESGOS ANTRÓPICOS.....	18
4.3.1	<i>Contaminación del aire</i>	18
4.3.2	<i>Contaminación del agua</i>	18
4.4	DIAGNÓSTICO DE RIESGOS NATURALES Y ANTRÓPICOS EN LA ZONA DE PUERTO WILLIAMS	19
	ZONAS INUNDABLES O POTENCIALMENTE INUNDABLES	19
4.4.1	<i>Riesgos de Inundaciones</i>	19
4.4.2	<i>Riesgo de Tsunami</i>	20
	ZONAS CON PELIGRO DE SER AFECTADAS POR ACTIVIDAD SÍSMICA	22
4.4.3	<i>Riesgo por Sismos.</i>	22
	ZONAS PROPENSAS A AVALANCHAS, RODADOS, ALUVIONES O EROSIONES ACENTUADAS.....	23
4.4.4	<i>Riesgos por Deslizamientos</i>	23
	ZONAS O TERRENOS CON RIESGOS GENERADOS POR LA ACTIVIDAD O INTERVENCIÓN HUMANA	25
4.4.5	<i>Erosión del Suelo</i>	25
4.4.6	<i>Contaminación del aire</i>	25
4.4.7	<i>Contaminación del agua</i>	26

4.5	ÁREAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL	27
4.5.1	<i>Conchales</i>	29
4.5.2	<i>Monumentos Históricos</i>	29
5	RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES	31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Monumentos nacionales en la comuna de Cabo de Hornos. Se destacan observaciones realizadas por el Consejo de Monumentos Nacionales.	30
---	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de la XII Región donde se destaca la ubicación del área de estudio (rectángulo rojo) y su relación espacial con otros poblados de la comuna.	7
Figura 2. Mapa Geológico del área de estudio.....	10
Figura 3. Mapa de Pendientes escala 1:30.000 del área de Puerto Williams, donde se destacan zonas planas y zonas con pendientes alta dentro del área de estudio.....	13
Figura 4. Mapa Geomorfológico escala 1:30.000 del área de Puerto Williams, donde se destacan los principales elementos del área de estudio.	13
Figura 5. En A, marco tectónico donde se encuentra el área de estudio.....	17
Figura 6. Mapa de Riesgos por Inundaciones en Puerto Williams.....	19
Figura 7. Mapa de Riesgo de Tsunami en el área de Puerto Williams.	21
Figura 8. Mapa de Riesgos por Deslizamientos en Puerto Williams. Se destaca la presencia de una zona riesgo alto, asociado al borde del acantilado costero. Mapa de elaboración propia.	24
Figura 9. Mapa de Erosión del Suelo en Puerto Williams. Se destaca la presencia de una zona con alta erosión asociada a movimientos de tierra; y una zona con baja erosión donde se observa tala de bosques. Mapa de elaboración propia.....	25
Figura 10. Mapa de zonas propensas a Contaminación del Agua en Puerto Williams. Se destaca la zona definida por la presencia de basura en las turberas o en sus inmediaciones, u otra zona asociada a la depositación de aguas servidas en el Canal Beagle. Mapa de elaboración propia.....	27
Figura 11. Zonificación de la Reserva de Biosfera Cabo de Hornos	28
Figura 12. Área donde se encuentra los Monumentos Históricos en Puerto Williams.	30

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Destaca la distribución de las terrazas y la playa.....	14
Fotografía 2. Turbera ubicada dentro del área urbana.	14
Fotografía 3. Se destaca la presencia de infraestructura crítica como tanques de petróleo y de gas en las zonas de alto riesgo en caso de un tsunami.....	22
Fotografía 4. Inmueble abandonado y construido sobre palafitos inestables, susceptible a derrumbe ante un sismo.	22
Fotografía 5. Inmuebles construidos sobre palafitos muy delgados, susceptibles a derrumbe ante un sismo muy fuerte.....	23
Fotografía 6. Vista al este del río Ukika donde se observa el acantilado con cicatrices de deslizamientos de terreno.....	24
Fotografía 7. La leña como método de calefacción más común en Puerto Williams.	26

1 INTRODUCCIÓN

El presente estudio se enmarca dentro del Plan Regulador Puerto Williams, comuna de Cabo de Hornos, identificando las zonas de riesgos para eventos de inundación, sismos, tsunamis, etc; que puedan ser utilizadas para la formulación del instrumento de planificación territorial.

Los principales riesgos encontrados en el área del Plan se asocian a zonas inundables o potencialmente inundables, debido a tsunamis y a la proximidad del río Ukika, zonas propensas a ser afectadas por sismos; y zonas con riesgos generados por la actividad o intervención humana.

1.1 UBICACIÓN ÁREA DE ESTUDIO

La comuna de Cabo de Hornos está ubicada entre el paralelo 54° - 56° latitud sur y entre el meridiano 66° - 72° de longitud oeste, en la provincia de la Antártica Chilena, región de Magallanes. Alcanza una extensión de 15.578,7 km², con una población que se acerca a los 2.837 habitantes de acuerdo a las proyecciones del Instituto Nacional de Estadísticas (Fig. 1).

Figura 1. Mapa de la XII Región donde se destaca la ubicación del área de estudio (rectángulo rojo) y su relación espacial con otros poblados de la comuna.



Fuente: Biblioteca de Congreso Nacional de Chile

Objetivo del Estudio

Reconocer y delimitar las áreas expuestas a riesgos geológicos que debieran ser incorporadas al momento de la elaboración del Plan Regulador de Puerto Williams. Para ello se realizó un estudio fundado de Riesgos Geológicos escala 1:5.000 a partir de una línea de base geológica y geomorfológica del territorio; además de un catastro, descripción y zonificación de los peligros geológicos.

1.2 MARCO JURÍDICO

La Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC), en Disposiciones Complementarias, Artículo 2.1.17, señala que:

En los planes reguladores podrán definirse áreas restringidas al desarrollo urbano, por constituir un peligro potencial para los asentamientos humanos. Dichas áreas, se denominarán “zonas no edificables” o bien, “áreas de riesgo”, según sea el caso, como se indica a continuación:

- Por “zonas no edificables”, se entenderán aquéllas que por su especial naturaleza y ubicación no son susceptibles de edificación, en virtud de lo preceptuado en el inciso primero del artículo 60° de la Ley General de Urbanismo y Construcciones. En estas áreas sólo se aceptará la ubicación de actividades transitorias.
- Por “áreas de riesgo”, se entenderán aquellos territorios en los cuales, previo estudio fundado, se limite determinado tipo de construcciones por razones de seguridad contra desastres naturales u otros semejantes, que requieran para su utilización la incorporación de obras de ingeniería o de otra índole suficientes para subsanar o mitigar tales efectos.

Para autorizar proyectos a emplazarse en áreas de riesgo, se requerirá que se acompañe a la respectiva solicitud de permiso de edificación un estudio fundado, elaborado por profesional especialista y aprobado por el organismo competente, que determine las acciones que deberán ejecutarse para su utilización, incluida la Evaluación de Impacto Ambiental correspondiente conforme a la Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, cuando corresponda. Este tipo de proyectos podrán recibirse parcial o totalmente en la medida que se hubieren ejecutado las acciones indicadas en el referido estudio. En estas áreas, el plan regulador establecerá las normas urbanísticas aplicables a los proyectos una vez que cumplan con los requisitos establecidos en este inciso.

Las “zonas no edificables” corresponderán a aquellas franjas o radios de protección de obras de infraestructura peligrosa, tales como aeropuertos, helipuertos, torres de alta tensión, embalses, acueductos, oleoductos, gaseoductos, u otras similares, establecidas por el ordenamiento jurídico vigente.

1.3 ALCANCE Y LIMITACIONES

En este estudio de riesgos no se contempló la investigación de subsuelo ya que queda fuera del alcance de un trabajo de estas características; por factor de escala, tiempo y presupuesto. Es primordial para la zonificación de riesgos sísmicos realizar estudios del subsuelo mediante métodos directos (calicatas, perforaciones) o indirectos (geofísica).

2 METODOLOGÍA

El catastro de riesgos geológicos se realiza en base a un reconocimiento geológico en terreno, a una recopilación de antecedentes bibliográficos y registros históricos. Los riesgos geológicos analizados corresponden a riesgos naturales y a riesgos antrópicos, junto al análisis de imágenes satelitales. Para la elaboración del catastro se realizaron las siguientes actividades:

2.1 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES

Con el fin de identificar evidencias de peligros y riesgos geológicos que en el pasado ya se han manifestado en el área de estudio, se estudiaron imágenes satelitales de detalle. Además, a partir de las imágenes recopiladas, se realizó el mapeo geológico y geomorfológico, donde se han identificado a una escala adecuada una serie de rasgos, tales como terrazas, ríos, turberas, llanuras de inundación y cuerpos de agua. Además, se identificó algunas zonas de pasivos ambientales como la zona del vertedero municipal y el área de extracción de áridos.

2.2 CATASTRO DE FACTORES CONDICIONANTES Y DESENCADENANTES

Con el objetivo de determinar las áreas más susceptibles, se recopiló y desarrollo una serie de mapas de factores considerados condicionantes para la ocurrencia de un riesgo geológico dado. Dentro de estos se encuentran:

1. Modelo de Elevación Digital para determinar Elevación, pendiente, curvatura y dirección de drenaje de la ladera.
2. Mapa Geomorfológico, producto de la integración de distintos mapas geológicos y una interpretación de geoformas susceptibles a ser afectadas por riesgos geológicos.

Con respecto a los factores desencadenantes, se catastraron los registros sísmicos y de precipitaciones que se han reportado en el área de estudio y en sus inmediaciones.

2.3 CAMPAÑA DE TERRENO

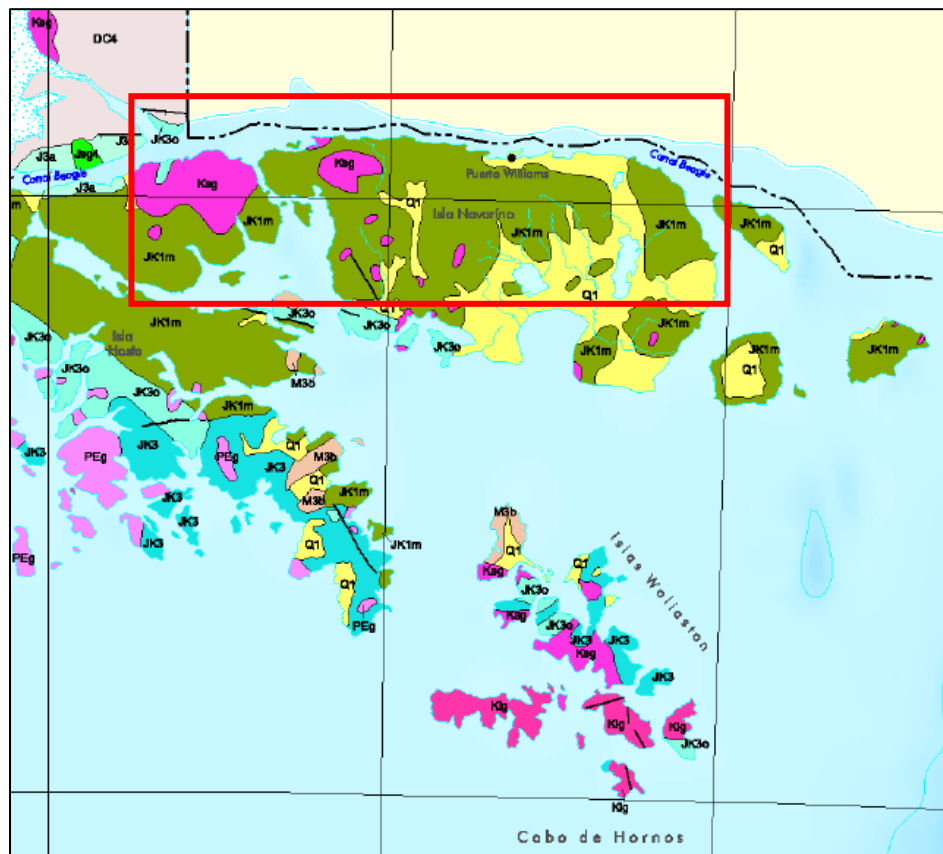
Para el desarrollo del proyecto se realizó una campaña de terreno a la localidad de Puerto Williams, entre los días 29 de Febrero y 02 de marzo del 2016; con el objetivo de recolectar datos locales, información por parte de personas naturales y funcionarios municipales, verificar el catastro realizado, realizar observaciones directas de las condiciones geológicas y geomorfológicas del área estudiada y dimensionar la escala de los riegos en terreno que ocurren dentro del área del PRC de Puerto Williams.

3 GEOLOGÍA

La unidad más antigua que aflora en el área de estudio son metareniscas y filitas del Complejo Metamórfico Magallanes. Sobre estas rocas se depositan areniscas y lutitas de la Formación Yahgan, de edad Jurásico- Cretácico inferior. Ambas unidades son instruidas por tonalitas, monzodioritas y granodioritas del Grupo Plutónico Canal Beagle, con edades entre los 81 y 113 Ma (Suarez y otros, 1985). Finalmente se observan depósitos no consolidados que incluyen depósitos morrénicos, fluvioglaciares y turbales (Fig. 2). Estructuralmente está caracterizada por una fractura regional de orientación

general E-O, denominada Falla de Magallanes-Fagnano, que constituye el margen septentrional de la Placa de Scotia; separándola de la Placa Sudamericana.

Figura 2. Mapa Geológico del área de estudio



Nota: (Cuadro Rojo). DC4: metareniscas y filitas del Complejo Metamórfico Magallanes. JK1m: areniscas y lutitas de la Formación Yahgan. Ksg: Grupo Plutónico Canal Beagle. Q1: depósitos morrénicos, fluvio-glaciares y turbales.

3.1 CLIMA

El clima en la comuna corresponde al tipo trasandino con degeneración esteparia, transicional entre los canales patagónicos con bosques siempre verdes de Coigüe magallánico (*Nothofagus Betuloides*) y la estepa patagónica. La comuna mantiene un clima moderado por influjo del mar, sin verano seco, muy helado según la clasificación de Köppen; levemente más lluvioso en verano que en otoño. De igual forma presenta precipitaciones del tipo agua nieve y se registra nieve en épocas de otoño, invierno y primavera, con no más de cuatro meses de temperaturas superiores a 10°C. La precipitación anual de Puerto Williams es de 467,3 mm; la del mes más lluvioso es 51,3 mm y la del mes más seco es 26.5 mm. La temperatura media anual es de 6.0°C, la del mes más cálido 9.6°C y la del mes más frío 1.9°C.

3.2 VEGETACIÓN

Las formaciones vegetacionales más frecuentes son las comunidades arbustivas de *Chilotrachium diffusum* - *Festuca gracillima* (mata verde. coirón). Se ubica en sectores planos y de lomaje, y cualquiera de las dos especies mencionadas puede ser la especie dominante. El estrato arbustivo tiene generalmente una altura de 0,5 a 1 m. En la composición del tapiz herbáceo participan también *Rhytidosperma virescens*, *Trisetum spicatum*, *Descampsia flexuosa* y *Festuca magallanica*, entre otras. Otra formación vegetal común lo presenta los Brezales de *Empetrum rubrum* (murtilla), que corresponde a un matorral rastrero. En el área plana cercana al nivel del mar está presente la *Baccharis magallanica*. A mayor altitud la *Bolax gummifera* adquiere importancia en la comunidad, dando un aspecto monticulazo muy característico a este tipo de vegetación. El porcentaje de suelo descubierto de vegetación es generalmente alto, superando a veces el 60%. La turba es otra formación vegetal importante en la comuna que cubre grandes superficies. Los principales tipos forestales presentes naturalmente en los bosques de la comuna son: Lenga - Coigüe de Magallanes y Coigüe de Magallanes.

3.3 HIDROGRAFÍA

Esta zona hídrica se caracteriza porque la red de drenaje es muy densa, de corto recorrido, pendientes fuertes y caudal moderado. En la generalidad de los casos toda el área de aporte está incluida en el ambiente de cordillera. El escurrimiento es regulado por la nieve estacional, los almacenamientos en el detrito de cordillera y los aportes glaciares. La nieve estacional es el almacenamiento con mayor capacidad de regulación, con mayor desarrollo y estabilidad en los niveles altos. La importancia de los aportes de los casquetes glaciares se verifica entre enero y marzo, siendo también significativa la regulación por parte del detrito cordillerano, ya que el agua retenida en el mismo es liberada lentamente en el verano.

Las turberas son otro componente con gran capacidad de retención de agua, pudiendo interceptar hasta el 100% de las precipitaciones ordinarias en verano.

3.4 SUELOS

Los suelos de la zona, presentan tres características comunes que los hacen diferentes al resto de los suelos de otras zonas del país:

- Se han desarrollado en condiciones climáticas templado frías, con poca oscilación térmica.
- La carencia de materiales volcánicos reciente (post-pleistocenos).
- Efecto en la pedogénesis de fenómenos glaciares y postglaciares.

La estructura geomorfológica del área que abarca la comuna de Cabo de Hornos está compuesta por sedimentos fluvioglaciares y de playa generales en el cuaternario. Los glaciares y los niveles glacial - eustáticos han dejado su huella en parte de la costa, generando suelos muy variables. Esta estructura geomorfológica es similar en todas las islas al sur de los canales Balleneros y Beagle. La huella dejada por los hielos cuaternarios se visualiza en el relieve rebajado de las islas, con superficie de rocas barridas y desprovistas de suelos orgánicos.

3.5 GEOMORFOLOGÍA

Geomorfológicamente la parte norte de Isla Navarino está formada sobre depósitos glaciares y terrazas marinas del Pleistoceno (Rabassa et al., 2004). Los Andes Fueguinos fueron el área de formación de un manto de hielo de montaña, centrado sobre la Cordillera Darwin por sus mayores elevaciones relativas. El manto de hielo de montaña originaba numerosos glaciares de descarga, algunos de enormes dimensiones, entre los cuales se destacan el “Glaciar Magallanes” y el “Glaciar Beagle”, los que modelaron las depresiones homónimas. Los glaciares locales se formaron en circos, cercanos a las altas cumbres, y confluían con los glaciares de descarga, por medio de glaciares de valle (Coronato et al., 2003). La desaparición de los hielos al comienzo del Holoceno permitió el ingreso del mar en el Canal Beagle hacia los 8.500 – 8.000 años radiocarbono (Borromei y Quattrocchio, 2001).

Se reconocen además, geoformas desarrolladas producto del retroceso glaciar, que actualmente dominan la fisiografía y las pendientes en el área de estudio (Fig. 3) y geomorfología del norte de la Isla Navarino (Fig. 4, Fotografías 1 y 2).

Playa: Geoforma de acumulación, en donde las corrientes marinas depositan los materiales erosionados procedentes de superficies; donde el mar impacta directamente, reconociéndose material grueso producto de la erosión y re - deposición de depósitos fluvio-glaciares del Pleistoceno.

Estuarios: Esta representado en la desembocadura del río Ukika y el río Róbalo al Canal Beagle. Debido a la interacción del agua dulce con el agua salada constituye una reserva para la biodiversidad.

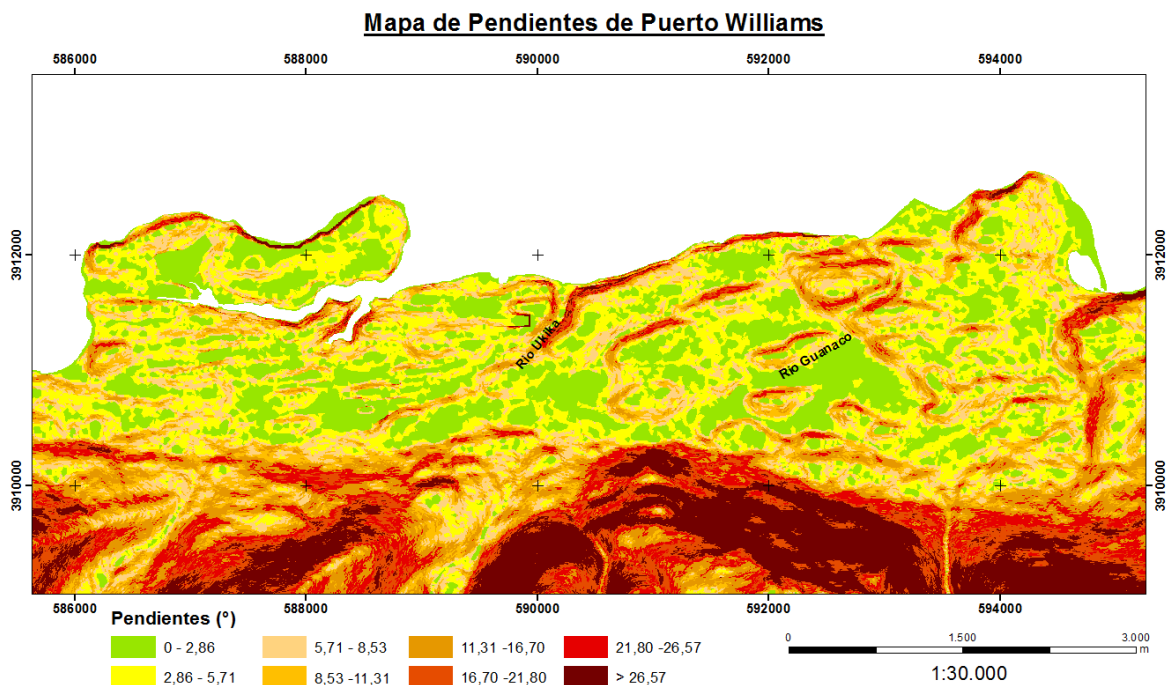
Ríos: Sistemas meandriformes compuesto por varios recodos y canales abandonados. Presentan una pendiente relativamente baja.

Llanura de inundación: Geoforma fluvial, donde ocurre la acumulación producto del depósito de la carga transportada por los ríos en Puerto Williams y Puerto Navarino, durante las crecidas estacionales.

Terrazas marinas: En el área se distinguen a lo menos 3 niveles de terrazas marinas holocenas, originadas por la transgresión - regresión marina que se produjo con posterioridad al retiro general del hielo y labradas sobre sedimentos cuaternarios (Fotografía 1). Estas terrazas son pequeñas superficies planas ubicadas entre los 0,50 y 50 m.s.n.m. y tienen una gran importancia geomorfológica, geológica, paleontológica y paleoclimática.

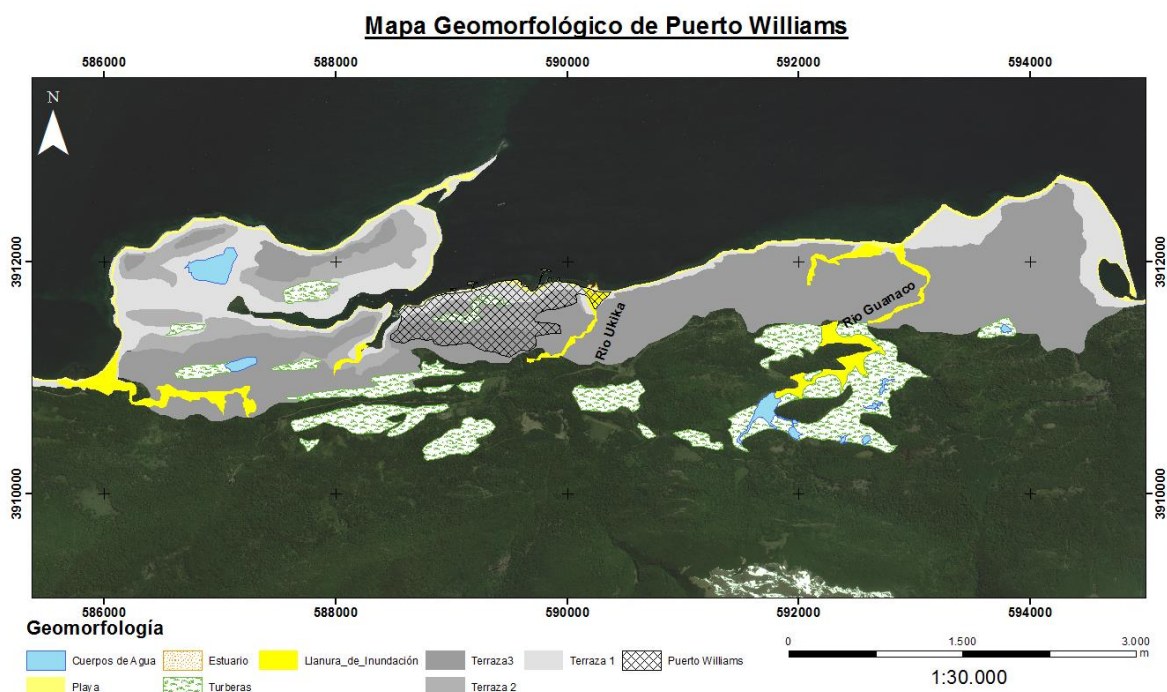
Turberas: La desglaciación ocurrida durante el Holoceno Temprano en los valles tributarios al canal Beagle y las condiciones climáticas del lugar, posibilitaron la formación de turberas (Rabassa, 2000). Éstas constituyen un rasgo geomorfológico extensivo y peculiar en el área de estudio. Las turberas se desarrollan en el fondo de valles glaciares, en praderas de altura o en laderas de poca pendiente (Fotografía 2). Las turberas presentes en el área de estudio pertenecen a las denominadas turberas de *Sphagnum*, las cuales se desarrollan principalmente en la zona de bosques caducifolios con precipitaciones anuales entre 600 y 800 mm. Estos ambientes han sido pobremente estudiados en cuanto a la fauna relacionada. La presencia de aves tendría como principal objetivo la alimentación y son hábitat de nidificación para algunas especies de no paseriformes.

Figura 3. Mapa de Pendientes escala 1:30.000 del área de Puerto Williams, donde se destacan zonas planas y zonas con pendientes alta dentro del área de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. Mapa Geomorfológico escala 1:30.000 del área de Puerto Williams, donde se destacan los principales elementos del área de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 1. Destaca la distribución de las terrazas y la playa.



Fuente: Registro propio 2016

Fotografía 2. Turbera ubicada dentro del área urbana.



Fuente: Registro propio, 2016

4 RIESGOS NATURALES Y ANTRÓPICOS RECONOCIDOS EN LA COMUNA DE CABO DE HORNO

4.1 CLASIFICACIÓN DE LOS RIESGOS

Un riesgo geológico es cualquier **condición geológica**, proceso o suceso potencial que suponga una amenaza para la salud, seguridad o bienestar de un grupo de personas, o para las funciones o economías de una comunidad. Los riesgos o catástrofes naturales ocurren por la conjunción de diferentes factores:

Peligrosidad: la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno, potencialmente perjudicial, en un determinado periodo de tiempo y lugar.

Exposición: número de personas y bienes, potencialmente sometidos al riesgo.

Vulnerabilidad: porcentaje de víctimas y daños (económicos, ecológicos) previsibles estadísticamente. Según su origen y características, los riesgos se clasifican en:

Riesgos Naturales: El riesgo natural es definido como la probabilidad de ocurrencia en un lugar dado y en un momento determinado, de un fenómeno natural potencialmente peligroso para la comunidad y susceptible de causar daño a las personas y a sus bienes; como la actividad sísmica, erupciones volcánicas, inundaciones, deslizamientos de tierras, avalanchas, aludes, erosiones eólicas y fluviales, incendios de los bosques y otros desastres naturales. Algunos de estos riesgos afectan a personas todos los años.

Riesgos Antrópicos: Están relacionados con el impacto humano producido sobre los suelos y las napas de agua subterráneas susceptibles a ser contaminadas. Esta contaminación puede estar causada por productos químicos (principalmente fertilizantes y plaguicidas, y en ocasiones por otros productos tóxicos); por aguas cloacales, efluentes industriales, actividades mineras o industriales y, en general, por el mal uso de las tecnologías.

En el área de estudio se identificaron los siguientes riesgos:

4.2 RIESGOS NATURALES:

ZONAS INUNDABLES O POTENCIALMENTE INUNDABLES

4.2.1 Inundaciones o avenidas.

Una inundación es cualquier flujo de las aguas superficiales mayor de lo habitual que supera su confinamiento normal, cubriendo una porción de tierra que por lo general permanece seca. Suelen estar asociados a eventos pluviométricos extremos (lluvias torrenciales, huracanes y deshielo por el aumento de temperatura), produciendo inundaciones por desborde de cauce o anegamientos; pero también pueden ser una consecuencia de fenómenos geológicos (fusión del hielo producto de la actividad volcánica).

En Puerto Williams los ríos Robalo, Ukika y Guanaco, que atraviesan toda el área de estudio, son de características meandriformes, formados por un cauce principal y una llanura de inundación que se forma a partir del desborde del cauce y está formada por sedimentos tamaño arena a limo (Fig. 4). Registros de las estaciones fluviométricas indican que estos ríos presentan un régimen predominantemente nivopluvial.

Conversaciones con la comunidad de Puerto Williams, indican que cada año son mayores las crecidas de los ríos, producto de que hay más lluvias que nevazones en invierno, lo que puede causar inundaciones fuera del cauce normal del lecho de río. Estos antecedentes fueron utilizados junto a las imágenes satelitales de detalle, para definir el área de la inundación del río.

4.2.2 Tsunamis

Un tsunami o maremoto es una onda acuática, en la que su longitud de onda y el periodo son sumamente largos. Esta generado por perturbaciones asociadas al desplazamiento de grandes volúmenes de agua, con una importante componente vertical en mares y océanos, pero también pueden ocurrir en el continente originando tsunamis terrestres. Los tsunamis generados en mares y océanos se deben a diversos factores como tectónicos, erupción volcánica, impacto de meteorito etc. Los elementos que determinan la ocurrencia de un tsunami son principalmente la magnitud del sismos, según los eventos históricos se considera que la magnitud mínima debe ser $M_w=7,5$; la profundidad del hipocentro, ya que entre más superficial se encuentre el punto de emisión de energía, mayor es la probabilidad de que se genere un tsunami; y por último la ubicación del epicentro ya que si se produce en el mar o muy cerca del mar aumentan las probabilidades de producir tsunamis.

En el área de estudio, no hay registro histórico de tsunamis, sin embargo, los sismos descritos anteriormente que superan los 7,5 grados Richter, son capaces de generar un tsunami de características destructivas en toda la costa norte de la Isla Navarino y a lo largo de todo el canal Beagle. Bujalesky (2012), plantea que en área de Tierra del Fuego, tanto en el territorio chileno como argentino, existe un potencial de eventos de tsunami, ya que se pueden reconocer la presencia de estos eventos en el registro geológico post glaciaciones.

ZONAS CON PELIGRO DE SER AFECTADAS POR ACTIVIDAD SÍSMICA

4.2.3 Sismos

Un sismo o terremoto se define como un movimiento de tierra provocado por la liberación repentina de energía. Las causas más comunes de esta liberación energética son la tectónica y la actividad volcánica. La mayor parte de los terremotos se produce por la liberación rápida de la energía elástica almacenada en la roca que ha sido sometida a grandes esfuerzos. Una vez superada la resistencia de la roca, ésta se rompe súbitamente, provocando las vibraciones de un terremoto. Los daños ocasionados por los sismos, pueden ser directos (destrucción o deterioro de edificios) o indirectos (deja la población en situaciones muy precarias debido a la destrucción de viviendas).

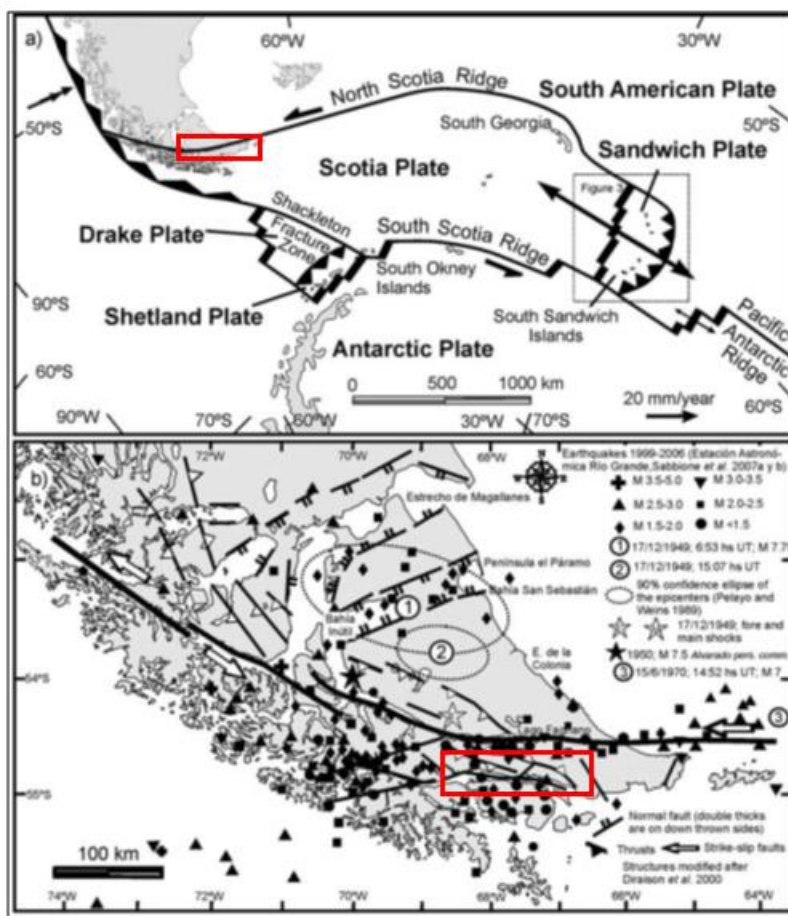
Desde al menos la parte media del Cenozoico, la tectónica en el área de estudio, está dominada por un régimen transcurrente, caracterizado por la Falla Magallanes-Fagnano, al cual se asocian la sismicidad actual y los importantes desplazamientos latitudinales que definen el límite entre las placas de Scotia y de América del Sur, situadas al sur y al norte del Lago Fagnano, ubicado al norte del área de estudio, en territorio argentino (Olivero y otros, 1999; Olivero y Martinioni, 2001).

A lo largo de la traza de la falla Magallanes-Fagnano se han registrado a lo menos 20 sismos mayores a 7 y un sismo cercano a 8 grados Richter desde finales del siglo XIX (Bujalesky, 2012), periodo en el cual existe un registro histórico. En las últimas décadas se mantiene un registro permanente de actividad sísmica con estaciones sismológicas en Tierra del Fuego. Uno de los sismos de mayor magnitud fue el del 17 de diciembre de

1949, de 7.8 grados en escala de Richter, con epicentro en la región circundante al seno Almirantazgo (Bujalesky, 2012).

La Estación Sismológica Ushuaia, ubicada en la inmediaciones del área de estudio pero en territorio argentino, instalada en el Parque Nacional y operada por el CADIC-DNA y OGS; desde 1995 hasta fines de 2005, arrojó registros de una sismicidad activa de baja magnitud, generalmente entre 2 y 3 grados Richter, con epicentros frecuentes en el Valle Carbajal y costa del canal Beagle (Fig. 5).

Figura 5. En A, marco tectónico donde se encuentra el área de estudio



Nota: (cuadro rojo). En B los eventos sísmicos registrados desde los 53° S hasta los 56° S. En rojo se destaca la zona donde se ubica el área de estudio. Tomado de Bujalesky, 2012.

ZONAS PROPENSAS A AVALANCHAS, RODADOS, ALUVIONES O EROSIONES ACENTUADAS.

En base a estos antecedentes históricos, geología, observaciones en terreno e imágenes satelitales, donde observan quiebres en la pendiente del terreno que puede ser susceptible a deslizamientos de terreno y erosión del suelo; se consideran los deslizamientos y la erosión del suelo, como factores de riesgo, que deben ser evaluados durante este estudio.

4.2.4 Deslizamientos

Son movimientos de una masa de suelo o roca que se desplaza pendiente abajo. Se producen cuando una masa de tierra inestable resbala a favor de la pendiente sobre otra masa estable, sin perder el contacto con ella y siguiendo una o varias superficies de ruptura que pueden tener formas planas o cóncavas. Dentro de los factores importantes en la generación de deslizamientos están la pendiente, tipo de roca y cantidad de lluvia (González, 2003). En la zona austral, en el dominio templado frío (43° y 55° S), las precipitaciones son frecuentes todo el año (Quintana & Aceituno, 2012). El año 2012, se registraron en la región deslizamientos rotacionales en el cauce del río Las Minas, flujos de detritos e inundación afectaron la ciudad de Punta Arenas, deslizamientos de roca en la provincia de Última Esperanza (SERNAGEOMIN, 2017).

4.2.5 Erosión del suelo

La erosión es un proceso geológico externo que actúa degradando y eliminando el suelo o la roca, para nivelar la superficie terrestre. Se produce por diferentes agentes naturales como son el agua, el hielo, el viento o los cambios térmicos; y por factores antrópicos como la mala gestión del uso del suelo, la sobreexplotación, la degradación física y química del suelo y la deforestación.

El área de estudio está caracterizada por un clima húmedo con lluvias y nieve la mayor parte del año, lo que es un factor de primer orden para la erosión del suelo, sin embargo la densa vegetación y la escasa pendiente del terreno disminuye notablemente el proceso de erosión.

4.3 RIESGOS ANTRÓPICOS

4.3.1 Contaminación del aire

La contaminación atmosférica se define como la presencia en la atmósfera de elementos contaminantes, que alteran su composición y que afectan a cualquier componente del ecosistema. Según su origen, los contaminantes se clasifican en antropogénicos, derivados de la actividad humana; o naturales, resultantes de procesos de la naturaleza, por ejemplo erupciones volcánicas o polen en suspensión. Dentro de las partículas suspendidas se denomina "respirables" a las de un diámetro menor o igual a 10 μm (PM_{10}), por su capacidad de introducirse en las vías respiratorias. Las partículas finas cuyo diámetro aerodinámico es $\leq 2,5 \mu\text{m}$ alcanzan fácilmente los bronquiolos terminales y los alvéolos (Oyarzun, 2012).

En el área de estudio el riesgo de la contaminación del aire se observa en la localidad de Puerto Williams, y viene de la mano del uso de leña para calefacción de las viviendas. Este tipo de contaminación ha recibido especial atención con planes de descontaminación a nivel nacional, pero principalmente en la zona sur (Ministerio de Medio Ambiente, 2014).

4.3.2 Contaminación del agua

Las características del agua cada día se ven más afectadas por las actividades humanas; las cuales, junto con las características y fenómenos naturales, hacen que sus propiedades fisicoquímicas y microbiológicas varíen notoriamente de un lugar a otro. Debido a la alta demanda de agua, es tan importante conocer su calidad para el consumo humano, riego de cultivos, uso industrial, acuicultura y manejo de vida silvestre en general, así como para la recreación y estética (Rivera et al., 2009). La calidad del agua no es un término absoluto; dice relación con el uso o actividad a que se destina, de ahí que se fijen criterios de calidad del agua de acuerdo a los usos. En Chile, la norma legal

sobre requisitos de calidad del agua para diferentes usos es la Norma Chilena 409 (NCh 409/1.Of. 84).

En el área de estudio, principalmente la zona de Puerto Williams, se han identificado dos tipos de riesgos asociados a la contaminación del agua. El primero asociado a la incorporación de aguas servidas al canal Beagle, sin tratamiento previo; y el segundo a la contaminación de las zonas de turbera, que albergan una reserva importante de agua para la flora y la fauna en las cercanías del Puerto Williams.

4.4 DIAGNÓSTICO DE RIESGOS NATURALES Y ANTRÓPICOS EN LA ZONA DE PUERTO WILLIAMS

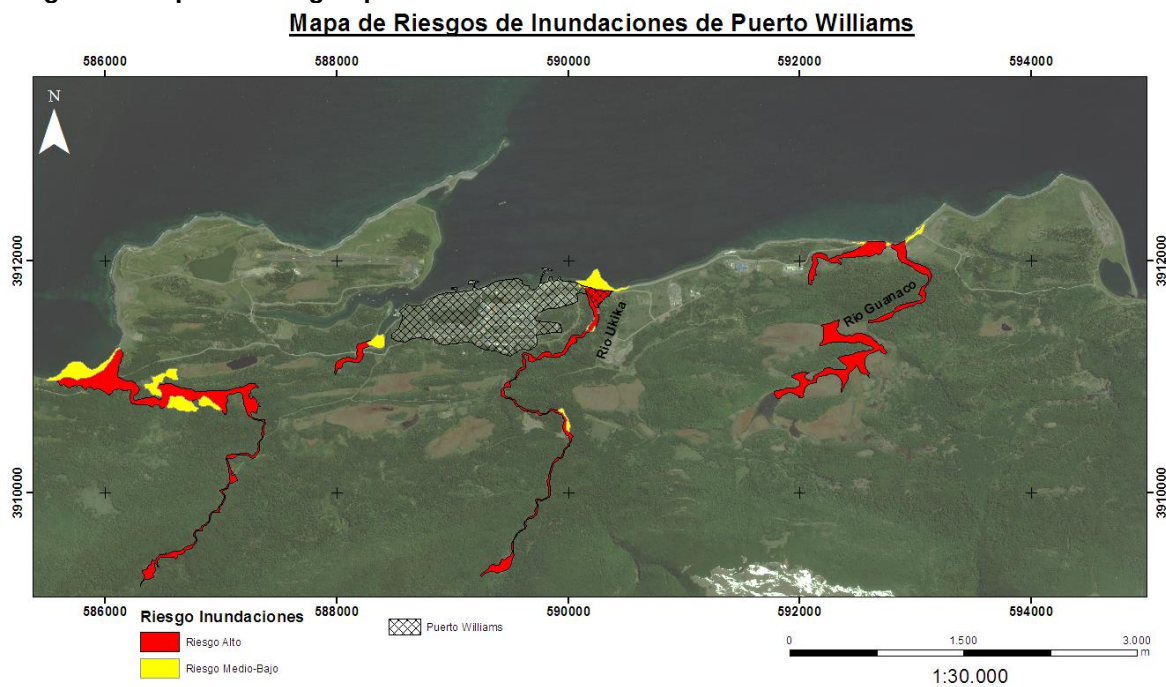
Según lo descrito anteriormente los riesgos asociados a la localidad de Puerto Williams se clasifican en:

ZONAS INUNDABLES O POTENCIALMENTE INUNDABLES

4.4.1 Riesgos de Inundaciones

El aumento del caudal de los ríos Ukika, Róbalo y Guanaco hacia su desembocadura (Fig. 4), por lluvias sobre las normales o producto de los deshielos, podría provocar que las aguas cargadas de sedimentos sobrepasen el cauce principal y se depositen en la llanura de inundación del río. Considerando las características meandriformes, se podría esperar una amplia zona de inundación hacia su desembocadura. Se destacan dos escenarios posibles (Fig. 6), el primero con riesgo alto, que sería el escenario más probable en caso de que el caudal aumentara, y un segundo escenario, con riesgo medio, que está construido en base a la geometría del cauce del río que forma una terraza fluvial, diferenciable en imágenes satelitales de detalle.

Figura 6. Mapa de Riesgos por Inundaciones en Puerto Williams.



Nota: Se destaca la presencia de una zona de riesgo alto, donde cualquier aumento de caudal podría provocar el desborde del cauce; y una zona con riesgo medio y bajo, donde eventos con precipitaciones muy altas podrían provocar el desbordamiento extraordinario del cauce. Mapa de elaboración propia.

4.4.2 Riesgo de Tsunami

La carta de inundación, realizada por el SHOA (2016), evaluó la amenaza de tsunami para el Canal Beagle, generada por sismos de subducción en los sectores en que interactúan las placas Antártica, Sudamericana y de Scotia. Producto de este análisis se determinó que para Puerto Williams la amenaza de tsunami por este tipo de fuentes generadoras no es potencialmente alto, por lo que se consideró evaluar otro tipo de fuentes locales, como las remociones en masa, que presentan un peligro de tsunami mayor, similar a lo ocurrido en el fiordo de Aisén el año 2007 y que se ha repetido por a lo menos los últimos 2.000 años (Naranjo et al., 2009; Wils et al., 2018). La inundación modelada se representa en rangos de profundidad de inundación en metros, determinados a base de parámetros topográficos, batimétricos y particularidades de la fuente generadora del tsunami (Wong et al., 2006).

Este trabajo fue apoyado por el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN) en conjunto con el Gobierno Regional de Magallanes, quienes efectuaron trabajos de fotointerpretación y terreno con el fin de identificar evidencias de remociones en masa. En este estudio se identificaron procesos de remociones en masa y zonas susceptibles a la ocurrencia de remociones en masa tipo deslizamientos, la mayoría correspondientes a deslizamientos rotacionales profundos y deslizamientos traslacionales menores (SHOA, 2016). En esta carta se hace notar que en el caso de ocurrir un tsunami, los niveles de inundación señalados por esta carta podrían ser diferentes, dependiendo de las características de la fuente. Por otra parte, la inundación señalada está referida al nivel medio del mar, por lo cual la inundación real resultante dependerá de la marea del momento.

Con respecto a las áreas que se pueden ver afectadas por un tsunami, el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada dice que “En términos generales, los lugares aledaños a la costa de altura menor de 20 metros, con respecto al nivel de más alta marea son potencialmente peligrosos”. A estos se agregan antecedentes de que las mayores alturas de onda han sido observadas en bahías angostas o semicerradas (por amplificación resonante), desembocaduras de ríos y en bahías con presencia de islas.

Sin embargo, el presente estudio considera que es probable en el área de estudio ocurra un sismo superior a los 7 grados, que puedan generar tsunamis asociados a zonas de ruptura en las trazas de las fallas ubicadas en el fondo oceánico en las inmediaciones de Puerto Williams, y que puedan generar perturbaciones suficientes para generar olas con características tsunamigénicas. Estos sismos pueden generar en superficie deslizamientos de laderas empinadas, similar lo expuesto en el Fiordo de Aisén (Wils et al., 2018). Estos sismos ya se han registrado a lo largo de la traza de la falla Magallanes-Fagnano, donde se han registrado a lo menos 20 sismos mayores a 7 y un sismo cercano a 8 grados Richter, desde finales del siglo XIX (Bujalesky, 2012). En las últimas décadas se mantiene un registro permanente de actividad sísmica con estaciones sismológicas en Tierra del Fuego. Uno de los sismos de mayor magnitud fue el del 17 de diciembre de 1949, de 7.8 grados en escala de Richter, con epicentro en la región circundante al seno Almirantazgo (Bujalesky, 2012). La Estación Sismológica Ushuaia, ubicada en territorio

argentino, instalada en el Parque Nacional y operada por el CADIC-DNA y OGS; desde 1995 hasta fines de 2005, arrojó registros de una sismicidad activa de baja magnitud, generalmente entre 2 y 3 grados Richter, con epicentros frecuentes en el Valle Carbajal y costa del Canal Beagle.

Por lo tanto, en este estudio está representando un “escenario más extremo” (Lagos y Cisternas, 2008), en términos de los efectos que generaría un tsunami en el área de Puerto Williams, considerando que los sismos superiores a 7 pueden generar tsunamis asociados a deformaciones del fondo oceánico y deslizamientos de laderas. Además, se han tomado en cuenta las experiencias de tsunamis ocurridos en Chile en el año 2010 (Mardones y Flores, 2012) y en Japón el año 2011 (Wang et al., 2014), que dejaron en evidencia la necesidad de considerar este tipo de escenarios desfavorables. Considerando lo anterior; y sumado a la carta de inundación que presento el SHOA (2016), los últimos eventos tsunamigénicos registrados en Chile y en el mundo, y finalmente un escenario muy crítico pero probable; este estudio propone una zona de riesgo de inundación por tsunami complementaria a la del SHOA, en la cota 16 m.s.n.m como una zona con riesgo alto y una cota extrema de 30 m.s.n.m., con riesgo medio a bajo (Fig. 7).

Figura 7. Mapa de Riesgo de Tsunami en el área de Puerto Williams.



Nota: Se consideraron escenarios extremos con zonas con cotas entre 16 y 30 m.s.n.m. Mapa de elaboración propia.

Un aspecto a considerar en la zona norte de la Isla Navarino y principalmente en la zona de Puerto Williams, es la presencia de infraestructura crítica en la zona de riesgo alto de inundación por tsunami, como estanques de petróleo y de gas que podrían ser fuentes contaminantes en el caso de ocurrir un tsunami; además de una parte de la pista de

aterrizaje de avionetas y la infraestructura portuaria, que dejaría aislada la isla (Fotografía 3). Este lugar no es considerado por la modelación de la Carta de Inundación del SHOA (2016). Sin embargo, este estudio considera a esta zona con un alto potencial de sufrir daños con un evento que supere el escenario modelado por el SHOA.

Fotografía 3. Se destaca la presencia de infraestructura crítica como tanques de petróleo y de gas en las zonas de alto riesgo en caso de un tsunami.



Fuente: Registro propio, 2016

ZONAS CON PELIGRO DE SER AFECTADAS POR ACTIVIDAD SÍSMICA

4.4.3 Riesgo por Sismos

La mayoría de los asentamientos humanos menores ubicados en la parte norte de la Isla Navarino se emplazan en una zona con lecho rocoso, a excepción de Puerto Williams ubicado en su totalidad sobre depósitos fluvioglaciares. El riesgo sísmico alto se debe a las construcciones desarrolladas sobre palafitos muy delgados o sobre rellenos de escombros, lo cual hace muy inestable la base de las casas ante un sismo mayor a 7.5 Richter, como el que se espera para esta zona según antecedentes históricos (Fotografía 4 y 5). Toda la zona de Puerto Williams presenta un riesgo sísmico medio debido a que está construido sobre depósitos fluvioglaciares los cuales pueden aumentar medio a un grado la intensidad sísmica con respecto a un lecho rocoso (Fernández y otros, 2014).

Fotografía 4. Inmueble abandonado y construido sobre palafitos inestables, susceptible a derrumbe ante un sismo.



Fuente: Registro propio, 2016

Fotografía 5. Inmuebles construidos sobre palafitos muy delgados, susceptibles a derrumbe ante un sismo muy fuerte.



Fuente: Registro propio, 2016

ZONAS PROPENSAS A AVALANCHAS, RODADOS, ALUVIONES O EROSIONES ACENTUADAS.

4.4.4 Riesgos por Deslizamientos

Hacia el este del centro urbano de Puerto Williams entre los ríos Ukika y Guanaco por la costa se reconocen una serie de cicatrices de deslizamientos asociados a la gran pendiente de un acantilado (Fotografía 6), configurando una zona de alto riesgo para deslizamientos (Fig. 8). En base a un análisis de pendiente, utilizando como base la topografía de detalle, se estableció una tabla con los siguientes rangos de pendientes, siguiendo los criterios de González (2003), para rocas de similares características a las observadas en la zona de Puerto Williams.

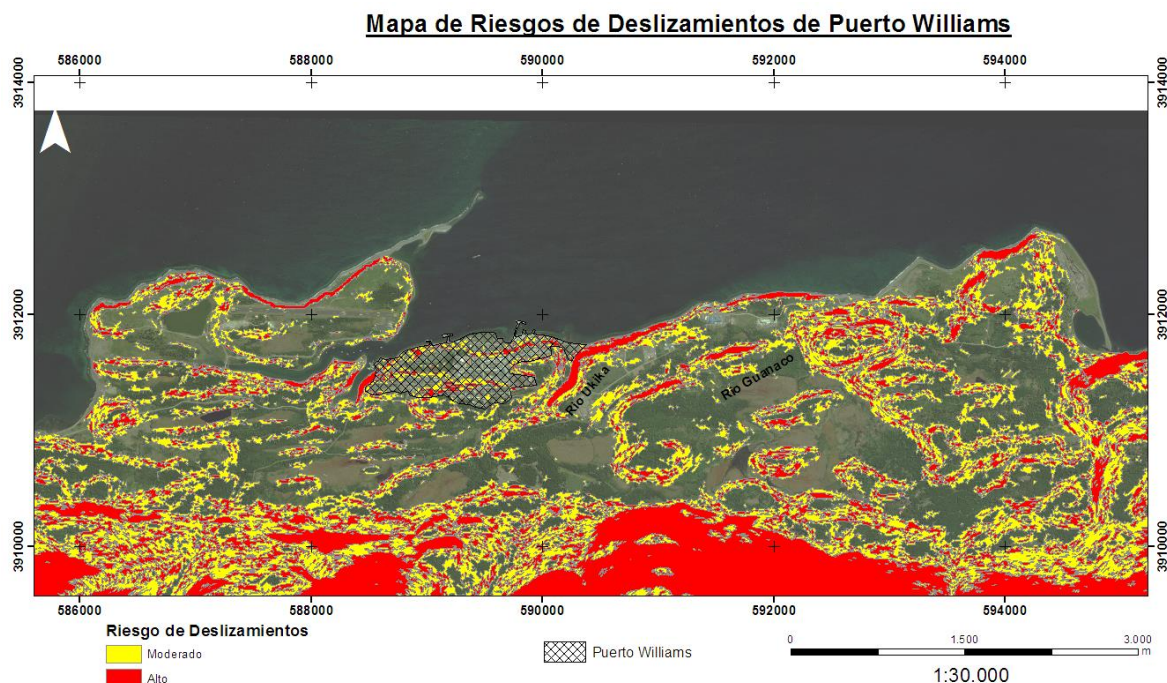
Pendiente en Grados	Riesgo
0 – 5,71	Bajo
5,71 – 16,70	Medio
Mayores a 16,70	Alto

Fotografía 6. Vista al este del río Ukika donde se observa el acantilado con cicatrices de deslizamientos de terreno.



Fuente: Registro propio, 2016

Figura 8. Mapa de Riesgos por Deslizamientos en Puerto Williams. Se destaca la presencia de una zona riesgo alto, asociado al borde del acantilado costero. Mapa de elaboración propia.

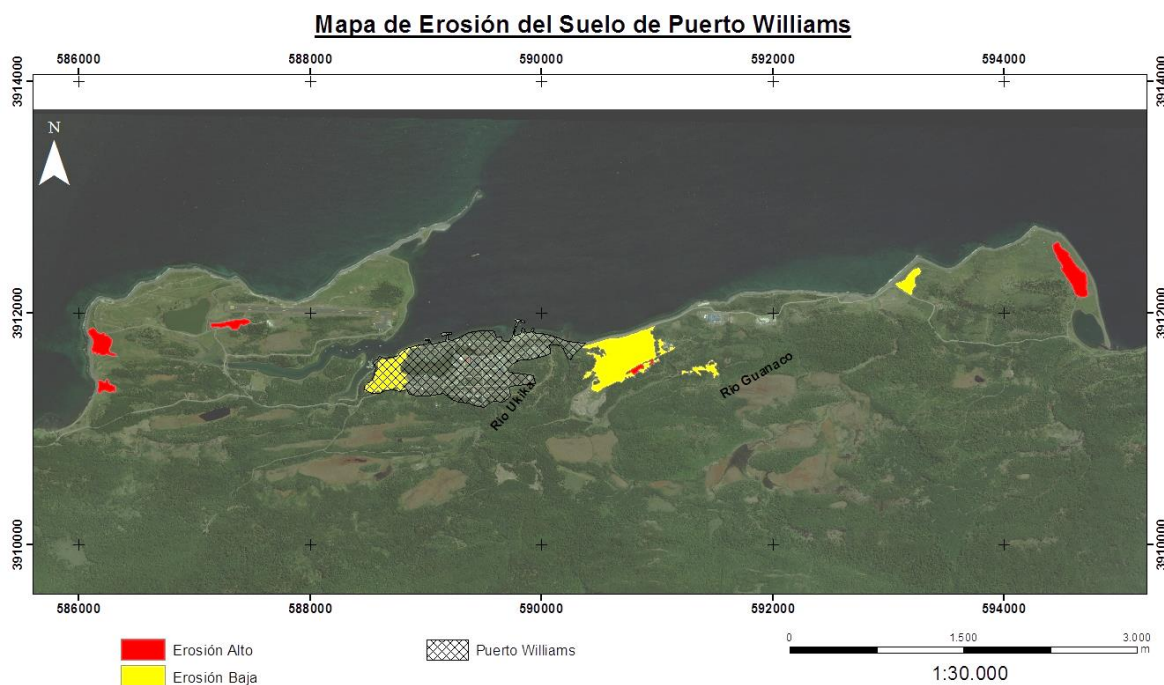


ZONAS O TERRENOS CON RIESGOS GENERADOS POR LA ACTIVIDAD O INTERVENCIÓN HUMANA

4.4.5 Erosión del Suelo

En el sector de Puerto Williams la erosión del suelo depende de la falta de cobertura vegetal y de las acciones antrópicas como la tala de árboles. Se reconocieron en el área de Puerto Williams zonas con alta erosión relacionadas al movimiento de tierra realizados por maquinarias y extracción de áridos, que despejan al suelo de la cobertura vegetal (Fig. 9). La zona de baja erosión se relaciona a una zona de tala de árboles hacia el este de Puerto Williams, y a una zona en la parte oeste de Puerto Williams donde se observa poca cobertura vegetal debido a la presencia de casas con amplios terrenos circundantes (Fig. 9).

Figura 9. Mapa de Erosión del Suelo en Puerto Williams. Se destaca la presencia de una zona con alta erosión asociada a movimientos de tierra; y una zona con baja erosión donde se observa tala de bosques. Mapa de elaboración propia.



4.4.6 Contaminación del aire

Se detectaron olores en las inmediaciones del vertedero municipal, debido a la mezcla de diversos materiales que se vierten ahí. Testimonios de personas de la localidad indican, que estos olores son capaces de llegar a la Villa Ukika, lo que produce un impacto en la población de este sector. Además, como se mencionó anteriormente las viviendas de Puerto Williams se calefaccionan a leña (Fotografía 7), por lo cual el uso de leña seca y de buena calidad se hace indispensable para que la calidad del aire se mantenga en niveles bajos de MP10. Este tipo de contaminación debería ser considerado para el desarrollo industrial de Puerto Williams.

Fotografía 7. La leña como método de calefacción más común en Puerto Williams.

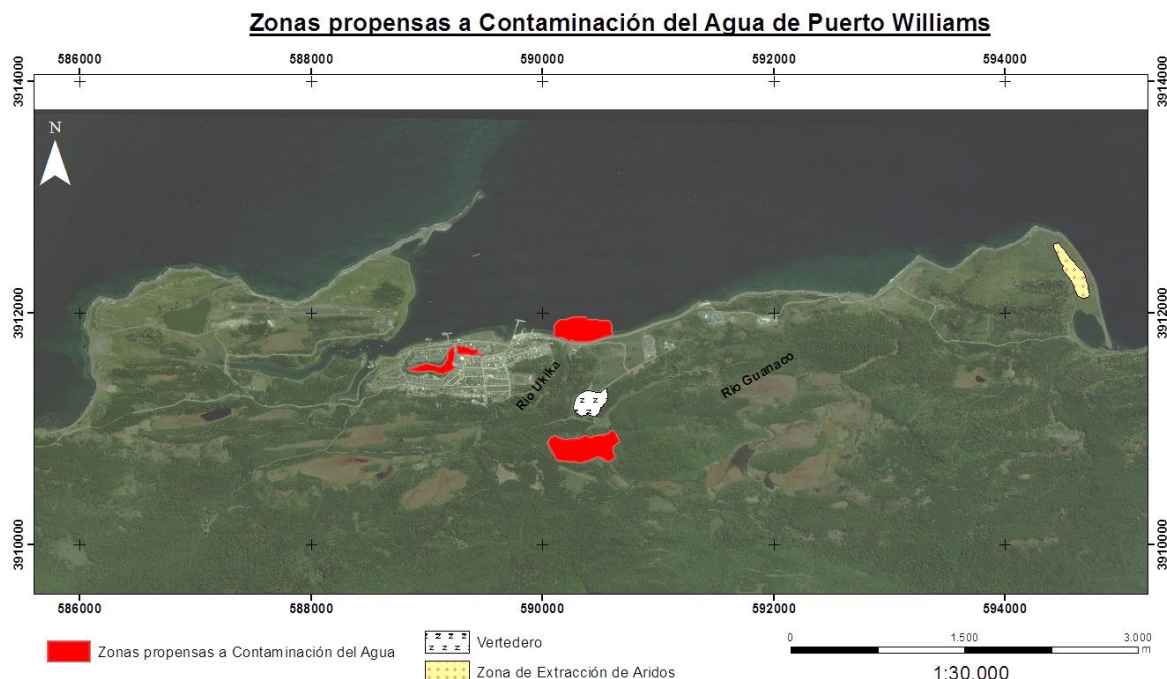


Fuente: Registro propio, 2016

4.4.7 Contaminación del agua

La principal zona propensa a contaminación, está asociada a la incorporación de material proveniente de las aguas servidas sin tratamiento que se vierten directamente a las aguas del canal Beagle, a la altura de la villa Ukika. Otro posible zona propensa a contaminación es la asociada a las turberas que se encuentran dentro del límite urbano de Puerto Williams debido a la presencia de basura vertida directamente en estas; o en las inmediaciones de las turberas como es el caso del vertedero municipal, ubicado a menos de 100 m de un turbal y sin estudios que permitan afirmar si existe o no contaminación (Fig. 10). Este estudio no permite definir zonas de riesgo debido a que se requieren análisis específicos para ver trazadores de contaminación, sin embargo se recomienda una zona buffer con un mínimo de 10 m alrededor de las turberas para evitar la contaminación directa por la presencia de asentamientos urbanos, como ya es observado en las turberas que están directamente en la zona urbana de Puerto Williams.

Figura 10. Mapa de zonas propensas a Contaminación del Agua en Puerto Williams. Se destaca la zona definida por la presencia de basura en las turberas o en sus inmediaciones, u otra zona asociada a la depositación de aguas servidas en el Canal Beagle. Mapa de elaboración propia.



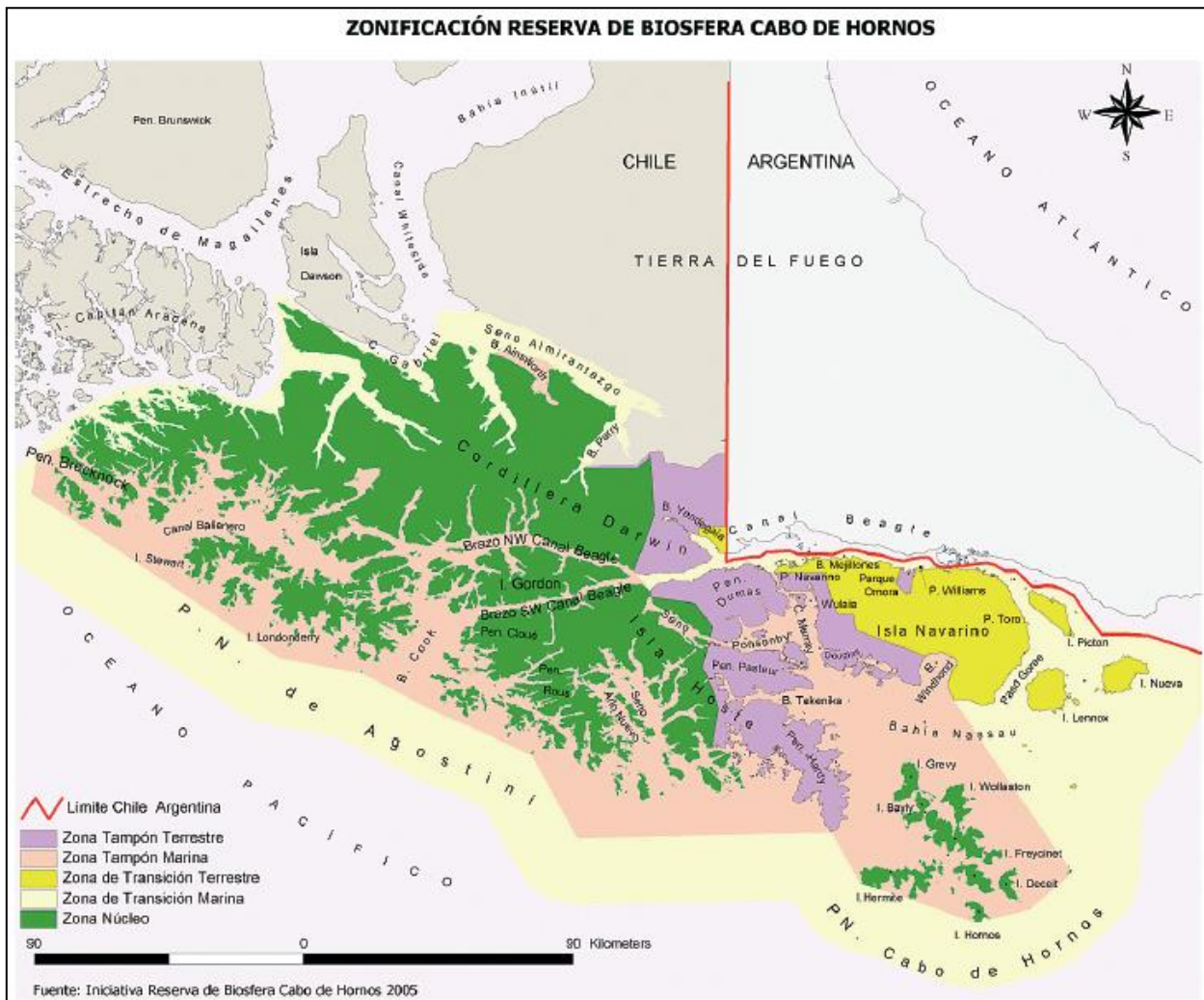
4.5 ÁREAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL

El área de estudio está dentro de la Reserva de la Biosfera (RB) Cabo de Hornos creada en 2005 (Fig. 11). Esta Reserva, abarca una superficie de 4,5 millones de hectáreas e incluye una importante superficie de tierras fiscales del sector chileno de la Isla Grande de Tierra del Fuego, las islas Navarino y Hoste, ubicadas al sur del canal Beagle, y los parques nacionales Alberto de Agostini y Cabo de Hornos (Rozzi y otros, 2004). El sector de Bahía Yendegaia, ubicado entre el canal Beagle y el seno del Almirantazgo, integra una de las áreas tampón de la RB. Esta zona posee el potencial de corredor biológico norte - sur y a su vez tiene un gran potencial turístico (Rozzi y otros, op. cit.). Sin embargo, la punta SE de Bahía Yendegaia, ha sido zonificada como zona exterior de transición de la RB. Este sector, que corresponde a un establecimiento privado de 38.700 hectáreas, estancia Yendegaia, de propiedad de la fundación del mismo nombre, ha sido identificado como un área prioritaria para la conservación fuera de las áreas ya formalmente protegidas y se encuentra en tramitación su declaración como Santuario de la Naturaleza (CONAMA, 2002). La estancia ha revertido la actividad productiva ganadera histórica hacia una actividad ecoturística y de conservación.

El gobierno de Chile está construyendo una ruta paisajística entre la localidad de Vicuña y Bahía Yendegaia, que permitirá conectar mediante una barcaza, Tierra del Fuego con la isla Navarino. Actualmente la construcción del camino ha llegado a 1km del lago Fagnano y se encuentra habilitado hasta el lago Deseado. (XVII Comité integración austral, 2007).

Este camino en el mediano plazo permitirá integrar circuitos turísticos entre Argentina y Chile.

Figura 11. Zonificación de la Reserva de Biosfera Cabo de Hornos¹



¹ Nota: (en cuadro rojo área de estudio), ilustrando: 1) zonas núcleo, que corresponden en su totalidad a áreas incluidas dentro de parques nacionales administrados por la Corporación Nacional Forestal (CONAF); 2) zonas tampón terrestres, que corresponden casi totalmente a tierras fiscales administradas por el Ministerio de Bienes Nacionales y a la franja costera bajo tuición del Ministerio de Defensa de Chile; 3) zonas tampón marinas, ubicadas en aguas interiores administradas por el Ministerio de Defensa de Chile y Subsecretaría de Pesca; 4) zonas de transición terrestres donde se encuentra la ciudad de Puerto Williams y otros pequeños asentamientos humanos; y 5) zonas de transición marinas que abarcan el área que rodea a las zonas tampón marinas. Imagen elaborada por la Iniciativa de Reserva de Biosfera Cabo de Hornos, Laboratorio SIG, Universidad de Magallanes, y Fundación Omora. Tomado de Rozzi et al., 2007.

4.5.1 Conchales

El extremo austral de Sudamérica estaba habitado desde hace 7.000 AP por cuatro etnias, entre las cuales se encontraban el pueblo Kaweshkar (Alacalufes), Aonikenk (Tehuelches), Selknam (Onas) y Yamana (Yagán), quienes utilizaban los recursos proporcionados por la tierra y el mar. El pueblo Yagán habitó el extremo austral insular del Continente Americano entre el borde costero del sur de Tierra del Fuego y el archipiélago Cabo de Hornos. Las investigaciones realizadas por los arqueólogos Ocampo y Rivas (2000) mencionan, que hacia los 7.500 AP existían grupos de canoeros recorriendo el canal Beagle y las costas al sur de isla Navarino, encontrando en este sector y en la costa oeste de la isla 411 sitios arqueológicos. Estos sitios son llamados conchales, con fondos de habitación, los cuales se encuentran a orillas de bordemar. En el seno Grandi, costa sur de Isla Navarino, también se ha encontrado una gran cantidad de sitios arqueológicos con una fecha máxima de 6.160 años AP, situación destacable a nivel mundial por la antigüedad y por ser una de las concentraciones más altas de sitios arqueológicos en el mundo. La distribución de los concheros está altamente relacionada al espacio costero. Al estado actual del conocimiento, más de un 90% de los yacimientos conocidos están dentro de los 300 m de distancia de la costa marina o paleocosta al momento de su formación (Ocampo y Rivas, 2000), donde se practicaba la captura de aves marinas, lobos marinos y nutrias, pero también con la caza del guanaco (*Lama guanicoe*) y recolección de frutos silvestres de calafate (*Berberis buxifolia*), michay (*Berberis ilicifolia*), chaura (*Gaultheria mucronata*) y diversos tipos de hongos. Para la construcción de canoas y viviendas utilizaban las cortezas de coigüe (*Nothofagus betuloides*) y para la elaboración de artesanía, la que se practica hasta hoy, se utilizó como materia prima el junco (*Marsippospermum grandiorum*). Es notoria la tendencia de los sitios a agruparse o presentar superficies mayores en los fondos de bahías, incluso de pequeño tamaño, en espacios con aguas protegidas y lugares aptos para amarre o embarcadero de canoas.

Este territorio - maritorio siempre ha sido una sola unidad y Rozzi et al. 2007, proponen que el manejo de la reserva de biosfera actual debe considerar estas conexiones. Como no se cuenta con la posición exacta de los conchales se propone una franja de 300 m de borde costero para la protección de los mismos.

4.5.2 Monumentos Históricos

La comuna de Cabo de Hornos cuenta con cinco Monumentos Históricos, que se detallan en la Tabla 1. Todos estos monumentos se ubican en Puerto Williams, cercanos uno del otro por lo cual se define un área patrimonial (Fig. 12).

Tabla 1. Monumentos nacionales en la comuna de Cabo de Hornos. Se destacan observaciones realizadas por el Consejo de Monumentos Nacionales.

Nombre Monumento Histórico	Categoría	Decreto	Fecha	Ubicación / calle	OBSERVACIÓN
Naves y restos de naves que indican: Proa del escampavía "Yelcho"	Mueble	00012	07.01 1974		Con reciente autorización para ser trasladado a Punta Arenas, para monumento público a Piloto Pardo.
Colecciones de todos los museos dependientes de la Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos (Museo Martín Gusinde)	Mueble	00192	07.05 1987	Aragay	
Casa Stirling (Museo Martín Gusinde).	Inmueble	00121	27.02 2003	Aragay	
Ex Comandancia del Distrito Naval Beagle.	Inmueble	00203	01.06 2011	Subida Aragay	Con idea de Iniciativa de restauración y habilitación Museo espacio Público Cultural
Casa Naval N° 1.	Inmueble	00203	01.06 2011	Miramar	Con idea de Iniciativa de restauración y habilitación Museo espacio Público Cultural

Figura 12. Área donde se encuentra los Monumentos Históricos en Puerto Williams.

Sector de Concentración de Monumentos Históricos



Fuente: Elaboración propia

5 RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

Para el desarrollo de proyectos, una vez se cuente con el Plan Regulador, se podrían requerir estudios de detalle, que incluyan:

- Un modelo de inundación por tsunamis en un escenario extremo con terremotos cercanos a 8 grados Richter y cuyo epicentro esté al Oeste de Puerto Williams.
- Geoquímica de las aguas en torno al vertedero en Puerto Williams, para determinar si hay filtración de elementos a los turbales cercanos, y geoquímica del borde costero por la posible contaminación por aguas servidas.
- Un estudio de detalle en las zonas de inundación en Puerto Williams, para posibles medidas de mitigación, principalmente en la Villa Ukika.

Conclusiones

En base al reconocimiento realizado en terreno, el estudio de imágenes satelitales, la recopilación de información histórica y algunos testimonios de personas locales, se puede concluir lo siguiente:

- El área de estudio presenta riesgos naturales de Tsunamis, Inundaciones, Deslizamientos y Sismos; y zonas propensas a la contaminación del agua y contaminación del aire.
- En base a lo anterior, los riesgos a considerar en el PRC son: Tsunamis, Inundaciones y Deslizamientos; sin embargo los otros riesgos mencionados en el estudio son condiciones relevantes que deben ser considerados en el análisis final.
- La zona de Puerto Williams presenta riesgos por Tsunami, asociado a dos fuentes, la primera y según este estudio probablemente la más importante son tsunamis asociados al movimiento de fallas asociadas al contacto entre las placas de Scotia, Antártica y Sudamericana; a diferencia de lo planteado por el SHOA (2016), quienes consideran los tsunamis generados por deslizamientos como los más importantes para su modelación. Sin embargo, no se consideró fuentes como el terremoto de 7.8 ocurrido en 1949. Considerando que para que ocurran los deslizamientos cartografiados durante el estudio del SHOA (2016), necesitan probablemente una fuente sísmica, probablemente ambos tipos de tsunamis estén relacionados. Según estas consideraciones se estableció una zona de riesgo alto cercano a la cota de 16 m.s.n.m y una zona de riesgo medio-bajo cercano la cota 30 m.s.n.m., mayor a la considerada por el SHOA.
- Los riesgos sísmicos en Puerto Williams se deben al tipo de suelo para la construcción, constituido por sedimentos fluvio - glaciares, cuya intensidad se puede ver intensificada con respecto a la construcción en roca. Además, se observan construcciones muy susceptibles a derrumbes por sismos sobre 7,5 Richter.
- Los riesgos de inundaciones se observan claramente en imágenes satelitales en el área de Puerto Williams, y están asociados a la presencia de varios ríos de características meandriformes que son capaces de canalizar flujos. Estas áreas representan un riesgo alto en el caso de eventos extremos de precipitaciones.

- Los riesgos de deslizamientos están asociados a la presencia de terrazas marinas, al borde del acantilado costero y quebradas, donde por efecto de la alta pendiente y del tipo de roca pueden provocar deslizamientos como los observados en imágenes satelitales de detalle.
- Las zonas donde se identificó erosión del suelo se encuentran asociados principalmente a la actividad antrópica, donde la alta erosión está asociado a movimientos de tierra y extracción de áridos, y la zona de media a baja erosión está asociada a la tala de bosques para la calefacción.
- Según lo observado en terreno, los análisis de imágenes satelitales y la conversación con la comunidad se puede concluir que la ciudad de Puerto Williams representa un delicado equilibrio entre actividades antrópicas y el sistema natural, principalmente observable en la zona que rodea a las turberas, donde se recomienda establecer un buffer con un mínimo de 10 m desde el contorno de las turberas para evitar la contaminación directa por los asentamientos urbanos.
- Como expansión de la ciudad se observan dos zonas. La primera está entre el río Ukika y el río Guanaco donde existe riesgos por deslizamientos en el borde costero, y zonas propensas a la erosión del suelo y contaminación del aire. Teniendo en consideración esto, se podría establecer un plan de control de desarrollo urbano en esta zona. La segunda expansión, ubicada al sur de Puerto Williams presenta zonas propensas a la contaminación de agua por la presencia de turberas. Si se quiere desarrollar la zona urbana hacia este lugar se recomienda tener en consideración la geometría y la estabilidad natural de estos sistemas.

REFERENCIAS

Borromei, A.M., Quattrocchio, M., 2001. Palynological study of Holocene marine sediments from Bahía Lapataia, Beagle Channel, Tierra del Fuego, Argentina. *Revista Española de Micropaleontología* 33 (1), 61–70.

Bujalesky, G, 2012. Tsunami Overtopping Fan and Erosive Scarps at Atlantic Coast of Tierra Del Fuego. *Journal of Coastal Research*, 28(2), 442–456. West Palm Beach (Florida), ISSN 0749-0208.

Coronato, A.; Rabassa, J.; Borromei, A.; Quattroccio, M. y Bujalesky G., 2003. Nuevos Datos sobre el Nivel Relativo del Mar durante el Holoceno en el Canal Beagle, Tierra del Fuego, Argentina. *Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología. Actas I.* :27-28.

Gonzalez E., 2003. Aspectos geomecánicos de los deslizamientos rápido: Modelación y diseño de estructuras de contención. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, España.

Fernández J., Falcón F., Arenas M., Huerta S., 2014. Geología para el ordenamiento territorial: área de Antofagasta, Región de Antofagasta. Mapa 3: Peligro Sísmico y de inundación por Tsunami. *Carta Geológica de Chile, serie Geología Ambiental, nro. 19.*

Lagos, M., Cisternas M., 2008. El nuevo riesgo de tsunami: considerando el peor escenario. Diez años de cambios en el Mundo, en la Geografía y en las Ciencias Sociales, 1999-2008. *Actas del X Coloquio Internacional de Geocrítica, Universidad de Barcelona.*

Maturana J, Bello M., Manley M., 2004. Antecedentes históricos y descripción del fenómeno El Niño, Oscilación del Sur. En: *El Niño-La Niña 1997-2000. Sus Efectos en Chile* (Editado por S. Avaria, J. Carrasco, J. Rutllant y E. Yáñez), CONA, Valparaíso, Chile. pp. 13-27.

Mardones M., Rojas J., 2012. Procesos de remoción en masa inducidos por el terremoto del 27F de 2010 en la franja costera de la Región del Biobío, Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, 53: 57-74.

Ministerio del Medio Ambiente, 2014. Planes de descontaminación atmosférica. *Estrategia 2014-2018.*

Naranjo, J., Arenas, M., Clavero, J., Muñoz, O., 2009. Mass movement-induced tsunamis: main effects during the Patagonian Fjordland seismic crisis in Aisén (45°25'S), Chile. *Andean Geology* 36 (1): 137-145

Olivero, E.; Martinioni, D; Malumián, N. y S. Palamarczuk. 1999. Bosquejo geológico de la Isla Grande de Tierra del Fuego, Argentina. *IVX Congreso Geológico Argentino, Actas I:* 291-294.

Olivero E. y Martinioni, D. 2001. A review of the geology of the Argentinian Fuegian Andes. *Journal of South American Earth Sciences* 14: 175-188.

Ocampo C., y Rivas P., 2000. Arqueología del Canal Beagle: secuencias y procesos culturales en ambientes marinos de latitudes altas. *Proyecto FONDECYT 1980654*

Oyarzún M., 2010. Contaminación aérea y sus efectos en la salud. Revista chilena de enfermedades respiratorias. V.26 n.1.

Quintana, J. & Aceituno, P., 2012. Changes in the rainfall regime along the extratropical west coast of South America (Chile): 30-43°S. *Atmósfera*, 2012, Vol. 25, N° 3450, p.1-22.

Rabassa, J. 2000. Las turberas como fuente de información paleoambiental. En Coronato, A. y C. Roig (eds.): Curso Taller Conservación de ecosistemas a nivel mundial con énfasis en las turberas de Tierra del Fuego. Disertaciones y Conclusiones: 69-79. Ushuaia, Tierra del Fuego.

Rabassa J., A. Coronado; C. Roig y F. Roig Juñent., 2004. Los bosques de Tierra del Fuego durante el Cuaternario. En *Ecología y manejo de los bosques de Argentina*; Editores: Arturi, M.F.; J.L. Frangi y J.F. Goya.

Rivera N., Encina F., Palma R., Mejías P., 2009. La Calidad de las Aguas en el Curso Superior y Medio del Río Traiguén. IX Región-Chile. *Información Tecnológica*, Vol. 20, nro 4.

Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada, 2016. Carta de inundación por tsunami, Puerto Williams. Referida a un evento extremo posible por deslizamientos.

Servicio Nacional de Geología (SERNAGEOMIN), 2017. Principales desastres ocurridos desde 1980 en Chile, p. 45.

Wang G., Suemine A., Zhang f., Hata Y., Fukuoka H., Kamai T., 2014. Some fluidized landslides triggered by the 2011 Tohoku earthquake (M_w 9.0), Japan. *Geomorphology*, 208, 11-21.

Wong F., Venturato, A., Geins E., 2006. Seaside, Oregon, Tsunami pilot study-modernization of FEMA flood hazard maps. *Gis Data*. U.S. Geological Survey.

Wils, K., Van Daele,M., Lastras, G., Kissel, C., Lamy, F., & Siani, G. (2018). Holocene event record of Aysén Fjord (Chilean Patagonia): An interplay of volcanic eruptions and crustal and megathrust earthquakes. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 123, 324–343. <https://doi.org/10.1002/2017JB014573>