

# **ESTUDIO DE RIESGOS**

VERSIÓN  
MARZO 2022

## INDICE

|   |    |
|---|----|
| I. ESTUDIO DE RIESGOS .....   | 1  |
| 1.1 RIESGO ANTRÓPICO .....  | 1  |
| 1.1.1 Áreas de Resguardo Infraestructura .....                                    | 1  |
| 1.1.1.1 Infraestructura Energética .....  | 1  |
| 1.1.2 Áreas de Resguardo de Infraestructura, ductos.....                          | 3  |
| 1.1.2.1 Almacenamiento de Combustible.....  | 3  |
| 1.1.3 Áreas de Resguardo por Instalaciones de Infraestructura Sanitaria.....      | 4  |
| 1.1.3.1 Sistema de Tratamiento de Aguas Servidas .....                            | 4  |
| 1.1.3.2 Rellenos Sanitarios.....  | 4  |
| 1.1.4 Áreas de Resguardo de Equipamientos de Salud – Cementerios.....             | 5  |
| 1.1.5 Áreas de Resguardo por Instalaciones de Infraestructura de Transporte ..... | 7  |
| 1.1.5.1 Resguardo de Infraestructura Vial y/o Ferroviarias.....                   | 7  |
| 1.1.5.2 Aeropuertos y Aeródromos.....   | 7  |
| 1.1.5.3 Incendios .....   | 9  |
| 1.1.6 Síntesis de Riesgo Antrópico .....  | 11 |
| 1.1.7 Áreas sensibles .....   | 11 |
| 1.1.8 Síntesis y oportunidades respecto a los Problemas Ambientales .....         | 12 |
| 1.2 RIESGOS NATURALES.....  | 14 |
| 1.2.1 Remoción en masa.....   | 14 |
| 1.2.1.1 Planteamiento metodológico .....  | 14 |
| 1.2.1.2 Conjunción de variables .....   | 17 |
| 1.2.1.3 Descripción de las variables.....   | 18 |
| 1.2.1.4 Geomorfología .....   | 18 |
| 1.2.1.5 Topografía (pendiente y exposición) .....                                 | 24 |
| 1.2.1.6 Geología .....  | 25 |
| 1.2.1.7 Precipitaciones .....   | 29 |
| 1.2.1.8 Precipitaciones y erosión.....  | 29 |
| 1.2.1.9 Índice de Fournier para Isla de Pascua.....                               | 31 |
| 1.2.1.10 Identificación de quebradas potenciales .....                            | 31 |
| 1.2.1.11 Erodabilidad.....  | 40 |
| 1.2.1.12 Cobertura vegetal .....  | 42 |
| 1.2.1.13 Uso de suelo.....  | 43 |
| 1.2.1.14 Caracterización de Eventos Históricos.....                               | 44 |
| 1.2.1.15 Áreas de remoción en masa.....   | 46 |

|          |  |    |
|----------|--|----|
| 1.2.1.16 | Conclusiones Riesgo de Remoción .....  | 52 |
| 1.2.2    | Riesgo de inundación por Tsunami.....  | 54 |
| 1.2.2.1  | Contexto Sismotectónico.....   | 55 |
| 1.2.2.2  | Metodología De Modelación Numérica .....   | 56 |
| 1.2.2.3  | Características modelo numérico .....  | 57 |
| 1.2.2.4  | Métodos numéricos y ecuaciones .....   | 57 |
| 1.2.2.5  | Datos de entrada modelación numérica.....  | 59 |
| 1.2.2.6  | Eventos Tsunamigénicos Valdivia – Maule, Chile. ....   | 60 |
| 1.2.2.7  | Resultados De Modelación Numérica .....  | 61 |
| 1.2.2.8  | Eventos Tsunamigénicos Alaska, Estados Unidos - Tohoku, Japón .....  | 68 |
| 1.2.2.9  | Resultados De Modelación Numérica .....  | 69 |
| 1.2.2.10 | Conclusiones Riesgo Por Tsunami .....  | 72 |
| 1.2.2.11 | Referencia Bibliográficas estudio Tsunami .....  | 73 |
| 1.2.2.12 | ANEXO 1 Secuencia Propagación Tsunami Evento Mw 9.5, Valdivia, Chile .....   | 74 |
| 1.2.2.13 | ANEXO 2 - Secuencia Propagación Tsunami Evento Mw 8.8, Maule, Chile.....   | 76 |
| 1.2.2.14 | ANEXO 3 Propagación e inundación por tsunami Isla de Pascua Evento Mw 9.5, Valdivia, Chile.....                      | 78 |
| 1.2.2.15 | ANEXO 4 Propagación e inundación por tsunami Isla de Pascua Evento Mw 8.8, Maule, Chile 81                           |    |
| 1.2.2.16 | ANEXO 5 Registros sintéticos de nivel del mar asociados a tsunami Isla de Pascua Evento Mw 9.5, Valdivia, Chile..... | 83 |
| 1.2.2.17 | ANEXO 6 Registros sintéticos de nivel del mar asociados a tsunami Isla de Pascua Evento Mw 8.8, Maule, Chile. ....   | 86 |
| 1.2.2.18 | ANEXO 7 Velocidades de Flujo .....   | 89 |
| 1.2.3    | Síntesis de riesgo natural .....   | 95 |

## INDICE DE TABLAS

|          |  |    |
|----------|--|----|
| Tabla 1  | Compatibilidad de Exposición Sonora por Tipo de Usos .....   | 9  |
| Tabla 2  | Clasificación de los Tipos e Intensidades Erosivas con Respecto a la Cobertura Vegetal (modificado según VAN ZUIDAM (1985). .... | 15 |
| Tabla 3  | Rangos de pendiente según umbral geomorfológico .....  | 15 |
| Tabla 4  | Rangos de Exposición y Niveles de Erodabilidad.....  | 16 |
| Tabla 5  | Rangos erodabilidad según tipo de rocas.....   | 16 |
| Tabla 6  | Ponderación (%) de Factores detonantes para proceso de Remoción en Masa .....  | 17 |
| Tabla 7  | Precipitaciones Acumuladas y promedios mensuales, entre los años hidrológico 1961-1962 y 2014-2015.....                          | 29 |
| Tabla 8  | Rangos de Cobertura Vegetal.....   | 42 |
| Tabla 9  | Precipitaciones Máximas en 24 Hrs. (Período 2000-2014). Estación Meteorológica Mataveri.....                                     | 44 |
| Tabla 10 | Superficie en Hectáreas y Porcentaje de Tipos de Remoción en masa para Hanga Roa. 50   |    |
| Tabla 11 | Parámetros sísmicos para la generación de la condición inicial. ....   | 60 |
| Tabla 12 | Parámetros estadísticos de registros de nivel del mar sintéticos. ....   | 65 |

|   |    |
|---|----|
| Tabla 13 Parámetros sísmicos para la generación de la condición inicial. .... | 68 |
| Tabla 14 Velocidad de Flujo.....  | 89 |

## INDICE DE ILUSTRACIONES

|  |    |
|--|----|
| Ilustración 1 Infraestructura Energética. ....   | 2  |
| Ilustración 2 Almacenamiento de Combustible .....  | 4  |
| Ilustración 3 Sitios disposición y manejo de residuos sólidos.....   | 5  |
| Ilustración 4 Localización de cementerio .....   | 6  |
| Ilustración 5 Aeropuerto Mataverí .....  | 7  |
| Ilustración 6 Exposición Sonora Aeropuerto .....   | 8  |
| Ilustración 7 Incendios Forestales.....  | 10 |
| Ilustración 8 Áreas Sensibles .....  | 12 |
| Ilustración 9 Volcán Poike .....   | 18 |
| Ilustración 10 Volcán Terevaka .....   | 19 |
| Ilustración 11 Depresión en pared de volcán Rano Kau.....  | 20 |
| Ilustración 12 Acantilados en Volcán Poike .....   | 21 |
| Ilustración 13 Mapa Geomorfológico Isla de Pascua.....   | 23 |
| Ilustración 14 Carta de Pendientes para Isla de Pascua .....   | 24 |
| Ilustración 15 Carta de Exposición para Isla de Pascua.....  | 25 |
| Ilustración 16 Geología para la Isla de Pascua.....  | 27 |
| Ilustración 17 Geología para la Isla de Pascua – Área Urbana .....   | 28 |
| Ilustración 18 Promedios mensuales, entre los años hidrológicos 1961-1962 y 2014-2015.....   | 30 |
| Ilustración 19 Índice de Agresividad Pluvial para Isla de Pascua.....  | 31 |
| Ilustración 20 Stream Power Index (SPI) Comunal.....   | 32 |
| Ilustración 21 Stream Power Index (SPI) zona urbana proyectada .....   | 33 |
| Ilustración 22 Topographic Wetness Index (TWI) Comunal .....   | 34 |
| Ilustración 23 Topographic Wetness Index (TWI) zona urbana proyectada .....  | 35 |
| Ilustración 24 Transport Capacity Index (TCI) Comunal .....  | 36 |
| Ilustración 25 Transport Capacity Index (TCI) zona urbana proyectada .....   | 37 |
| Ilustración 26 Quebradas torrenciales potenciales para la comuna de Isla de Pascua .....   | 38 |
| Ilustración 27 Quebradas torrenciales potenciales y obras de contención asociadas. Área urbana proyectada de la comuna de Isla de Pascua. ....                       | 39 |
| Ilustración 28. Superficie de los suelos, según categoría de erodabilidad .....  | 40 |
| Ilustración 29 Erodabilidad en Isla de Pascua .....  | 41 |
| Ilustración 30 Intensidad Vegetal en Isla de Pascua .....  | 42 |
| Ilustración 31 Usos de Suelo.....  | 43 |
| Ilustración 32 Anegamiento en intersección calles Policarpo Toro y Te Pito O Te Henua, a partir de altos montos de precipitaciones en 24 horas. (Junio de 2014)..... | 45 |
| Ilustración 33 Evidencia de inundaciones en sector Costero en Hanga Roa, a partir de episodio pluviométrico de Junio de 2014.....                                    | 45 |
| Ilustración 34 Anegamiento en Sector de calle Hotu Matua (Junio 2013).....   | 46 |
| Ilustración 35 Volcán Rano Kau y su cubierta vegetal.....  | 46 |
| Ilustración 36 Evidencia de proceso erosivo en Maunga Roiho .....  | 47 |
| Ilustración 37 Evidencia de procesos erosivos en Maunga Pui, en sector superior del cono .....   | 47 |
| Ilustración 38 Norte de Hanga Roa, Sector costero asociado a muy altos niveles de pendiente ....   | 48 |
| Ilustración 39 Sectores habitados a los pies del Puna Pau, vecinos a escarpe con evidencias de procesos remosivos .....  | 49 |
| Ilustración 40 Evidencia de escarpe con probabilidad de procesos remosivos.....  | 49 |
| Ilustración 41 Sectores asociados a Maunga Roiho .....   | 50 |
| Ilustración 42 Evidencia de Sinuosidad en área asociada Maunga Roiho .....   | 50 |
| Ilustración 43 Tipos de Remoción en masa para Isla de Pascua .....   | 51 |
| Ilustración 44 Tipos de Remoción en Masa. Hanga Roa.....   | 52 |



|   |           |
|---|-----------|
| Ilustración 45 Mayores zonas de subducción de la cuenca del Pacífico .....  | 54        |
| Ilustración 46 Esquema de anidamiento para el modelo numérico. ....   | 58        |
| Ilustración 47 Esquema de frontera móvil.....   | 59        |
| Ilustración 48 Definición de rumbo, buzamiento y ángulo de desplazamiento. ....   | 59        |
| Ilustración 49 Dominio espacial de la modelación numérica de tsunami para eventos Mw 9.5, Valdivia y Mw 8.8, Maule, Chile. ....                           | 60        |
| Ilustración 50 Dominio espacial de la modelación numérica de tsunami para Isla de Pascua con resolución de 3" .....                                       | 61        |
| Ilustración 51 Condición inicial del evento Mw 9.5, Valdivia, Chile para la modelación numérica de tsunami en Isla de Pascua. ....                        | 62        |
| Ilustración 52 Distribución de alturas máximas del evento Mw 9.5, Valdivia, Chile para la modelación numérica de tsunami en Isla de Pascua.....           | 62        |
| Ilustración 53 Distribución de alturas máximas del evento Mw 9.5, Valdivia, Chile para la modelación numérica de tsunami en Isla de Pascua.....           | 63        |
| Ilustración 54 Distribución espacial de runup del evento Mw 9.5, Valdivia, Chile. ....  | 64        |
| Ilustración 55 Condición inicial del evento Mw 8.8, Maule, Chile para la modelación numérica de tsunami en Isla de Pascua. ....                           | 65        |
| Ilustración 56 Distribución de alturas máximas del evento Mw 8.8, Maule, Chile para la modelación numérica de tsunami en Isla de Pascua. ....             | 66        |
| Ilustración 57 Distribución de alturas máximas del evento Mw 8.8, Maule, Chile para la modelación numérica de tsunami en Isla de Pascua. ....             | 66        |
| <b>Ilustración 58 Distribución espacial de runup del evento Mw 8.8, Maule, Chile. ....</b>  | <b>67</b> |
| Ilustración 59 Dominio espacial de la modelación numérica de tsunami para eventos Mw 8.6, Alaska, Estados Unidos y Mw 9.0, Tohoku, Japón. ....            | 68        |
| Ilustración 60 Condición inicial del evento Mw 8.6, Alaska, Estados Unidos para la modelación numérica de tsunami en Isla de Pascua. ....                 | 69        |
| Ilustración 61 Distribución de alturas máximas del evento Mw 8.6, Alaska, Estados Unidos para la modelación numérica de tsunami en Isla de Pascua.....    | 69        |
| Ilustración 62 Distribución de alturas máximas del evento Mw 8.6, Alaska, Estados Unidos para la modelación numérica de tsunami en Isla de Pascua.....    | 70        |
| Ilustración 63 Condición inicial del evento Mw 9.0, Tohoku, Japón para la modelación numérica de tsunami en Isla de Pascua. ....                          | 71        |
| Ilustración 64 Figura 11. Distribución de alturas máximas del evento Mw 9.0, Tohoku, Japón para la modelación numérica de tsunami en Isla de Pascua. .... | 71        |
| Ilustración 65 Distribución de alturas máximas del evento Mw 9.0, Tohoku, Japón para la modelación numérica de tsunami en Isla de Pascua.....             | 72        |
| Ilustración 66 Áreas de Riesgos Hanga Roa – LÁMINA 1.....   | 96        |
| Ilustración 67 Áreas de Riesgos Hanga Roa – LÁMINA 2.....   | 97        |

## **I. ESTUDIO DE RIESGOS**

Se identifican aquellos sectores del área de estudio, afectas algún tipo de restricción por riesgo natural o antrópico, que puedan ser traducidas como áreas de riesgo y zonas no edificables.

Según la Estrategia Internacional de Reducción de Desastres (EIRD<sup>1</sup>), el peligro, también llamado amenaza, se refiere a un fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que pueden ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos o daños ambientales.

Los peligros según su origen se clasifican en Naturales: aquellos eventos geológicos, hidrometeorológicos, biológicos, etc., en cuya ocurrencia no ha intervenido la actividad humana, tales como sismos, tsunamis, erupciones volcánicas.

Socio-naturales: aquellos eventos cuya producción, además de un componente natural, hay participación de la actividad humana, sea incrementando su potencial destructivo y/o recurrencia, acelerando su acontecimiento y/o su forma de actuación.

En esta categoría están aquellos eventos generados por la deforestación y eliminación de la cobertura vegetal en las cuencas, tales como los deslizamientos, derrumbes, etc., además los desbordes de ríos debido a la sedimentación de materiales arrastrados desde las partes altas de las cuencas. Incluso el incremento de los episodios de sequías, heladas, olas de frío y nieve, etc., y su mayor intensidad actualmente se relaciona con el Cambio Climático, que es un proceso mundial acelerado por la emisión de gases a la atmósfera que producen las actividades humanas.

Antrópicos: eventos dañinos creados por actividades humanas que están ligadas a procesos de industrialización, desarrollo tecnológico, explotación de recursos naturales, crecimiento demográfico y de las áreas urbanas, etc., tales como incendios forestales, incendios urbanos, plantas de explosivos, plantas nucleares, construcción de represas, derrame de sustancias peligrosas, emisiones de gases tóxicos, diversos tipos de contaminación del agua, suelo o aire, acumulación de desechos orgánicos sin tratamiento, etc.

### **1.1 RIESGO ANTRÓPICO**

Se identifican a continuación aquellos espacios del contexto comunal afectos a restricción según se establece en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones Artículo 2.1.17, respecto a zonas afectadas por intervención humana (riesgo antrópico), para así aplicar fajas o radios restrictivos reconocidos en la normativa vigente.

Las áreas identificadas se vinculan fundamentalmente a la presencia de obras de infraestructura, las cuales presenten algún grado de restricción de uso acordes a su legislación, de este modo a partir de las fuentes bibliográficas consultadas y la información levantada en los recorridos en terreno, se han reconocido los siguientes elementos descritos continuación.

#### **1.1.1 Áreas de Resguardo Infraestructura**

##### **1.1.1.1 Infraestructura Energética**

Comprende el sistema de generación y distribución de energía, que corresponde a las instalaciones de la central eléctrica de Isla de Pascua, emplazada en el sector Mataveri, hacia el costado sur del aeropuerto. En dicho sector se encuentran los generadores que proveen de energía al pueblo, los motores de generación eléctrica funcionan con combustible diésel que es transportado por barcos desde el continente y depositados en estanques.

Tal como se expresa en el estudio de actualización del Plan 2010, "SASIPA es la empresa responsable de la generación y distribución de la energía eléctrica. Está autorizada por CORFO

---

<sup>1</sup> <http://www.eird.org>

para desempeñarse en ambos roles; en atención a que la legislación chilena no lo permite en condiciones normales.

El Sistema Eléctrico de Isla de Pascua está compuesto por una planta generadora “Central de Generación Eléctrica Mataveri”. La generación eléctrica se realiza con 4 máquinas, las que entregan una potencia instalada de 3200 Kwa en forma continua.

Desde los generadores descritos anteriormente, surge una red de tendido eléctrico aéreo de media tensión, con cerca de 42 km de extensión, que alimenta el sector urbano de la isla, destacando por su longitud un ramal que se desprende fuera del Límite Urbano hacia el sector de Vaitea. Véase la siguiente ilustración, donde se aprecia también un cuadro detalle con el sector de la central generadora.

Al tratarse de líneas de tensión media, este tipo de infraestructura no compromete un área de resguardo o faja de protección que trascienda al terreno donde se emplaza el tendido eléctrico.<sup>2</sup>

Al respecto el Plan, define una zona de área verde hacia el norponiente, con la finalidad de evitar fricciones entre la Planta de Generadores Eléctricos localizada en la zona Z11 y la zona ZE3 Zona de Equipamiento 3.

**Ilustración 1 Infraestructura Energética.**



Fuente: Elaboración Propia a partir de datos del estudio de Actualización Plan Regulador Comunal 2010.

<sup>2</sup> Según el Artículo 2.1.17. de la OGUC 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.

### **1.1.2 Áreas de Resguardo de Infraestructura, ductos.**

Al interior del Límite Urbano vigente no se registra la existencia de obras de infraestructura como oleoductos, gasoductos o poliductos, por lo que no se contemplan medidas o fajas restrictivas al respecto. Sin embargo, si existen obras asociadas a la provisión de combustibles, las cuales son descritas a continuación.

#### **1.1.2.1 Almacenamiento de Combustible**

“En Isla de Pascua, Enap Refinerías cuenta con una concesión por las instalaciones de una terminal ubicada en el sector de la Rada Vinapu. Con una capacidad de almacenamiento de 4.800 metros cúbicos, el Terminal de Vinapu asegura el abastecimiento de combustible del territorio insular. Estas instalaciones son:

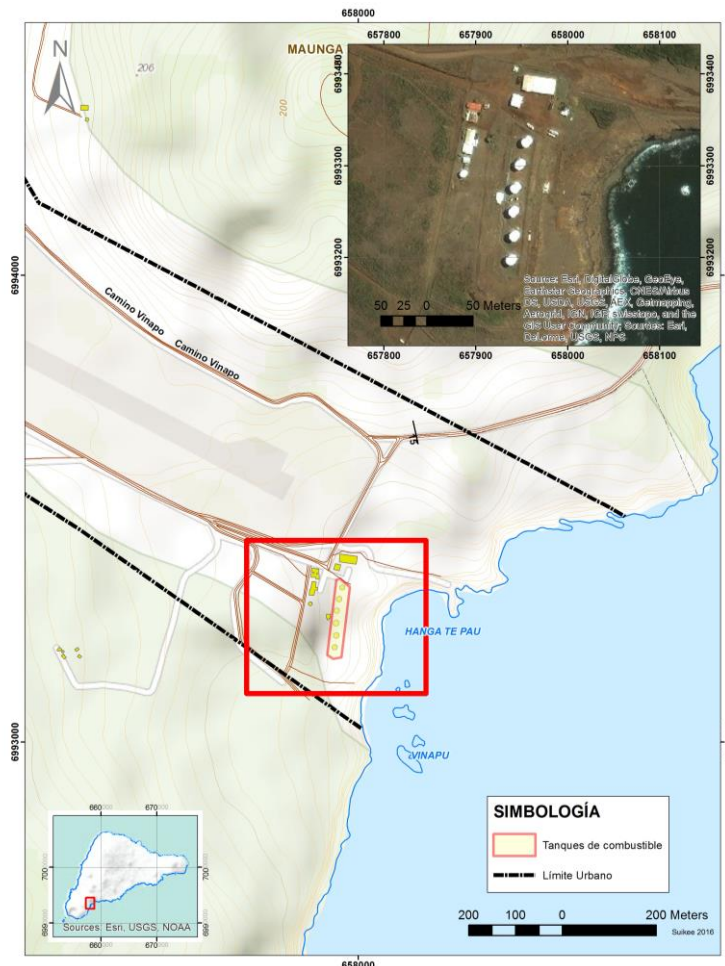
- Terminal Marítimo: Cuenta con una línea submarina de 8 pulgadas de aproximadamente 500 metros de longitud y un fondeadero con capacidad para amarrar buques tanques de hasta 110 metros de eslora, 10 metros de calado y hasta 10.000 DWT. Para operaciones de descarga o carga.
- Terminal Terrestre: Cuenta con 6 estanques de almacenamiento de productos refinados, con capacidad para 800 metros cúbicos, los que almacenan kerosene aviación, gasolina 93 NOR y diésel B. También cuenta con sistema de carguío a camiones (Sala de Bombas e Isla de Carguío) y un Sistema Contra Incendio. Para la distribución de productos dispone de una flota de camiones cisternas, compuesta de tres camiones para kerosene aviación y dos semitrailers para gasolina y diésel B.”<sup>3</sup>

La localización de las obras de infraestructura terrestres puede ser consultada en la siguiente ilustración. Sector urbano para el cual se recomienda favorecer la permanencia de las actuales instalaciones y/o su eventual ampliación, incentivando un uso de suelo asociado a infraestructura energética, de transporte y almacenaje, restringiendo usos residenciales. Al respecto, el Plan lo ha integrado como parte de la zona ZI1 Zona de Infraestructura Aeroportuaria.

---

<sup>3</sup> [http://www.enap.cl/pag/83/873/terminal\\_vinapu](http://www.enap.cl/pag/83/873/terminal_vinapu)

## Ilustración 2 Almacenamiento de Combustible



Fuente: Elaboración propia.

### 1.1.3 Áreas de Resguardo por Instalaciones de Infraestructura Sanitaria

#### 1.1.3.1 Sistema de Tratamiento de Aguas Servidas

Según los antecedentes registrados en la memoria del estudio del Plan Regulador Comunal del 2010 (Op.Cit), toda la infraestructura sanitaria de Isla de Pascua es mantenida y operada por la Sociedad Agrícola de Servicios Isla de Pascua Ltda. (SASIPA). Sin embargo, la comuna no cuenta con un sistema de alcantarillado, por lo que gran parte de las viviendas poseen soluciones independientes, utilizando preferentemente pozos absorbentes.

Se tiene registro de colectores de aguas servidas para las viviendas de la Fuerza Aérea y Carabineros, con disposición final en un pozo ubicado en el extremo oeste de la pista de aterrizaje. Nuevos proyectos de infraestructura incluyen la instalación de Plantas de tratamiento de agua individuales, como lo son la Aldea Educativa, Edificio Fiscalía Local, Servicio Nacional de Turismo y Gimnasio Municipal. También en el sector de del terminal de combustibles, se cuenta con un pozo negro como receptor de las aguas servidas.

#### 1.1.3.2 Rellenos Sanitarios

La comuna no cuenta con un relleno sanitario, el manejo de los residuos sólidos se dispone en el Basural Hanga-Hemu y Basural Orito, ambos de propiedad de la I. Municipalidad de Isla de Pascua<sup>4</sup> y localizados fuera del área urbana de Hanga Roa.

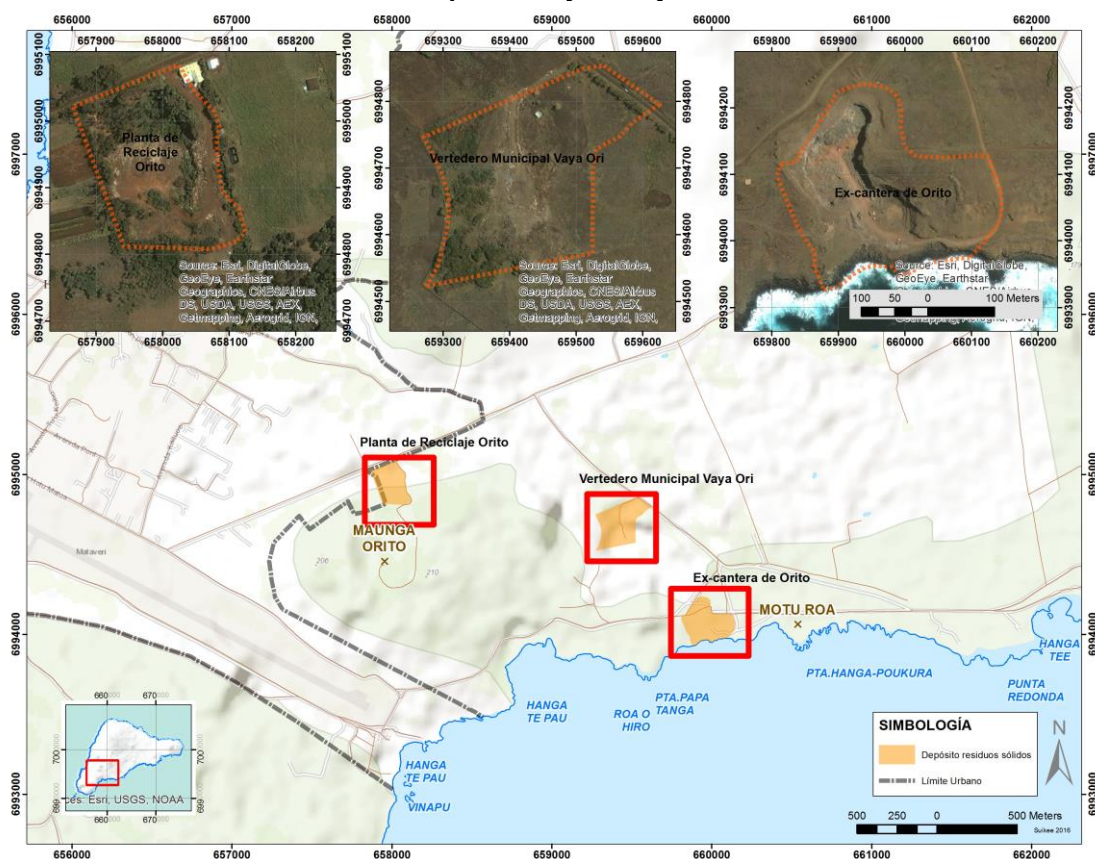
<sup>4</sup> [http://www.directorioresiduos.cl/DR/?page\\_id=751](http://www.directorioresiduos.cl/DR/?page_id=751)

El aumento de visitantes en Isla de Pascua ha tenido como consecuencia que en 15 años triplicara la producción de basura, con un estimado de 15 toneladas de desechos sólidos al día, el 20% de los cuales llega a la planta de reciclaje "Orito", donde se compacta la basura y se espera seis meses para enviarla al continente. El resto, en su mayoría residuos sólidos domiciliarios, va al vertedero Vai a Ori.<sup>5</sup> Véase la siguiente ilustración.

Conviene mencionar que los residuos sólidos domésticos son almacenados en tambores en el sector del terminal de combustibles y luego llevados al vertedero municipal. Otros residuos tales como: aceites, baterías y neumáticos, son enviados al continente en los barcos fletados.

Por otra parte, en la ex-cantera de Orito localizada en el área rural de la isla, que otrora estaba reservada para depositar residuos sólidos domiciliarios; actualmente se utiliza solamente para la disposición final de material no peligroso, en especial escombros y otros materiales de construcción.

**Ilustración 3 Sitios disposición y manejo de residuos sólidos**



Fuente: Elaboración propia.

#### 1.1.4 Áreas de Resguardo de Equipamientos de Salud – Cementerios

Isla de Pascua ha tenido una sucesión de cementerios. “El primero estuvo frente a la misión de Vaihu, bahía ubicada en la costa sur; el segundo justo detrás del Gimnasio Koro Paina Kori, del que hoy solo queda una cruz de madera pintada de blanco; y el tercero se encontraba en el sector de la colonia agrícola, antiguo leprosario. El actual cementerio está en la costa oeste, muy cerca de Tahai, a 30 metros del mar y fue inaugurado el año 1951. Los funerales se realizan en la iglesia de Santa Cruz y después el cortejo fúnebre acompaña al féretro por la calle Te Pito O Te Henua hasta tomar el camino de la costa y llegar al cementerio<sup>6</sup>”. Su ubicación es graficada en la siguiente ilustración.

<sup>5</sup> <http://www.economiaynegocios.cl/noticias/noticias.asp?id=227071>

<sup>6</sup> <http://imaginaiisladepascua.com/que-ver/hanga-roa/cementerio-de-ista-de-pascua/>



## Ilustración 4 Localización de cementerio



Fuente: Elaboración Propia

En cuanto al área de resguardo para este tipo de infraestructura se considera una faja de 25 metros no edificable con viviendas<sup>7</sup>, establecida por el Reglamento General de Cementerios, D.S. N°357 de 1970, del Ministerio de Salud<sup>8</sup>, (D.O. del 18/06/70), y demás normas pertinentes.

En el reglamento se menciona que el área destinada a sepultación<sup>9</sup> de los cementerios no podrá estar situada a una distancia menor, de treinta metros de la ribera de un río, manantial, acequia, pozo u otra fuente que pueda abastecer de agua para la bebida o el riego.

En este caso el cementerio de Isla de Pascua, no se encuentra flanqueado por viviendas, ni por cursos de agua, por lo que no se detectan problemas a este respecto, sin embargo, la propuesta de zonificación deberá comprender esta faja referencial en el proceso de diseño del Plan.

Se debe considerar que el Reglamento General de Cementerios, sólo se limita a señalar que estos recintos no podrán estar ubicados a menos de 25 metros de una morada o vivienda, pero no constituye una zona de restricción (tal como se advierte en los dictámenes de la Contraloría General de la República de Chile<sup>10</sup>). Por esta razón la franja graficada en la ilustración adjunta, no constituye una faja de restricción por infraestructura sanitaria, sino más bien una guía y recomendación para evitar los usos habitacionales a la hora de definir zonificaciones para el proceso de planificación territorial.

Se rescata como información del Plan 2010 (Op.Cit) la propuesta de un nuevo cementerio, al sur de la vía IPA 10 en el sector de Viri Hanga 'O Tuki en Vinapu. Localización que cumpliría con una serie de condiciones mencionadas por parte de la comunidad, el Concejo y la Unidad Técnica, en diversas ocasiones, tales como su cercanía al área urbana, la vista al mar desde dicho sector y que no afectaría o disminuiría necesariamente el valor turístico que pueda tener la zona. Sin embargo, es necesario considerar los recursos patrimoniales presentes del área, su inserción dentro del

<sup>7</sup> ARTICULO 18° Ningún cementerio podrá estar ubicado a menos de 25 metros de una morada o vivienda.

<sup>8</sup> Última Modificación: DTO-54, SALUD 19.05.2004

<sup>9</sup> El Artículo 20° del reglamento; se entenderá por área de sepultación aquella parte de los terrenos del cementerio específicamente destinados a la sepultación de cadáveres o restos humanos

<sup>10</sup> Aplica dictámenes Números. 31.416 y N°48.301, ambos de 2009, en Manual Práctico de Jurisprudencia Administrativa Dictámenes Planes Reguladores Comunes 2014.

Parque Nacional y otros aspectos, como con las condiciones necesarias para mitigar los riesgos de erosión a los que se ve afectado dicho sitio.

Este nuevo cementerio Viri Hanga 'O Tuki fue inaugurado el año 2018, y para su localización y autorización fue necesaria la desafectación de esta superficie del Parque Nacional Rapa Nui, según lo indicado en el Artículo 1° del Decreto N°119 publicado en el D.O. con fecha 07/03/2018.

### 1.1.5 Áreas de Resguardo por Instalaciones de Infraestructura de Transporte

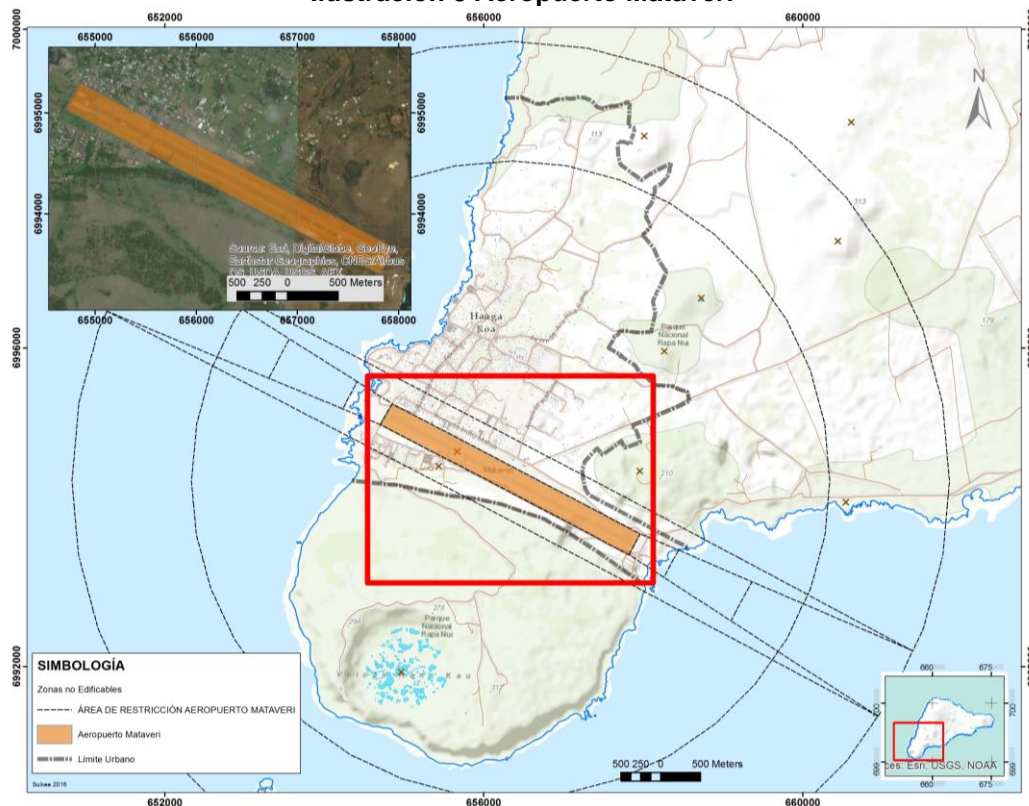
#### 1.1.5.1 Resguardo de Infraestructura Vial y/o Ferroviarias

La infraestructura vial presente en la isla no contempla fajas de resguardo. En el mismo sentido, se la ausencia de líneas férreas hace inoperativa la definición de fajas de resguardo por dicho concepto.

#### 1.1.5.2 Aeropuertos y Aeródromos

El Aeropuerto Mataveri, cuenta con una pista de 3300 x 45 metros (Aeródromo/ Helipuerto), localizada a 500 m al sur de Hanga Roa<sup>11</sup> Pista para la cual existen definidos conos de restricción y resguardos definidos por la Dirección General de Aeronáutica Civil (en Plan 2010; Op. Cit).

Ilustración 5 Aeropuerto Mataveri



El entorno de este aeropuerto comprende un área denominada “Sub Zona de Restricción de Aeropuertos”, identificada en la siguiente ilustración, la cual comprende los territorios afectados por la proyección de las superficies limitadoras de obstáculos que determina la Dirección General de Aeronáutica Civil en los terrenos aledaños a aeropuertos o aeródromos, también definida como cono de aproximación, según lo previsto en la Ley N° 18.916 del Ministerio de Justicia que aprueba el Código Aeronáutico, la cual ha sido expresada en la ilustración anterior, donde se observa que su área afecta una sección del borde noroeste de área urbana. Esta infraestructura está regulada por el Decreto N°340 promulgado con fecha 25 de abril de 1997 y publicado con fecha 5 de junio

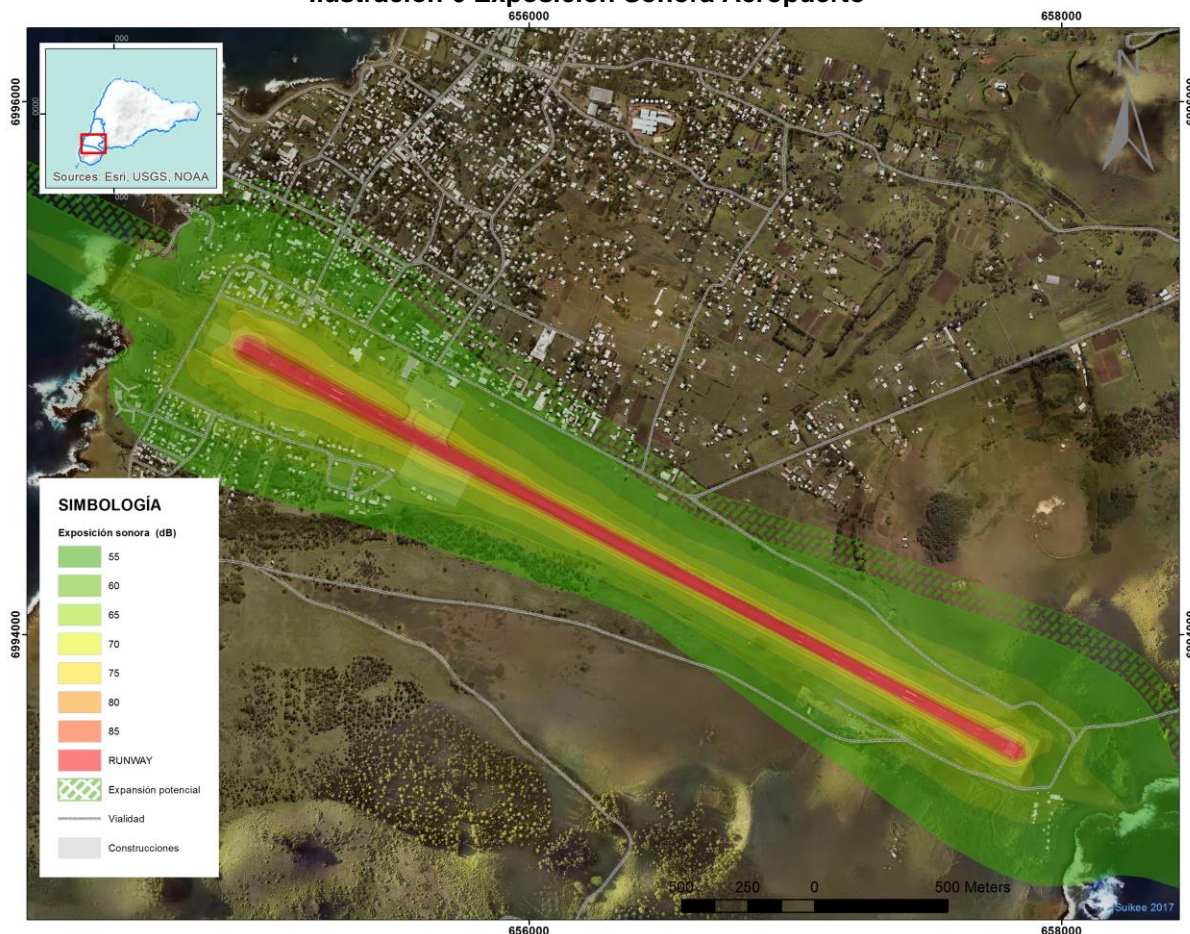
<sup>11</sup> <https://www.aipchile.gob.cl/designador/SCIP>



de 1997, que Aprueba Plano (Nº PP-93-07)<sup>12</sup> que determina zonas de protección para el Aeropuerto "Mataveri".

Se ha facilitado por parte del MOP, antecedentes respecto al denominado "Estudio de diseño Mejoramiento Integral Aeropuerto Mataveri". Estos antecedentes consisten en una salida cartográfica de un modelo de línea base de ruido precisado como "Mapa de contorno de la Exposición Sonora - Situación Existente". El cual fue traspasado a la base cartográfica utilizada en la elaboración del presente Plan. Véase la siguiente ilustración.

**Ilustración 6 Exposición Sonora Aeropuerto**



Fuente: Elaboración Propia.

Se ha incluido referencialmente una franja sonora presumible (graficada como "Expansión potencial" en la ilustración anterior), considerando que como parte de las reuniones efectuadas en el marco de la Evaluación Ambiental Estratégica<sup>13</sup>, se ha mencionado como un proyecto a futuro, la ampliación del aeropuerto, incluyendo una nueva pista aledaña y al norte de la existente, para la cual aún no se cuenta con un estudio sonoro.

Un geoprocusamiento por traslape espacial, permite detectar que existen 454 construcciones coincidentes con las franjas de exposición sonora actual, mientras que si se considera la franja definida como "expansión potencial" se afectará eventualmente a 227 nuevas construcciones.

Se ha proyectado preliminarmente la localización potencial de la nueva pista y en especial replicado los polígonos de exposición sonora actuales, con lo cual se pudo definir una franja probable de alcance sonoro "Expansión potencial", que ayude en el proceso de planificación

<sup>12</sup> <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=73319&idVersion=1997-06-05>

<sup>13</sup> Tal como se propone en la circular DDU 272 que Instruye respecto de la formulación de planes reguladores y la compatibilidad con la actividad aeroportuaria. 2014

territorial. Para esto en el mismo estudio facilitado por el MOP<sup>14</sup>, se encuentra una tabla de compatibilidad, la cual ha sido sintetizada en la siguiente tabla.

**Tabla 1 Compatibilidad de Exposición Sonora por Tipo de Usos**

| Exposición Sonora / Uso                  | < 65 | 65-70 | 70-75 | >75 |
|--|------|-------|-------|-----|
| Familiar                                 |      |       |       |     |
| Multi Familiar                           |      |       |       |     |
| Caravanas - Camping                      |      |       |       |     |
| Residencia de estudiantes                |      |       |       |     |
| Lugares de Culto                         |      |       |       |     |
| Escuelas                                 |      |       |       |     |
| Hospitales                               |      |       |       |     |
| Guarderías                               |      |       |       |     |
| Infraestructuras deportivas descubiertas |      |       |       |     |
| Exposiciones naturales y zoológicos      |      |       |       |     |
| Parques de recreación                    |      |       |       |     |
| Oficinas y edificios de negocios         |      |       |       |     |
| Comercio y distribuidores                |      |       |       |     |
| Servicios públicos                       |      |       |       |     |
| Comunicación                             |      |       |       |     |
| Manufacturas en general                  |      |       |       |     |
| Fotografía y ópticas                     |      |       |       |     |
| Producción y extracción de recursos      |      |       |       |     |

En el marco de las potestades del Plan Regulador Comunal, para aminorar los riesgos para la población respecto del funcionamiento del aeropuerto, se sugiere regular los sectores adyacentes con normas urbanísticas, tales como restringir el uso residencial, y definir usos de suelo de apoyo al Aeropuerto, donde sea necesario.

Al respecto, y considerando el contexto de la propiedad del suelo de Isla de Pascua y el alcance normativo del Plan, se ha desestimado la definición del tipo de uso de suelo residencial en los suelos de propiedad fiscal, que se localizan en las cercanías del aeropuerto, los cuales han quedado definidos con las zonas ZE3, ZE1 y ZES2.

Tal como se dispone en la circular DDU 272 “Cabe señalar que esta compatibilidad es sin perjuicio de aquellas franjas o radios de protección de obras de infraestructura de aeropuertos, contenidas en los Planos de Protección establecidos por el ordenamiento jurídico vigente”. Radio que ha sido expresado en la Ilustración referida al Aeropuerto Mataverí, del presente punto.

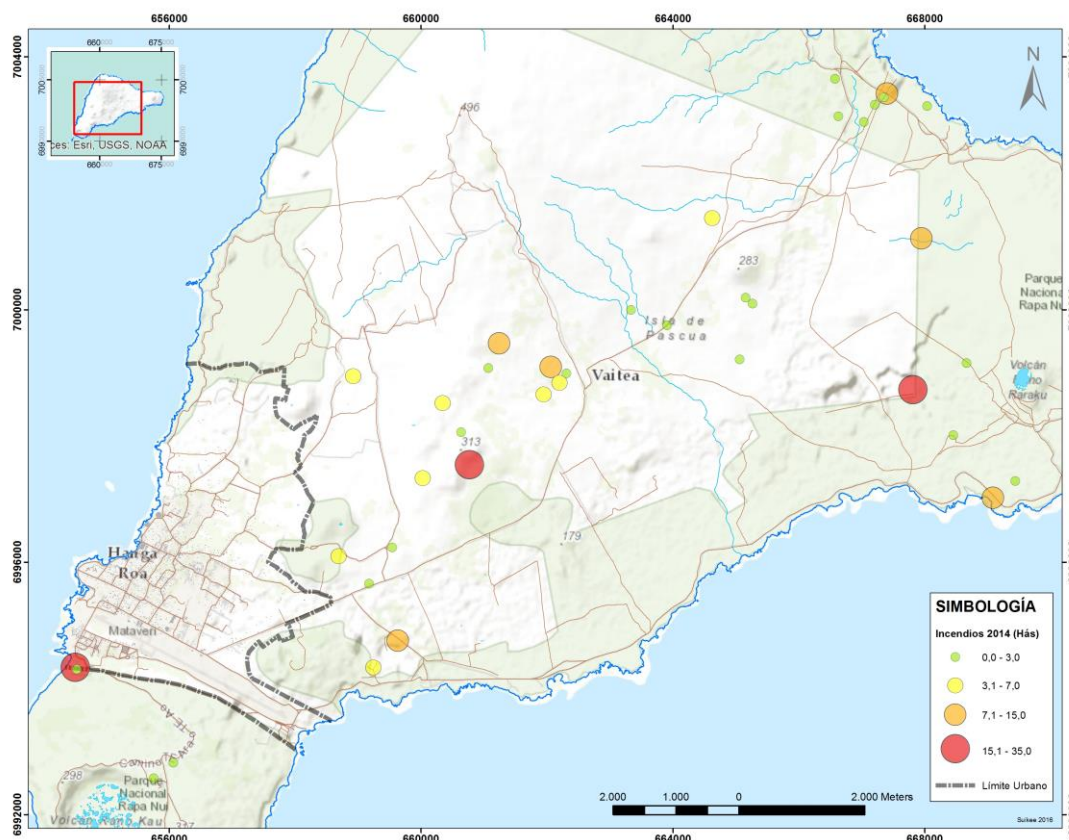
### 1.1.5.3 Incendios

En la siguiente ilustración, se grafica los focos de incendios del año 2014, a partir de los datos del Servicios de mapas vectoriales para el proyecto IDE-MINAGRI.

Se puede apreciar que gran parte de la ocurrencia de incendios forestales, se localizan fuera del Límite Urbano de Hanga Roa, extendiéndose especialmente en sentido noreste de las áreas urbanas consolidadas. Estos sectores, según los datos disponibles, conforman eventuales áreas de mayor potencial de incendios forestales, tan solo considerando la presencia de la masa vegetal y su cercanía a posibles puntos de ignición por influencia antrópica. Véase la siguiente ilustración.

<sup>14</sup> No se adjuntaron las referencias técnicas ni bibliográficas referidas a la tabla de Compatibilidad de Exposición Sonora por tipo de usos

## Ilustración 7 Incendios Forestales



Fuente: Elaboración Propia a partir de datos CONAF 2014.

Al respecto, el contexto agropecuario del Plan, el material combustible localizado en las cercanías del núcleo urbano, aumenta la posibilidad de incendios<sup>15</sup>. En el caso de los incendios forestales de pastizal (los más comunes en la isla), la generación de fuego por transeúntes es un factor importante que considerar, especialmente en caminos secundarios.

Por otra parte, se reporta como antecedente para los lineamientos de estructuración urbana, que en términos generales las urbanizaciones dispersas, comprometen servicios e infraestructura asociadas a la vialidad, alcantarillas, y protección contra los incendios más costosas, que en el caso de estructuras urbanas centralizadas<sup>16</sup>

Finalmente, las recomendaciones especializadas respecto a este tema, coinciden en que el principal enfoque para la reducción la ocurrencia e impacto de incendios forestales en la interfaz urbano-rural debe comprender medidas preventivas, como la reducción del combustible disponible en una zona de interfaz. Esta práctica, unida al establecimiento de una franja de protección de ancho variable como la utilización de caminos que actúen como cortafuegos entre estos tipos de usos, constituye un manejo apropiado para reducir los riesgos de ocurrencia de incendios. Enfoque basado en los antecedentes de ocurrencia de incendios a nivel mundial, donde se manifiesta que, en condiciones ambientales como la presencia de vientos fuertes, alta temperatura y baja humedad relativa, junto a una base de combustible, y fuentes de ignición (especialmente asociadas a la acción humana) este combustible arderá. Por lo tanto, la mejor forma de prevenir grandes incendios es actuar sobre el combustible, principalmente su eliminación y control de su expansión.<sup>17</sup>

<sup>15</sup> Castillo, M; Garfías, R; Julio, G; Correa, L. Incendios forestales en Chile. Análisis general de riesgos. Capítulo Libro 'Riscos: Naturais, Antrópicos e Mistos'. Faculdade de Letras. Pp.639-650. ISBN 978-989-96810-1-9; p.667-678. Universidad de Coimbra. Portugal. 2013.

<sup>16</sup> Crecimiento urbano desordenado, causas y consecuencias. CREI, Centre de Recerca en Economia Internacional, 2008

<sup>17</sup> Los incendios en zonas de interface urbano forestal. la integración de nuevos elementos en el diseño de la prevención. Scripta Nova Universidad de Barcelona. ISSN: 1138-9788. Depósito Legal: B. 21.741-98

### 1.1.6 Síntesis de Riesgo Antrópico

A partir de la información desarrollada en los puntos anteriores, se puede establecer que gran parte de las áreas afectas por riesgo antrópico se encuentran enmarcadas en el territorio rural de la comuna, donde el ámbito del Plan no posee facultades de acción directa.

En el área urbana de Isla de Pascua, se reconoce la presencia del aeropuerto, cuyo cono de aproximación aérea conforma una condicionante al desarrollo urbano colindante a dicho sector, así como la acumulación de combustibles y residuos en el terminal de Vinapu. En este sentido también la cercanía del vertedero de Orito respecto del área urbana puede generar riesgos ambientales, en especial si se considera como un punto de inmisión de vectores de transmisión de enfermedades como el dengue. Las condiciones propuestas para las áreas que son afectadas por este buffer tienen por objetivo, proteger a la población frente a posibles eventos de contaminación.

Complementariamente se ha de considerar el posible efecto de la emisión de olores de los sitios de acopio de residuos, como un elemento a contemplar respecto a la densidad de las poblaciones adyacentes a estos puntos.

### 1.1.7 Áreas sensibles

Se delimita a continuación los sectores de mayor vulnerabilidad o equipamiento crítico ante fuentes de contaminación, como colegios, hogares de ancianos y hospitales. Contexto en el cual se acude a la definición de la Subsecretaría de Telecomunicaciones, organismo que en el marco de la denominada “Ley de Torres”.

Se define área sensible, como “aquellas áreas donde se encuentran escuelas, jardines infantiles, hospitales o consultorios, asilos de ancianos y otras áreas similares que cumplan con la definición específica de zona sensible establecida por la Subsecretaría de Telecomunicaciones según lo consagrado en la Ley y que, a su vez, hayan sido identificadas formalmente por los Municipios dentro de sus respectivas comunas.”<sup>18</sup>

A partir de estos lineamientos se reconocen los espacios que conformen áreas sensibles:

- Establecimientos educacionales públicos o privados.
- Salas cuna y jardines infantiles.
- Hospitales, clínicas o consultorios.
- Predios urbanos donde existan torres de alta tensión.
- Hogares de ancianos.
- Sitios ubicados a una distancia menor a cuatro veces la altura de la torre de los deslindes de estos establecimientos.
- Otras áreas sensibles de protección así definidas por la Subsecretaría de Telecomunicaciones

Según lo expresado en la DDU 252, las medidas relativas a los sitios sensibles, que se distinguen tres anillos o zonas.

1. El primero, correspondiente a la superficie del establecimiento y al área contigua a sus deslindes, hasta los 40 metros de distancia respecto de éstos.
2. El segundo, correspondiente al área comprendida entre los 40 metros y los 80 metros de distancia, desde dichos deslindes,
3. y un tercero, correspondiente al área comprendida entre los 80 metros y los 120 metros de distancia de los mismos deslindes.

Con estas medidas se dispuso a realizar un geo proceso, respecto a los usos de suelo generados por el catastro urbano del presente estudio. De esta forma se logró identificar la presencia de 11 puntos, graficados en la siguiente ilustración, junto a los anillos de sensibilidad que rodean a cada uno de los inmuebles individualizados.

---

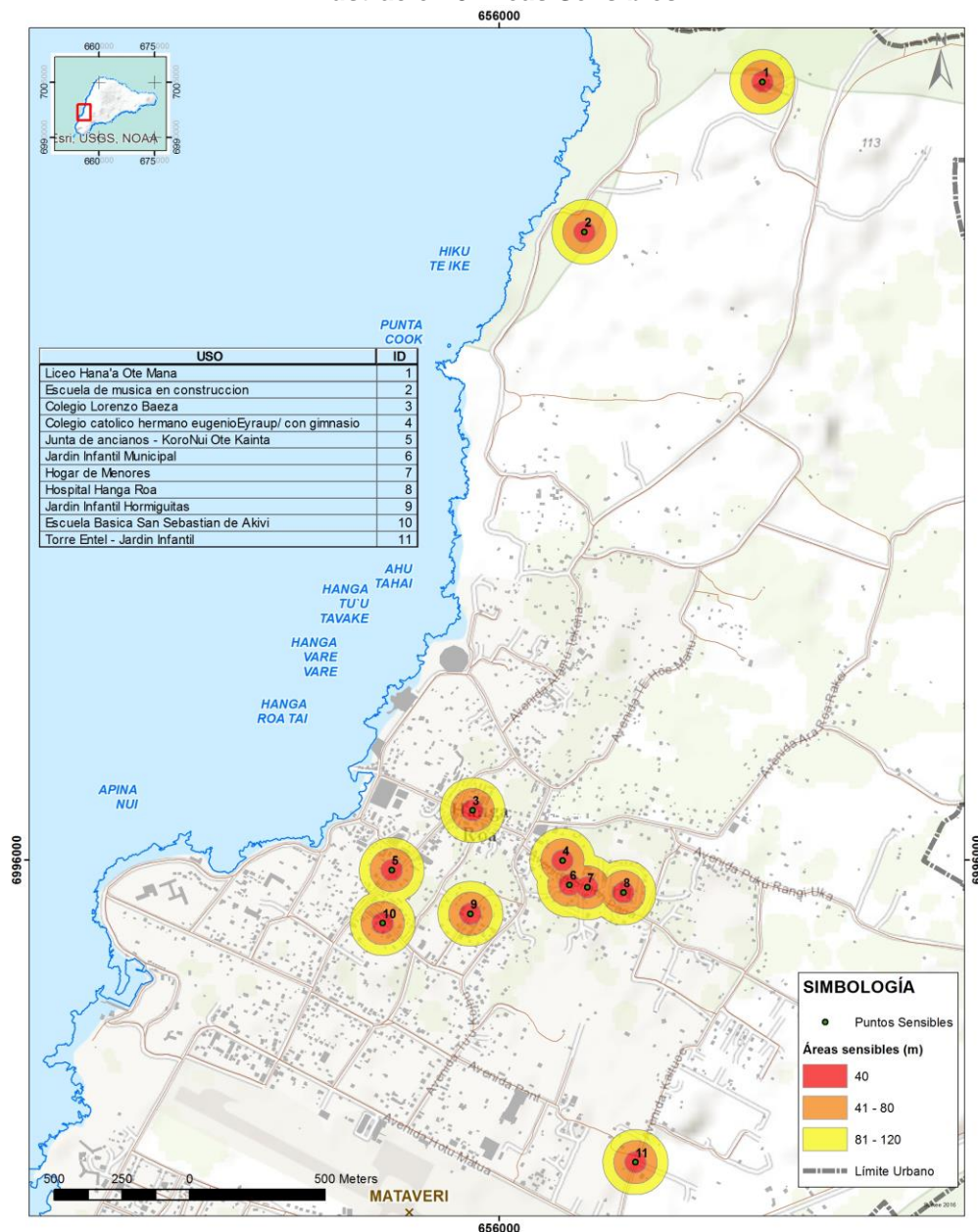
Vol. XIV, núm. 331 (60), 2010

<sup>18</sup> <http://www.subtel.gob.cl/antenas/#>



En este caso, aplicará lo contenido en el artículo 116°bis E, 116° bis F, 116° bis G, 116° bis H y 116° bis I, de la LGUC, a lo establecido en el artículo 2.6.3. de la OGUC, y las regulaciones presentes en la Ley N°20.559, que Regula la Instalación de Antenas Emisoras y Transmisoras de Servicios de Telecomunicaciones.

**Ilustración 8 Áreas Sensibles**



Fuente: Elaboración propia.

### 1.1.8 Síntesis y oportunidades respecto a los Problemas Ambientales

En términos generales los problemas ambientales detectados sobrepasan los alcances del Plan, y se enfocan primordialmente al manejo de los recursos del ámbito rural.

En este contexto, se estima que, para Hanga Roa si bien sería recomendable la construcción de un sistema de alcantarillado público con tratamiento de aguas servidas, esta opción no es necesariamente la más adecuada en el corto y mediano plazo. Los altos costos y la probable baja conexión, lo hacen un proyecto de baja rentabilidad social y que tendría además un impacto negativo en su etapa de implementación. Sin embargo, es posible que esta opción sí sea aplicable en el futuro, bajo otras condiciones que así lo permitieran. Por lo tanto, es recomendable

implementar un plan de reacondicionamiento de las soluciones privadas existentes, logrando una disminución de probables focos de contaminación del acuífero y un mejoramiento de las condiciones sanitarias de cada vivienda.

Por otra parte, la comuna de Isla de Pascua no cuenta con un relleno sanitario autorizado, aunque se han efectuado iniciativas de reciclaje, este sigue siendo un problema importante en la isla, en especial si se considera que este tipo de sectores conforman focos para la reproducción del mosquito del Dengue.

Otro residuo de importancia (aun cuando no tiene carácter domiciliario) corresponde a caballares o vacunos muertos que, ante la imposibilidad de ser transportados al vertedero, son quemados in situ con neumáticos. Se estima que en verano mueren de dos a tres animales al mes y la razón principal sería la intoxicación por ingesta de lupino.

En el ámbito de elementos posibles de aplicar por el Plan, destaca la generación de áreas verdes u otro tipo de soluciones, que promuevan áreas de baja densidad al interior de los predios, con el fin de colaborar con una imagen de ocupación urbana poco intensiva y mantener una calidad ambiental relacionada con la conservación de las áreas verdes y la arborización al interior de las manzanas, y acceso visual al borde costero. Al respecto, el Plan define en la zonificación propuesta la norma urbanística de agrupamiento aislado y pareado, y antejardines en rangos desde 3 hasta 6 metros dependiendo de la zona normativa, con la finalidad de contribuir a la conservación del suelo y a la mantención de las superficies vegetadas, que otorgan el carácter de ciudad naturalizada que Hanga Roa mantiene hasta el momento.

El reconocimiento de las líneas oficiales existentes (L.O.), puede evitar la ocupación de la vía pública, con edificaciones o apropiaciones indebidas facilitando los desplazamientos internos, así como brindar mayor seguridad al proporcionar acceso a vehículos de emergencia. Estos espacios también pueden aportar, junto a una red de corredores verdes a la imagen urbana de Hanga Roa, respecto a la presencia de la vegetación frondosa con árboles, arbustos y flores en los frentes prediales y al interior de los terrenos. En este caso el Plan, dado el contexto de la propiedad del suelo, reconoce a través de una zona especial la red que conforman los pasajes familiares, dado que es la forma en que la población local se organiza y ajusta en el territorio adecuándose a su relieve y topografía, y son los que cumplen la función de conectar la vialidad estructurante con las áreas habitacionales localizados en los interiores de las macro manzanas familiares. También establece ensanches puntuales, siendo en la mayoría de los casos en aquellas vías que enfrentan suelos de propiedad fiscal.

Respecto de los cementerios, si bien el Reglamento General de Cementerios, sólo se limita a señalar que estos recintos no podrán estar ubicados a menos de 25 metros de una morada o vivienda, esto no constituye una zona de restricción (tal como se advierte en dictámenes de la Contraloría General de la República de Chile<sup>19</sup>). Al respecto, los cementerios de la localidad de Hanga Roa como son: el Cementerio de Tahai y el actual Viri Hanga 'O Tuki (ambos en funcionamiento) se encuentran insertos en las zonas ZPRN y ZES, las cuales en ambos casos no consideran el uso residencial; y en el caso del cementerio antiguo (no activo), está rodeado de las zonas ZE1 y ZE2, las cuales tampoco consideran el uso residencial.

En relación al riesgo de incendio, este no tiene representación al interior del área urbana. Sin embargo, se recomienda en los casos de proximidad de áreas urbanas a sectores de plantaciones forestales o mayor riesgo de ignición, la utilización de caminos que actúen como cortafuegos entre estos tipos de usos.

En este sentido se ha propuesto en el presente Plan, coherentemente con los resultados del análisis de incendio y las posibilidades que plantea el instrumento (en el contexto de la propiedad del suelo de Isla de Pascua y su alcance normativo), una propuesta de ensanche de la calle Moihava y Camino a Vinapu (2), en el área sur de la localidad de Hanga Roa. Complementariamente se han definido zonas sin uso residencial en este perímetro, dado que el sector sur poniente coincide con el área donde se registró uno de los focos más cercanos de incendios a la localidad de Hanga Roa.

<sup>19</sup> Aplica dictámenes Números. 31.416 y N°48.301, ambos de 2009, en Manual Práctico de Jurisprudencia Administrativa Dictámenes Planes Reguladores Comunales 2014.

## **1.2 RIESGOS NATURALES**

### **1.2.1 Remoción en masa**

A continuación, se exponen los resultados de la identificación y zonificación de las áreas urbanas y comunales susceptibles a ser afectadas por procesos remosivos, o propensos a avalanchas, rodados, aluviones o erosiones acentuadas, como lo indica el apartado 2 del artículo 2.1.17 de la OGUC correspondiente a amenazas por remociones en masa (caída de bloques, flujos de barro y deslizamientos). Para estos efectos se incluirá en el informe la línea de base geológica y geomorfológica, base primordial para la identificación de procesos de esta índole.

El objetivo principal es realizar una caracterización a detalle de las áreas propias de la comuna y zona urbana propuesta, indicando los posibles procesos causantes de riesgos a los que puedan ser afectos. Para lo anterior se presentan los siguientes objetivos.

- Establecer las distintas formas y unidades geomorfológicas que acaecen en las diferentes partes estructurantes del estudio.
- Distinguir las formas dinámicas actuales y los procesos geomorfológicos que pudiesen afectar a las obras antes mencionadas, según los agentes externos modeladores de los relieves presentes en el área.
- Identificar áreas de vulnerabilidad derivada de procesos geomorfológicos morfodinámicos.
- Representar cartográficamente las distintas unidades y formas reconocidas, estableciendo una zonificación según su expresión espacial.

#### **1.2.1.1 Planteamiento metodológico**

A diferencia de otro tipo de riesgos naturales, las remociones en masa, para su reconocimiento, requieren del manejo de distintos ambientes, entre los que cuenta al geográfico, climático, geomorfológico, geológico y tectónico (Hauser, 2000), así también, Märker *et al.*, (2001) señala que para describir procesos erosivos, remosivos y sus dinámicas, se debe caracterizar un conjunto de parámetros que determinen las propiedades fisiográficas de esta, como así también, la actividad humana presente en ella.

Es así que, para el área de Isla de Pascua, se determinaron como parámetros de análisis a las siguientes variables: Cobertura vegetal, Precipitación, Topografía (exposición y pendiente), Geología, Erodabilidad, Uso del Suelo, quebradas torrenciales potenciales. Estos factores y su manejo para este trabajo son descritos a continuación:

- Cobertura Vegetal

Este índice se define a partir de distintos porcentajes de cobertura vegetal, obtenidos mediante la reclasificación del índice NDVI (Índice de vegetación de diferencia normalizada). Para este caso, considera la categorización realizada por VAN ZUIDAM (1985) en MÄRKER *et al.* (2001), basada en la profundidad y distancia de los canales y cárcavas, entregando distintas clases y tipos de erosión y procesos remosivos.

Para su aplicación se ocuparon las bandas espectrales 4 y 5 de la imagen satelital LANDSAT 8<sup>20</sup>, ambas con una resolución de 30x30m, del 23 de julio de 2015.

---

<sup>20</sup> Image courtesy of the U.S. Geological Survey.

**Tabla 2 Clasificación de los Tipos e Intensidades Erosivas con Respecto a la Cobertura Vegetal (modificado según VAN ZUIDAM (1985)).**

| Clase | Erosión           | Tipo de erosión  | Cobertura vegetal (%) | Áreas degradadas (%) |
|-------|-------------------|--|-----------------------|----------------------|
| 1     | Ninguna           | Canales- Intercanales, Erosión Ligera                                    | >90                   | <10                  |
| 2     | Ligera            | Canales- Intercanales, Cárcavas poco profundas                           | >75                   | <25                  |
| 3     | Ligera - Moderada | Canales; Cárcavas medias profundas                                       | >75                   | <25                  |
| 4     | Moderada          | Canales; cárcavas medias profundas                                       | 51-75                 | 25-49                |
| 5     | Severa            | Canales; cárcavas medias profundas y Profundas; Deslizamientos de Tierra | 26-50                 | 50-74                |

Fuente: MÁRKER, MORETTI &amp; RODOLFI (2001).

- Precipitaciones

Los antecedentes correspondientes a precipitaciones, se completaron por medio de la revisión y recopilación bibliográfica de la información pluviométrica disponible de las estaciones de la Dirección General de Aguas (DGA), considerándose la de Mataveri, para este caso. Se utiliza además, el Índice de agresividad climática según Fournier, realizado por CIREN (2010), el cual no sólo considera el mes con mayores precipitaciones, sino que toma en cuenta el monto de las precipitaciones en los meses restantes.

- Geomorfología-Topografía (Pendiente y Exposición)

Se realizó la identificación y descripción de morfologías a Isla de Pascua; en cuanto a Topografía (pendiente y exposición), se utilizaron las curvas de nivel del levantamiento topográfico LIDAR escala 1:1000 de fecha julio 2016. A partir de estas, se generó un Modelo Digital de Elevación, desde el cual se lograron obtener las características de Pendiente y Exposición del área en análisis.

Para el caso específico de la clasificación de Pendientes, se manejaron las categorías propuestas por ARAYA VERGARA & BÖRGEL (1972), en donde los autores incluyen a los rangos definidos, distintos umbrales geomorfológicos.

Para exposición, se utilizó la clasificación propuesta por FERNÁNDEZ (2006), la cual se adapta, tomando en cuenta la caracterización geomorfológica y la influencia que alcanzan las precipitaciones y la luz solar en la degradación activa de la superficie, dependiendo de las condiciones de desarrollo biológico del área de estudio.

**Tabla 3 Rangos de pendiente según umbral geomorfológico**

| GRADOS DE PENDIENTE | TIPO DE PENDIENTES      | UMBRAL GEOMORFOLÓGICO  | GRADO DE ERODABILIDAD |
|---------------------|-------------------------|--|-----------------------|
| 0° - 2°             | Horizontal              | Erosión nula o leve  | Bajo                  |
| 2,1° - 5°           | Suave                   | Erosión débil, difusa (sheet wash), inicio de regueros y solifluxión fría. | Bajo                  |
| 5,1° - 10°          | Moderada                | Erosión moderada a fuerte, inicio de erosión lineal (rill wash).           | Medio                 |
| 10,1° - 20°         | Fuerte                  | Erosión intensa, cárcavas insipientes.                                     | Alto                  |
| 20,1° - 30°         | Moderadamente Escarpada | Cárcavas frecuentes, movimientos en masa, reptación.                       | Alto                  |
| 30,1° - 45°         | Muy Escarpada           | Coluviamiento, solifluxión intensa.  | Muy Alto              |
| > 45°               | Acantilada              | Desprendimientos, derrumbes, corredores de derrubios.                      | Muy Alto              |

Fuente: ARAYA – VERGARA &amp; BÖRGEL (1972) modificado por FERNÁNDEZ (2006).



**Tabla 4 Rangos de Exposición y Niveles de Erodabilidad**

| EXPOSICIÓN      | GRADO DE ERODABILIDAD |
|-----------------|-----------------------|
| Sur             | Bajo                  |
| Este            |                       |
| Sureste         |                       |
| Noreste         | Medio                 |
| Suroeste        |                       |
| Cenital (Plano) |                       |
| Norte           | Alto                  |
| Oeste           |                       |
| Noroeste        |                       |

Fuente: FERNÁNDEZ (2006).

- Geología

Esta variable se desarrolló en función a la Carta Geológica de Isla de Pascua, de González-Ferrán *et al.*, (2004). Los materiales se clasificaron según los rangos de erodabilidad de KUHNI y PFIFFNER (2001) en FERNÁNDEZ (2006), la cual entrega cuatro rangos basados en las características del material, existiendo bajo esto, un diferenciado grado de erodabilidad.

**Tabla 5 Rangos erodabilidad según tipo de rocas**

| TIPO DE ROCA          | GRADO DE ERODABILIDAD |
|-----------------------|-----------------------|
| Sedimentos Clásticos  | Alto                  |
| Carbonatos Mesozoicos | Medio                 |
| Metamórficas          | Bajo                  |
| Granitoides           | Muy Bajo              |

Fuente: KUHNI &amp; PFIFFNER (2001) en FERNÁNDEZ (2006)

- Erodabilidad

La Erodabilidad del suelo esta define la resistencia de los materiales del suelo a los procesos de desprendimiento y transporte. Esta varía en función de las características de textura de suelo, la estabilidad de los agregados, la capacidad de infiltración y los contenidos minerales y orgánicos.

Para este caso, se ha utilizado la Información de la Erodabilidad del suelo de CIREN (2010), la cual entrega 5 tipos de clasificación: Muy Baja, Baja, Media, Alta y Muy Alta.

- Uso de Suelo

Según Cerdá (2004), el Hombre es un agente que altera el medio natural, acelerando con ello los procesos y aumentando las tasas de erosión. Sin embargo, el hombre también influye al ser capaz de desarrollar técnicas (medidas estructurales) que permiten reducir los problemas remosivos. Es así como se desarrolló un acercamiento al uso de suelo de la comuna, dando especial énfasis a los cultivos desarrollados en laderas, dado que este tipo de uso puede traspasar de un determinado umbral, asociándosele eventos que pueden evolucionar hasta llegar a ser catastróficos, obteniéndose, por lo tanto, importantes deslizamientos por la sobreutilización de áreas con ciertas características.

- Potenciales quebradas torrenciales.

Con la intención de evaluar factores que den paso a la presencia de quebradas torrenciales, y su vinculación con procesos remosivos, se consideraron los análisis de terreno realizados por el GIS SAGA. Para esta modelación, el programa permite definir características del **escurrimiento**, considerando distintos cálculos: La pendiente, se obtiene por medio del algoritmo de Zevenberg & Thorne (1987), mientras que, para la **dirección y la acumulación del** flujo, aplica un algoritmo de flujo múltiple (Tarboton, 1997). La combinación de índices permitió describir características complejas de **escorrentía**, utilizándose como indicadores relativos de amenaza natural. Los índices conseguidos para la comuna de Isla de Pascua, son los siguientes:

**Índice de Energía del Flujo.** *Stream Power Index (SPI)*. El cual resulta del producto del área de la cuenca y la gradiente. Las cuencas corresponden a un *proxi* del volumen de agua, mientras que las laderas (gradiente), entregan la velocidad de la escorrentía. Es así como el SPI resulta un índice de energía disponible para la erosión y el transporte de sedimentos acumulados en flujos turbulentos.

**Índice de Humedad Topográfica.** *Topographic Wetness Index (TWI)*. Para este caso, el índice permitió señalar áreas con humedad y zonas de saturación potencial y escorrentía. Este índice es resultante del logaritmo natural del radio de la cuenca y la pendiente, expresando el potencial de escurrimiento superficial debido a la saturación.

**Índice de Capacidad de transporte.** *Transport Capacity Index (TCI)*. Índice que caracteriza la capacidad de transporte y se usa como indicador de procesos de erosión laminar. Corresponde a una combinación del área específica de la cuenca y el seno de la pendiente. Se utiliza para indicar áreas de erosión y de alto potencial de transporte de sedimentos.

### 1.2.1.2 Conjunción de variables

Para la obtención de las zonas de remoción en masa, las variables físico naturales determinadas para su definición, deben ser superpuestas. Este paso se realizó mediante una plataforma *gis*, permitiendo que puedan identificarse los distintos niveles de susceptibilidad en el área de estudio.

El análisis se basa en la valoración, a partir de preferencias, importancia o probabilidad de cada una de las variables en análisis, las cuales son comparadas en pares. Luego de realizadas la totalidad de las comparaciones se obtendrá un resultado final consensuado, el cual será especializado mediante la utilización del programa *GIS*.

Para este caso, la valoración se definió a partir de análisis multicriterio, considerando las variables antes mencionadas, junto a la respectiva revisión bibliográfica, basada, fundamentalmente, en la metodología propuesta por:

- FERRANDO, F. 2013. Determinación de amenazas y análisis de riesgo del sector precordillerano de la Comuna de La Florida. Ilustre Municipalidad de La Florida, Chile.
- LARA, M. 2007. Metodología para la evaluación y zonificación de peligro de remociones en masa con aplicación en quebrada San Ramón, Santiago Oriente, Región Metropolitana. Tesis para optar al grado de Magister en Ciencias mención geología. Memoria para optar al título de Geólogo. Universidad de Chile.

Es así, como las zonas de remoción, responden a los siguientes pesos (en porcentaje):

**Tabla 6 Ponderación (%) de Factores detonantes para proceso de Remoción en Masa**

| VARIABLE                 | FACTOR   | %  |
|--------------------------|--|----|
| GEOMORFOLOGÍA-TOPOGRAFÍA | Pendientes de Laderas                                | 35 |
|                          | Exposición de Laderas                                |    |
| GEOLOGÍA-CLIMA           | Características Geológicas                           | 30 |
|                          | Precipitaciones, Condiciones de Humedad y Saturación |    |
| VEGETACION               | Cobertura Vegetal                                    | 10 |
| ANTRÓPICO                | Desestabilización Artificial de Laderas              | 10 |
| ANTECEDENTES             | Deslizamientos declarados en Laderas                 | 15 |

Fuente: Modificado a partir de Lara (2007).

### **1.2.1.3 Descripción de las variables**

#### **1.2.1.4 Geomorfología**

La Isla de Pascua está ubicada en el centro del Océano Pacífico correspondiendo a la isla más oriental de la Polinesia.

La isla constituye un punto caliente sobre la Placa de Nazca (QUEZADA et al., 2009), mostrando una superficie de tendencia triangular, que alcanza 166 km<sup>2</sup> aproximadamente, la cual posee en sus vértices los puntos de mayor cota dentro de su territorio. Es así como hacia el Sur, se presenta el Rano Kau, con 324 m.s.n.m.; el Poike, de 370 m.s.n.m., en el vértice nororiental y el Terevaka, el de mayor altitud con 507 m.s.n.m., hacia el Norte de la isla (DGA, 2010).

MUÑOZ (2004), indica que en distintos estudios han dado cuenta de la diferencia y complejidad de los procesos volcánicos, los cuales han estructurado los 3 centros eruptivos mencionados. Esto corresponde a 3 etapas: Poike, Rano Kau, Maunga Terevaka, siendo el Poike el de evolución más simple y antigua. Su edad oscila entre los 3 millones de años y menos de 300 mil, que correspondiendo al Plioceno Superior y Pleistoceno Medio. El Rano Kau, tiene una actividad relativamente contemporánea al Poike, con edades que fluctúan entre los 2,56 millones y los 180 mil años; a diferencia del anterior, presenta tres fases efusivas. El Terevaka, por su parte, es producto de múltiples erupciones fisurales del tipo islándico, estimándose su última actividad eruptiva entre los 1500 y 2000 años atrás, presentándose coladas de lava de Hiva Hiva, en la Región de Roio.

El análisis morfogenético de las georformas de Isla de Pascua, fue definido por MUÑOZ (2004), la cual identificó y diferenció las formas, dividiéndolas, principalmente, entre Volcánicas y Marinas, y subdividiéndolas en Constructivas y Destructivas. Su trabajo cartográfico es presentado en la siguiente ilustración.

MUÑOZ (2004) da cuenta de formas volcánicas constructivas, mencionando el vértice oriental de la isla, en donde se levanta la península del Poike,

Este se trata de un estratovolcán de estructura simple, con un cono simétrico que evidencia alteraciones de flujos de lava y cenizas. Los flancos del este volcán, presenta acantilados activos en las vertientes norte y sur y este, siendo el de su ladera oeste, inactivo.

**Ilustración 9 Volcán Poike**



Fuente: Elaboración propia.

El Terevaka, por su parte, corresponde a la estructura principal que actualmente da forma a la Isla de Pascua, que comprende alrededor del 80% de la superficie de ésta. Este volcán está rodeado de acantilados activos al norte y oeste, cuyas alturas varían entre los 10 y 120 m, con suaves

lomajes compuestos por conos de cineritas y flujos de lavas hacia el este y sur. Muestra, además, lavas de tubo hacia el oeste, los cuales dan paso a cuevas y túmulos hacia el este.

**Ilustración 10 Volcán Terevaka**



Fuente: Elaboración propia.

Entre las características de esta clasificación, está la existencia de emisiones de lavas de distintos conos y fisuras. La gran mayoría de los conos se concentran al occidente de la isla, apreciándose algo así como una “cadena montañosa”, asociados a los conos de las fisuras del Terevaka, que divide la isla dejando a Hanga Roa al Oeste, rodeada de conos, en contraste del resto de la isla en donde se aprecian pendientes más suaves.

La autora señala que existen dos tipos de conos en la isla, los de cinerita y los hialoclasticos. Los primeros, están constituidos principalmente, por lapilli, escorias y bombas de colores negros y rojos. Algunos de estos conos tienen forma de herradura, a causa del escurrimiento y derramamiento de escorias. El único caso de cono hialoclástico corresponde al Maunga Toa Toa y está ubicado al este del maar Maunga Eo (Rano Raraku).

En cuanto a las fisuras, se hallan 6 principales, sin considerar la fisura del Maunga Terevaka, la principal de la isla, como una sola entidad, sino dos, dada la alineación de los cráteres y conos.

El sistema del Terevaka va del Hanga Oteo a Maunga Tangaroa. Oblicuo a este sistema, están las fisuras de Maunga Koe Koe y Hiva Hiva, los que pueden comprender el mismo sistema; se cuenta, además la fisura Maunga O Koro – Maunga Anamarama, que podría proyectarse y considerar el maar Maunga Eo, punto de intersección entre esta supuesta fisura y la del Pua’katiki. En el sector oriental de la isla, destaca la fisura del estratovolcán Poike, al norte de éste, así mismo, la fisura que comprende el Pua’katiki hasta el maar Eo.

De la fisura del Poike, se destaca la presencia de domos extrusivos, lo mismo ocurre en la fisura del Maunga Orito-Motu Nui. El primero se caracteriza por ser de color claro, mientras que el segundo, colores rojizos. Estos domos se caracterizan por ser redondeados y, en el caso del Poike, no presentan cráteres. El domo más grande es Maunga Orito, que ocupa una superficie bastante mayor que del maar Maunga Eo. Los domos del Poike, son más pequeños, tanto en diámetro como en altura.

MUÑOZ (2004) indica en esta clasificación que se considera la modelación de la isla, a partir de las coladas de lava. Estas nacen de las emisiones de los diferentes cráteres, variando su composición que derivan en dermolíticas o pahoehoe y clastolíticas o aa. Estos flujos de lavas se reconocen mediante la inflexión de las curvas de nivel que van delineando el sentido de las pendientes del flujo, tal como si fueran talwegs. Las coladas dermolíticas, están presentes en gran parte de la superficie de la isla, sobre todo en el escudo volcánico, de preferencia en el sector centro-norte y en algunos sectores costeros del sur, entre el Maunga Orito y Hanga Te’ē, al occidente del sector

de Akahanga, desde el centro de la isla y hasta Maunga Anamarama y Anakena por el oriente. Este flujo se asocia a la baja pendiente y menor rugosidad, es decir, a menor rugosidad, mayor flujo forma laminar. Este tipo de colada se presenta en forma de cordón, por lo que también se le conoce como cordada.

Las coladas de lava clastolíticas provienen de los centros eruptivos Maunga Koe Koe, Maunga Te Kahurea en el sector sur de la isla y Maunga Vaka Kipu, y la fisura de Hiva Hiva en el occidente, al norte de Hanga Roa. Se asocia este tipo de flujo a coladas recientes, como es el caso de Hiva Hiva.

Un tercer tipo de coladas, están clasificadas como indefinidas y se presentan en el área comprendida entre los faldeos orientales del Terevaka y el acantilado inactivo, hacia ambas costas, norte y sur, sector caracterizado por su baja pendiente. Corresponde, además, al sector de ubicación de Hanga Roa.

En cuanto a las Formas volcánicas destructivas, estas se presentan en distintos sectores de la isla. Estos cráteres están bien conservados. En cuanto a tamaños y formas, la mayoría son cráteres circulares, destacando el Maunga Vaka Kipu y el Maunga Tu'u Tapu, en las cercanías de Hanga Roa. En cuanto a tamaños, el Maunga Anamarama es el más pequeño y el de Hanga Oteo, al norte de la isla, el más grande.

Se cuenta también, el maar de Maunga Eo, que corresponde a una fractura en la ladera sureste del Poike, presentando un talud en su vertiente sur y taffonis en su parte superior. Por su parte, el Rano Kau, ubicado en el vértice suroccidental de la isla, se clasifica como una caldera de explosión del tipo galápagos. Esto significa que el techo de la cámara magmática colapsa desarrollando, posteriormente, centros emisores asociados a fracturas arqueadas fuera de la zona rift. Presenta un diámetro de kilómetro y medio con una profundidad de 200 m. Hacia el sur de la misma presenta una leve depresión en su pared.

**Ilustración 11 Depresión en pared de volcán Rano Kau**



Fuente: Elaboración propia.

En lo que respecta a las Formas volcánicas de detalle, estas corresponden a las cubetas lacustres y corresponden a: lago de caldera, lago de cráter y lago de mar. Estas se encuentran en el fondo de algunos cráteres y la caldera. Su origen está directamente a la acumulación de las aguas lluvia en el fondo de los cráteres inactivos. Destacan el Rano Kao, Rano Aroi y Rano Raraku.



Las Formas Marinas, se derivan de la acción del océano sobre las geoformas volcánicas o bien como consecuencia del proceso evolutivo de otra forma marina. Las formas marinas constructivas, se clasifican entre las playas y blocosas. Las playas arenosas son Anakena, Ovahe y Hanga Ho'onu en la costa norte, al oriente del escudo volcánico Maunga Terevaka y Hanga Te Pau, al sur del domo extrusivo Maunga Orito. Se suma la playa Pea (con cierto nivel de origen artificial), ella se encuentra en la caleta de Hanga Roa.

Anakena se caracteriza por ser una pocket beach, es de arenas blancas y de origen coralino y limo; Ovahe, se encuentra al pie de un acantilado, con formas de medio corazón, tiene arenas rosadas originadas por la mezcla entre las arenas coralinas y el limo proveniente del acantilado. De ellas, solo Anakena presenta un cordón litoral con vegetación pionera, compuesta básicamente, por pastizales.

Hanga Ho'onu está enclavada al norte del cono de cineritas Maunga Puhi Puhi presente una franja arenosa delgada, regularmente cubierta por el oleaje, producto de la acumulación de arenas arrastradas por la corriente de deriva.

Las playas blocosas se hallan en toda la costa sur de la isla, entre el acantilado inactivo del Poike y el domo extrusivo Maunga Orito.

Entre las Formas marinas destructivas, se encuentran los acantilados. La presencia de estos se halla en toda la isla, asociándose a su condición a la friabilidad del material volcánico frente a la acción marina, acción que va reduciendo la superficie, como es el caso del Poike y Rano Kao, los que al proyectar la curvatura de sus conos se obtiene una superficie mayor a la actual, lo que no deja de ser relevante al considerar a la isla como un sistema cerrado.

Los acantilados se agrupan entre activos e inactivos. La isla está bordeada por acantilados activos, cuyas alturas varían desde <10 a >200 m, siendo característica, la verticalidad de sus paredes. El acantilado que rodea al Poike, tiene alturas que varían entre los 80 m, en el sector de Hanga Nui, hasta los 180 m, en el sector de la fisura de los domos extrusivos. Por otro lado, en la vertiente sur del Rano Kao, se encuentra la mayor altura entre los acantilados activos, llegando a los 290 m. Los valores mínimos son inferiores a 10 m en el sector de Mataveri Otai y Vinapu. Así también, en el sector de la costa sur de la isla, se presentan acantilados con alturas inferiores a 10 m.

#### **Ilustración 12 Acantilados en Volcán Poike**



Fuente: Elaboración propia.

En relación al escudo volcánico Maunga Terevaka, este presenta acantilados cuyas alturas varían entre <10 m en el sector de Anakena, hasta los 100 m en el sector, inmediatamente, al oeste de la cima del Terevaka, descendiendo paulatinamente hacia Hanga Roa, hasta llegar a tener alturas menores a 10 m. Situación similar ocurre, también, en la costa norte, entre Ovahe y el acantilado inactivo del Poike.

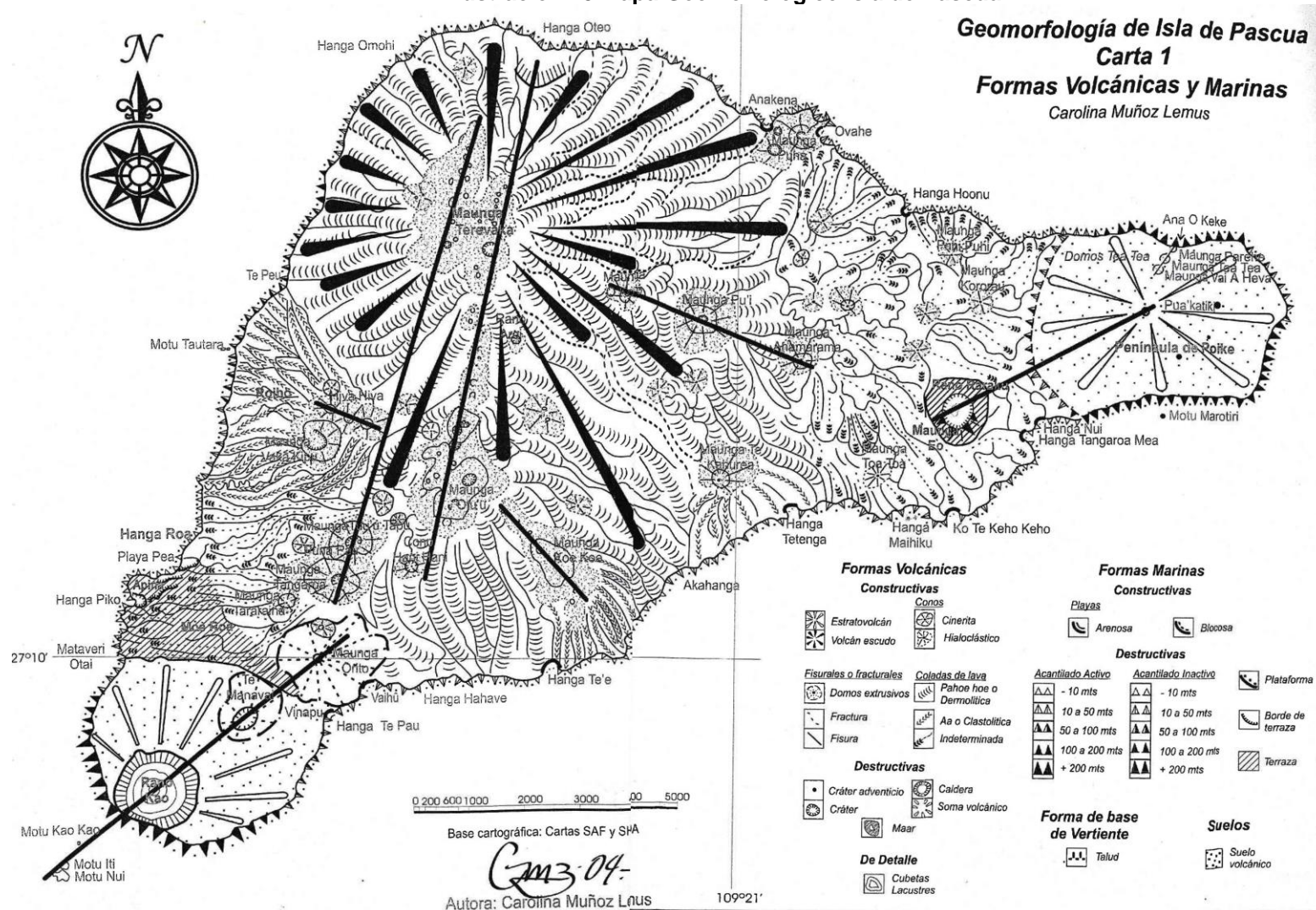
Como consecuencia de este proceso de creación de acantilados y un posterior estancamiento, da origen a los acantilados inactivos. Entre los más importantes está el acantilado occidental del Poike. Este tiene una altura cercana a los 90 m, descendiendo hasta los 30 m en el extremo norte. Así también, en el maar Maunga Eo, en su vertiente sur, se presenta un acantilado inactivo teniendo una altura máxima de 140 m, no siendo menor a 80 m, su altura mínima.

Así también, en la isla se distinguen tres niveles de aterrazamiento, entre Hanga Roa y Mataveri Otai. El nivel superior tiene una altura que oscila entre los 60 y 65 m, correspondiendo al actual emplazamiento de la pista aérea. Los niveles de aterrazamiento inferiores van de 2 a 3 m frente a la playa Pea; 5 a 7 m en la actual gobernación y 10 m a la altura de un hotel de turismo. En el sector de Mataveri Otai, el perfil tiene la confirmación típica de terraza marina, es decir, se trata de detritos redondeados y alargados, que no necesariamente se corresponde con piroclastos, tampoco se trata de brechas volcánicas.

El nivel superior está cubierto por coladas proveniente de Puna Pau y Maunga Tangaroa, lo que explica la falta de una superficie de homologación hacia el sector de Vinapu.

En cuanto las formas de base de pendiente, MUÑOZ (2004) menciona el talud asociado al acantilado inactivo del Maunga Eo, la cual tiene pendientes que van de 30° a 45°, estando constituido por material coluvial precipitado de la cima de macizo.

Ilustración 13 Mapa Geomorfológico Isla de Pascua





#### 1.2.1.5 Topografía (pendiente y exposición)

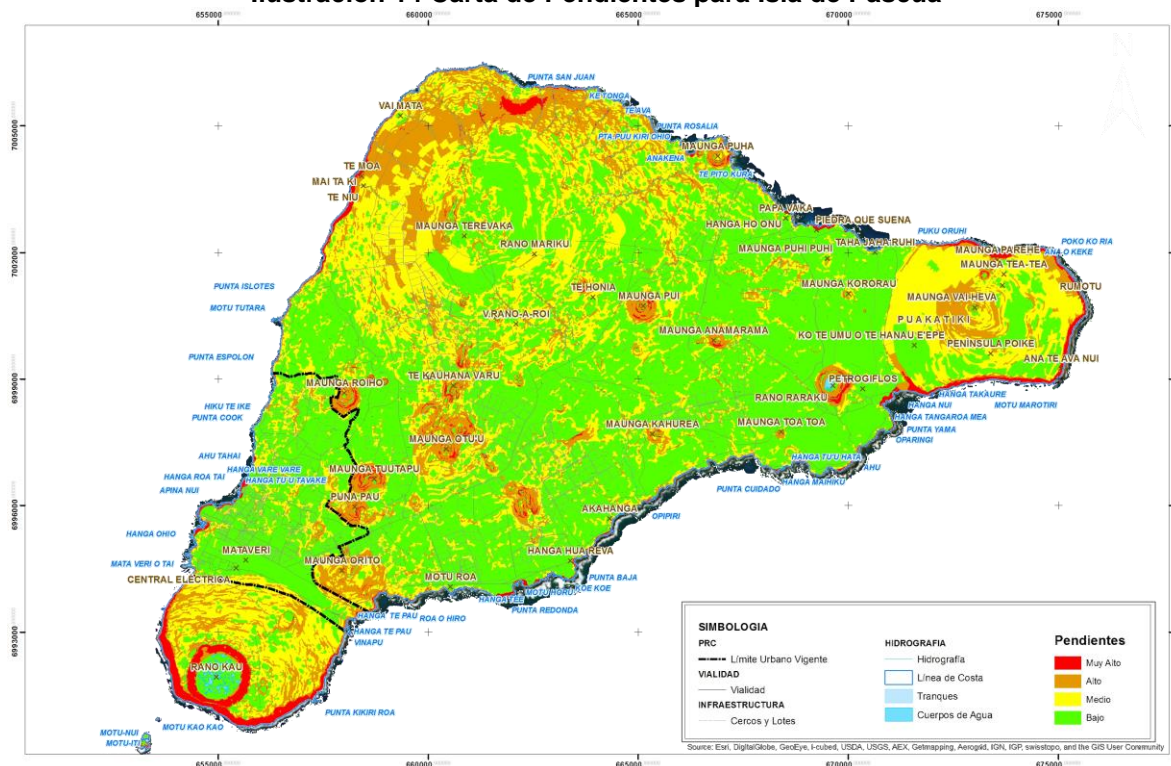
Para la variable pendiente, se utilizó la clasificación realizada por ARAYA-VERGARA & BÖRGERL (1972), quienes asocian distintos niveles de erosión, a un determinado rango de inclinación de la superficie. A lo anterior, FERNÁNDEZ (2006) incluye un grado de erodabilidad a cada caso, permitiendo definir una valoración a partir de la dinámica existente en el área.

Es así como la clasificación muy alta, asociada fundamentalmente a sectores de escarpe y acantilados, alrededor de la isla y en sectores de faldeos de los 3 volcanes más importantes, alcanza un 3,4% de la superficie total. La clasificación muy alta, que considera los sectores con pendiente entre 10 y 30°, posee un 14,9% de la isla, estando vinculadas a los niveles de inclinación de conos volcánicos mayores y menores.

Las pendientes clasificadas como medio, alcanzan un 27,9% de la isla, comprendiendo los sectores entre 5 y 10°. Los sectores bajos, por su parte, entre 0 y 5°, alcanzan la mayor superficie de la isla, con un 53.7%.

Para el caso de exposición se muestran las distintas características, a partir de las propiedades topográficas del área. Se evidencia como la influencia del Terevaka, generan que en Hanga Roa, predominen las exposiciones del tipo West, mientras que en sectores medios de la isla, sean las tendencias East y Southeast, las que prevalezcan.

### Ilustración 14 Carta de Pendientes para Isla de Pascua



Fuente: Elaboración Propia.

[illegible]

- Marco geológico de la isla de Pascua

- Según González-Ferrán et al., 2004, la Isla de Pascua se encuentra edificada enteramente sobre la Placa Oceánica de Nazca y constituida exclusivamente por rocas volcánicas tholeíticas-alcaínas olivínicas, dando cuenta de dos fases evolutivas, una submarina y otra subaérea.

Se debe señalar que Isla de Pascua, se encuentra ligada a una línea reconocida como "Easter Hot Line", la cual corta el océano Pacífico a la latitud de 27° S aproximadamente. Esta línea forma otras islas volcánicas como Sala y Gómez, San Félix y San Ambrosio hacia el W de la dorsal del Pacífico y numerosos volcanes submarinos que le dan continuidad a esta "línea caliente" hacia el W. Para el área de estudio, la cadena volcánica de Rapa Nui, alcanza una longitud cercana a los 400km se ha edificado, sobre la Placa Oceánica de Nazca, a unos 3000 metros de profundidad sobre la corteza oceánica.

I. Municipalidad de Isla de Pascua

Grupo Poike. Corresponde al conjunto eruptivo más oriental y antiguo de la isla, representando la primera surgencia volcánica de la isla en aguas oceánicas. Esta se manifestó por medio de 60 flujos de lavas, constituidas por basaltos olivínicos y hawaitas, los cuales alternan con niveles de piroclastos, que culminan estructurando la parte superior del escudo volcánico. El conjunto es afectado por una fase intrusiva traquítica, con la eyección de 3 lavas domos (M. Parehe; M. Tea Tea; M. Vai a Heva).

Grupo Rano Kau. Emerge a 21 km al suroeste del Poike, sobre la superficie del océano. En el acantilado sur, se reconocen al menos 50 niveles de flujos de lavas con diversas estructuras y efímeras intercalaciones de piroclastos, cuya composición es toleítica olivínica, basaltos alcalinos, hawaitas, mugaritas y en su parte superior culmina con lavas en domos benmoritas. En su fase tardía se produce una actividad eruptiva riolítica, rica en lentes de obsidianas esferulíticas, controlada por una fractura de rumbo N50°E, que intruye la lava domo del M. Orito, los Motus y el domo Te Manavai.

Grupo Terevaka. Emerge equidistante a 13 km tanto del Rano Kau del Poike. La estructura central de este complejo al noroeste de la isla, está constituida por efusivos que se traslapan coalecentemente con dichos volcanes, hasta alcanzar una altura cercana a los 500 m creando un cono muy simétrico de uno 10 km de radio basal sobre la superficie oceánica, dejando estrechos de aguas someras entre los centros volcánicos señalados. Las lavas son toleitas olivínicas, basaltos y hawaitas, en niveles superiores en el acantilado del extremo noroeste.

Actividad eruptiva fisural tipo Rift. Tras un período de actividad tectónica importante que generó un fracturamiento de rumbo tanto E-W como N70°W se reactivó la actividad eruptiva en el Terevaka, a través de una fractura tipo rift de rumbo N16°E, y unos 5 km de longitud, derramando una carpeta de flujos de lavas túmulus tanto al oriente como al poniente, y dejando más de una veintena de conos piroclásticos y spatter a lo largo del rift, con su máxima elevación Maunga Kuma, con una composición principalmente, de basaltos olivínicos y hawaitas.

Grupo Tangaroa. Se extiende por casi 10 km en la vertiente sur del Terevaka, dando paso a siete subciclos eruptivos: Tangaroa-Puna Pau, Tararaina, O'Tuu, Vakapiku, Omo Hanga, Koe Koe, y Te Kauhanga o Varu, generando flujos de lavas túmulus, túneles, cordadas, pahoehe, "aa" y 66 depresiones cratéricas, spatters, conos cinericios, piroclastos, aglomerados de lapillis, bombas, escorias aglutinadas, parcialmente soldadas y fuertemente hematizadas. Principalmente, de composición hawaitas y en menor proporción basaltos olivínicos y mugaritas.

Grupo Rano Aroi. Ciclo eruptivo post subsidencia Terevaka, controlada por fracturas asociadas a dicha subsidencia. Este grupo muestra evidencias de eyecciones de flujos de lavas túmulus, túneles, flujos con fuerte diaclasamiento columnar, lavas cordadas, pahoehe, "aa", etc. y 57 cráteres y conos cinericios, piroclastos, spatters, aglutinados de lapilli. Todos ellos con rasgos morfológicos muy frescos que indican una edad reciente. Estos flujos han escurrido hacia el Este, teniendo una composición principalmente, toleítica de olivina, muy porfírica, basaltos olivínicos, hawaitas y mugaritas tanto afíricas como porfíricas.

Grupo Hiva Hiva. Representa las erupciones más recientes. El conjunto Anakena-Ovahe en la costa norte y el de Hiva Hiva en la costa occidental, este último presenta flujos de lava muy reciente probablemente menos que 2000 años, con desarrollo de túmulus y lavas túneles, niveles con moldes cocoteros.

- Formaciones y unidades geológicas

A partir de las agrupaciones mencionadas en el punto anterior, se puede señalar que para el área de Hanga Roa, presenta distintas unidades geológicas específicas, que se explican a continuación: Pertenecientes al Grupo Volcánico Rano Kau. RK, están:

RK1. Asociadas al Volcán Rano Kau, presenta más de 50 flujos de lavas sobre el nivel del mar. Muestra estructuras pillow, tubos, pahoehe, "aa" e intercalaciones de piroclastos, diques

basálticos y domos intrusivos. Su composición varía entre basaltos alcalinos, toleítas olivínicas, hawaitas y riolitas.

TR. Asociadas al Munga Orito, que corresponde a un cráter de explosión y depósitos de brechas riolíticas con fragmentos de obsidianas.

Para el caso del Grupo Volcánico Tangaroa. TA, se cuenta a:

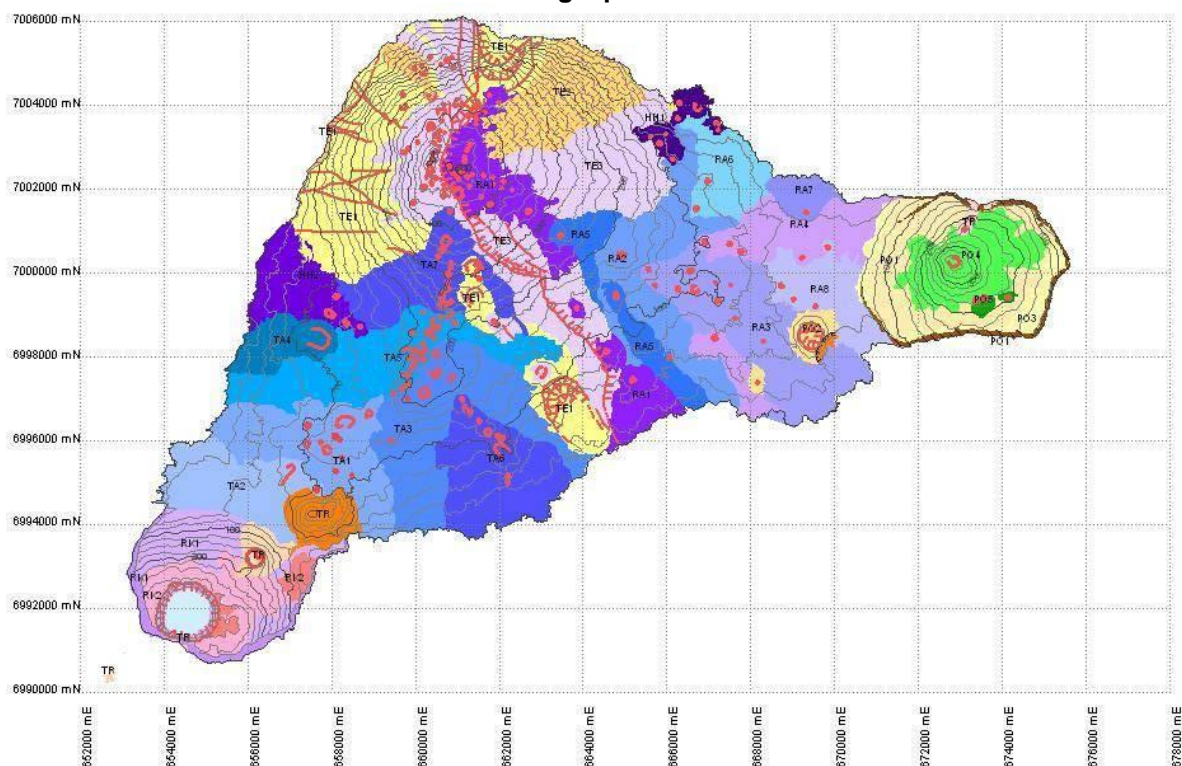
TA1. Asocia 12 centros eruptivos, controlados por la intersección de fracturas de rumbo N30°E y N40°W, con conos piroclásticos aglomerados de lapillis, bombos y escorias aglutinadas parcialmente soldadas, fuertemente hematizadas, flujos y lavas toleítica olivínica y hawaíta.

TA2. Cono de piroclastos con estructura con estructura cratérica en gancho y evidencia de lavas, tuneles adosados al Rano Kau y flujos de lava hawaíta olivínicas.

TA4. Centro eruptivo con cráter anfiteatro, formado además por conos piroclastos, aglomerados, flujos de lava, túnel y túmulos.

TA5. Asociada a 24 cráteres, conos piroclásticos, escoria spitter, tobas de lipillin, flujos de lava y toleítas.

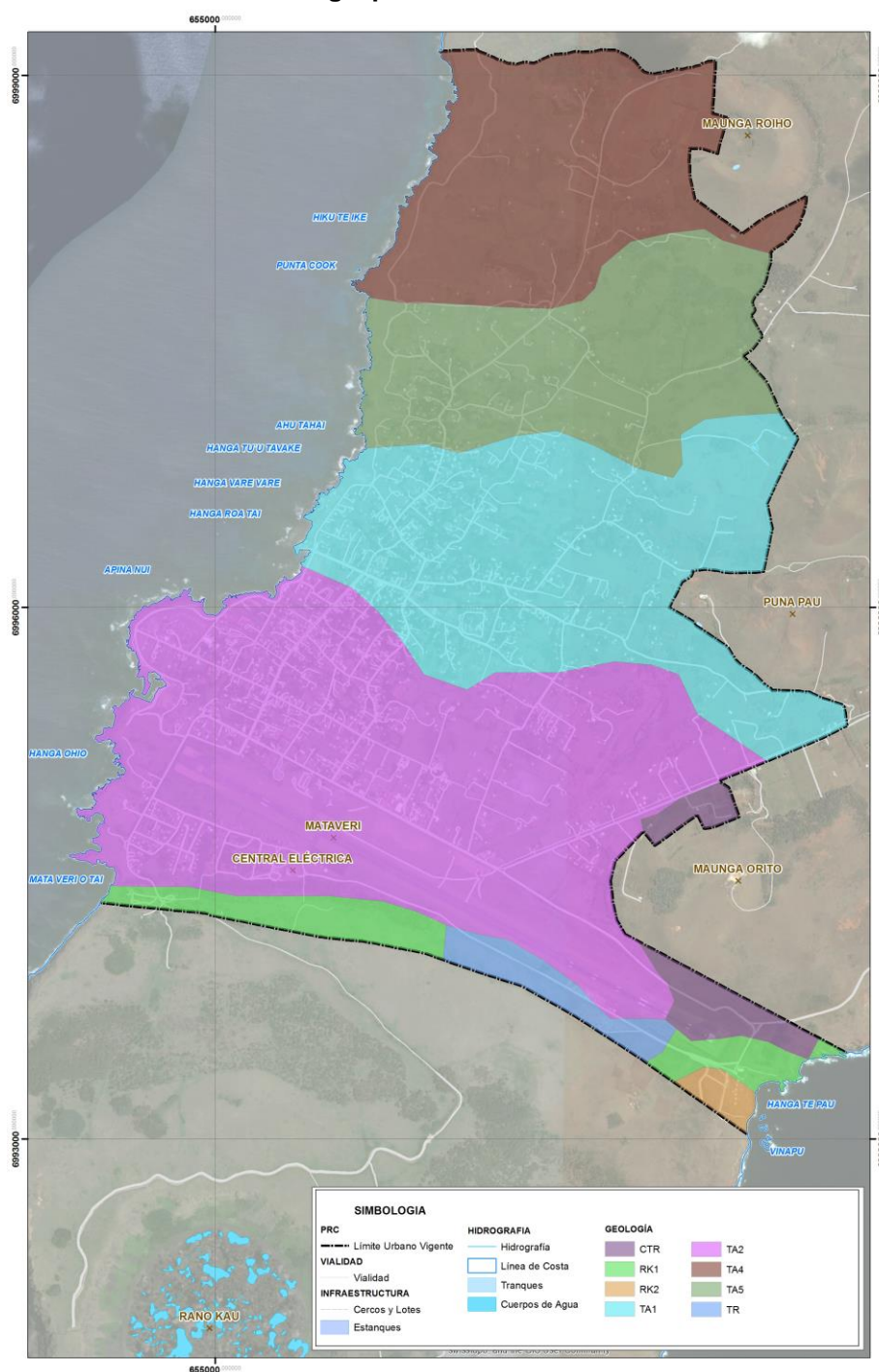
### Ilustración 16 Geología para la Isla de Pascua



Fuente: González-Ferrán et al., 2004 en Milad (2010).



**Ilustración 17 Geología para la Isla de Pascua – Área Urbana**



Fuente: González-Ferrán *et al.*, 2004 en Milad (2010).

### 1.2.1.7 Precipitaciones

#### 1.2.1.8 Precipitaciones y erosión

Para HAUSER (2000), la relación entre el clima y los procesos geodinámicos, son evidentes. En esta línea, MORGAN (1997), señala que las precipitaciones son reconocidas como el agente externo que con mayor importancia induce a los procesos erosivos y remosivos.

Para CREMASCHI & RODOLFI (1991), el poder erosivo de las lluvias se asocia, fundamentalmente, a los montos que alcanza, a la duración, intensidad y frecuencia del evento pluviométrico, en cuestión. Estas pueden generar erosión a partir de la salpicadura, la cual, según MORGAN (1997), es el principal detonante de la degradación del suelo. La escorrentía superficial, que se relaciona directamente con las precipitaciones, transporta, según FOURNIER (1975), los materiales disgregados, formándose esta desde el momento en que el suelo deja de infiltrar las lluvias.

La importancia de este factor, radica en que los detritos son “cincelados” con la ayuda del mismo material que el agua transporta. Importante es también la erosión que la escorrentía genera en las riberas de los ríos (MORGAN, 1997).

Para el caso de las lluvias en Isla de Pascua, se identifican 2 tipos de influencias que las generan: Estas son: los vientos del E (alisios) que se manifiestan en primavera-verano; y los vientos del NW (otoño-invierno), que se asocian al paso de depresiones ciclónicas (CONAF, 1997).

Recopilados los datos entre los años hidrológicos 1961-1962 y 2014-2015, para la Estación Mataverí, se puede señalar que los mayores montos se acumularon para la temporada 1979-1980, con 1804 mm precipitados.

Los promedios mensuales, entre los años indicados, dan cuenta de un aumento de las precipitaciones entre abril y septiembre, mostrándose los mayores montos en el mismo abril con un promedio de 128,5 mm y mayo, que presenta el máximo anual con una media de 130,4 mm.

Entre Junio y Septiembre, los promedios acumulados superan los 100mm promedio, mostrándose una media de 116,14 en Julio, el máximo para meses de invierno.

En época estival, los promedios se mueven entre 75 y valores cercanos a los 80mm. Estas lluvias de verano son habitualmente cortas y violentas, mezclándose horas de lluvia, de sol y de nubosidad en un mismo día. Las lluvias de invierno, por su parte, son menos violentas pero más prolongadas, llegando a veces a precipitar en forma continuada, una semana o más (CONAF, 1997).

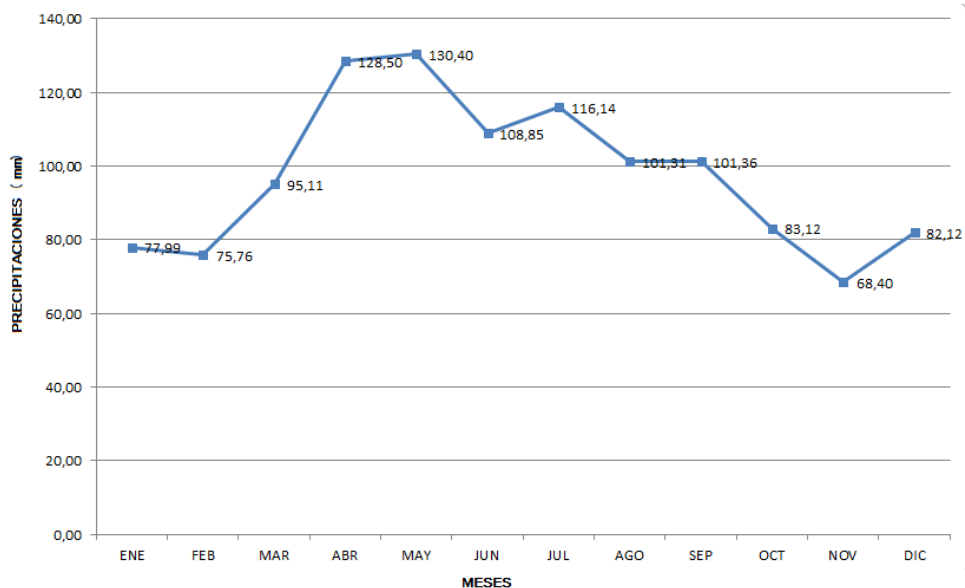
**Tabla 7 Precipitaciones Acumuladas y promedios mensuales, entre los años hidrológico 1961-1962 y 2014-2015.**

| AÑOS HIDROLÓG./<br>MESES | ABR   | MAY   | JUN   | JUL   | AGO   | SEP   | OCT   | NOV   | DIC   | ENE   | FEB   | MAR   | ACUMULADA<br>ANUAL |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------|
| 1961-1962                | 88,6  | 84,1  | 30,1  | 113,5 |       | 48,1  | 44,1  | 18,4  | 32,4  |       | 189,0 |       | 648,3              |
| 1962-1963                | 80,2  | 117,8 |       | 142,9 | 78,5  | 48,1  | 58,0  | 80,3  | 82,7  | 77,8  | 65,5  | 20,4  | 852,2              |
| 1963-1964                | 132,0 | 347,9 | 125,7 | 18,6  | 26,3  | 85,2  | 39,2  | 36,8  | 60,9  | 65,0  | 100,0 | 113,0 | 1150,6             |
| 1964-1965                | 89,0  | 190,0 | 82,0  | 209,0 | 37,0  | 43,0  | 95,0  | 220,0 | 59,0  | 98,9  | 76,1  | 53,0  | 1252,0             |
| 1965-1966                | 63,5  | 224,3 | 53,0  | 54,9  | 100,0 | 53,0  | 31,8  | 92,8  | 155,0 | 124,9 | 44,5  | 90,2  | 1087,9             |
| 1966-1967                | 102,2 | 103,3 | 39,5  | 76,0  | 89,8  | 59,0  | 77,3  | 281,9 | 35,2  |       |       | 63,1  | 927,3              |
| 1967-1968                |       | 35,9  | 159,3 | 55,5  | 29,5  | 82,5  |       | 49,5  |       | 92,0  | 35,0  | 41,0  | 580,2              |
| 1968-1969                | 116,8 | 116,9 | 40,9  | 233,0 | 58,0  | 151,6 | 70,9  | 54,6  | 18,4  | 85,3  | 67,0  |       | 1013,4             |
| 1969-1970                | 84,6  | 65,3  | 85,2  | 159,8 | 81,9  | 87,7  | 63,6  | 6,1   | 69,4  | 52,6  | 94,3  | 95,5  | 946,0              |
| 1970-1971                | 128,7 | 63,8  | 111,0 | 21,8  | 97,7  | 30,6  | 37,1  | 40,5  | 227,8 | 44,3  | 83,8  | 47,7  | 934,8              |
| 1971-1972                | 97,0  | 118,6 | 41,0  | 42,8  | 92,8  | 60,9  | 107,9 | 46,3  | 58,5  | 89,3  | 116,7 | 73,0  | 944,8              |
| 1972-1973                | 56,6  | 98,1  | 151,5 | 117,4 | 79,4  | 28,4  | 55,0  | 20,7  | 77,5  | 46,5  | 57,0  | 46,9  | 835,0              |
| 1973-1974                | 95,0  | 33,9  | 66,8  | 92,4  | 186,4 | 50,2  | 52,6  | 80,8  | 47,6  | 64,2  | 60,9  | 144,9 | 975,7              |
| 1974-1975                | 129,8 | 60,9  | 38,9  | 73,3  | 196,4 | 77,2  | 44,7  | 40,4  | 70,0  | 68,0  | 43,8  | 36,2  | 879,6              |
| 1975-1976                | 161,8 | 110,5 | 34,9  | 127,2 | 105,0 | 100,3 | 105,0 | 56,7  | 127,3 | 59,3  | 51,9  | 68,4  | 1108,3             |
| 1976-1977                | 81,8  | 104,2 | 44,2  | 80,8  | 22,7  | 234,0 | 77,8  | 84,0  | 65,3  | 155,5 | 86,7  | 110,5 | 1147,5             |
| 1977-1978                | 146,1 | 207,1 | 47,3  | 76,3  | 85,0  | 194,5 | 79,1  | 46,0  | 64,9  | 63,7  | 80,9  | 126,8 | 1217,7             |

| AÑOS HIDROLÓG./<br>MESES | ABR   | MAY   | JUN   | JUL   | AGO   | SEP   | OCT   | NOV   | DIC   | ENE   | FEB   | MAR   | ACUMULADA<br>ANUAL |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------|
| 1978-1979                | 141,5 | 232,6 | 125,4 | 22,0  | 108,1 | 41,7  | 129,2 | 69,8  | 285,6 | 132,5 | 142,3 | 102,3 | 1533,0             |
| 1979-1980                | 365,1 | 363,4 | 217,8 | 72,9  | 221,6 | 64,2  | 89,8  | 56,4  | 73,5  | 42,3  | 70,9  | 166,1 | 1804,0             |
| 1980-1981                | 51,1  | 124,9 | 143,9 | 62,2  | 97,8  | 177,0 | 35,1  | 75,0  | 299,1 | 118,6 | 42,4  | 24,0  | 1251,1             |
| 1981-1982                | 184,2 | 106,0 | 209,6 | 61,4  | 100,4 | 201,4 | 63,8  | 79,4  | 45,8  | 34,2  | 46,5  | 109,1 | 1241,8             |
| 1982-1983                | 227,4 | 100,0 | 28,4  | 108,5 | 168,1 | 95,0  | 50,3  | 74,5  | 59,6  | 84,1  | 314,6 | 35,5  | 1346,0             |
| 1983-1984                | 81,5  | 93,4  | 43,7  | 475,2 | 27,0  | 32,0  | 109,6 | 17,9  | 195,8 | 137,2 | 100,1 | 18,2  | 1331,6             |
| 1984-1985                | 255,4 | 460,3 | 63,0  | 171,1 | 144,6 | 46,8  | 36,2  | 158,6 | 25,3  | 18,7  | 47,7  | 205,2 | 1632,9             |
| 1985-1986                | 35,2  | 244,5 | 81,5  | 88,2  | 29,3  | 49,6  | 124,1 | 107,3 | 47,8  | 81,3  | 31,5  | 25,6  | 945,9              |
| 1986-1987                | 72,0  | 68,3  | 75,8  | 130,8 | 116,6 | 119,5 | 103,0 | 70,4  | 18,8  | 16,3  | 43,7  | 77,6  | 912,8              |
| 1987-1988                | 118,7 | 186,5 | 309,7 | 75,0  | 123,5 | 43,1  | 25,7  | 16,6  | 80,5  | 46,4  | 104,8 | 168,9 | 1299,4             |
| 1988-1989                | 103,6 | 67,3  | 35,7  | 40,7  | 95,6  | 87,4  | 77,9  | 22,8  | 32,4  | 30,8  | 79,8  | 176,7 | 850,7              |
| 1989-1990                | 213,5 | 134,2 | 77,2  | 29,8  | 36,0  | 180,7 | 45,2  | 155,1 | 58,3  | 69,7  | 110,3 | 197,5 | 1307,5             |
| 1990-1991                | 38,1  | 198,3 | 206,5 | 181,1 | 90,2  | 66,4  | 18,0  | 32,7  | 61,4  | 75,1  | 26,1  | 76,7  | 1070,6             |
| 1991-1992                | 350,9 | 153,5 | 145,3 | 41,6  | 51,7  | 228,6 | 67,9  | 37,5  | 47,0  | 34,0  | 157,0 | 128,2 | 1443,2             |
| 1992-1993                | 186,1 | 65,3  | 78,7  | 117,0 | 126,0 | 76,1  | 40,5  | 27,0  | 70,8  | 292,2 | 70,0  | 182,3 | 1332,0             |
| 1993-1994                | 49,4  | 26,0  | 153,5 | 267,8 | 186,1 | 357,8 | 197,8 | 11,3  | 132,7 | 66,9  | 44,2  | 171,5 | 1665,0             |
| 1994-1995                | 43,1  | 158,4 | 77,5  | 143,5 | 110,7 | 177,3 | 173,2 | 36,6  | 62,2  | 78,8  | 51,9  | 122,2 | 1235,4             |
| 1995-1996                | 164,9 | 190,8 | 54,4  | 238,0 | 14,4  | 12,0  | 156,5 | 45,8  | 125,9 | 27,0  | 59,6  | 18,2  | 1107,5             |
| 1996-1997                | 106,9 | 119,8 | 171,1 | 142,6 | 157,8 | 75,7  | 78,9  | 32,6  | 57,4  | 41,9  | 53,8  | 174,7 | 1213,2             |
| 1997-1998                | 318,8 | 48,3  | 95,7  | 142,9 | 193,6 | 134,5 | 38,7  | 38,9  | 42,4  | 12,0  | 83,3  | 70,9  | 1220,0             |
| 1998-1999                | 139,5 | 183,7 | 171,1 | 55,5  | 89,8  | 66,7  | 31,3  | 44,3  | 18,4  | 120,2 | 62,0  | 28,2  | 1010,7             |
| 1999-2000                | 164,6 | 98,8  | 61,4  | 84,7  | 92,4  | 48,6  | 32,3  | 94,8  | 142,8 | 163,6 | 80,4  | 134,8 | 1199,2             |
| 2000-2001                | 124,0 | 79,6  | 23,0  | 170,4 | 169,4 | 65,0  | 344,0 | 193,8 | 66,2  | 32,2  | 57,2  | 44,6  | 1369,4             |
| 2001-2002                | 92,3  | 68,8  | 137,8 | 86,2  | 48,2  | 90,8  | 140,0 | 125,6 | 42,2  | 17,4  | 122,0 | 103,0 | 1074,3             |
| 2002-2003                | 44,3  | 70,0  | 134,2 | 154,5 | 23,8  | 87,0  | 115,4 | 232,9 | 29,6  | 53,8  | 108,0 | 100,5 | 1154,0             |
| 2003-2004                | 160,2 | 163,3 | 62,7  | 173,7 | 115,5 | 88,5  | 75,2  | 109,4 | 20,0  | 67,4  | 51,6  | 122,2 | 1209,7             |
| 2004-2005                | 73,3  | 100,2 | 17,8  | 85,8  | 135,8 | 138,0 | 9,8   | 133,5 | 197,0 | 34,0  | 39,0  | 43,2  | 973,4              |
| 2005-2006                | 81,0  | 39,4  | 137,0 | 230,0 | 144,0 | 54,8  | 85,6  | 30,0  | 67,6  | 83,1  | 26,4  | 117,4 | 1096,3             |
| 2006-2007                | 118,8 | 334,2 | 149,8 | 100,4 | 183,2 | 62,2  | 15,0  | 46,8  | 183,6 | 137,6 | 270,6 | 51,6  | 1653,8             |
| 2007-2008                | 300,8 | 327,0 | 192,4 | 146,2 | 36,2  | 45,8  | 58,8  | 64,9  | 20,2  | 17,2  | 62,2  | 48,8  | 1320,5             |
| 2008-2009                | 234,8 | 93,2  | 108,2 | 32,4  | 239,4 | 39,8  | 93,0  | 8,8   | 64,0  | 74,8  | 40,0  | 71,6  | 1100,0             |
| 2009-2010                | 59,2  | 144,4 | 174,6 | 46,0  | 32,0  | 392,4 | 266,6 | 174,6 | 210,4 | 45,6  | 18,2  | 114,9 | 1678,9             |
| 2010-2011                | 54,0  | 178,6 | 30,2  | 82,4  | 61,3  | 92,6  | 42,6  | 37,2  | 39,8  | 6,2   | 30    | 93    | 747,9              |
| 2011-2012                | 65,9  | 89,3  | 80,4  | 88,3  | 26,4  | 46,6  | 65,2  | 45,9  | 37,8  | 266,6 | 6,4   | 39,6  | 858,4              |
| 2012-2013                | 23,6  | 49    | 109   | 200,4 | 38,2  | 22,4  | 31,4  | 151,3 | 22,4  | 180,8 | 10    | 135,4 | 973,9              |
| 2013-2014                | 78,4  | 78,6  | 161,6 | 106,4 | 84,4  | 145   | 55,6  | 30,2  | 42,6  | 59,2  | 116,6 | 86,6  | 1045,2             |
| 2014-2015                | 72,6  | 52,4  | 275,8 | 40,5  | 112,4 | 19,4  | 92,4  | 61,4  | 7,3   |       |       |       | 734,2              |
| <b>PROMEDIO MENSUAL</b>  | 125,4 | 136,6 | 105,1 | 114,7 | 98,1  | 96,4  | 80,3  | 74,2  | 80,9  | 79,1  | 77,6  | 92,5  |                    |

Fuente: Elaboración Propia a partir de Anuarios Climatológicos de la Dirección Meteorológica de Chile, entre los años 2010 y 2014, y Dirección General de Aguas (2010).

**Ilustración 18 Promedios mensuales, entre los años hidrológicos 1961-1962 y 2014-2015.**



Fuente: Elaboración Propia a partir de Anuarios Climatológicos de la Dirección Meteorológica de Chile, entre los años 2010 y 2014, y Dirección General de Aguas (2010).

### 1.2.1.9 Índice de Fournier para Isla de Pascua

Los niveles de agresividad pluvial, se reconocieron por medio del Índice de Fournier Modificado, IFM, presentado por CIREN (2010). En cuanto a la distribución espacial de las lluvias es posible detectar diferencias en los montos precipitados en las dos estaciones de registro, debido a efectos topográficos y meteorológicos al interior de la isla. Es así como los registros de la Estación Vaitea, entregan mayor nivel de agresividad pluvial, sugiriéndose que, a mayor intensidad de precipitaciones, mayor será el nivel de pérdida de suelos.

**Ilustración 19 Índice de Agresividad Pluvial para Isla de Pascua.**



Fuente: Elaboración Propia a partir de CIREN (2010)

### 1.2.1.10 Identificación de quebradas potenciales

En el trabajo de identificación de quebradas torrenciales, se realizó, complementariamente, un análisis morfométrico aplicando la metodología de MÄRKER et al., (2001, 2008, 2010), y VOGEL & MÄRKER (2010), sobre la base del análisis de un GDEM ASTER, corregido hidrológicamente según el algoritmo de PLANCHÓN & DARBOUX (2001). El DEM resultante se utilizó para un análisis del terreno a través del SIG SAGA.

La evaluación de los procesos asociados a erosión y transporte hídrico, se elaboró en base a la generación de tres índices topográficos. Para los fines de la modelización, el sustrato geológico, fue considerado como homogéneo, derivándose, en consecuencia, de la topografía.

Los índices corresponden al Stream Power Index (SPI), el cual se obtuvo como producto de la zona de captación específica y la gradiente. Este permite describir los efectos de los procesos de erosión fluvial lineal, tales como cárcavas, talwegs y erosión lateral de lechos.

En suma al anterior, el índice Topographic Wetness Index (TWI), el cual se calculó como el logaritmo de la proporción específica entre el área de captación y la gradiente. Este generó información sobre la acumulación de agua y la saturación del suelo y el sustrato, siendo en consecuencia un importante indicador de los procesos de escorrentía superficial e inundaciones (SOTO et al., 2010).

Finalmente, se adjuntó el índice Transport Capacity Index (TCI), que caracteriza la capacidad de transporte y se usa como indicador de procesos de erosión laminar. Corresponde a una



combinación del área específica de la cuenca y el seno de la pendiente. Se utiliza para indicar áreas de erosión y de alto potencial de transporte de sedimentos.

La información resultante de la modelación antes indicada, se expone a continuación:

- Stream power Index (SPI)

Este índice proporciona información sobre la existencia de erosión de carácter líneas en aquellos sectores con resultados positivos (color rojo). Así también en evidencia de la presencia de geoformas que se generan a partir de la incisión de la superficie, como talwegs, quebradas y cursos de agua. Todas estas generadoras y difusoras de morfodinámica actual. Para el caso siguiente, se muestran los resultados del modelo para Isla de Pascua, a nivel comunal y a nivel de zona urbana proyectada.

El área comunal presenta una clasificación de carácter bajo en la mayor extensión de la misma – pocas zonas presentes con erosión lineal asociada -, siendo disectadas por talwegs inscritos a los tres principales volcanes: Terevaka, Rano Kau y Pioke. Es el volcán Terevaka, el que presenta mayor número de incisiones asociadas a erosión lineal, principalmente en el sector norte del mismo. Por otro lado, Rano Kau y Poike, denotan baja incisión de erosión, a excepción de las zonas asociadas a acantilados.

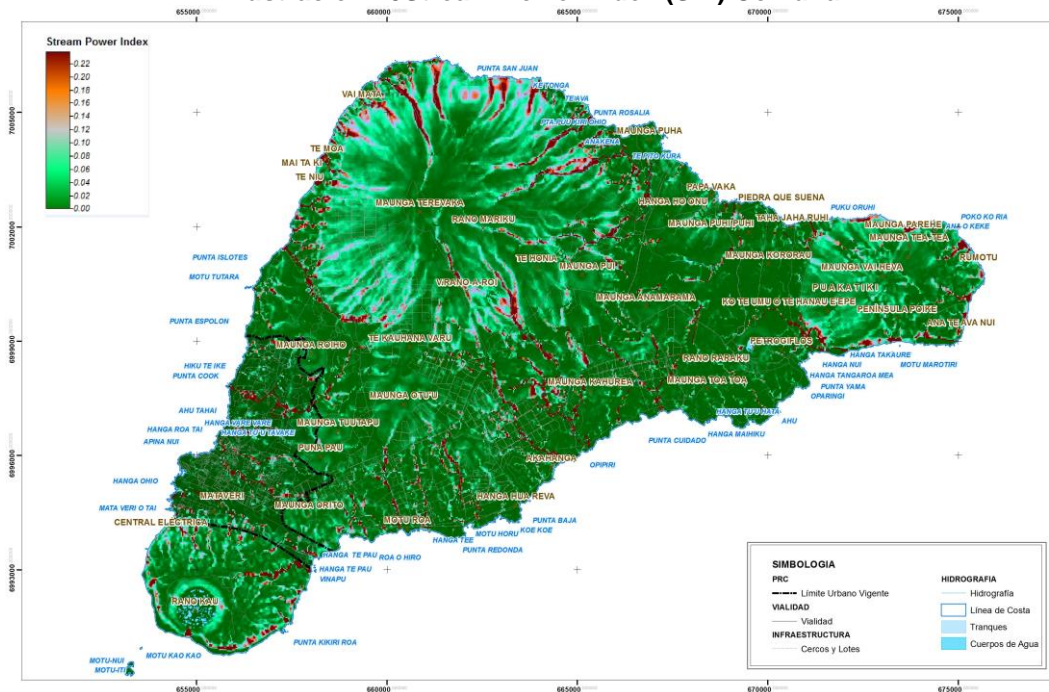
Es importante mencionar que la presencia de altos rangos de SPI, se traduce en una mayor actividad actual y potencial movimiento en forma constante de material y/o agua.

Referente al área urbana proyectada, se observan 5 grandes incisiones, transversales al área, asociadas a erosión actual, de norte a sur y perpendiculares a la costa, sector norte de Maunga Roiho, sector entre Maunga Roiho y Maunga Tangaroa, sector del cementerio, al estadio municipal en la calle Te Pito o Te Henua, y finalmente asociada al área del aeropuerto Mataverí y la parte baja del Rano Kau.

La zona con mayor potencial erosivo se presenta en el sector de la calle Te Pito o Te Henua, presentando dos brazos lineales a la incisión.

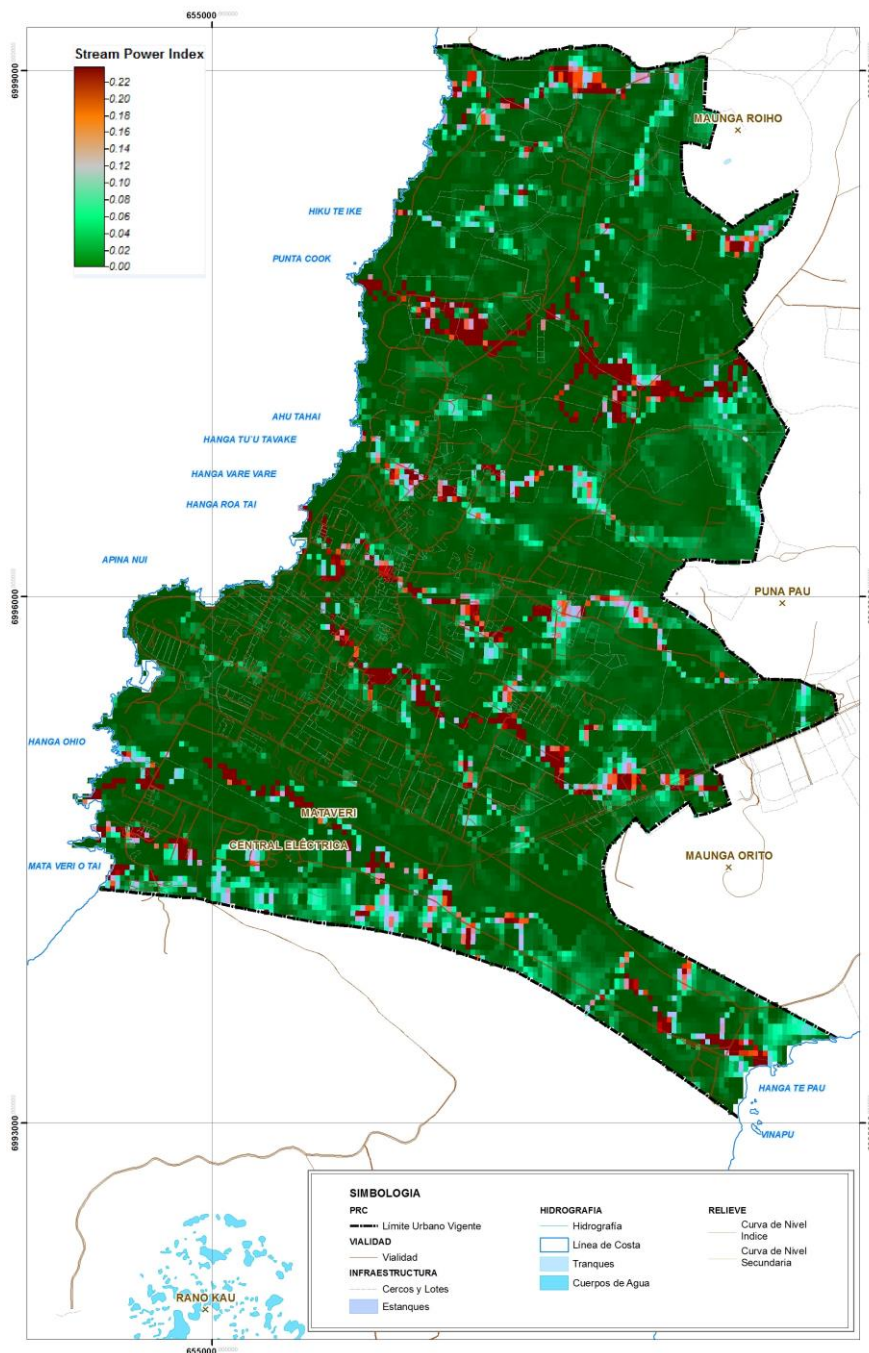
A continuación, se grafican los resultados del modelo antes mencionado, para la comuna y la zona urbana proyectada.

**Ilustración 20 Stream Power Index (SPI) Comunal**



Fuente: Elaboración propia.

### Ilustración 21 Stream Power Index (SPI) zona urbana proyectada



Fuente: Elaboración propia.

- Topographic Wetness Index (TWI)

Los resultados del TWI describen la potencialidad de humedad en los cursos de agua o talwegs, que disectan la superficie analizada. Definiendo así, potencial concentración de humedad o aguas lentas, o corredores de agua potenciales a generar movimientos en masa.

Para el área comunal, se observa que las zonas con potencial húmedo se presentan en las planicies volcánicas, que rodean a los tres ejes volcánicos de la isla. Así también, el índice denota

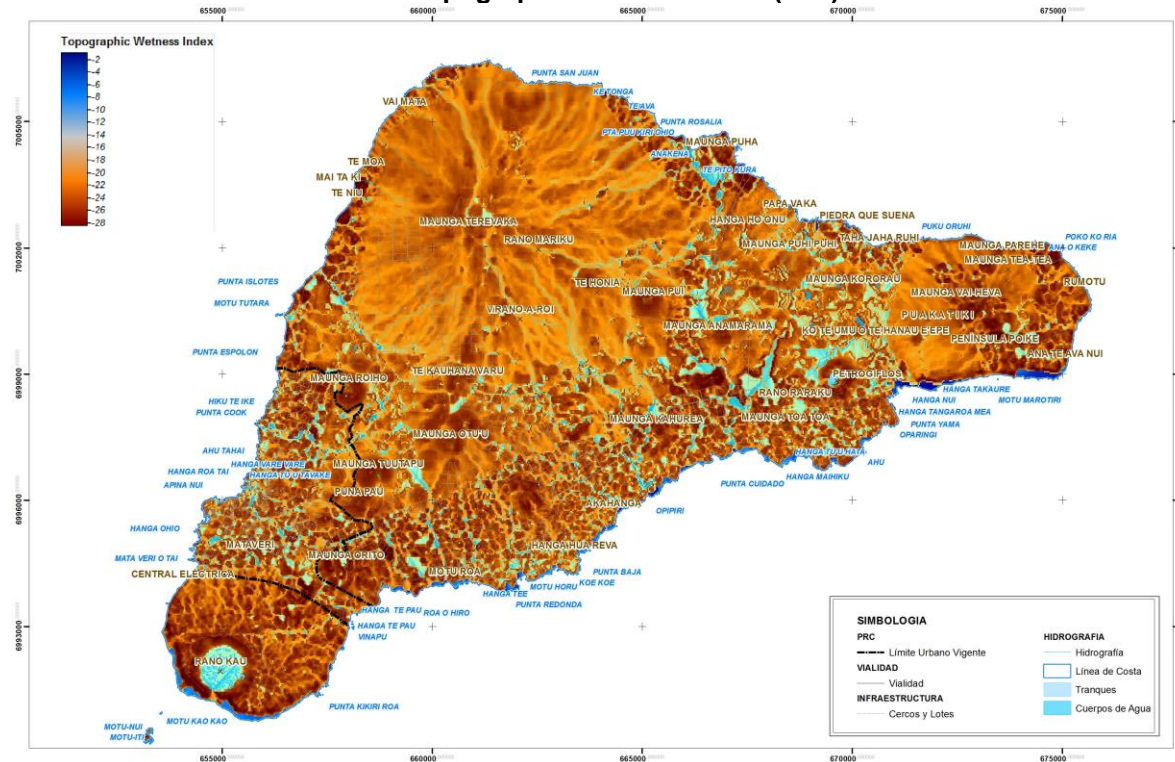
rangos altos en el sector de Rano Kau y Rano Raraku, dada la presencia de los cráteres con humedales en su interior.

El sector del Terevaka, denota en su base rangos altos, dejando al resto de la estructura volcánica sin mayores rastros de concentración de humedad. Por otro parte, el volcán Poike presenta áreas de índices altos al este de su estructura, siendo estos de baja extensión areal.

Así también indicar que, son las áreas costeras al oeste y sur de la isla, las que presentan mayor presencia de zonas húmedas.

Para la zona urbana proyectada se observa homogeneidad en las áreas de altos índices, no generando patrones visibles que se planteen como ríos, canales, o quebradas; sino zonas en depresión que tienen a la acumulación de agua.

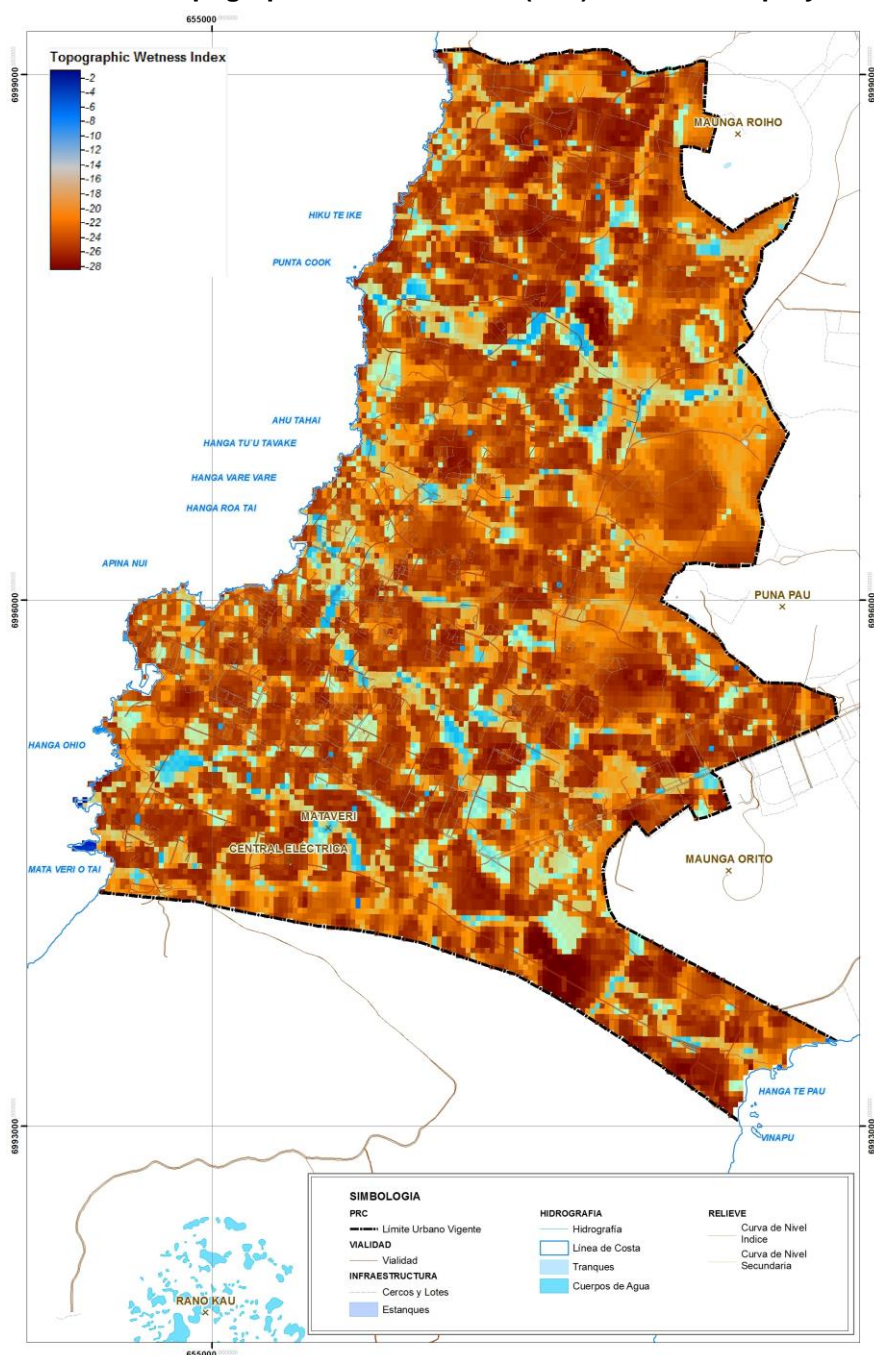
**Ilustración 22 Topographic Wetness Index (TWI) Comunal**



Fuente: Elaboración propia.



### Ilustración 23 Topographic Wetness Index (TWI) zona urbana proyectada



Fuente: Elaboración propia.

- Transport Capacity Index (TCI)

Los resultados del TWI describen la potencialidad de humedad en los cursos de agua o talwegs, que disectan la superficie analizada. Definiendo así, potencial concentración de humedad o aguas lentas, o corredores de agua potenciales a generar movimientos en masa.

Para el área comunal, se observa que las zonas con potencial húmedo se presentan en las planicies volcánicas, que rodean a los tres ejes volcánicos de la isla. Así también, el índice denota

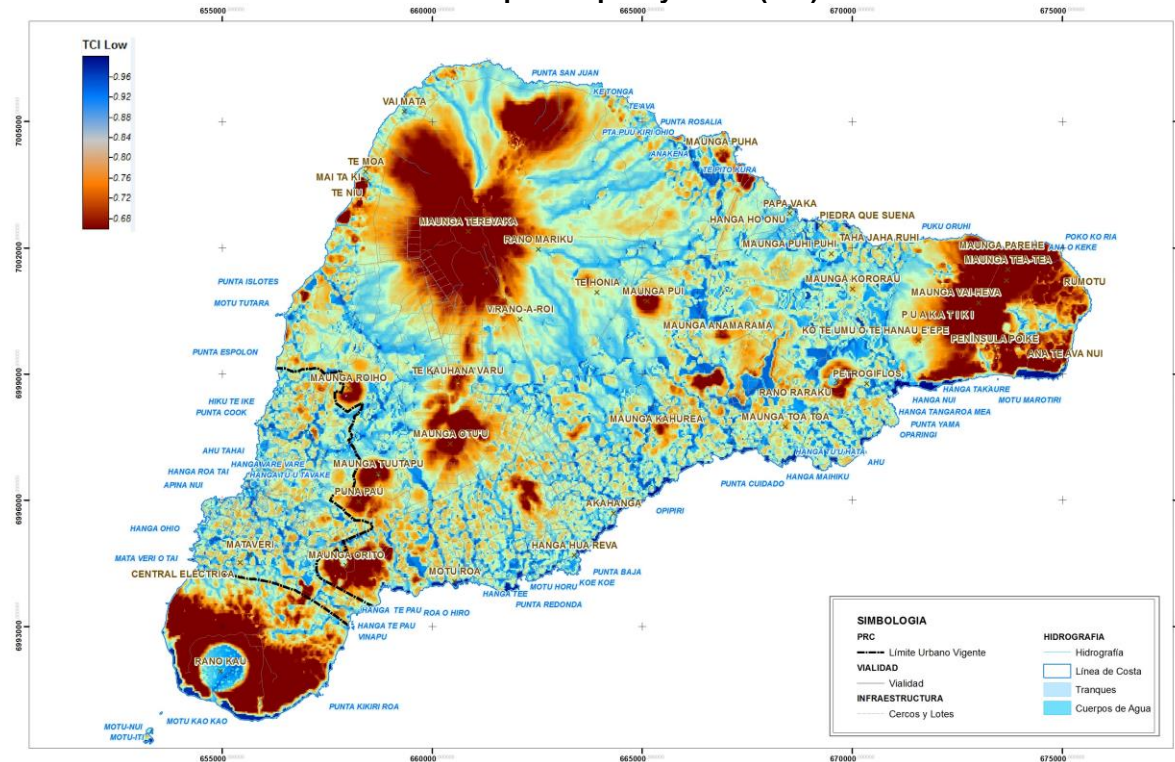
rangos altos en el sector de Rano Kau y Rano Raraku, dada la presencia de los cráteres con humedales en su interior.

El sector del Terevaka, denota en su base rangos altos, dejando al resto de la estructura volcánica sin mayores rastros de concentración de humedad. Por otro parte, el volcán Poike presenta áreas de índices altos al este de su estructura, siendo estos de baja extensión areal.

Así también indicar que, son las áreas costeras al oeste y sur de la isla, las que presentan mayor presencia de zonas húmedas.

Para la zona urbana proyectada se observa homogeneidad en las áreas de altos índices, no generando patrones visibles que se planteen como ríos, canales, o quebradas; sino zonas en depresión que tienden a la acumulación de agua.

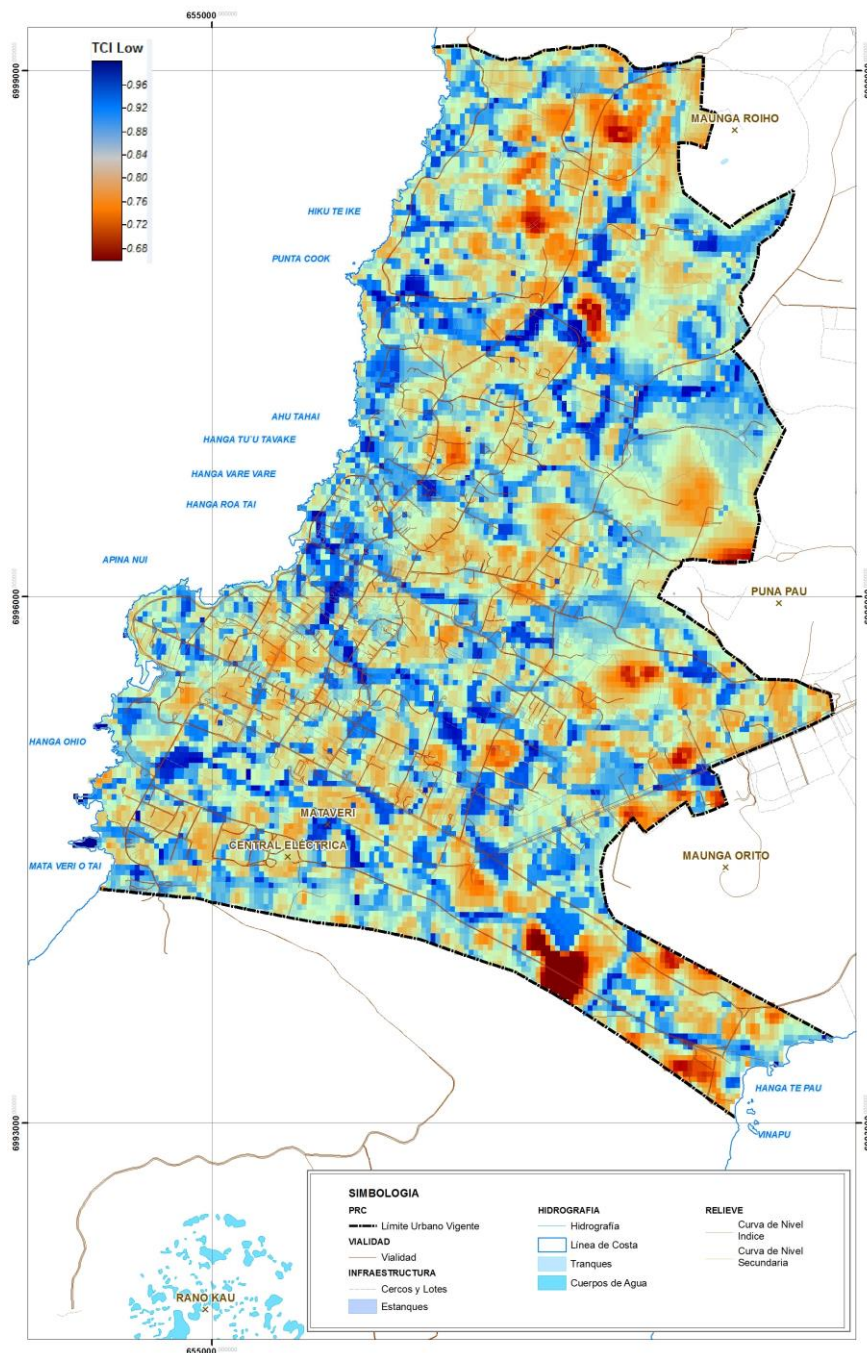
**Ilustración 24** Transport Capacity Index (TCI) Comunal



Fuente: Elaboración propia.



## Ilustración 25 Transport Capacity Index (TCI) zona urbana proyectada



Fuente: Elaboración propia.

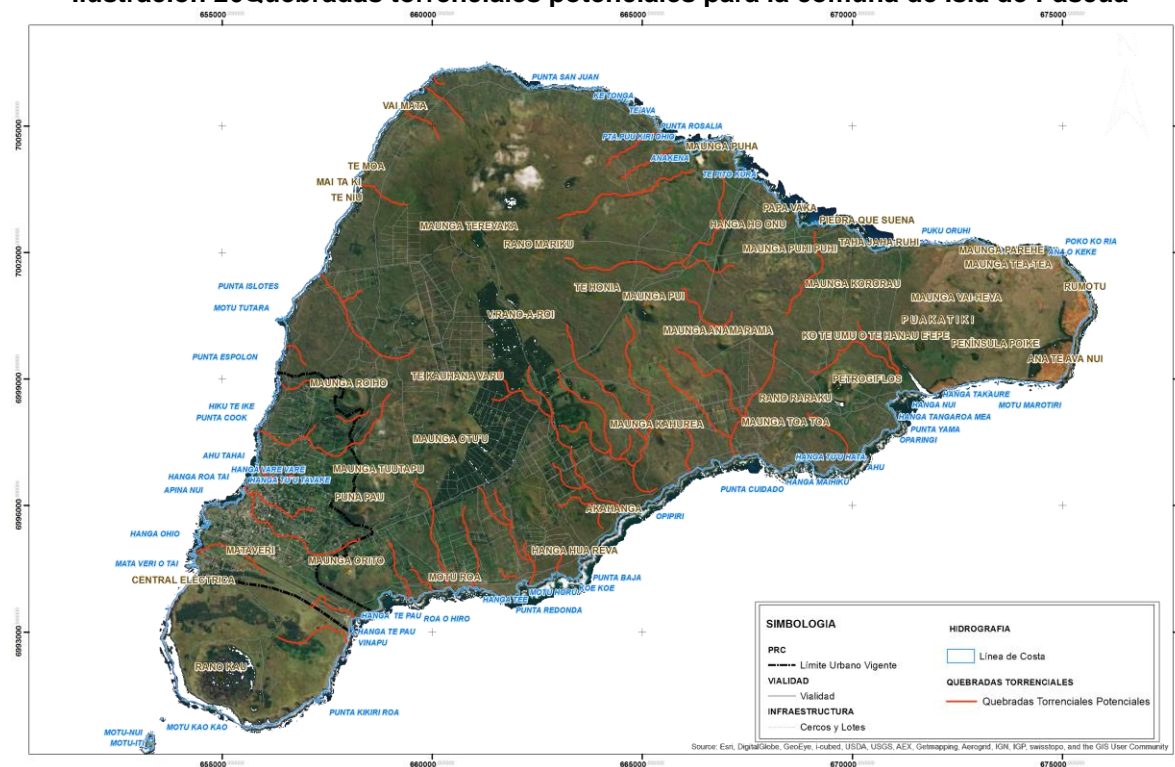
- Potenciales quebradas torrenciales

Dados los resultados anteriores, para la comuna se evidencia patrones delimitados en los cuales el escenario es propicio para la existencia y activación de quebradas torrenciales: donde existe alta presencia de humedad, áreas con incisiones provocadas por erosión lineal y arrastre de material y finalmente por una alta capacidad de transportes, todo bajo el escenario de precipitaciones extremas. Esto, en conjunto a otras variables puede desencadenar en escenario de media a alta probabilidad de activar el movimiento de material y agua, en especial si se aumenta la impermeabilización, o se desnudan espacios naturales ya provistos de vegetación.

Es así como, sectores como el noreste del Volcán Terevaka, además del sector sur de la isla, es donde los canales potenciales se identifican con claridad.

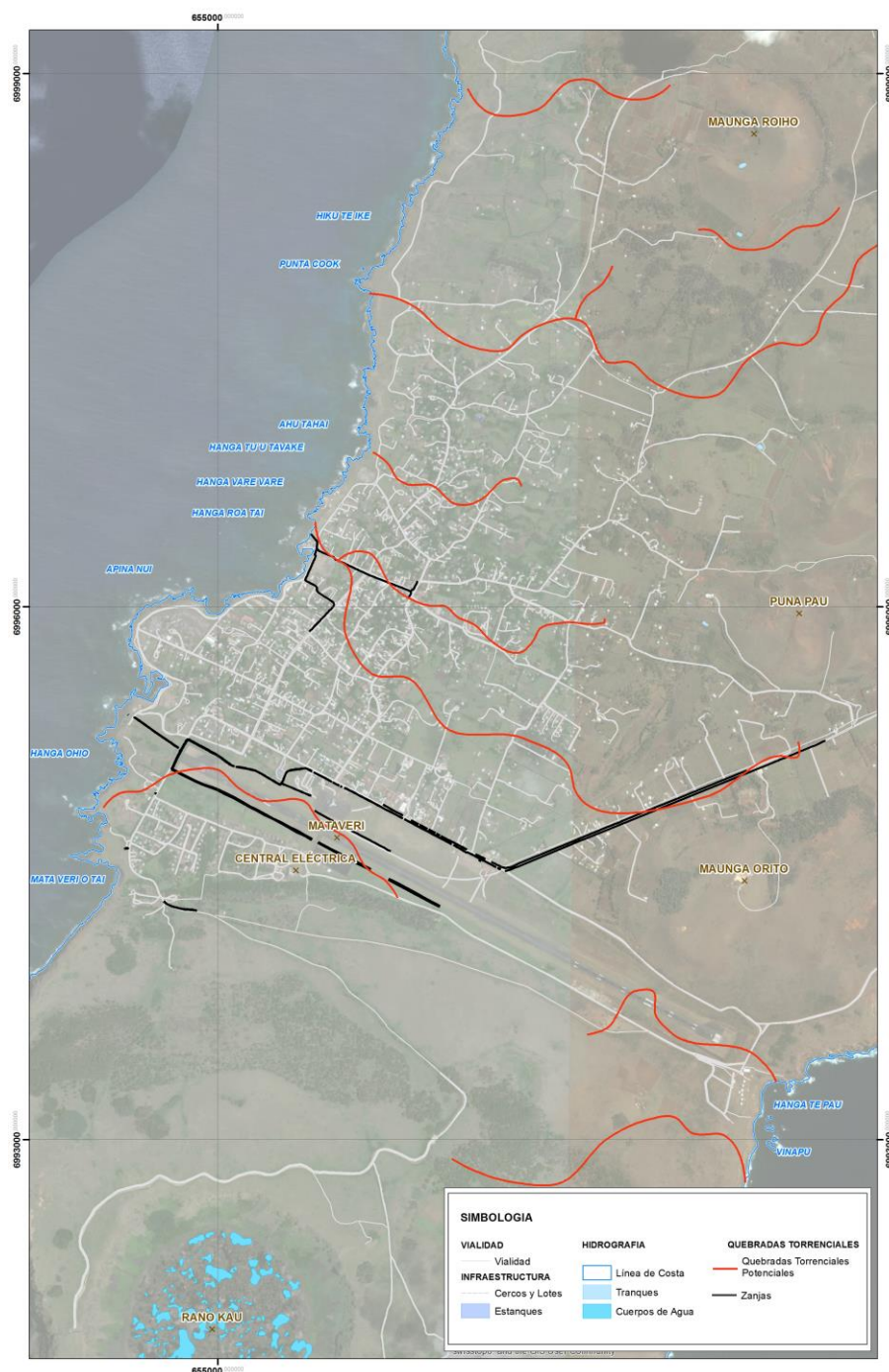
Por otra parte, en el área urbana se divisan dos áreas, a las cuales tomar atención. La primera se ubica de forma perpendicular a la costa, entre los Maunga Roiho y Tangaroa, y la segunda, también perpendicular a la costa, en el sector de Te Pito o Te Henua. Ambas presentan características para la activación de movimiento de agua y material en caso de precipitaciones extremas.

**Ilustración 26**Quebradas torrenciales potenciales para la comuna de Isla de Pascua



Fuente: Elaboración propia.

**Ilustración 27 Quebradas torrenciales potenciales y obras de contención asociadas. Área urbana proyectada de la comuna de Isla de Pascua.**



Fuente: Elaboración propia.

Es importante mencionar, que en un alto porcentaje de las áreas identificadas como de torrencialidad, se observa la presencia de obras ingenieriles, que tienen como finalidad, la mitigación de efectos adversos en caso de precipitaciones.

En el sector del aeropuerto, se presentan zanjas laterales que desembocan en el mar, contrarrestando así problemas registrados con anterioridad a éste estudio en el área, para episodios de lluvias torrenciales, como las identificadas el 2014. Para el área céntrica, se

identifican zanjas, en Te Pito O Te Henua con Simón Paoa y en Atamu Tekena con Tu'u Maheke, las cuales confluyen en la vía costera Policarpo Toro.

No obstante, en sectores al norte del sector urbano de Hanga Roa, se identificaron sectores que eventualmente podrían verse afectados por quebradas torrenciales. Es por lo anterior, que se recomienda poner énfasis en la paliación de efectos en los sectores desprovistos de estas obras o zanjas de contención y que han sido recomendadas por el Estudio Plan de Drenaje y Aguas Lluvias de Hanga Roa.

#### **1.2.1.11 Erodabilidad**

A partir del trabajo realizado por Honorato & Cruz (1999) se consiguió definir los niveles de erodabilidad de los suelos de la Isla de Pascua. Su distribución se expresa de la siguiente forma: Superficie de suelos según categoría de erodabilidad

**Ilustración 28. Superficie de los suelos, según categoría de erodabilidad**

| Categoría | Superficie (%) |
|-----------|----------------|
| Muy Alta  | 33,5           |
| Alta      | 17             |
| Media     | 26,2           |
| Baja      | 14,1           |
| Muy Baja  | 7,6            |
| Otros     | 1,6            |

Fuente: Honorato & Cruz (1999).

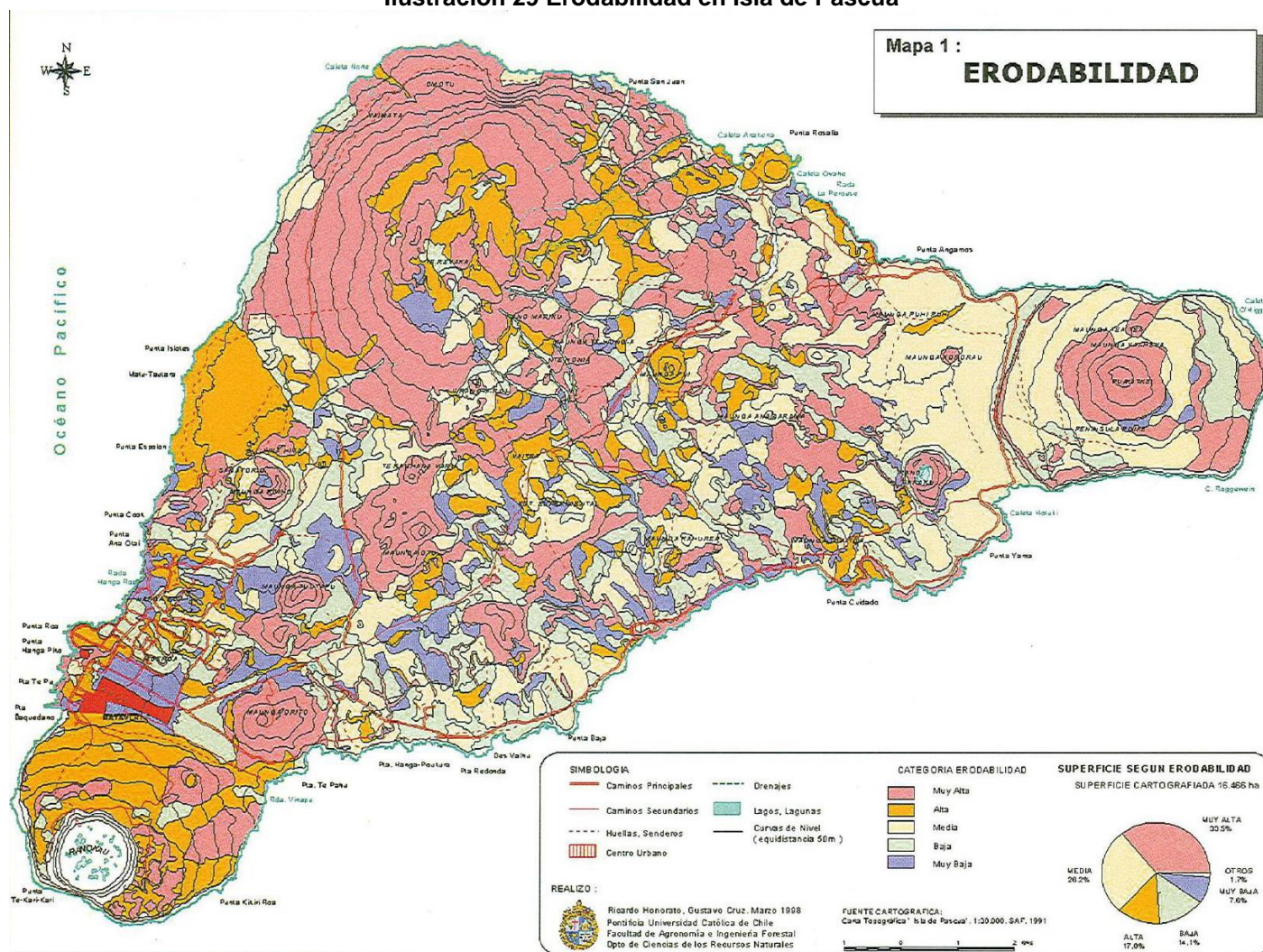
Los suelos asociados a la categoría muy alta de erodabilidad, se vinculan a sectores de laderas de conos volcánicos principales como los de Rano Kau, Poike o Rano Raraku, y a conos volcánicos menores como Orito, Roiho o Toa Toa. Estos casos alcanzan un 33,5% de la superficie de la isla.

Para el caso de los suelos con alta erodabilidad, estas ocupan, fundamentalmente, las formas volcánicas mencionadas anteriormente, definiéndose que un 17% de los suelos de la superficie isleña, alcanzan esta categoría. Los suelos de categoría media, se ubican en sectores de laderas bajas y medias de las formaciones volcánicas de la isla, constituyendo un 26,2% de los suelos de la isla.

Los suelos de las categorías baja y muy baja de erodabilidad, se asocian a unidades pequeñas, más bien dispersas, en sectores más bien planos, de áreas como Hanga Roa, el Poike o Vaitea. Alcanza un 21,7% de los suelos isleños.



Ilustración 29 Erodabilidad en Isla de Pascua



Fuente: Honorato & Cruz (1999)



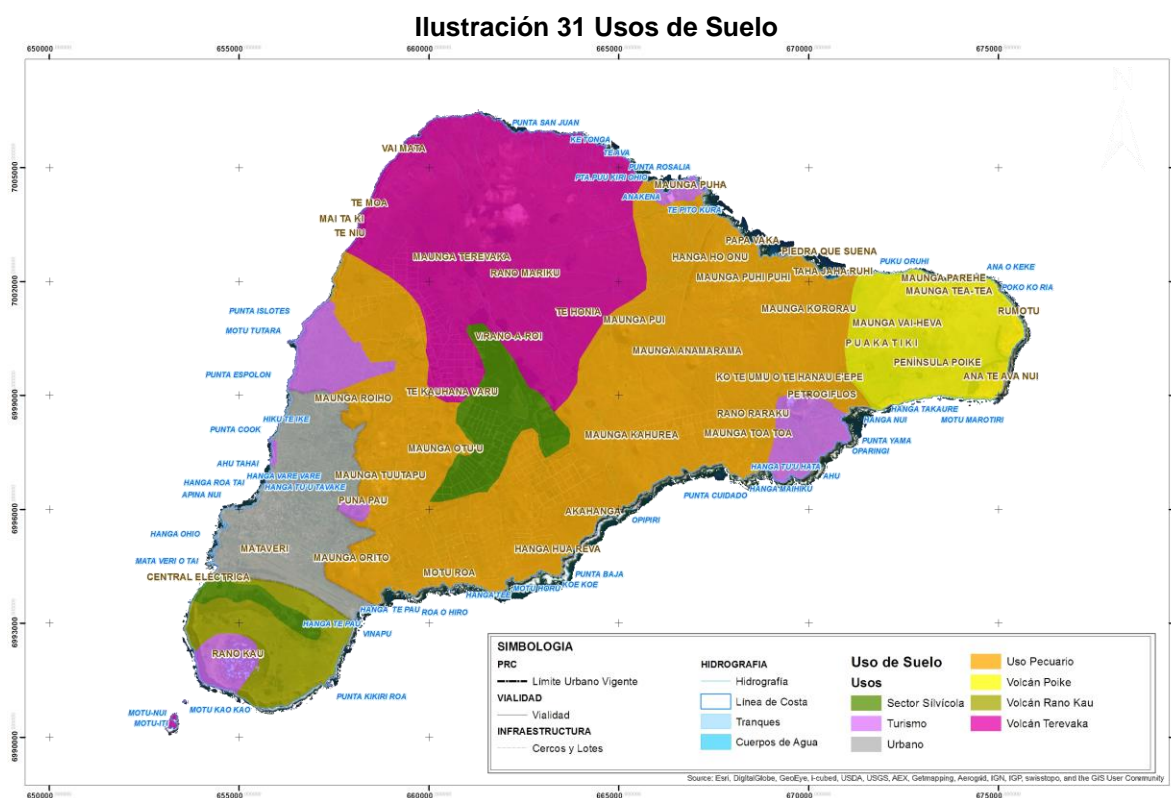


### 1.2.1.13 Uso de suelo

Se definieron usos generales para la isla, con intención de reconocer, de forma general, las actividades o fines principales de cada espacio. Es así como se evidencia un área urbana, asociada a Hanga Roa, la cual desarrolla, fundamentalmente actividades de residencia, comercio y servicios para la población de la Isla. En cuanto a los sectores relacionados a uso pecuario, estas se desarrollan en las áreas de tendencia plana-ondulada (condición topográfica, definida a partir de la presencia de conos volcánicos secundarios o parasitarios). Dada la alta cobertura vegetal que se muestra en la isla, en estos sectores se desarrollan actividades de pastoreo de animales (caballos, fundamentalmente), existiendo, en menor medida, uso agrícola.

Las áreas asociadas a Turismo se asocian a los atractivos que presenta la isla en este ámbito, sobre todo en cuanto a la presencia de moais, restos arqueológicos, relevancia antropológica e incluso de esparcimiento. Es así que se determinan el área de Rano Kau, Tahai, Rano Raraku o Anakena, en esta tipología.

Para el caso de los 3 principales volcanes, de la isla (Terevaka, Poike y Rano Kau), estos pueden verse afectos a distintos usos, tanto de turismo, por su relevancia cultural en Rapa Nui, como en pastoreo de animales, dada sus condiciones naturales. Se pueden evidenciar usos del tipo silvícola en estos sectores, en donde las plantaciones de árboles como los eucaliptus, predominan (esto, en áreas vecinas a Terevaka) más arbustos y matorrales presentes dominantes en Rano Kau.



Fuente: Elaboración Propia en base a unidades de paisaje, Memoria Explicativa del Plan.

**1.2.1.14 Caracterización de Eventos Históricos**

- Precipitaciones máximas en 24 horas

Los registros de precipitación de los últimos 14 años, dan cuenta de varios episodios por sobre los 100mm, considerados como lluvias torrenciales. Estas se presentan en meses de invierno y primavera, fundamentalmente, siendo la de mayor acumulación, para estos años, la del 14 de Julio del 2014, con 200,4 mm precipitados en 24 horas.

**Tabla 9 Precipitaciones Máximas en 24 Hrs. (Período 2000-2014). Estación Meteorológica Mataveri.**

| FECHA                | Precipitación (mm) máxima en 24 horas |
|----------------------|---------------------------------------|
| 7 de octubre 2000    | 128,2                                 |
| 16 de noviembre 2000 | 101,6                                 |
| 5 de noviembre 2001  | 70,8                                  |
| 3 de Julio 2002      | 60,6                                  |
| 6 de abril 2003      | 128,7                                 |
| 22 de marzo 2004     | 84                                    |
| 2 de diciembre 2004  | 86,8                                  |
| 13 de Julio 2005     | 75                                    |
| 2 de mayo 2006       | 101,4                                 |
| 25 de agosto 2006    | 118                                   |
| 11 de febrero 2007   | 89,8                                  |
| 17 de abril 2007     | 107,6                                 |
| 21 de mayo 2007      | 87,2                                  |
| 11 de abril 2008     | 105,4                                 |
| 8 de septiembre 2009 | 140                                   |
| 4 de octubre 2009    | 81,6                                  |
| 14 de diciembre 2009 | 94,2                                  |
| 7 de mayo 2010       | 108,2                                 |
| 15 de Julio 2011     | 34,8                                  |
| 30 de enero 2012     | 79,8                                  |
| 30 de junio 2012     | 109                                   |
| 14 de Julio 2012     | 200,4                                 |
| 17 de noviembre 2012 | 151,4                                 |
| 3 de junio 2014      | 153,2                                 |

Fuente: Elaboración Propia a partir de Anuarios Climatológicos de la Dirección Meteorológica de Chile, entre los años 2000 y 2014.

La última precipitación referenciada en la tabla anterior, generó importantes problemas en diversos sectores de Hanga Roa, dado que la gran cantidad de agua precipitada, superó la capacidad de los sumideros y alcantarillados, generando notorios anegamientos e inundaciones en la ciudad.

**Ilustración 32 Anegamiento en intersección calles Policarpo Toro y Te Pito O Te Henua, a partir de altos montos de precipitaciones en 24 horas. (Junio de 2014).**



Fuente: Imagen Proporcionada por Ilustre Municipalidad de Isla de Pascua

**Ilustración 33 Evidencia de inundaciones en sector Costero en Hanga Roa, a partir de episodio pluviométrico de Junio de 2014.**



Fuente: Imagen Proporcionada por Ilustre Municipalidad de Isla de Pascua



**Ilustración 34 Anegamiento en Sector de calle Hotu Matua (Junio 2013).**



Fuente: Imagen Proporcionada por Ilustre Municipalidad de Isla de Pascua.

**1.2.1.15 Áreas de remoción en masa**

Para entender los procesos remosivos de Isla de Pascua, se deben considerar fundamentalmente, los niveles de pendientes, las características de su formación y usos de suelo, y su relación con aspectos tales como precipitaciones, y los eventos extremos de precipitación que activen los procesos.

A partir de la jerarquización de las variables revisadas, se logró determinar los diferentes grados de remoción en masa para la Isla de Pascua. De esta forma las tipologías, se describen a continuación:

En sectores de los volcanes Poike y Rano Kau, las tendencias dan cuenta de predominio de tipos de remoción media, asociados. Esto se vincula a los niveles de pendientes, que ven inhibidos por procesos de erosión por la presencia de vegetación. Situación similar ocurre en sectores específicos del Terevaka, en donde los niveles de pendiente sobre todo al sur del cono volcánico, con pendiente no tan pronunciadas, sumándose las coberturas vegetales, mencionadas.

**Ilustración 35 Volcán Rano Kau y su cubierta vegetal**



Fuente: Elaboración propia.



En los 3 volcanes, se muestran sectores específicos en donde predominan áreas de alta susceptibilidad a los procesos remosivos, los cuales se corresponden a áreas de mayor pendiente. El sector en donde mayormente se concentra esta clasificación, se ubica al norte del Terevaka, dada la misma situación.

En sectores de conos volcánicos parásitos o menores, hallados en sectores interiores de la isla, muestran estas mismas tendencias, evidenciándose procesos de remosivos activos, los cuales se muestran a través de erosión lineal, cárcavas incipientes o en varios casos, altamente desarrollados. Ejemplos de estos casos se muestran en Maunga Roiho o en Manga Pui.

**Ilustración 36 Evidencia de proceso erosivo en Maunga Roiho**



Fuente: Elaboración propia.

**Ilustración 37 Evidencia de procesos erosivos en Maunga Pui, en sector superior del cono**



Fuente: Elaboración propia.

Los niveles muy altos de posibilidad de proceso erosivos se muestran en sectores de acantilados, tanto en áreas vinculadas a los 3 volcanes principales, manifestándose al oriente del Poike, al sur del Rano Kau y al norte del Terevaka, y en áreas de la línea de costa, vinculados a los roqueríos que reciben la activa acción del mar.

**Ilustración 38 Norte de Hanga Roa, Sector costero asociado a muy altos niveles de pendiente**



Fuente: Elaboración propia.

Para el caso específico de Hanga Roa, en su área urbana, predominan sectores sin altas pendientes, acompañadas por coberturas vegetales no menores. No obstante, tal como se mencionó anteriormente, en los sectores costeros se manifiestan los mayores niveles de pendientes, asociándosele los niveles más altos de posibilidad de procesos remosivos.

Como ya se mencionó, Hanga Roa está flanqueado en el oriente, por conos parásitos, asociados a los procesos volcánicos que formaron la isla. Es así como en sectores vinculados a Puna Pau, se muestran sectores con evidencia de procesos de remoción, los cuales pueden afectar a población que ha usado áreas vecinas para instalar viviendas. Como se puede observar en la siguiente imagen, el escarpe con suelo desnudo, da cuenta de procesos activados, que pueden perjudicar, ante eventos lluviosos de consideración, construcciones circundantes. De esta forma, dadas las condiciones del área, el sector clasificado con la tipología de Alta susceptibilidad a procesos remosivos.

Situación un tanto similar ocurre sectores el norte del Camino Vaitea-Anakena, en donde ondulaciones del terreno, pueden asociarse a procesos remosivos, a partir de sus condiciones vegetacionales, y pronunciadas pendiente. Si bien muestran viviendas algo aisladas, estas pueden verse afectadas por el peligro en la activación de escarpes, ante las ya mencionadas, precipitaciones. En la siguiente imagen, se muestra, que aunque existe cierta cobertura vegetal, se denota un desnivel en con sectores inferiores, lo cual puede alentar a la erosión del sustrato, ante la inestabilidad evidenciada.



**Ilustración 39 Sectores habitados a los pies del Puna Pau, vecinos a escarpe con evidencias de procesos remosivos**



Fuente: Elaboración propia.

**Ilustración 40 Evidencia de escarpe con probabilidad de procesos remosivos.**



Fuente: Elaboración propia.

Los sectores clasificados con características de Media susceptibilidad a procesos remosivos, se vinculan a áreas que, si bien no muestran altos niveles de pendiente, presentan cierto grados inclinación los cuales pueden asociarse a activar la dinámica del área, pero a niveles menores. Esto se muestra al norte de Hanga Roa, en sectores vecinos al Mauna Roiho, el cual da cuenta de sectores con alto nivel de cobertura vegetal, pero en donde se evidencian ciertos escarpes que pueden promover una actividad remosiva. Para estos casos, se sugiere precaución en los usos de suelos, principalmente, para no alentar dinámicas erosivas.

**Ilustración 41 Sectores asociados a Maunga Roiho**



Fuente: Elaboración propia.

**Ilustración 42 Evidencia de Sinuosidad en área asociada Maunga Roiho**



Fuente: Elaboración propia.

Los sectores de baja susceptibilidad a procesos remosivos, prevalece para la isla completa y Hanga Roa, en específico. Las superficies de cada clasificación, para el caso específico de Hanga Roa (la cual, según el área considerada para efectos del análisis, posee 1369,9 hás), se presentan a continuación.

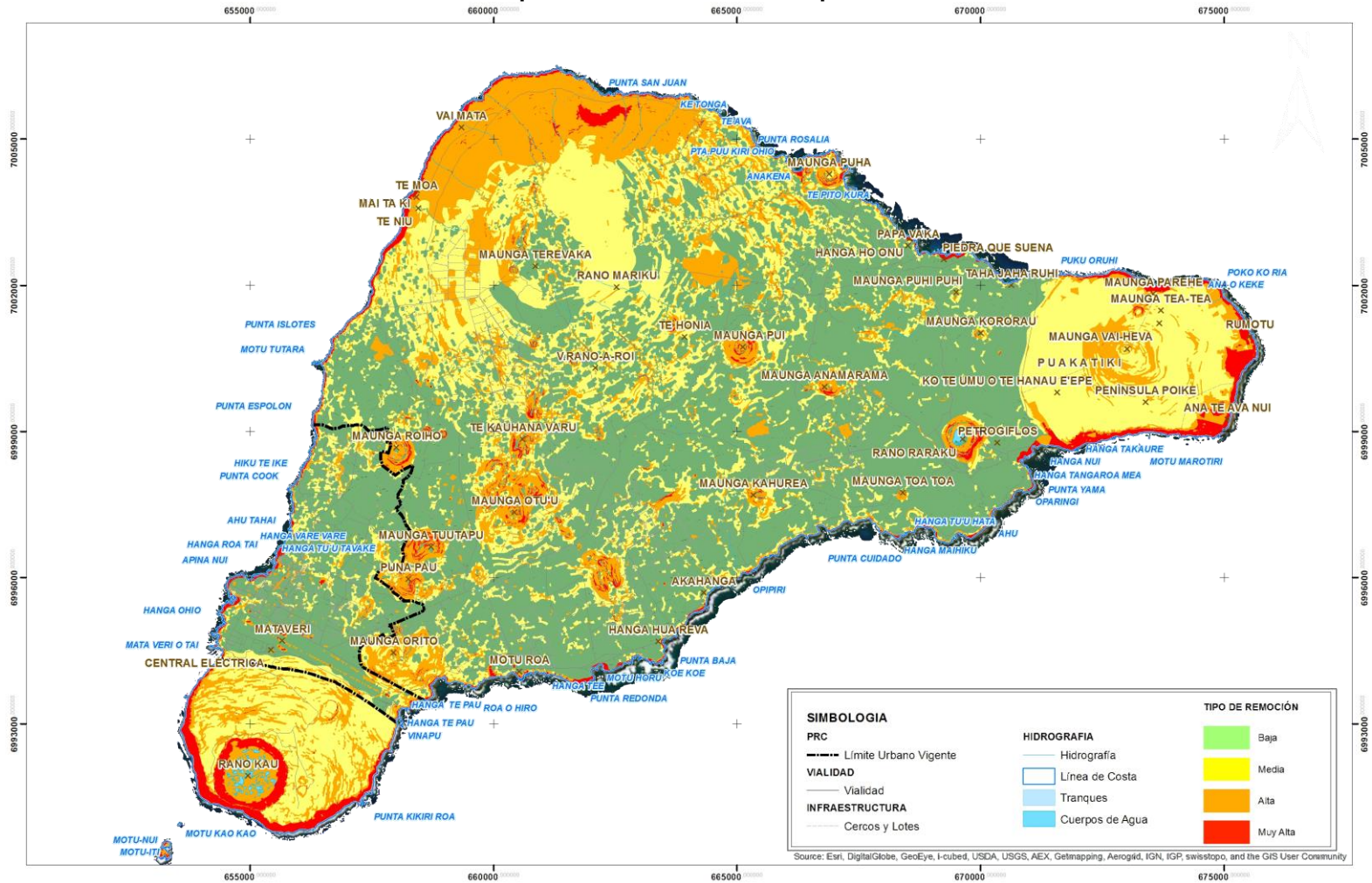
**Tabla 10 Superficie en Hectáreas y Porcentaje de Tipos de Remoción en masa para Hanga Roa.**

| Tipos Remoción Masa | de en | Hectáreas y Porcentaje de Superficie |
|---------------------|-------|--------------------------------------|
| Muy Alta            |       | 23,9 (1,7%)                          |
| Alta                |       | 50,6 (3,7%)                          |
| Media               |       | 242,6 (17,8%)                        |
| Baja                |       | 1052,8 (76,8%)                       |

Fuente: Elaboración Propia.



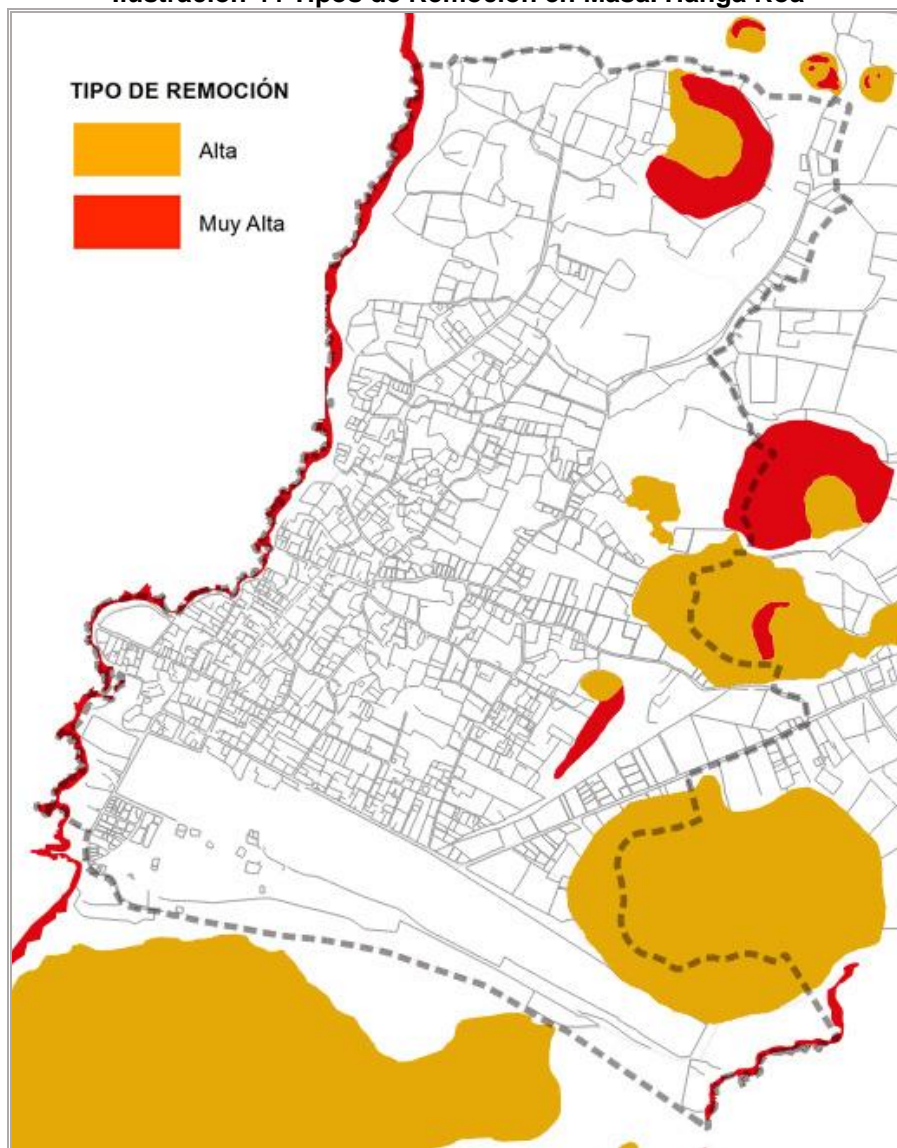
Ilustración 43 Tipos de Remoción en masa para Isla de Pascua



Fuente: Elaboración Propia.



**Ilustración 44 Tipos de Remoción en Masa. Hanga Roa**



Fuente: Elaboración Propia.

#### **1.2.1.16 Conclusiones Riesgo de Remoción**

Los procesos remosivos de Isla de Pascua basan su presencia en la conjunción de diferentes factores, entre ellos, niveles de pendientes, características de formación del paisaje, usos de suelo, precipitaciones y la potencialidad de existencia de quebradas torrenciales que puedan activarse en períodos de precipitaciones extremas.

**A nivel comunal**, se debe realizar la diferenciación entre lo que acontece en las zonas asociadas a volcanes, sean los tres principales o los secundarios. La diferencia recae en la presencia de factores detonantes de procesos remosivos.

En sectores asociados a volcanes se observa lo siguiente.

- En los **3** volcanes principales, se muestran sectores específicos en donde predominan áreas de alta susceptibilidad a los procesos remosivos, los cuales se corresponden a áreas de mayor pendiente. Se manifiestan al oriente del Poike, al sur del Rano Kau y al norte del

Terevaka, y en áreas de la línea de costa, vinculados a los roqueríos que reciben la activa acción del mar..

- En sectores de los volcanes Poike y Rano Kau, las tendencias dan cuenta de predominio de tipos de remoción media, asociados. Esto se vincula a los niveles de pendientes, que ven inhibidos por procesos de erosión por la presencia de vegetación. Situación similar ocurre en sectores específicos del Terevaka, en donde los niveles de pendiente sobre todo al sur del cono volcánico, con pendiente no tan pronunciadas, sumándose las coberturas vegetales, mencionadas.
- Para las áreas asociadas a conos **volcánicos parásitos o menores**, hallados en sectores interiores de la isla, muestran estas mismas tendencias, evidenciándose procesos de remosivos activos, los cuales se muestran a través de erosión lineal, cárcavas incipientes o en varios casos, altamente desarrollados. Ejemplos de estos casos se muestran en Maunga Roiho o en Manga Pui.

Para el resto de la isla se observan zonas de baja susceptibilidad a remoción, y en menor medida zonas medias.

Con respecto a las potenciales quebradas torrenciales - alta presencia de humedad, áreas con incisiones provocadas por erosión lineal y arrastre de material y finalmente por una alta capacidad de transporte - que se puedan activar en caso de precipitación extrema, a nivel comunal se presentan en sectores como el noreste del Volcán Terevaka, además del sector sur de la isla, es donde los canales potenciales se identifican con claridad.

**En el escenario urbano** predominan sectores sin altas pendientes, acompañadas por coberturas vegetales no menores, es por esto que la extensión con mayor nivel areal es denominada como de baja susceptibilidad a procesos remosivos. No obstante, en los sectores costeros se manifiestan los mayores niveles de pendientes, asociándosele los niveles más altos de posibilidad de procesos remosivos.

Hanga Roa está flanqueado en el oriente, por conos parásitos, asociados a los procesos volcánicos que formaron la isla, son en estos sectores que principalmente se acogen los procesos de potencialidad remosiva identificados en el presente análisis. Sectores vinculados a Puna Pau y camino Vaitea-Anakena, se muestran con evidencia de procesos de remoción, los que podrían afectar a población que ha usado áreas vecinas para instalar viviendas; el sector por esto ha sido clasificado con la tipología de Alta susceptibilidad a procesos remosivos.

Los sectores clasificados con características de Media susceptibilidad a procesos remosivos, se vinculan a áreas que si bien no muestran altos niveles de pendiente, presentan cierto grado de inclinación los cuales pueden asociarse a activar la dinámica del área, pero a niveles menores. Esto se muestra al norte de Hanga Roa, en sectores vecinos al Mauna Roiho, el cual da cuenta de sectores con alto nivel de cobertura vegetal, pero en donde se evidencian ciertos escarpes que pueden promover una actividad remosiva. Para estos casos, se sugiere precaución en los usos de suelos, principalmente, para no alentar dinámicas erosivas.

Con respecto a la potencial activación de quebradas torrenciales, en el área urbana, se divisan dos áreas, a las cuales tomar atención. La primera se ubica de forma perpendicular a la costa, entre los Maunga Roiho y Tangaroa, y la segunda, también perpendicular a la costa, en el sector de Te Pito o Te Henua. Ambas presentan características para la activación de movimiento de agua y material en caso de precipitaciones extremas.

Es importante mencionar, que en un alto porcentaje de las áreas identificadas como de torrencialidad, se observa la presencia de obras ingenieriles, que tienen como finalidad, la mitigación de efectos adversos en caso de precipitaciones.

En el sector del aeropuerto, se presentan zanjas laterales que desembocan en el mar, contrarrestando así problemas registrados con anterioridad a éste estudio en el área, para

episodios de lluvias torrenciales, como las identificadas el 2014. Para el área céntrica, se identifican zanjas, tanto por Te Pito o Te Henua como por Simón Paoa.

Es por lo anterior, que se recomienda poner énfasis en la paliación de efectos en los sectores desprovistos de estas obras o zanjas de contención.

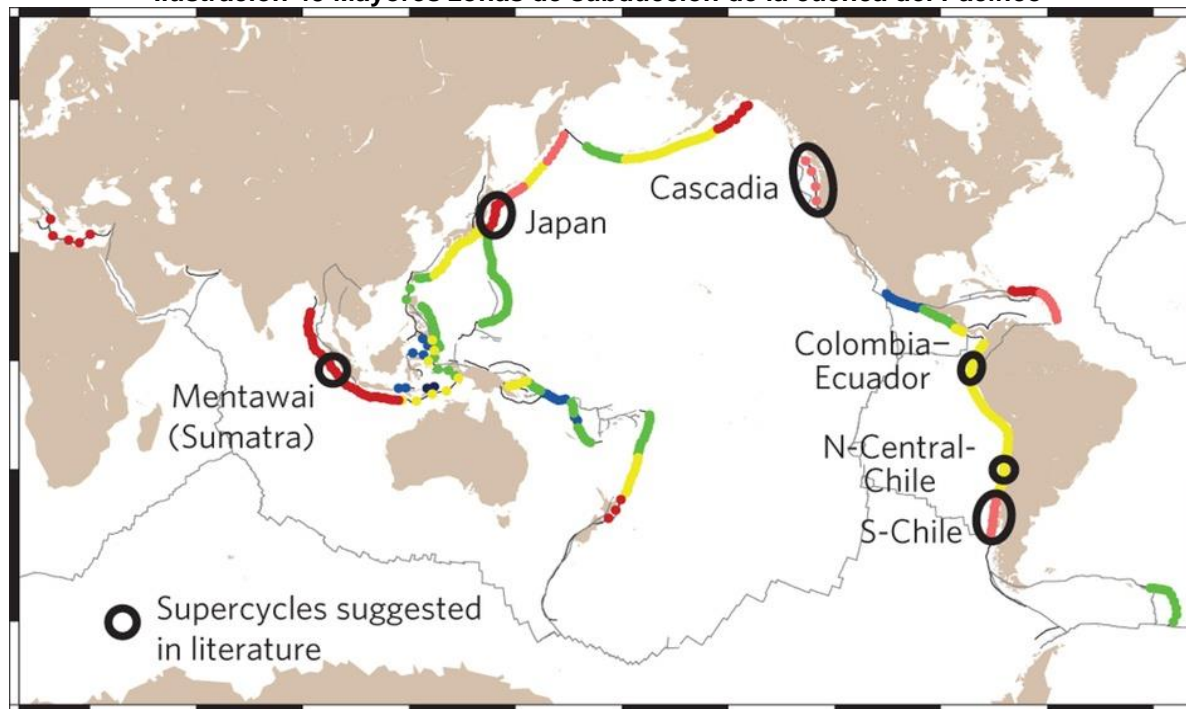
En torno a los resultados anteriores, se recomienda que, en sectores de susceptibilidad **muy alta y alta** de remoción en masa, sea restringido a usos no habitacional, mientras que, en los sectores de potencial activación de quebradas torrenciales, se tomen las medidas preventivas correspondientes, tanto urbanísticas como del quehacer municipal. Siendo las anteriores acciones de carácter prospectivo y correctivo, para así evitar el riesgo, corregirlo o mitigarlo.

### 1.2.2 Riesgo de inundación por Tsunami

La generación de eventos tsunamigénicos en la cuenca del Pacífico se encuentra asociada a la ocurrencia de terremotos mayores ( $M_w > 8.5$ ) en zonas de subducción, causantes de deformaciones corticales semipermanentes. El proceso de deformación de la corteza oceánica tiene la capacidad de traspasar energía cinética a la columna de agua subyacente, causando una perturbación del nivel superficial del mar. Dicha perturbación regresa al punto de equilibrio por efectos de la gravedad, generando la propagación de ondas desde el área de ruptura del evento sísmico. Por lo tanto, la estimación de amenaza de tsunami se encuentra relacionada con el análisis de los parámetros macrosísmicos de grandes terremotos de subducción.

A nivel mundial, todas las regiones oceánicas tienen la capacidad de experimentar eventos de tsunami, pero la cuenca del océano Pacífico es un área con una alta probabilidad de ocurrencia debido a extensas zonas de subducción circundantes (Véase la siguiente figura). La generación de un evento tsunamigénico se encuentra relacionada con la ocurrencia de una dislocación en zonas oceánicas, además de la capacidad de causar movimientos verticales en el área de ruptura, generalmente asociados a mecanismos de falla inverso y normal.

**Ilustración 45 Mayores zonas de subducción de la cuenca del Pacífico**



Fuente: Herrendörfer et al., 2015.

El mecanismo de generación de tsunami se encuentra relacionado con la cantidad de momento vertical y horizontal del piso oceánico, el área involucrada y la eficiencia de transferencia energética desde la corteza hacia la columna de agua. Debido a que los avances científicos aún no

permiten la predicción en la ocurrencia de terremotos, tampoco es posible prever la generación de un evento tsunamigénico. Sin embargo, es posible evaluar la probabilidad de ocurrencia de escenarios históricos asociados a los procesos tectónicos propios de la dinámica en la zona de subducción.

El potencial energético de un tsunami puede estar definido por las dimensiones de la fuente tsunamigénica, así como por efectos de resonancia en plataforma y bahías. Dicha fuente, asociada a la zona de ruptura de la falla, puede ser determinada usando registros sismológicos para la construcción de modelos de falla finita, que permiten analizar la geometría de la falla y su distribución de desplazamientos.

La velocidad de propagación de un tsunami es proporcional a la profundidad del fondo marino, pudiendo alcanzar velocidades que exceden los 800 km/h y con una amplitud del orden de centímetros en océano profundo. Las ondas de tsunami presentan longitudes de onda superiores a 100 km en océano profundo, con períodos que fluctúan entre 5 a 60 minutos. En aguas someras, la longitud de onda y el período se reducen y por conservación de momentum, aumentan su amplitud. El impacto de una onda de tsunami puede ser amplificado por efectos de resonancia en plataforma y bahías, además de procesos de reflexión y refracción asociados a la configuración de la línea de costa.

Actualmente, la modelación numérica es una herramienta técnica usada para la estimación de amenaza de tsunami en localidades costeras. En dicho contexto, el objetivo principal de este reporte es el análisis de los escenarios tsunamigénicos históricos y su impacto en la zona costera de Isla de Pascua, para la determinación de áreas de inundación y distribución de run-up.

#### **1.2.2.1 Contexto Sismotectónico**

- Segmentación sísmica zona subducción Nazca – Sudamérica

La zona de subducción Nazca – Sudamérica se divide en cinco segmentos de longitud variable caracterizados por la presencia de diferentes ángulos de subducción (Barazangi & Isacks, 1976). Dicha segmentación sísmica propone tres zonas principales para el margen continental chileno:

- (a) Desde 15°S a 27°S, caracterizada por un ángulo de subducción de 25°.
- (b) Desde los 27°S a 33°S, caracterizada por una subducción plana de 10°.
- (c) Desde los 33°S a 45°S, caracterizada por un ángulo de subducción de 30°.

Dichos segmentos presentan la ocurrencia de eventos tsunamigénicos para el período histórico de Chile con recurrencia no mayores a 150 años: Mw 9.0, 1730 (Lomnitz, 2004), Mw 8.8, 1877 (Comte & Pardo, 1991), Mw 9.5, 1960 (Cifuentes, 1989) y Mw 8.8, 2010 (Lorito et al., 2011).

- Escenarios sísmicos Isla de Pascua

Isla de Pascua, localizada en el área suroeste de la cuenca del Pacífico (27°09'S; 109°26'W), constituye una zona de impacto natural de tsunamis generados en las zonas de subducción circumpacífica. Desde el punto de vista histórico, ha sido afectada por eventos tsunamigénicos transpacíficos como Mw 8.6, Aleutianas, EE.UU. (Okal et al., 2001), Mw 9.5, Valdivia, Chile (Barrientos & Ward, 1990) y Mw 8.8, Maule, Chile (Fritz et al., 2011).

El área de estudio corresponde a la franja costera de Isla de Pascua, localizada en las coordenadas 27°09'S y 109°26'W, principalmente centrada en asentamientos humanos (e.g. Hanga Roa), zonas arqueológicas (e.g. Hanga Hotuiti) y recreacionales (Hanga Anakena).

Desde el punto de vista geológico, la isla se encuentra ubicada en la placa oceánica de Nazca, con un origen eminentemente volcánico. La morfología costera muestra algunas bahías provistas de playas con depósitos volcánicos y coralígenos. El marco tectónico corresponde a la Dorsal del Pacífico, cuya interacción con la pluma mantélica subyacente ha estructurado la presencia de la Microplaca de Pascua.

Los escenarios sísmicos utilizados para la estimación de la amenaza de tsunami en Isla de Pascua, se encuentran asociados a los eventos tsunamigénicos reportados en la zona costera de la isla. Dicho eventos han sido generados en la zona de subducción de Nazca – Sudamérica, correspondiendo a los terremotos tsunamigénicos mayores de Mw 9.5, Valdivia y Mw 8.8, Maule, Chile.



### 1.2.2.2 Metodología De Modelación Numérica

- Antecedentes generales

El fenómeno tsunami es una serie de ondas largas con un comportamiento altamente complejo asociado a la morfología del fondo marino y con un alta dependencia de las características de la fuente tsunamigénica (Satake, 2002, Geist et al., 2007, Synolakis et al, 2008), siendo en extremo difícil el uso de modelos analíticos simplificados para la estimación de la características propias del fenómeno.

Debido a que la estimación determinística de un evento tsunamigénico es altamente compleja, principalmente por los procesos propios de la zona sismogénica sumados a los fenómenos de carácter hidrodinámico ocurridos durante la propagación e inundación del tsunami, la estimación de amenaza de tsunami ha sido realizada en base a modelaciones numéricas de escenarios tsunamigénicos históricos o bien usando escenarios hipotéticos que cumplan las relaciones de escala usadas para el margen continental chileno.

En Chile, a partir de 1995, el Proyecto TIME (Tsunami Inundation Modeling Exchange) (Goto et al., 1997) comenzó como un real esfuerzo para estimar la amenaza de tsunami usando modelamiento numérico de escenarios de terremotos históricos, generando mapas de inundación de tsunamis para las principales ciudades en Chile. A nivel mundial, en los últimos veinte años ha existido el consenso general de la comunidad científica en que la propagación de tsunamis y sus efectos costeros son adecuadamente descritos un set de ecuaciones que se derivan de las ecuaciones de Navier – Stokes. Estas últimas gobiernan todos los flujos incompresibles, en tres dimensiones, y son notoriamente difíciles de resolver y computacionalmente muy demandantes para ser utilizadas con el propósito de obtener escenarios para mitigar riesgo. Por esta razón, en la práctica, las ecuaciones de Navier – Stokes son promediadas desde el fondo marino hasta la superficie libre bajo la premisa de que la componente de velocidad horizontal presenta una dependencia casi nula en la dirección vertical. De esta forma, y utilizando las condiciones de borde apropiadas, se obtienen las denominadas ecuaciones no lineales de aguas someras (NSWE). Al ser promediadas en la vertical el problema se simplifica a un esquema en 2D, de forma que el sistema está compuesto por la ecuación de conservación de la masa y las dos ecuaciones de momentum en el plano horizontal:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial(hu)}{\partial t} + \frac{\partial(hu^2)}{\partial x} + \frac{\partial(huv)}{\partial y} = f(hv) + h\tau_{sx} - gh \frac{\partial \eta}{\partial x} + c_f u \sqrt{u^2 + v^2}$$

$$\frac{\partial(hv)}{\partial t} + \frac{\partial(hv^2)}{\partial y} + \frac{\partial(huv)}{\partial x} = f(hu) + h\tau_{sy} - gh \frac{\partial \eta}{\partial y} + c_f v \sqrt{u^2 + v^2}$$

donde  $h$  corresponde a la profundidad,  $u$  y  $v$  son las velocidades horizontales (promedio en la vertical),  $g$  es la aceleración de gravedad,  $\eta$  es la elevación de la superficie libre,  $f = 2\Omega \sin \varphi$  es el coeficiente de Coriolis que contribuye como una fuerza volúmetrica no inercial cuando las propagaciones son a escala geofísica ( $\Omega$  es la velocidad angular de rotación de la Tierra y  $\varphi$  es la latitud geográfica),  $\tau_s$  corresponde a los esfuerzos de corte en la superficie producto del viento y  $c_f$  es el factor de fricción de fondo comúnmente expresado en términos de un coeficiente de Manning (Liu et al, 2009). Es posible observar que al ser un modelo dependiente en el tiempo, dadas las condiciones iniciales apropiadas como la forma de la perturbación inicial, es posible obtener la historia subsecuente de todas las variables de interés. El sistema se resuelve para las variables de interés hidrodinámico  $\eta$ ,  $u$  y  $v$ , tradicionalmente a través de esquemas de diferencias

finitas explícitas. La desventaja de esto es que las implementaciones numéricas deben satisfacer los criterios de estabilidad adecuados para que la respuesta simulada sea confiable.

La construcción de mapas de inundación por tsunami es una poderosa herramienta para la mitigación de la amenaza de tsunami. Los mapas son desarrollados en base a eventos tsunamigénicos históricos e escenarios extremos. La estimación de inundación debe tener un carácter realista y confiable, siendo realizada mediante un modelo numérico que calcule en forma precisa la propagación de tsunami, desde su región de origen hacia áreas costeras.

En general, la longitud de onda de un tsunami es usualmente larga en comparación con la profundidad de la columna de agua. Para dicha aproximación, las ecuaciones de aguas someras son adecuadas para analizar la evolución del tsunami. Los modelos numéricos basados en ecuaciones de aguas someras, son eficientes en la simulación de tsunamis transoceánicos debido al uso de esquemas numéricos explícitos, usando aproximaciones lineales de resolución del problema.

### 1.2.2.3 Características modelo numérico

El modelo COMCOT (Cornell Multi-grid Coupled Tsunami Model) (Liu et al., 1998) es capaz de analizar en forma eficiente los procesos asociados a un evento tsunamigénico, incluyendo generación, propagación, run-up e inundación. El modelo permite implementar múltiples mecanismos de generación, tales como por terremotos, remociones en masa y perturbaciones meteorológicas. Las ecuaciones lineales y no lineales de aguas someras están disponibles para coordenadas esféricas y cartesianas para análisis a distintas escalas.

El modelo numérico adopta explícitamente los esquemas del método de “salto de rana” (leap – frog) de diferencias finitas para resolver las ecuaciones someras en coordenadas esféricas y cartesianas. El sistema de grillas anidadas puede alcanzar hasta cinco niveles, con diferentes resoluciones espaciales, generando la correcta resolución para una zona de estudio en específico.

A modo de resumen, se pueden indicar las siguientes características del modelo:

- Esquema explícito “leap – frog” de diferencias finitas para resolver las ecuaciones lineales y no lineales de aguas someras en coordenadas esféricas y cartesianas.
- Configuración de grillas anidadas.
- Múltiples mecanismos de generación de tsunamis.
- Implementación de rugosidad de fondo variable o constante.
- Esquema de dispersión numérica mejorado.
- Opciones de entradas y salidas flexibles.

### 1.2.2.4 Métodos numéricos y ecuaciones

- Ecuaciones gobernantes

El modelo ha sido desarrollado en base a las ecuaciones de aguas someras (Shallow Water Equations, SWE) en coordenadas esféricas (Ecuación 1).y en coordenadas cartesianas (Ecuación 2). En estas ecuaciones  $\zeta$  denota la superficie libre, mientras que P y Q son los flujos de volumen en las direcciones X e Y ( $P=hu$ ,  $Q=hv$ ),  $\varphi$  y  $\psi$  denotan la longitud y latitud respectivamente.

Ecuación 1: SWE en coordenadas esféricas

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{1}{R \cos \varphi} \left[ \frac{\partial P}{\partial \psi} + \frac{\partial}{\partial \varphi} (\cos \varphi Q) \right] = 0$$

$$\frac{\partial P}{\partial t} + \frac{gh}{R \cos \varphi} \frac{\partial \zeta}{\partial \psi} - fQ = 0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{gh}{R} \frac{\partial \zeta}{\partial \varphi} + fP = 0$$

Ecuación 2: SWE en coordenadas cartesianas

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial y} = 0$$

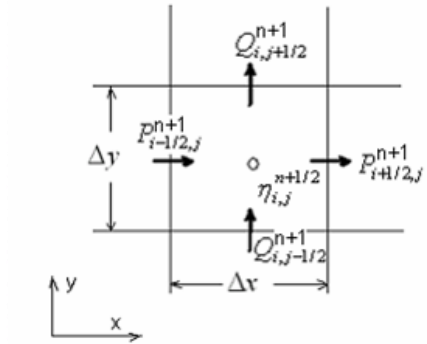
$$\frac{\partial P}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{P^2}{H} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{PQ}{H} \right) + gH \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{\tau_x H}{\rho} = 0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{PQ}{H} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{Q^2}{H} \right) + gH \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{\tau_y H}{\rho} = 0$$

- Esquema numérico

El modelo utiliza un Método de Diferencias Finitas tipo “leap – frog” explícito para resolver las ecuaciones de aguas someras. La evaluación de la superficie libre y el flujo de volumen son anidados en forma espacial y temporal (Véase la siguiente figura). El esquema numérico tiene una precisión de  $(\Delta t^2, \Delta x^2)$ .

**Ilustración 46 Esquema de anidamiento para el modelo numérico.**



- Esfuerzo de corte del fondo

Los esfuerzos de corte del fondo marino  $\tau_x$  y  $\tau_y$  son modelados mediante la fórmula de Manning (Ecuación 3), donde  $\eta$  representa el coeficiente de rugosidad relativa de Manning.

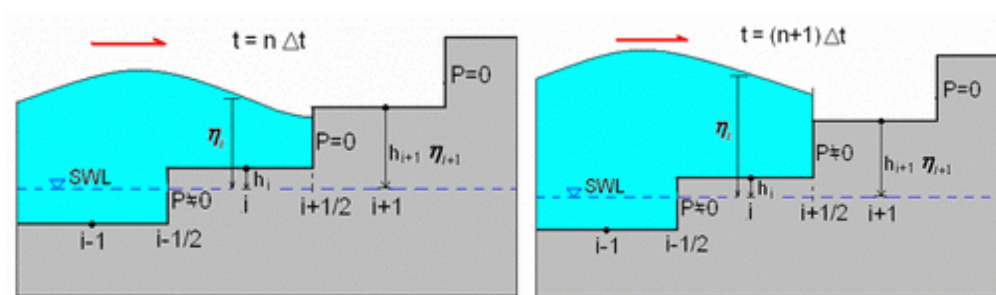
**Ecuación 3:** Formulación de Manning.

$$\tau_x = \frac{\rho g n^2}{H^{7/3}} P (P^2 + Q^2)^{1/2}$$

$$\tau_y = \frac{\rho g n^2}{H^{7/3}} Q (P^2 + Q^2)^{1/2}$$

- Esquema de frontera móvil

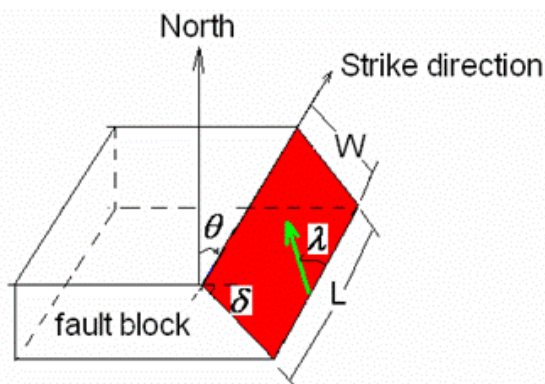
El esquema de frontera móvil es introducido para modelar el run-up. La línea de costa instantánea es definida como la interfase entre un nodo de grilla “seco” y otro “mojado” y donde el flujo de volumen normal a la interfase es asignado como cero (Véase la siguiente figura).

**Ilustración 47 Esquema de frontera móvil**

- **Modelo de falla**

Existen dos modelos de falla disponibles en COMCOT para calcular la deformación del piso marino, de acuerdo a los parámetros macrosísmicos. Uno está basado en la teoría propuesta por Mansinha & Smylie (1971) y otro basado en la teoría de Okada (1985). En ambos modelos están desarrollados bajo el supuesto que un plano de falla rectangular se encuentra inserto dentro de un semi-espacio elástico semi-infinito. Además asume que la superficie del mar imita la deformación del fondo marino a partir de la ocurrencia de un terremoto.

Para implementar el modelo de falla en COMCOT, son necesarios nueve parámetros: latitud, longitud del epicentro, profundidad focal, largo y ancho del plano de falla, deslizamiento, rumbo, buzamiento y ángulo de desplazamiento (Véase la siguiente figura).

**Ilustración 48 Definición de rumbo, buzamiento y ángulo de desplazamiento.****1.2.2.5 Datos de entrada modelación numérica**

- **Topográficos**

Datos en formato digital, extraídos desde la base de datos global GEBCO de resolución de 30" (Becker et al., 2009) y de la base de datos satelital SRTM3 (Shuttle Radar Topography Mission) (Farr et al., 2007) de resolución de 3".

Datos en formato digital de información LIDAR, entregada por la Dirección de Archivos y Museos por convenio de Colaboración con la Secretaría Regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo de la región de Valparaíso con fecha 13 de junio 2017, la cual posee una resolución espacial de 15 metros.

- **Batimétricos**

Datos en formato digital extraídos desde la base de datos global GEBCO de resolución de 30" (Becker et al., 2009), digitalización de cartas SHOA N° 2500 Isla de Pascua (1:150.000), N° 2510 Isla de Pascua (1:50.000), N° 2511 Hanga La Perouse y Hanga Anakena (1:5.000), N° 2512 Hanga Roa y Hanga Piko (1:10.000), N° 2513 Hanga Hotuiti (1:5.000) y N° 2513 Hanga Vinapu (1:10.000).



### 1.2.2.6 Eventos Tsunamigénicos Valdivia – Maule, Chile.

- Modelo de falla

Información de estudios sismológicos publicados para extraer los parámetros de falla de los eventos simulados, sumados a las relaciones de escala propuestas por Blaser et al., 2010. En la siguiente Tabla se muestran los datos utilizados:

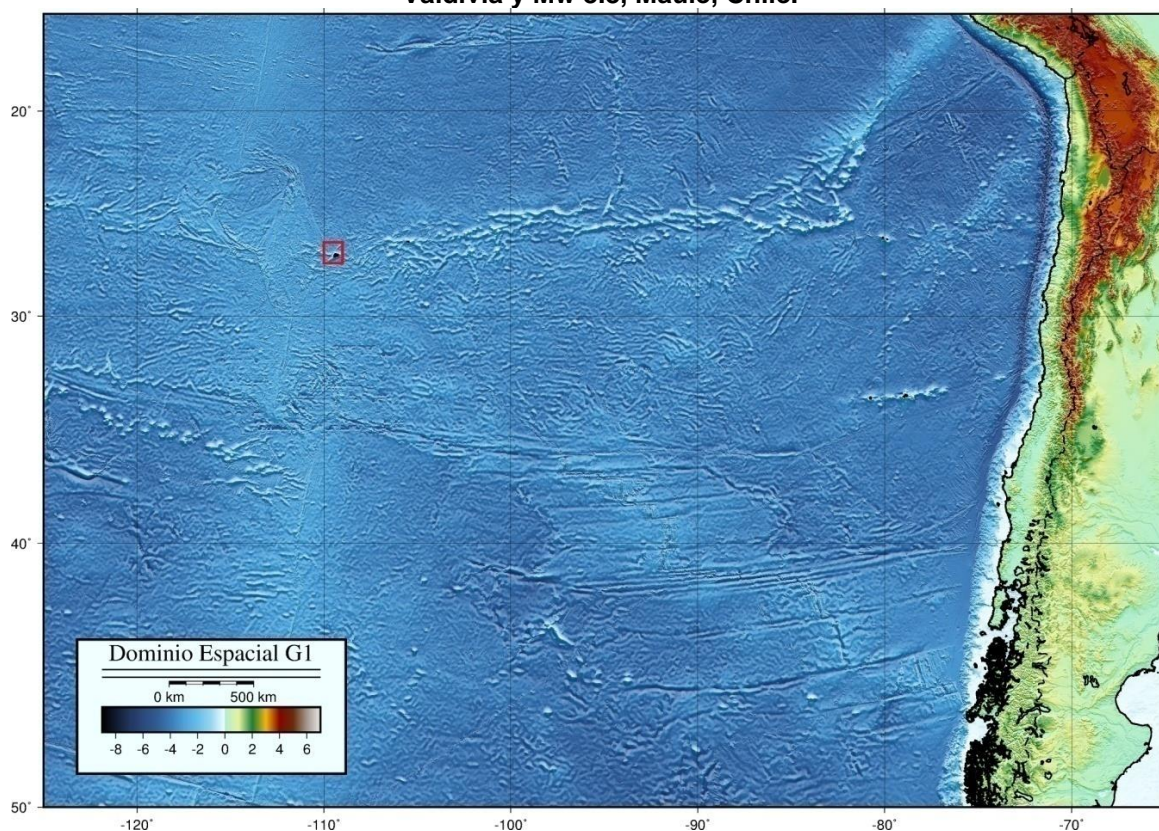
**Tabla 11 Parámetros sísmicos para la generación de la condición inicial.**

| Evento tsunamigénico        | Mw 9.5, 1960               | Mw 8.8, 2010                |
|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Referencia modelo de falla  | Fujii <i>et al.</i> , 2013 | Lorito <i>et al.</i> , 2011 |
| Largo ruptura [km]          | 950                        | 450                         |
| Ancho ruptura [km]          | 130                        | 150                         |
| Profundidad focal [km]      | 30                         | 10                          |
| Deslizamiento [m]           | 17                         | 18                          |
| Rumbo [°]                   | 7.5                        | 17.5                        |
| Buzamiento [°]              | 20                         | 18                          |
| Angulo de deslizamiento [°] | 90                         | 90                          |
| Epicentro referencial       | 41.7°S – 74.4°W            | 35.9°S – 72.7°W             |

- Zona de estudio

El dominio espacial de la modelación numérica de tsunami para los escenarios históricos Mw 9.5, Valdivia y Mw 8.8, Maule, Chile fue definido entre los 15°S – 50°S y 65°W – 125°W (Véase la siguiente figura).

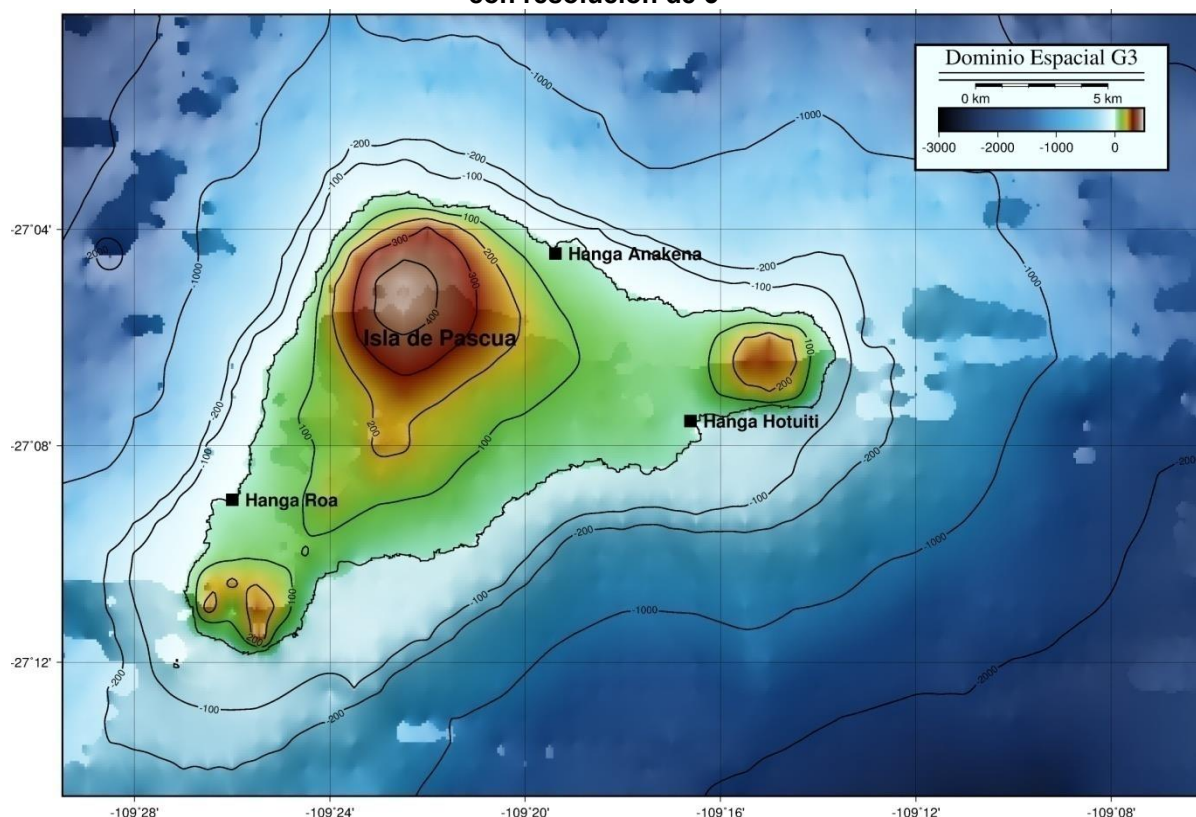
**Ilustración 49 Dominio espacial de la modelación numérica de tsunami para eventos Mw 9.5, Valdivia y Mw 8.8, Maule, Chile.**



La zona de estudio para Isla de Pascua es definida entre 109°06'S – 109°30'S y 27°S – 27°14'S (Véase la siguiente figura).

La morfología submarina observada de Isla de Pascua es caracterizada por la presencia de una plataforma continental de ancho variable, mostrando zonas de mayor extensión las localidades de Hanga Roa, Hanga Hotuiti, al este de Hanga Anakena y en el sector suroeste de la isla. Las zonas con plataformas continentales más extensas pueden generar procesos de resonancia, que incrementan el impacto de las ondas de tsunami en el área costera.

**Ilustración 50 Dominio espacial de la modelación numérica de tsunami para Isla de Pascua con resolución de 3"**



### 1.2.2.7 Resultados De Modelación Numérica

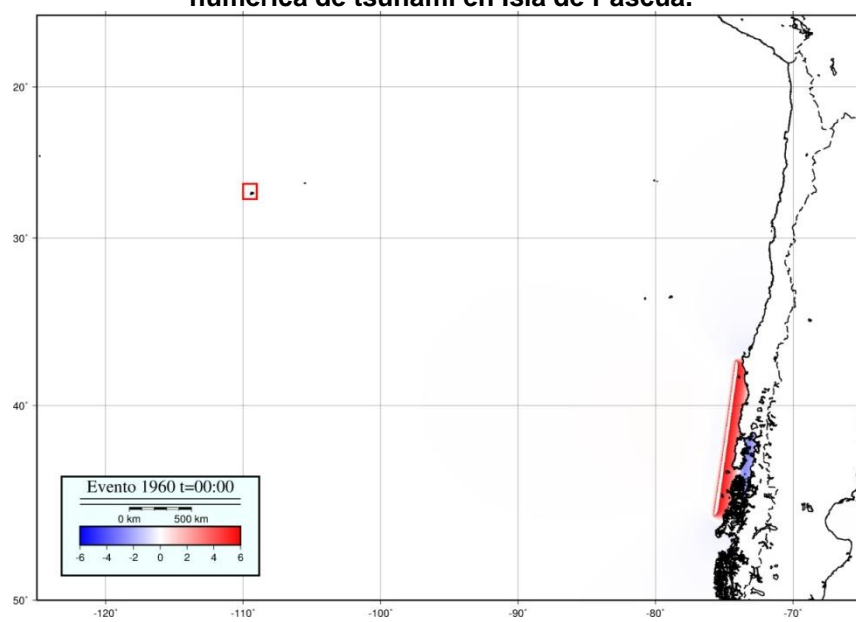
- Evento  $M_w$  9.5, Valdivia, Chile.

En el Anexo N°1, se presenta la secuencia de propagación de tsunami con un intervalo de 30 minutos durante las primeras 7 horas de propagación (Véase la siguiente figura). Al instante de generación del terremoto, utilizando los parámetros de falla propuestos en la Tabla 1, se observa una elevación de la superficie oceánica de 6 m distribuida en el plano de ruptura.

El impacto inicial de las ondas de tsunami para Isla de Pascua arriba a las 5 horas y 10 minutos, después de la ocurrencia del evento tsunamigénico. La actividad en la zona costera tiene una duración aproximada de 2 horas.

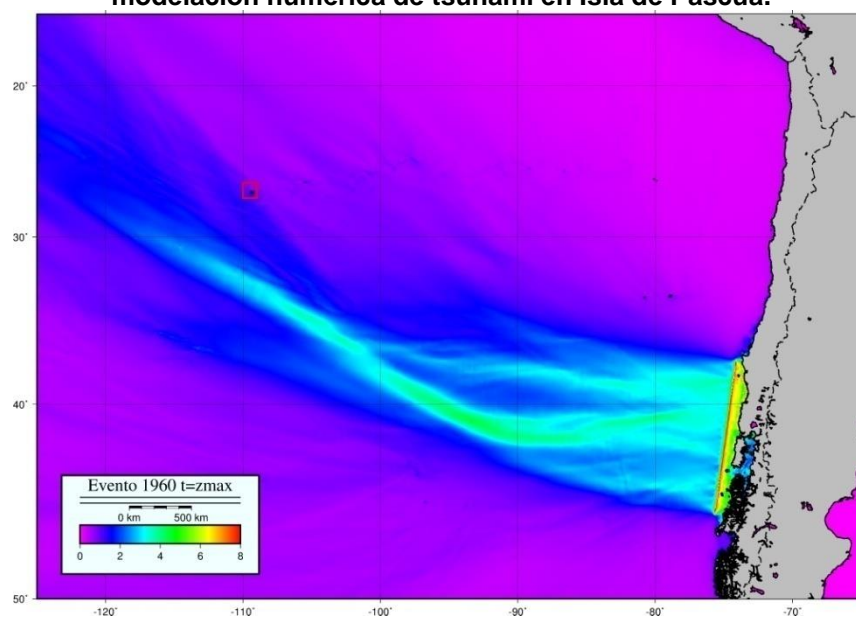
La distribución de alturas máximas para el dominio espacial completo, muestra alturas no superiores a 2 metros (Véase la siguiente figura).

**Ilustración 51 Condición inicial del evento Mw 9.5, Valdivia, Chile para la modelación numérica de tsunami en Isla de Pascua.**



Fuente: Elaboración propia.

**Ilustración 52 Distribución de alturas máximas del evento Mw 9.5, Valdivia, Chile para la modelación numérica de tsunami en Isla de Pascua.**



Fuente: Elaboración propia.

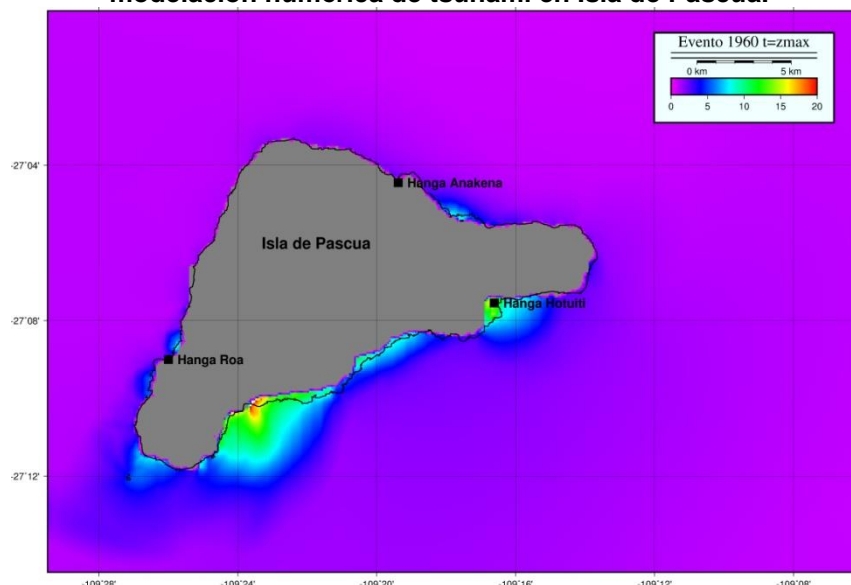
En el Anexo N°3, se observa el impacto del tsunami en la franja costera de Isla de Pascua. Las ondas arriban a las 5 horas y 10 minutos posteriores a la generación de terremoto, con una actividad cercana a las 2 horas.

El arribo inicial del tsunami muestra el impacto de ondas no superiores a 2 metros, sin inundación observada. El área de Hanga Hotuiti es inundada con alturas cercanas a los 5 metros, 10 minutos después del impacto inicial.



A las 05 horas y 45 minutos, se observan impactos mayores en las bahías del sureste de la isla, con alturas superiores a 5 metros. Posteriormente, la propagación muestra un decaimiento hasta casi desaparecer 2 horas después del primer arribo.

**Ilustración 53 Distribución de alturas máximas del evento Mw 9.5, Valdivia, Chile para la modelación numérica de tsunami en Isla de Pascua.**



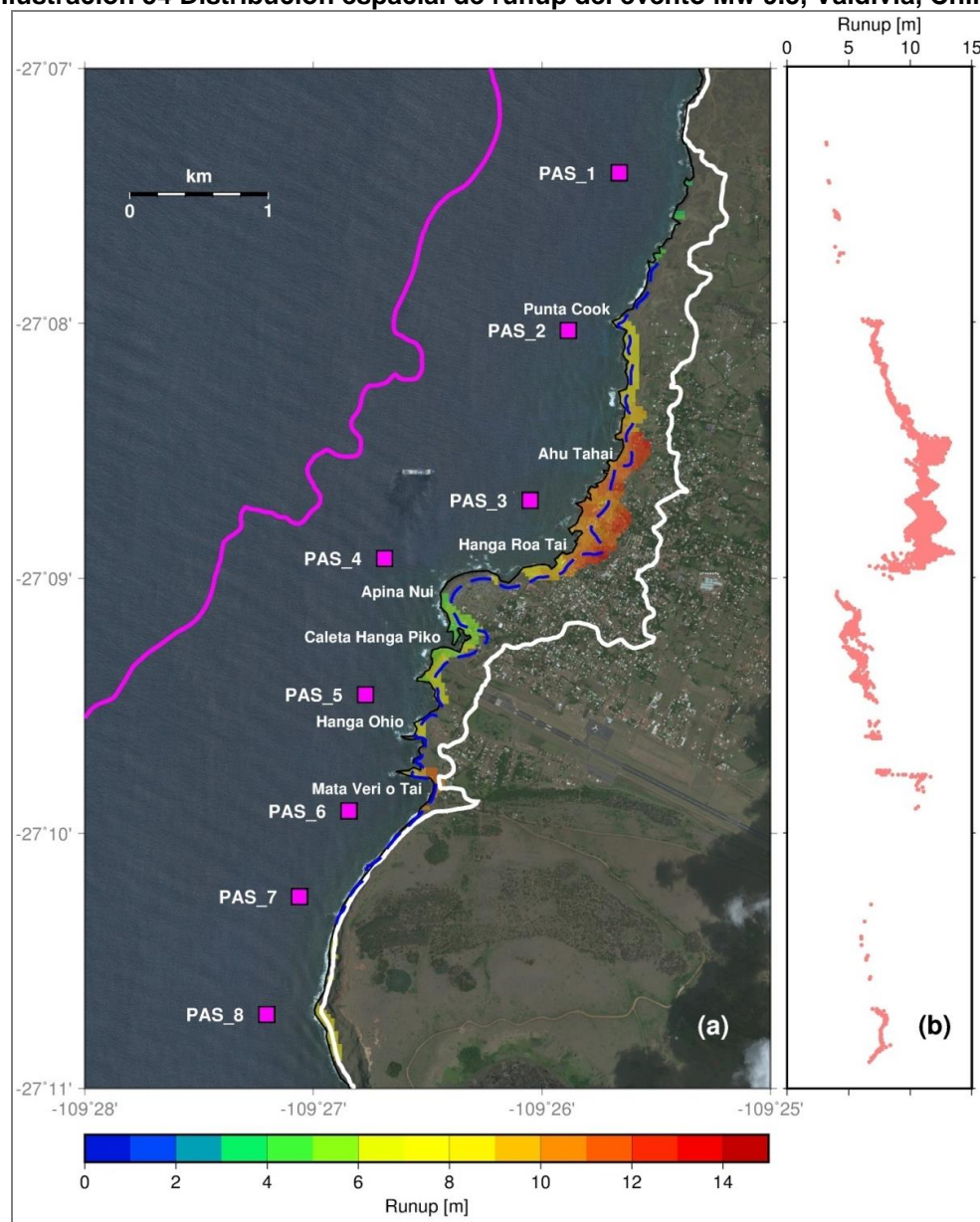
Fuente: Elaboración propia.

Las alturas máximas observadas muestran inundaciones en las localidades de Hanga Hotuiti (10 metros), Hanga Roa (6 metros), Hanga Anakena (8 metros). Las mayores inundaciones de la isla se producen en las bahías localizadas en el sureste con valores que fluctúan entre los 6 a 20 metros. La zona norte de la isla presenta una afectación mínima.

El área de Hanga Roa presenta importante afectación debido a la inundación de tsunami asociada al evento Mw 9.5 de Valdivia, Chile, observándose una marcada distribución latitudinal del runup (véase la siguiente imagen).

Al norte de la Punta Cook, se observa inundaciones localizadas, con poca penetración horizontal y valores de runup entre 3 y 4 metros. Entre Punta Cook y Hanga Roa Tai se observa una inundación masiva con valores de runup superiores a 10 metros y una penetración horizontal máxima aproximada de 500 metros.



**Ilustración 54 Distribución espacial de runup del evento Mw 9.5, Valdivia, Chile.**

Fuente: Elaboración propia.

*Nota: (a) Distribución espacial de runup del evento Mw 9.5, Valdivia, Chile para la modelación numérica de tsunami en el área de Hanga Roa. Las estaciones de nivel del mar virtuales son indicadas por los cuadrados magenta, la línea continua blanca indicada el área de seguridad para tsunami definida por la cota topográfica de 30 m, la línea continua magenta indica el veril de 150 m. y la línea segmentada azul representa la inundación propuesta por SHOA, 2006. (b) Perfil latitudinal de runup para el evento modelado.*

El área situada entre Apina Nui y Caleta Hanga Piko muestra valores de runup de aproximadamente 5 metros, con una penetración horizontal de 100 a 150 metros. En Hanga Ohio se observa un runup con valores cercanos a 5 metros, pero una penetración horizontal menor a 50 metros. En Mataveri es posible observar un aumento significativo del runup, con valores cercanos a 10 metros y una penetración horizontal aproximada de 50 metros. El aumento del runup es causado por un incremento en la pendiente topográfica de la costa impactada.

**Tabla 12 Parámetros estadísticos de registros de nivel del mar sintéticos.**

| Estación | Nivel del mar Mínimo [m] | Nivel del mar Máximo [m] | u mínimo [m/s] | u máximo [m/s] | v mínimo [m/s] | v máximo [m/s] | Magnitud velocidad máxima [m/s] | Tiempo de arribo [horas] | Tiempo altura máxima [horas] |
|----------|--------------------------|--------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------------|--------------------------|------------------------------|
| PAS_1    | -3.22                    | 3.01                     | -0.53          | 0.54           | -0.62          | 0.65           | 0.81                            | 5.06                     | 5.6                          |
| PAS_2    | -7.01                    | 4.62                     | -2.50          | 1.71           | -4.08          | 4.61           | 5.22                            | 5.06                     | 5.61                         |
| PAS_3    | -3.10                    | 7.89                     | -6.53          | 4.11           | -3.94          | 4.08           | 7.26                            | 5.06                     | 5.63                         |
| PAS_4    | -2.67                    | 2.52                     | -2.49          | 1.79           | -2.24          | 2.50           | 2.61                            | 5.05                     | 5.61                         |
| PAS_5    | -5.35                    | 4.50                     | -1.80          | 1.99           | -1.95          | 1.60           | 2.76                            | 5.06                     | 6.20                         |
| PAS_6    | -6.28                    | 5.65                     | -2.07          | 2.30           | -1.37          | 1.34           | 2.38                            | 5.05                     | 6.10                         |
| PAS_7    | -6.06                    | 4.95                     | -1.46          | 1.50           | -1.31          | 1.62           | 1.68                            | 5.05                     | 6.11                         |
| PAS_8    | -6.45                    | 5.78                     | -1.31          | 0.94           | -1.42          | 1.80           | 0.81                            | 5.06                     | 5.60                         |

En la Tabla se muestra un resumen de los parámetros estadísticos básicos para los registros de nivel del mar sintéticos. El tiempo de arribo de la primera onda de tsunami al área de Hanga Roa es 5.05 horas posterior a ocurrido en terremoto tsunamigénico.

Las magnitudes máximas de corrientes se observan en las estaciones PAS\_2 (5.22 m/s) y PAS\_3 (7.26 m/s) localizadas entre Punta Cook y Hanga Roa Tai, con una orientación sureste. En el área comprendida entre Apina Nui y Mata Veri, las magnitudes máximas de corrientes fluctúan entre 2.38 y 2.76 m/s, con una orientación sureste (PAS\_5 y PAS\_6) y noreste (PAS\_4) (imágenes disponibles en Anexo N°5, al final del presente informe).

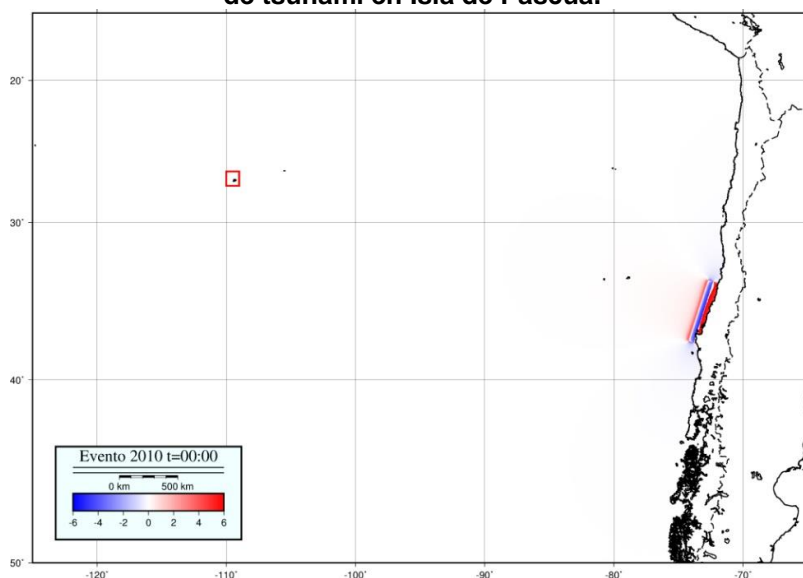
Para el área entre Punta Cook y Hanga Roa Tai, el tiempo de arribo de la onda de mayor amplitud es de 5.61 horas posterior al evento.

- Evento M<sub>w</sub> 8.8, Maule, Chile.

En el Anexo N°2, se presenta la secuencia de propagación de tsunami con un intervalo de 30 minutos durante las primeras 7 horas de propagación (Fig. 10). Al instante de generación del terremoto, utilizando los parámetros de falla propuestos en la Tabla 1, se observa una elevación de la superficie oceánica de 4 m distribuida en el plano de ruptura.

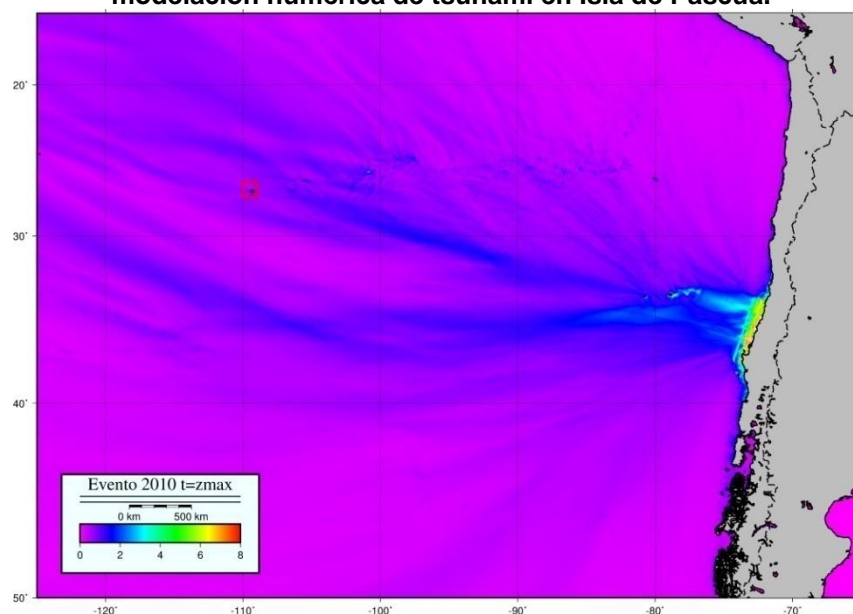
El impacto inicial de las ondas de tsunami para Isla de Pascua arriba a las 5 horas y 20 minutos, después de la ocurrencia del evento tsunamigénico. La actividad en la zona costera tiene una duración aproximada de 2 horas.

La distribución de alturas máximas para el dominio espacial completo, muestra alturas no superiores a 1 metros (Véase la siguiente figura).

**Ilustración 55 Condición inicial del evento Mw 8.8, Maule, Chile para la modelación numérica de tsunami en Isla de Pascua.**

Fuente: Elaboración propia.

**Ilustración 56 Distribución de alturas máximas del evento Mw 8.8, Maule, Chile para la modelación numérica de tsunami en Isla de Pascua.**



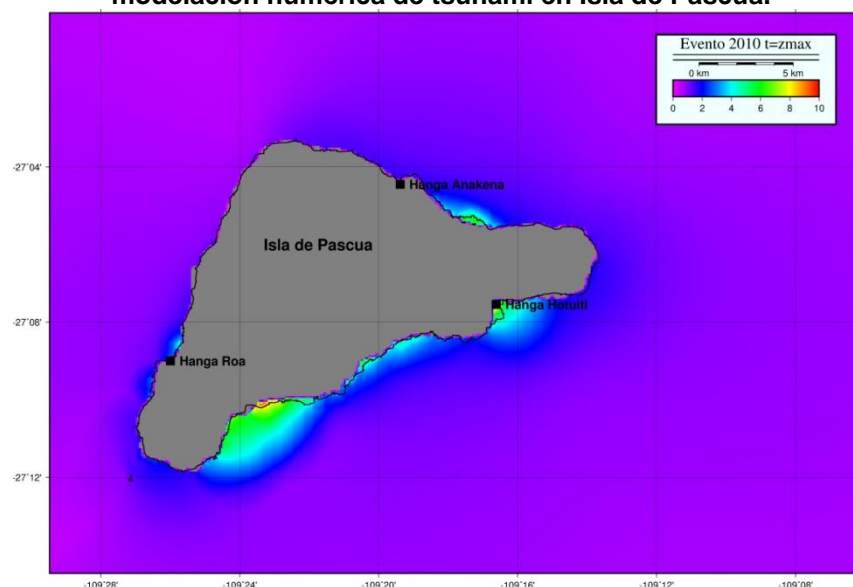
Fuente: Elaboración propia.

En el Anexo N°4, se observa el impacto del tsunami en la franja costera de Isla de Pascua. Las ondas arriban a las 5 horas y 20 minutos posteriores a la generación de terremoto, con una actividad cercana a las 2 horas.

El arribo inicial del tsunami muestra el impacto de ondas no superiores a 1 metros, sin inundación observada. El área de Hanga Hotuiti es inundada con alturas cercanas a los 3 metros, 5 minutos después del impacto inicial.

A las 05 horas y 25 minutos, se observan impactos mayores en las bahías del sureste de la isla, con alturas superiores a 2 metros. Existe actividad permanente por casi 2 horas, generándose inundaciones continuas en la zona de Hanga Hotuiti.

**Ilustración 57 Distribución de alturas máximas del evento Mw 8.8, Maule, Chile para la modelación numérica de tsunami en Isla de Pascua.**



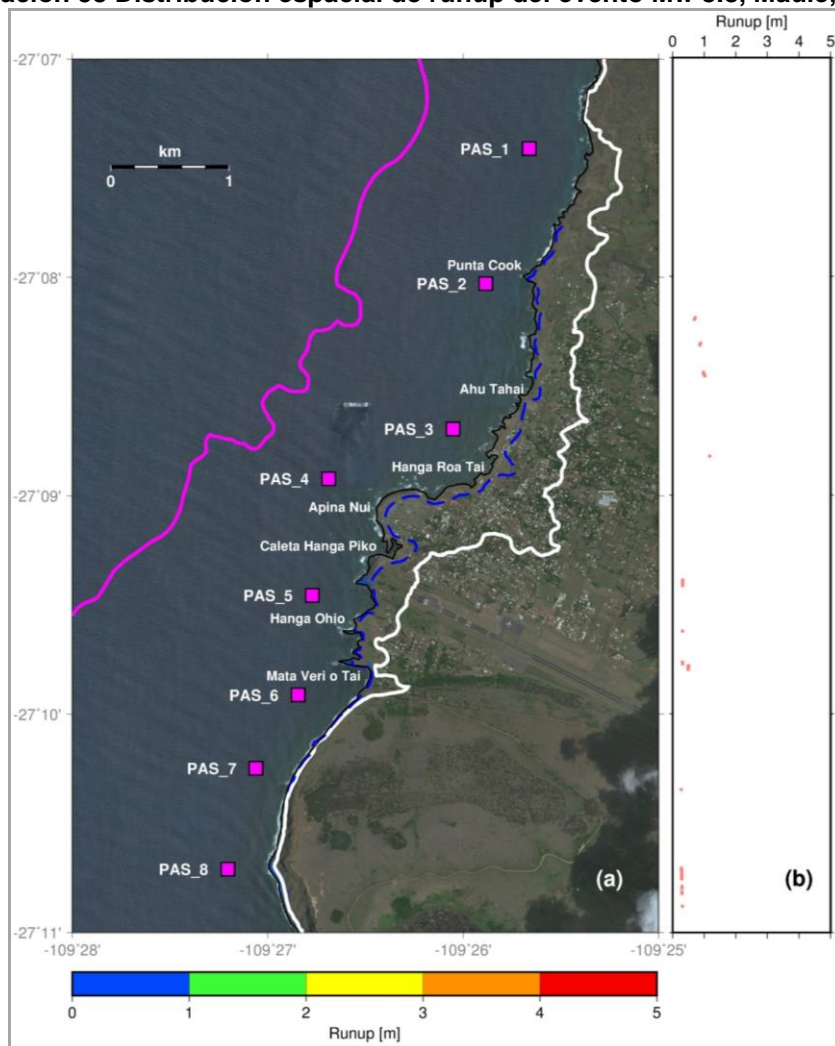
Fuente: Elaboración Propia.

Las alturas máximas observadas muestran inundaciones en las localidades de Hanga Hotuiti (6 metros), Hanga Roa (1 metros), Hanga Anakena (6 metros). Las mayores inundaciones de la isla se producen en las bahías localizadas en el sureste con valores que fluctúan entre los 6 a 9 metros. La zona norte de la isla presenta una afectación mínima.

El área de Hanga Roa presenta una mínima afectación debido a la inundación de tsunami asociada al evento Mw 8.8 de Maule, Chile, observándose valores máximos de runup cercanos a 1 m localizados principalmente en Hanga Ohio y Mata Veri (Véase Siguiente imagen).

Los patrones de corrientes muestran un comportamiento similar al evento de Valdivia, observándose máximos de magnitud de corrientes inferiores a 1 m/s.

**Ilustración 58 Distribución espacial de runup del evento Mw 8.8, Maule, Chile.**



Fuente: Elaboración propia.

*Nota: (a) Distribución espacial de runup del evento Mw 8.8, Maule, Chile para la modelación numérica de tsunami en el área de Hanga Roa. Las estaciones de nivel del mar virtuales son indicadas por los cuadrados magenta, la línea continua blanca indicada el área de seguridad para tsunami definida por la cota topográfica de 30 m, la línea continua magenta indica el veril de 150 m. y la línea segmentada azul representa la inundación propuesta por SHOA, 2006 (b) Perfil latitudinal de runup para el evento modelado.*

A continuación, y para dar mayor robustez al informe, se han incluido los eventos tsunamigénicos Mw 8.6, Alaska, Estados Unidos y Mw 9.0, Tohoku, Japón.



### 1.2.2.8 Eventos Tsunamigénicos Alaska, Estados Unidos - Tohoku, Japón

- Modelo de falla

Información de estudios sismológicos publicados para extraer los parámetros de falla de los eventos simulados, sumados a las relaciones de escala propuestas por Blaser et al., 2010. En la siguiente Tabla se muestran los datos utilizados:

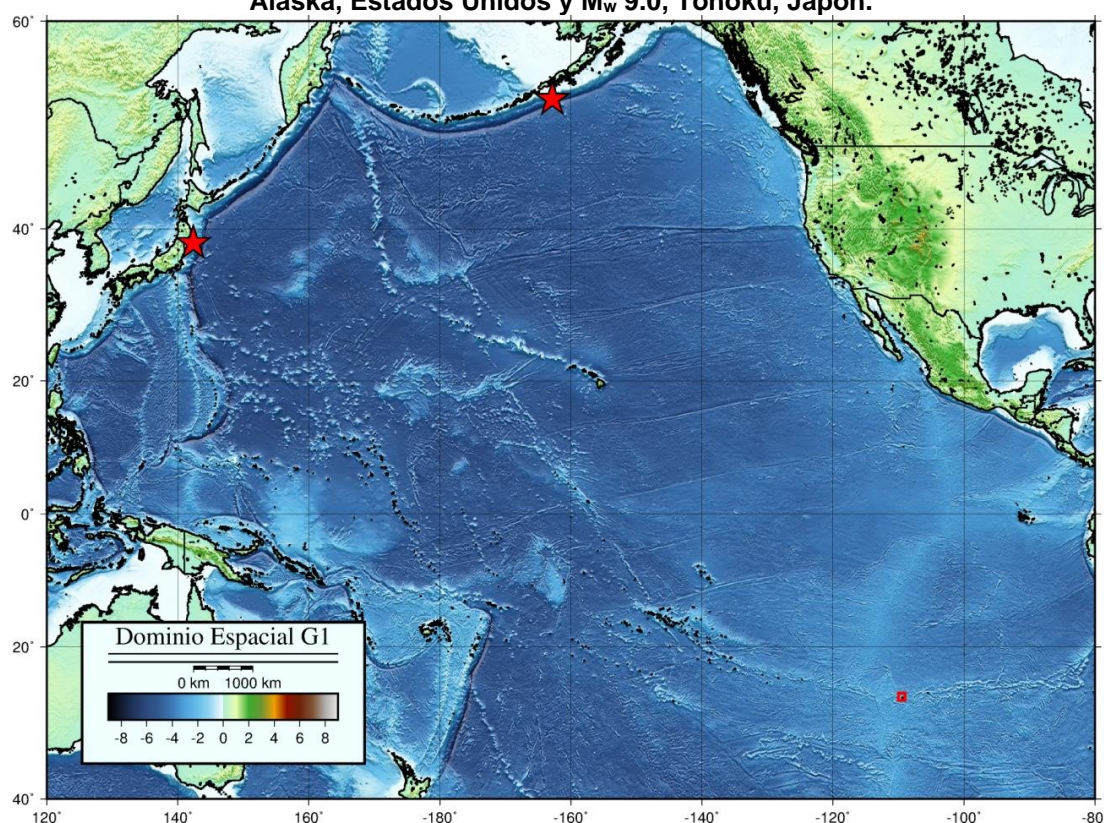
**Tabla 13 Parámetros sísmicos para la generación de la condición inicial.**

|                                    |                  |                      |
|------------------------------------|------------------|----------------------|
| <b>Evento tsunamigénico</b>        | Mw 8.6, 1946     | Mw 9.0, 2011         |
| <b>Referencia modelo de falla</b>  | Pelayo, 1990     | Nettles et al., 2011 |
| <b>Largo ruptura [km]</b>          | 350              | 575                  |
| <b>Ancho ruptura [km]</b>          | 100              | 150                  |
| <b>Profundidad focal [km]</b>      | 15               | 10                   |
| <b>Deslizamiento [m]</b>           | 6                | 32                   |
| <b>Rumbo [°]</b>                   | 250              | 203                  |
| <b>Buzamiento [°]</b>              | 6                | 10                   |
| <b>Angulo de deslizamiento [°]</b> | 90               | 88                   |
| <b>Epicentro referencial</b>       | 53.5°N – 162.8°W | 38.3°N – 142.4°E     |

- Zona de estudio

El dominio espacial de la modelación numérica de tsunami para los escenarios históricos Mw 8.6, Alaska, Estados Unidos y Mw 9.0, Tohoku, Japón fue definido entre los 60°N – 40°S y 80°W – 120°E (siguiente ilustración).

**Ilustración 59 Dominio espacial de la modelación numérica de tsunami para eventos M<sub>w</sub> 8.6, Alaska, Estados Unidos y M<sub>w</sub> 9.0, Tohoku, Japón.**



Fuente: Elaboración Propia.

### 1.2.2.9 Resultados De Modelación Numérica

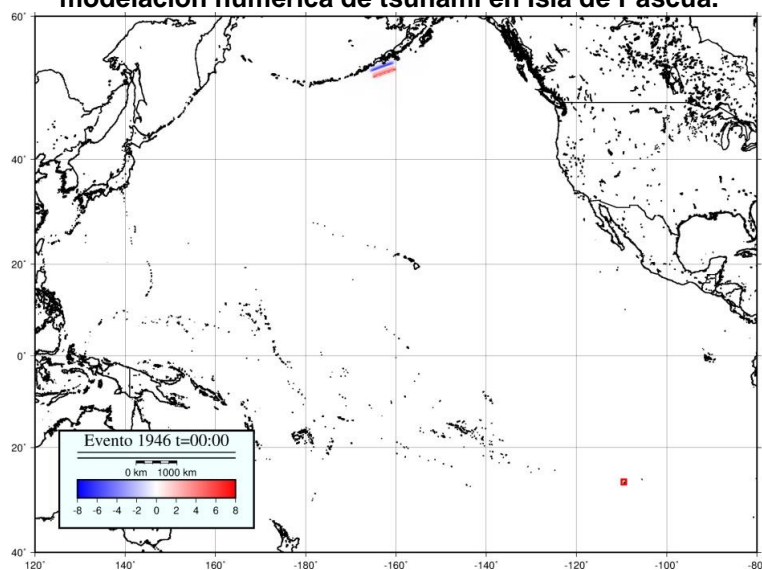
- Evento  $M_w$  8.6, Alaska, Estados Unidos.

Al instante de generación del terremoto, utilizando los parámetros de falla propuestos en la tabla anterior, se observa una elevación de la superficie oceánica de 8 m distribuida en el plano de ruptura.

El impacto inicial de las ondas de tsunami para Isla de Pascua arriba a las 14 horas, después de la ocurrencia del evento tsunamigénico. La actividad en la zona costera tiene una duración aproximada de 2 horas.

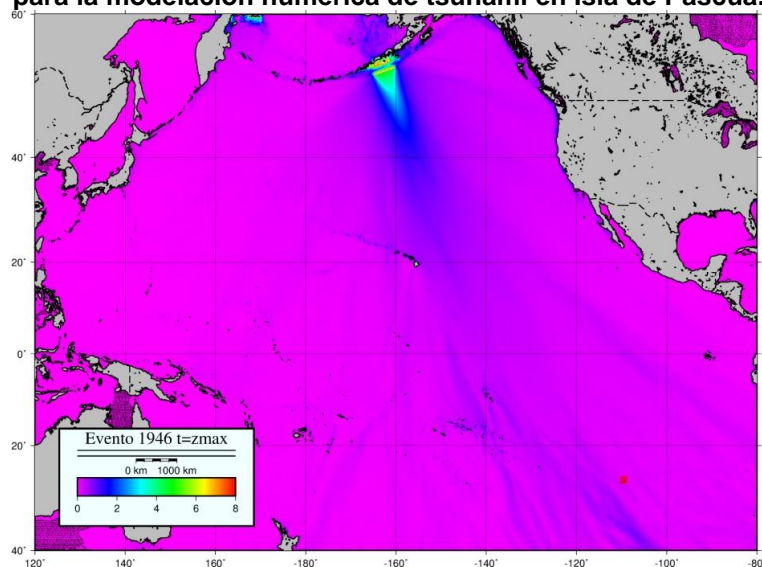
La distribución de alturas máximas para el dominio espacial completo, muestra alturas no superiores a 2 metros.

**Ilustración 60 Condición inicial del evento  $M_w$  8.6, Alaska, Estados Unidos para la modelación numérica de tsunami en Isla de Pascua.**



Fuente: Elaboración Propia.

**Ilustración 61 Distribución de alturas máximas del evento  $M_w$  8.6, Alaska, Estados Unidos para la modelación numérica de tsunami en Isla de Pascua.**



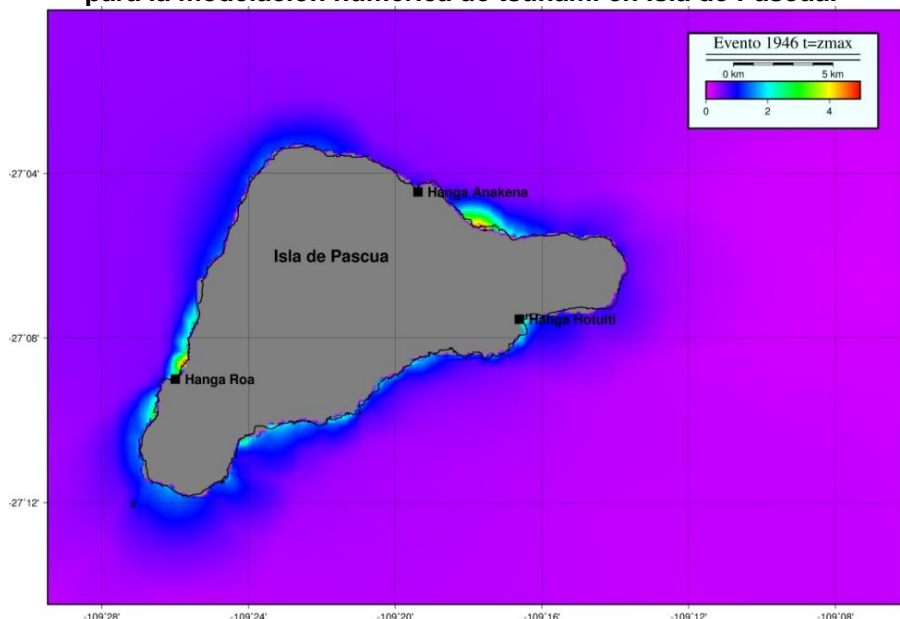
Fuente: Elaboración Propia.

Las ondas del impacto del tsunami en la franja costera de Isla de Pascua, arriban a las 14 horas posteriores a la generación de terremoto, con una actividad cercana a las 2 horas.

El arribo inicial del tsunami muestra el impacto de ondas no superiores a 1 metros, sin inundación observada. El área de Hanga Anakena es inundada con alturas cercanas a los 2 metros, 15 minutos después del impacto inicial.

A las 14 horas y 30 minutos, se observan impactos mayores en las bahías del noreste de la isla, con alturas superiores a 4 metros. Posteriormente, la propagación muestra un decaimiento hasta casi desaparecer 2 horas después del primer arribo.

**Ilustración 62 Distribución de alturas máximas del evento  $M_w$  8.6, Alaska, Estados Unidos para la modelación numérica de tsunami en Isla de Pascua.**



Fuente: Elaboración Propia.

Las alturas máximas observadas muestran inundaciones en las localidades de Hanga Hotuiti (2 metros), Hanga Roa (4 metros), Hanga Anakena (4 metros). Las mayores inundaciones de la isla se producen en las bahías localizadas en el noreste con valores que fluctúan entre los 2 a 4 metros. La zona sur de la isla presenta una afectación mínima.

- *Evento  $M_w$  9.0, Tohoku, Japón.*

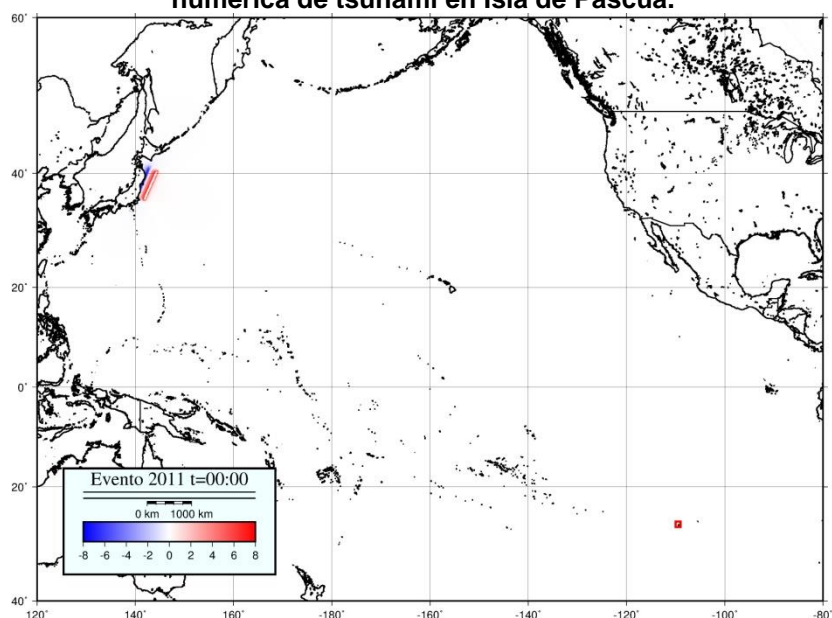
Al instante de generación del terremoto, utilizando los parámetros de falla propuestos en la tabla, se observa una elevación de la superficie oceánica de 12 m distribuida en el plano de ruptura.

El impacto inicial de las ondas de tsunami para Isla de Pascua arriba a las 16 horas, después de la ocurrencia del evento tsunamigénico. La actividad en la zona costera tiene una duración aproximada de 2 horas.

La distribución de alturas máximas para el dominio espacial completo, muestra alturas no superiores a 2 metros.

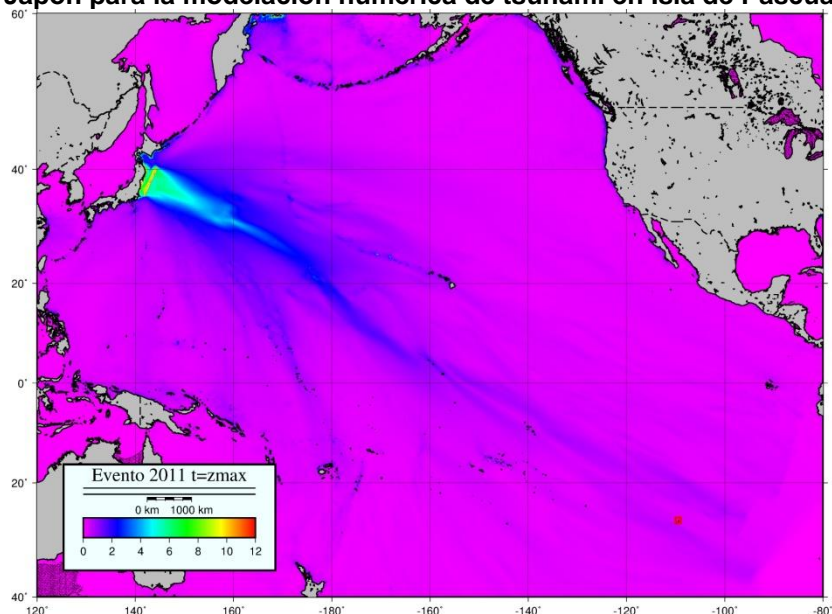


**Ilustración 63 Condición inicial del evento  $M_w$  9.0, Tohoku, Japón para la modelación numérica de tsunami en Isla de Pascua.**



Fuente: Elaboración Propia.

**Ilustración 64 Figura 11. Distribución de alturas máximas del evento  $M_w$  9.0, Tohoku, Japón para la modelación numérica de tsunami en Isla de Pascua.**



Fuente: Elaboración Propia.

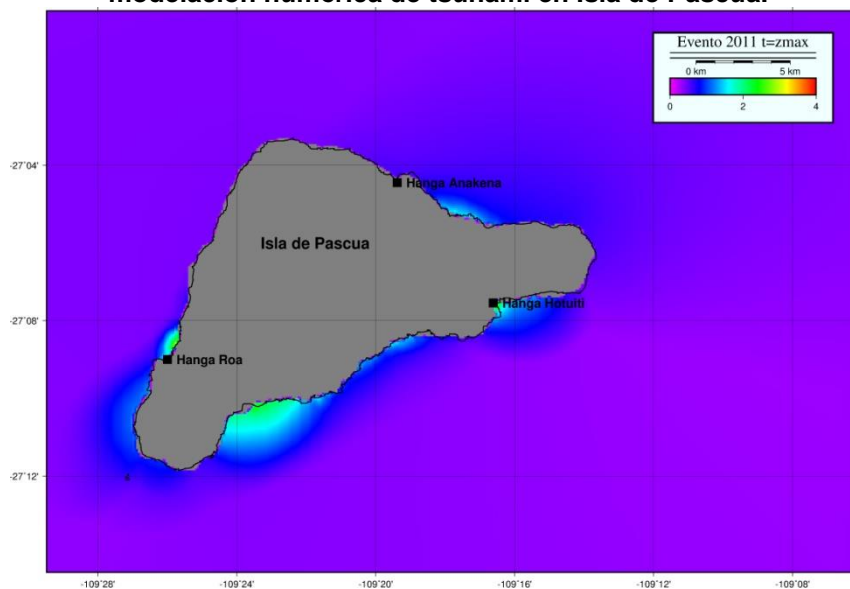
Las ondas del impacto del tsunami en la franja costera de Isla de Pascua. arriban a las 16 horas posteriores a la generación de terremoto, con una actividad cercana a las 2 horas.

El arribo inicial del tsunami muestra el impacto de ondas no superiores a 1 metros, sin inundación observada. El área de Hanga Hotuiti es inundada con alturas cercanas a los 2 metros, 15 minutos después del impacto inicial.

A las 14 horas y 35 minutos, se observan impactos mayores en las bahías del sureste de la isla, con alturas no superiores a 2 metros. Existe actividad permanente por casi 2 horas, en las bahías de Hanga Roa y Hanga Hotuiti.



**Ilustración 65 Distribución de alturas máximas del evento  $M_w$  9.0, Tohoku, Japón para la modelación numérica de tsunami en Isla de Pascua.**



Fuente: Elaboración Propia.

Las alturas máximas observadas muestran inundaciones en las localidades de Hanga Hotuiti (2 metros), Hanga Roa (2 metros), Hanga Anakena (1 metros). Las mayores inundaciones de la isla se producen en las bahías localizadas en el sureste con valores que fluctúan entre los 2 a 3 metros. La zona norte de la isla presenta una afectación mínima.

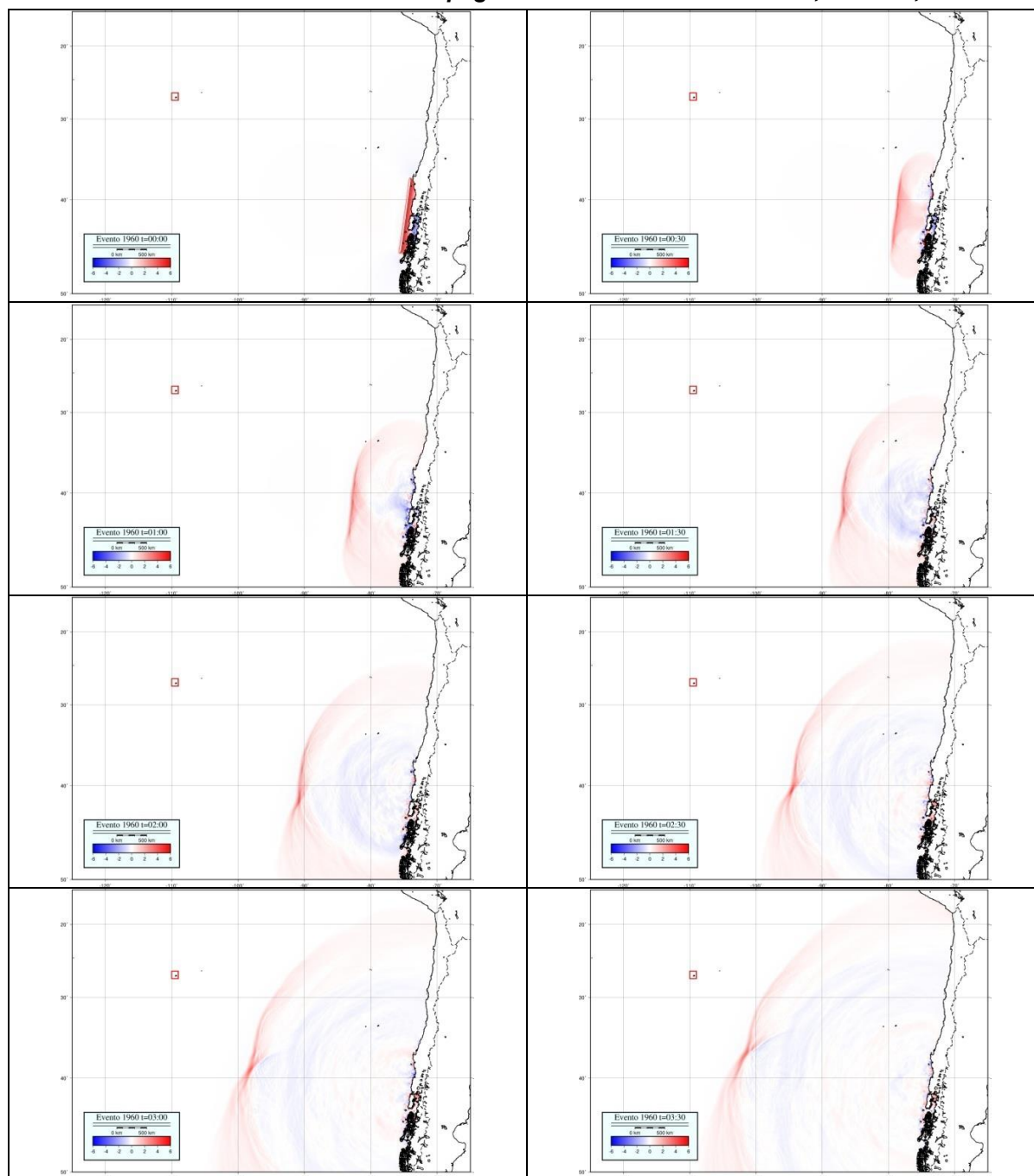
#### **1.2.2.10 Conclusiones Riesgo Por Tsunami**

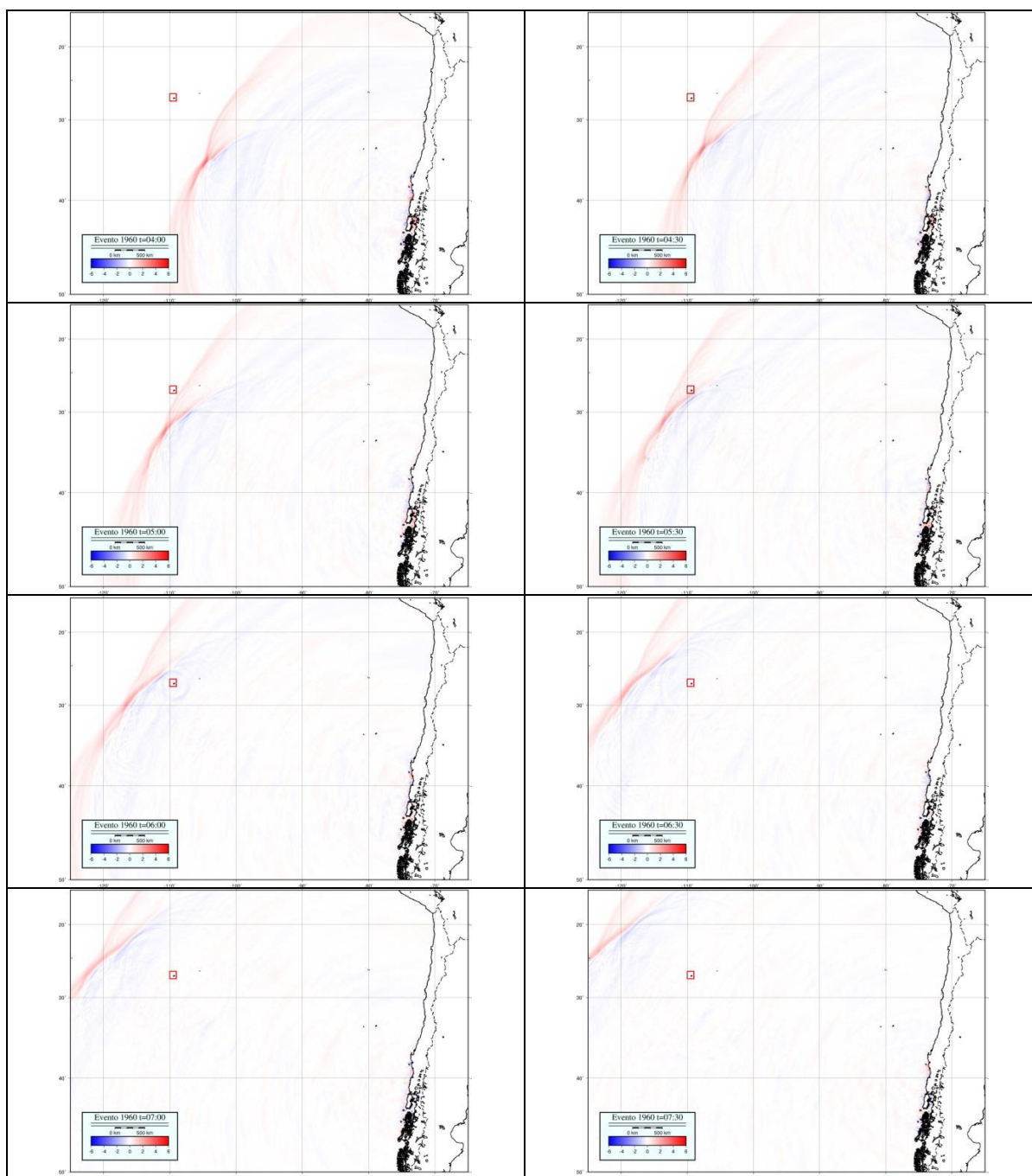
- El evento tsunamigénico de diseño más adecuado para realizar la estimación de amenaza de tsunami usando simulación numérica es el  $M_w$  9.5, Valdivia, Chile. Aunque por efectos de directividad de la propagación, no deben ser descartados eventos mayores ocurridos en la zona central y norte de Chile. La simulación del evento  $M_w$  9.5, Valdivia, Chile muestra un impacto a las 5 horas y 10 minutos después de ocurrido el terremoto. Las alturas máximas observadas fluctúan entre 6 a 20 metros, con un impacto único y sin resonancia en plataforma.
- La simulación del evento  $M_w$  8.8, Maule, Chile muestra un impacto a las 5 horas y 20 minutos después de ocurrido el terremoto. Las alturas máximas observadas fluctúan entre 6 a 9 metros, existen procesos de resonancia en plataforma.
- Para una mayor robustez del análisis se han incluido los eventos tsunamigénicos  $M_w$  8.6, Aleutianas, EE.UU. y  $M_w$  9.0, Tohoku, Japón.
- La simulación del evento  $M_w$  8.6, Alaska, Estados Unidos muestra un impacto a las 14 horas después de ocurrido el terremoto. Las alturas máximas observadas fluctúan entre 2 a 4 metros, con un impacto único y sin resonancia en plataforma.
- La simulación del evento  $M_w$  9.0, Tohoku, Japón muestra un impacto a las 16 horas después de ocurrido el terremoto. Las alturas máximas observadas fluctúan entre 1 a 3 metros, con un impacto único y sin resonancia en plataforma.
- El evento de diseño para Hanga Roa no supera la cota de seguridad ( $> 30$  metros) para tsunami indicada por la comunidad científica internacional. Además, se encuentra en el rango de la línea de inundación propuesta por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA).
- Las magnitudes de corrientes observadas fluctúan entre 2 a 7 m/s, siendo potencialmente dañina para embarcaciones localizadas en el área de la bahía. Debido a que la comunidad cuenta con un tiempo razonable (5 horas) para la evacuación a zona segura, se recomienda la inclusión del veril batimétrico de 150 metros como zona de seguridad para embarcaciones, con el objeto de evitar el impacto de objetos flotantes en la costa.
- La amenaza de tsunami para el área de estudio es potencialmente alta, debido a las múltiples fuentes que pudiese afectar la zona costera de la isla.

### 1.2.2.11 Referencia Bibliográfica estudio Tsunami

- Barazangi, M., & Isacks, B. L. (1976). Spatial distribution of earthquakes and subduction of the Nazca plate beneath South America. *Geology*, 4(11), 686-692.
- Barrientos, S. E., & Ward, S. N. (1990). The 1960 Chile earthquake: inversion for slip distribution from surface deformation. *Geophysical Journal International*, 103(3), 589-598.
- Blaser, L., Krüger, F., Ohrnberger, M., & Scherbaum, F. (2010). Scaling Relations of Earthquake Source Parameter Estimates with Special Focus on Subduction Environment. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 100(6), 2914-2926.
- Becker, J. J., Sandwell, D. T., Smith, W. H. F., Braud, J., Binder, B., Depner, J., Fabre, D., Factor, J., Ingalls, S., Kim, S. H., Ladner, R., Marks, K., Nelson, S., Paraoph, A., Trimmer, R., Von Rosenberg, J., Wallace, G. & Weatherall, P. (2009). Global Bathymetry and Elevation Data at 30 Arc Seconds Resolution: SRTM30\_PLUS, *Marine Geodesy*, 32:4, 355-371, 2009.
- Cifuentes, I. L. (1989). The 1960 Chilean earthquakes. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 94(B1), 665-680.
- Comte, D., & Pardo, M. (1991). Reappraisal of great historical earthquakes in the northern Chile and southern Peru seismic gaps. *Natural Hazards*, 4(1), 23-44.
- Farr, T. G., Rosen, P. A., Caro, E., Crippen, R., Duren, R., Hensley, S., Kobrick, M., Paller, M., - Rodríguez, E., Roth, L., Seal, D., Shaffer, S., Shimada, J., Umland, J., Werner, M., Oskin, M. Burbank, D. & Alsdorf, D. (2007). The Shuttle Radar Topography Mission. *Reviews of Geophysics*, 45(2).
- Fritz, H. M., Petroff, C. M., Catalán, P. A., Cienfuegos, R., Winckler, P., Kalligeris, N., Weiss, R., Barrientos, S.E., Meneses, G., Valderas-Bermejo, C., Ebeling, C., Papadopoulos, A., -Contreras, M., Almar, R., Domínguez, J.C. & Synolakis, C. (2011). Field survey of the 27 February 2010 Chile tsunami. *Pure and Applied Geophysics*, 168(11), 1989-2010.
- Fujii, Y., & Satake, K. (2013). Slip Distribution and Seismic Moment of the 2010 and 1960 Chilean Earthquakes Inferred from Tsunami Waveforms and Coastal Geodetic Data. *Pure and Applied Geophysics*, 170(9-10), 1493-1509.
- Geist, E., Titov, V., Arcas, D., Pollitz, F. & Bilek, S. (2007). Implications of the 26 December 2004 Sumatra-Andaman earthquake on tsunami forecast and assessment models for great subduction-zone earthquakes. *Bull. Seis. Soc. Am.*, 97,1A,S249-S270.
- Goto C, Ogawa Y, Shuto N & Imamura, F. (1997). IUGG/IOC time project: numerical method of tsunami simulation with the leap-frog scheme. *Manuals and Guides*, no. 35, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, Paris.
- Herrendörfer, R., van Dinther, Y., Gerya, T., & Dalguer, L. A. (2015). Earthquake supercycle in subduction zones controlled by the width of the seismogenic zone. *Nature Geoscience*, 8(6), 471-474.
- Lomnitz, C. (2004). Major earthquakes of Chile: a historical survey, 1535-1960. *Seismological Research Letters*, 75(3), 368-378.
- Liu, P., Yeh, H. & Synolakis, C. (2009). *Advanced Numerical Models for Simulating Tsunami Waves and Runup*, Vol. 10 of *Advances in Coastal and Ocean Engineering*. Singapore: World Scientific Publishing.
- Liu, P. L. F., Woo, S.B. & Cho, Y. S. (1998). *Computer programs for tsunami propagation and inundation*. Technical Report, Cornell University.
- Lorito, S., Romano, F., Atzori, S., Tong, X., Avallone, A., McCloskey, J., Cocco, M., Boschi, E. & Piatanesi, A. (2011). Limited overlap between the seismic gap and coseismic slip of the great 2010 Chile earthquake. *Nature Geoscience*, 4(3), 173-177.
- Mansinha, L. & Smylie, D. E. (1971). The displacement of inclined faults. *Bulletin of Seismological Society of America*, 61, 5, 1433-1440.
- Okada, Y. (1985). Surface deformation due to shear and tensile faults in a half-space. *Bulletin of Seismological Society of America*, 75, 4, 1135-1154.
- Okal, E. A., Synolakis, C. E., Fryer, G. J., Heinrich, P., Borrero, J. C., Ruscher, C., Arcas, D., Guille, G. & Rousseau, D. (2001). A Field Survey of the 1946 Aleutian Tsunami in the Far Field. *Seismological Research Letters*, 73, 490-503.
- Satake, K. (2002). Tsunamis. In: W.H.K. Lee, H. Kanamori, P.C. Jennings & C. Kisslinger (eds). *International Handbook of Earthquake and Engineering Seismology, International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior*, 437-451.
- Synolakis, C.E., E.N. Bernard, V.V. Titov, U. Kanoglu & F. González. (2008). Validation and verification of tsunami numerical models. *Pure Applied Geophys*, 165, 11-12, 2197-2228.

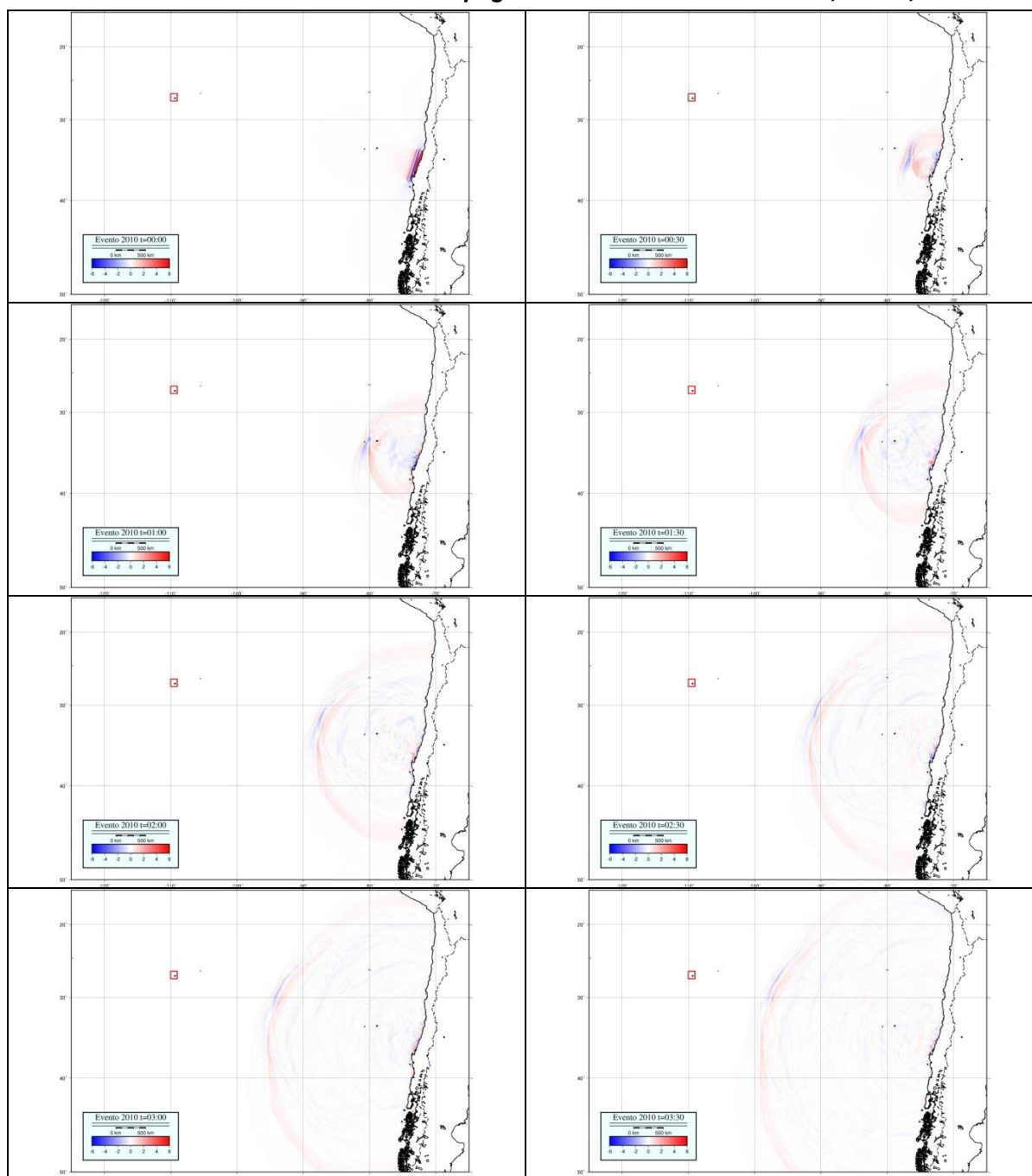
**1.2.2.12 ANEXO 1 Secuencia Propagación Tsunami Evento Mw 9.5, Valdivia, Chile**

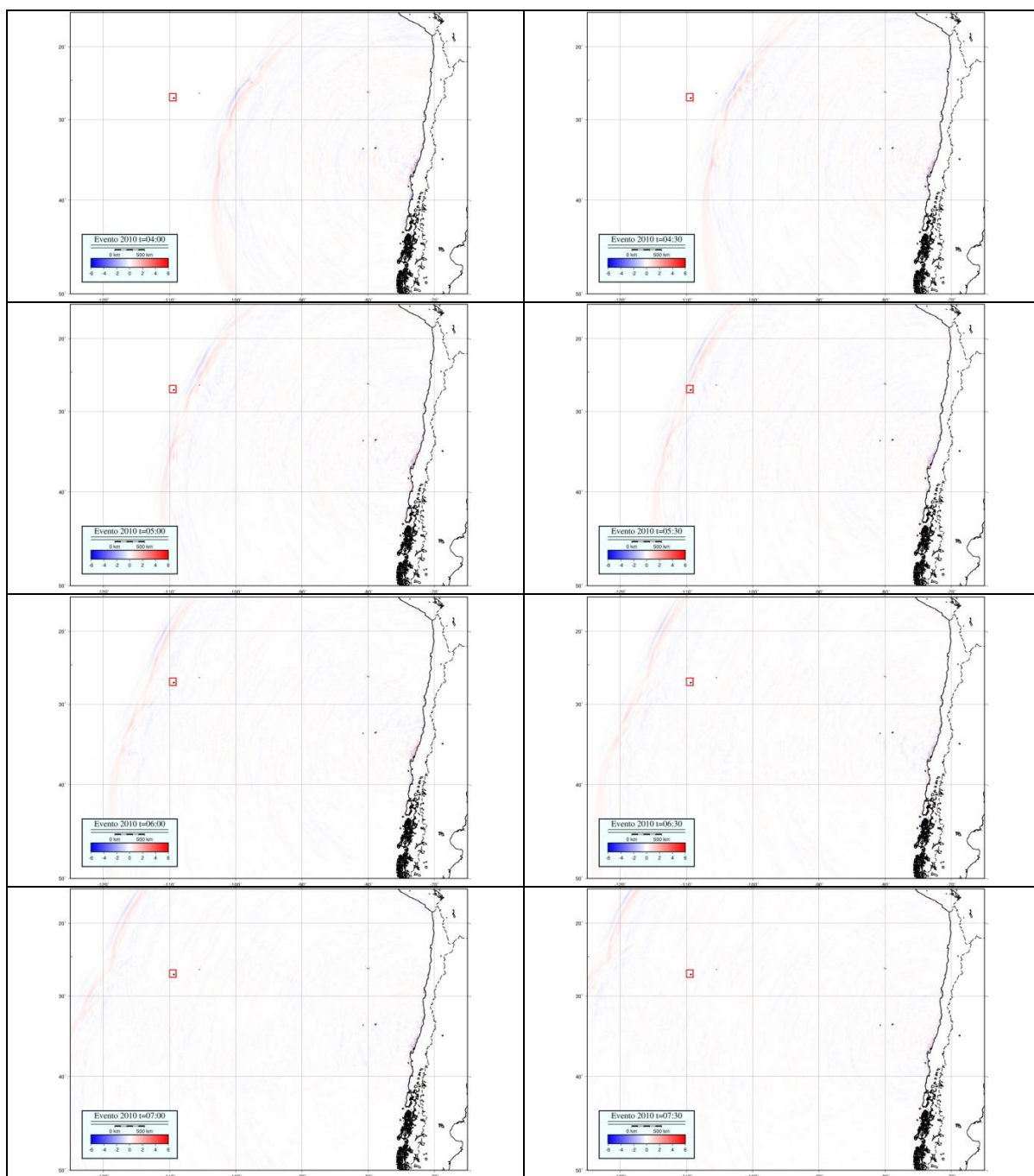




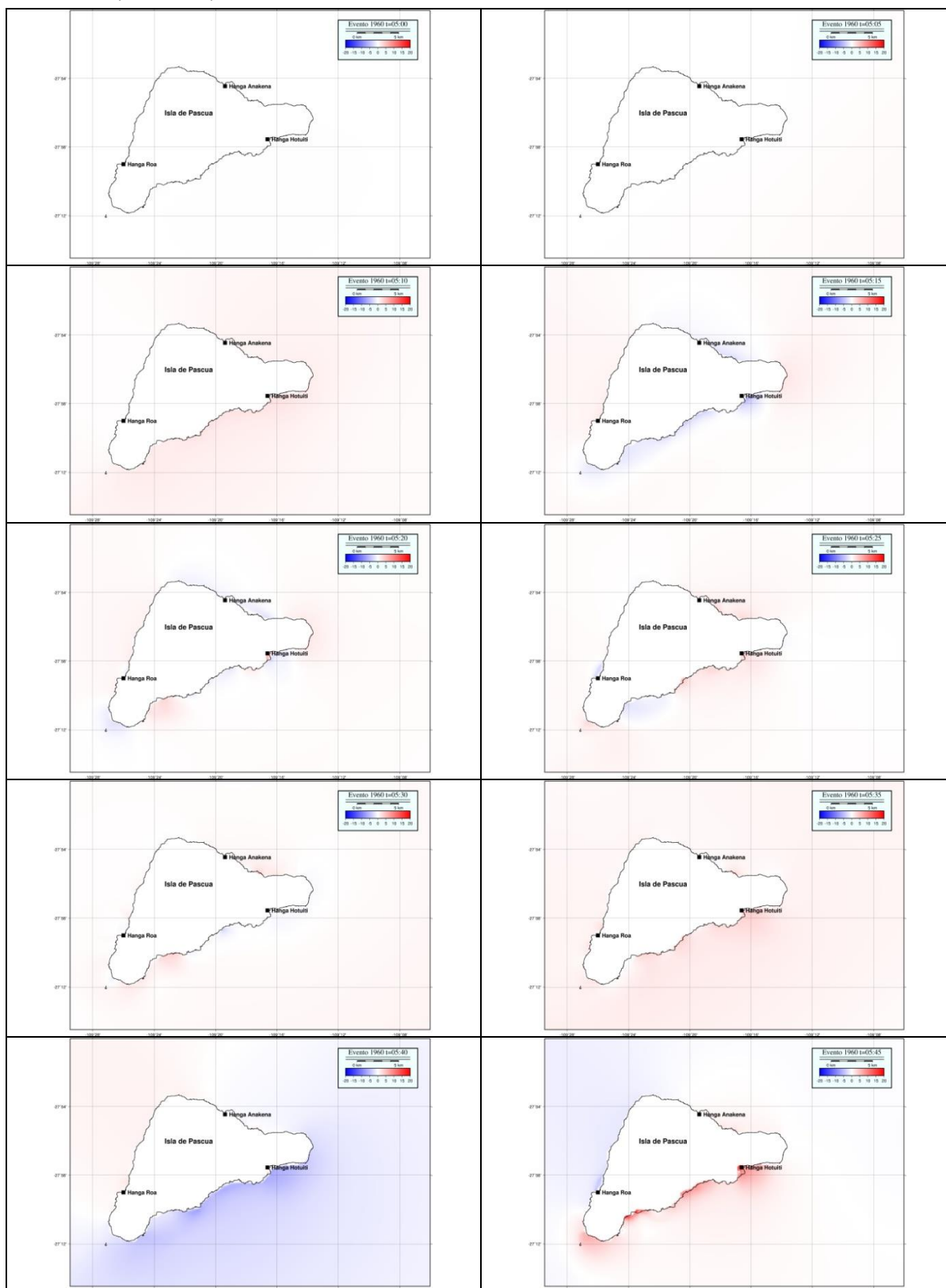


**1.2.2.13 ANEXO 2 - Secuencia Propagación Tsunami Evento Mw 8.8, Maule, Chile**

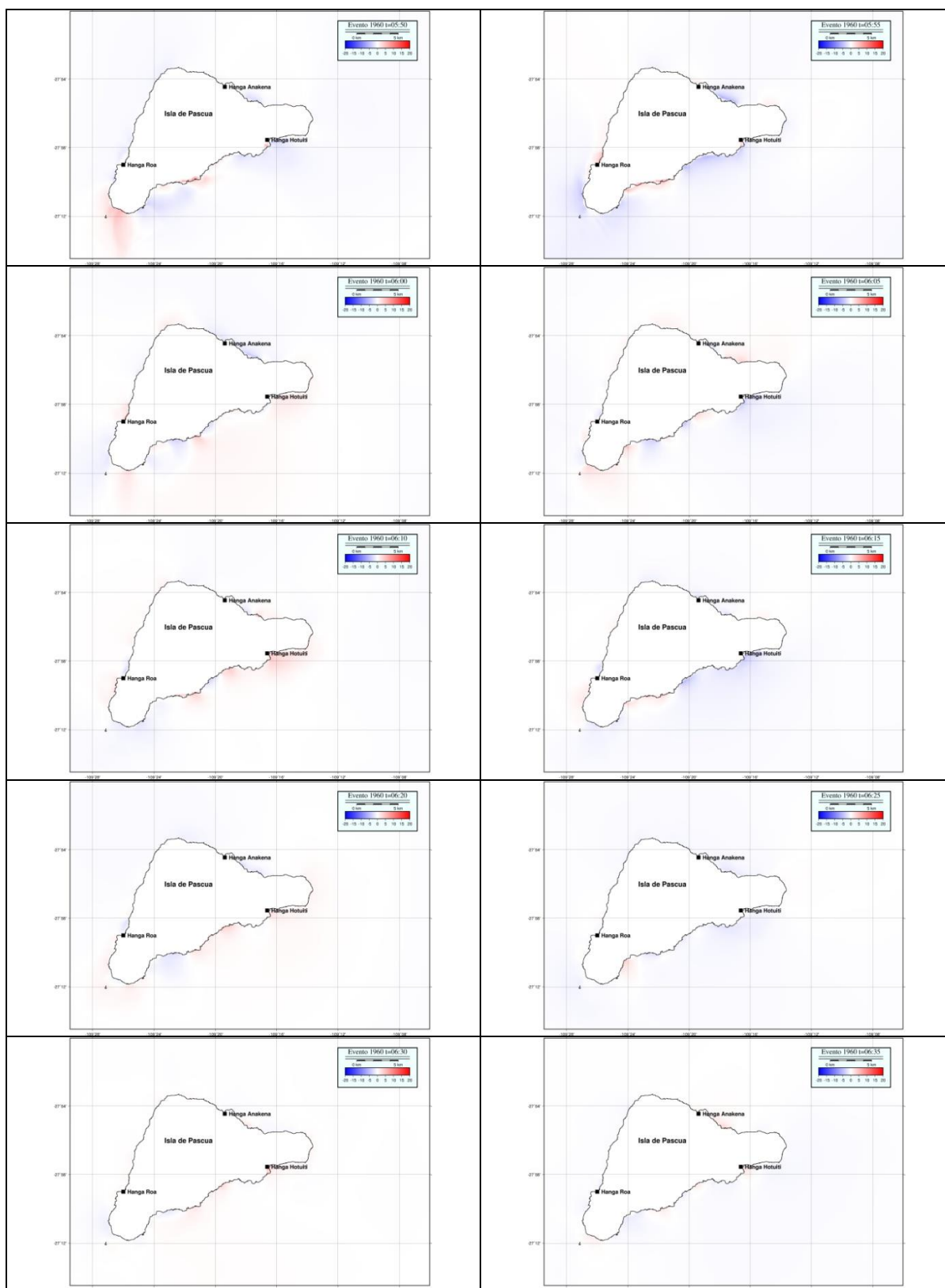




**1.2.2.14 ANEXO 3 Propagación e inundación por tsunami Isla de Pascua Evento Mw 9,5, Valdivia, Chile**

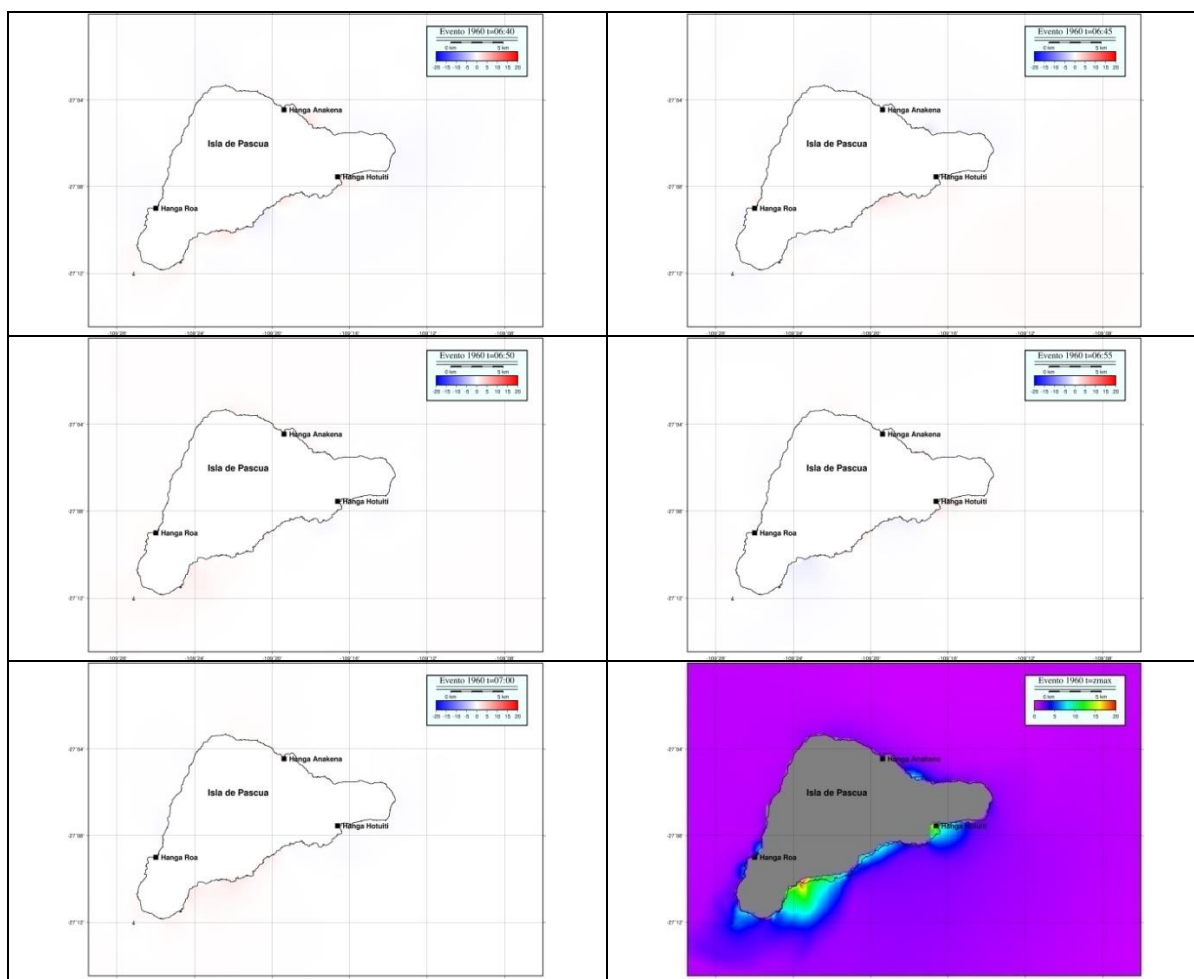


# Plan Regulador Comunal de Isla de Pascua

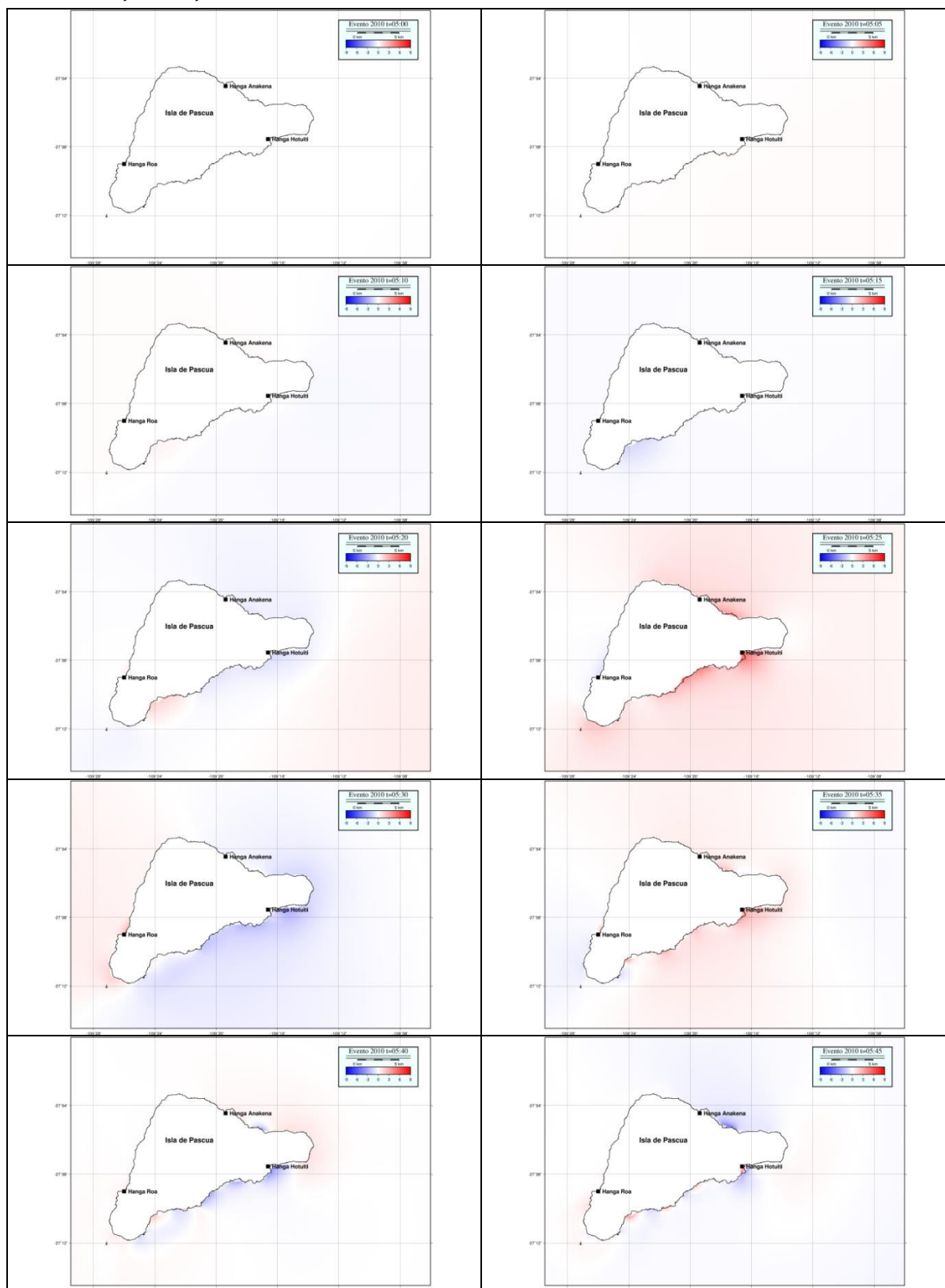




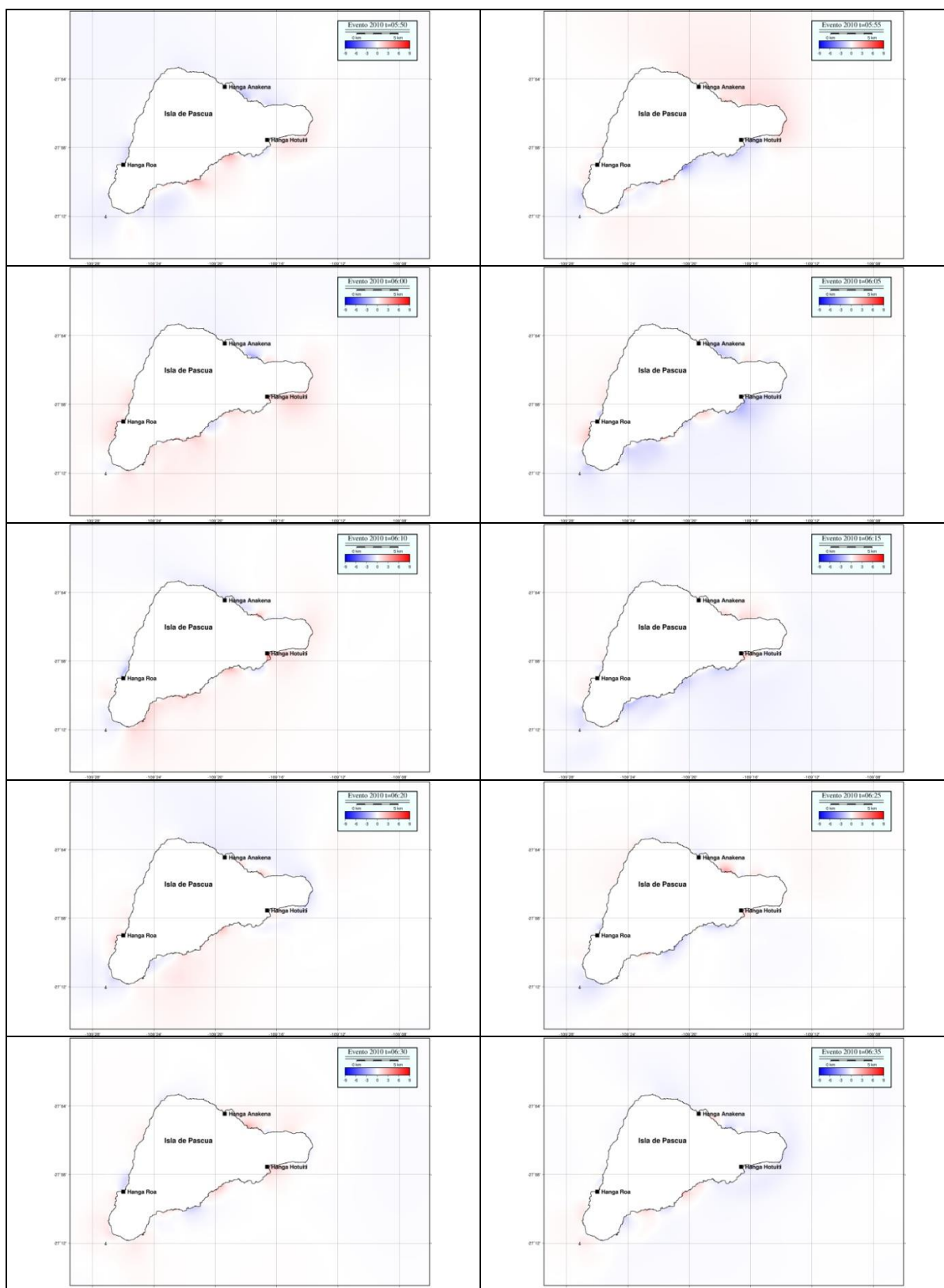
# Plan Regulador Comunal de Isla de Pascua

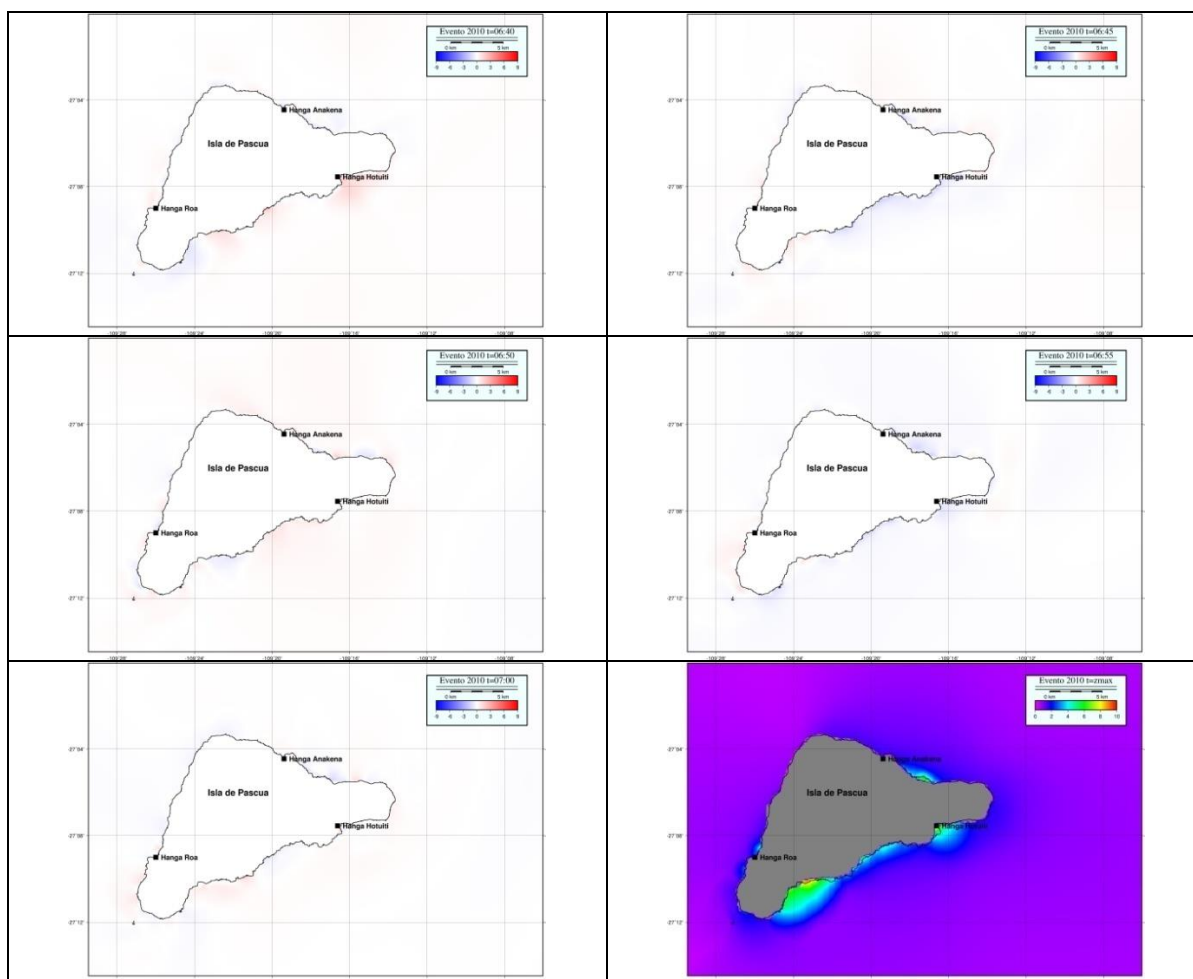


**1.2.2.15 ANEXO 4 Propagación e inundación por tsunami Isla de Pascua Evento Mw 8.8, Maule, Chile**

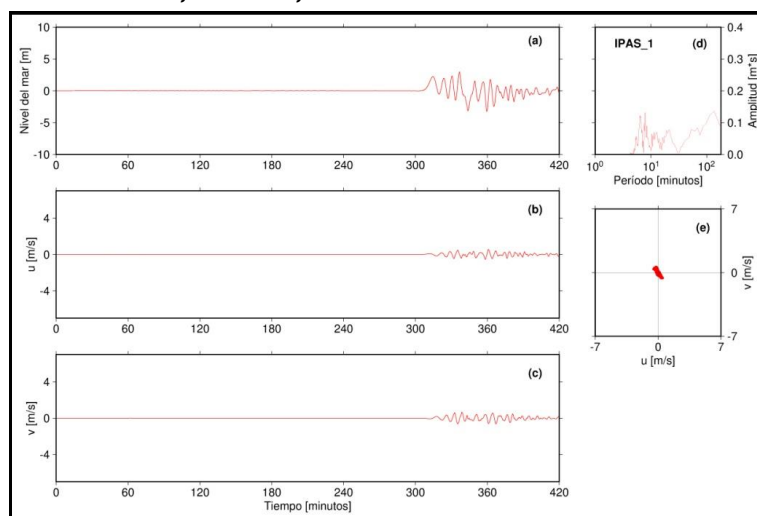


## Plan Regulador Comunal de Isla de Pascua

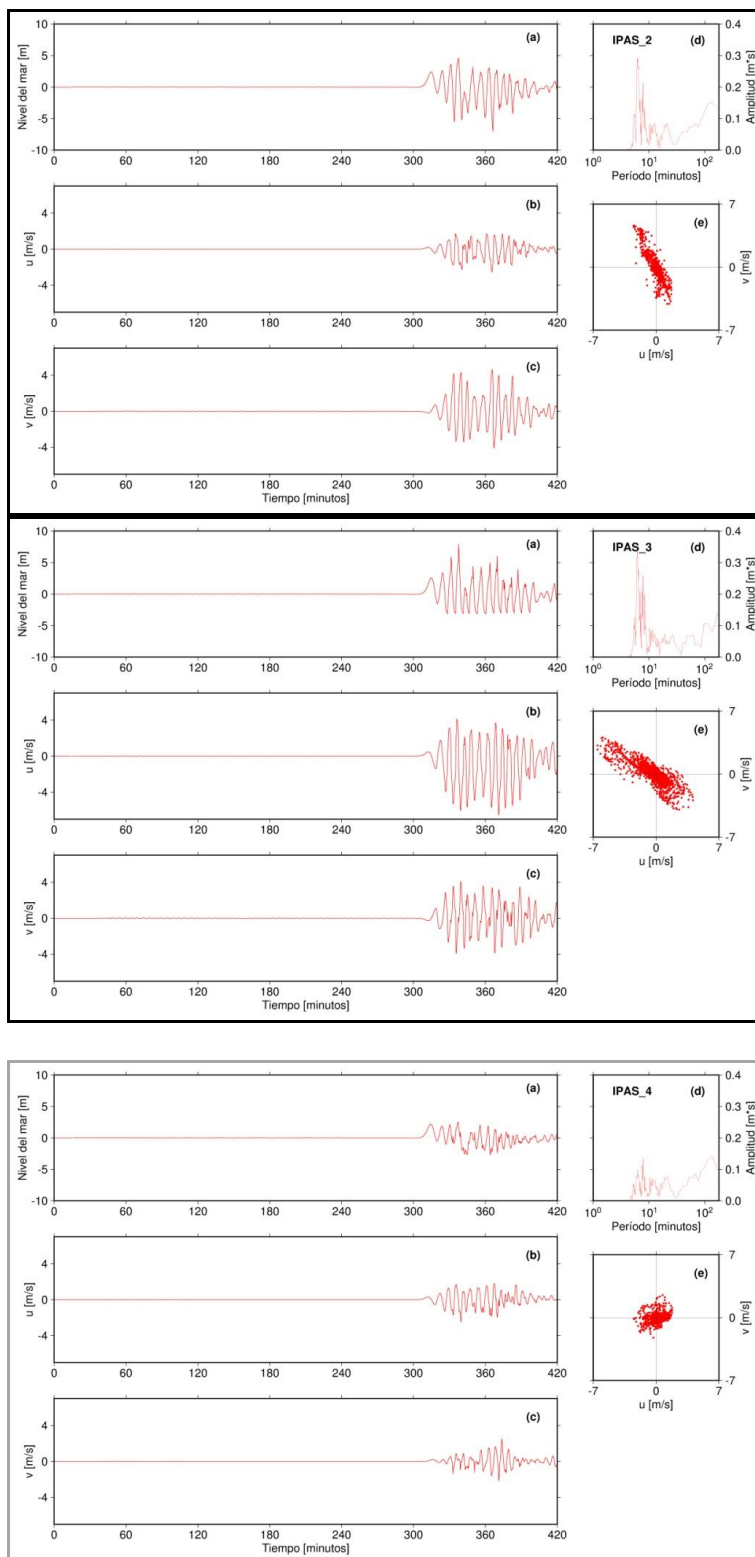


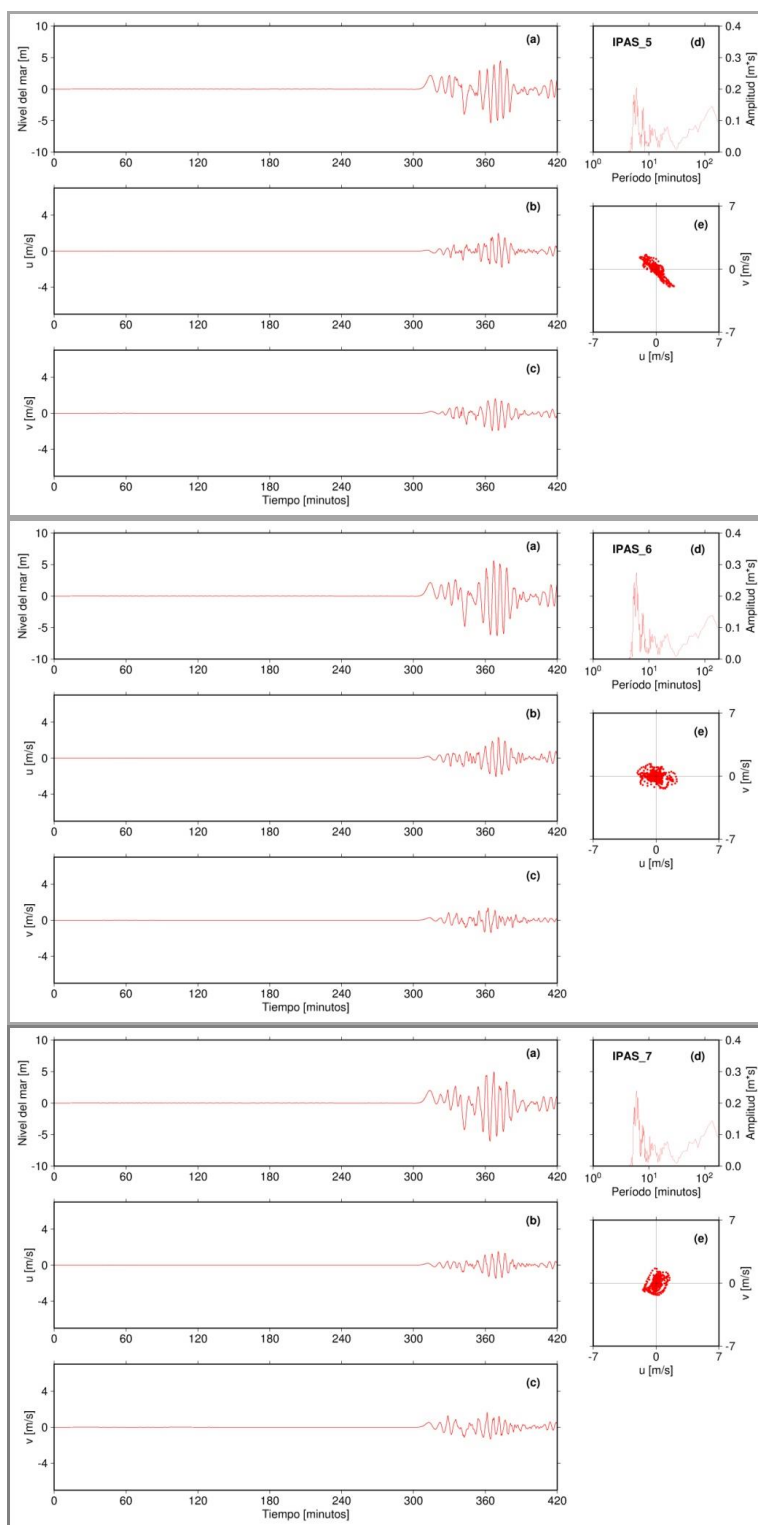


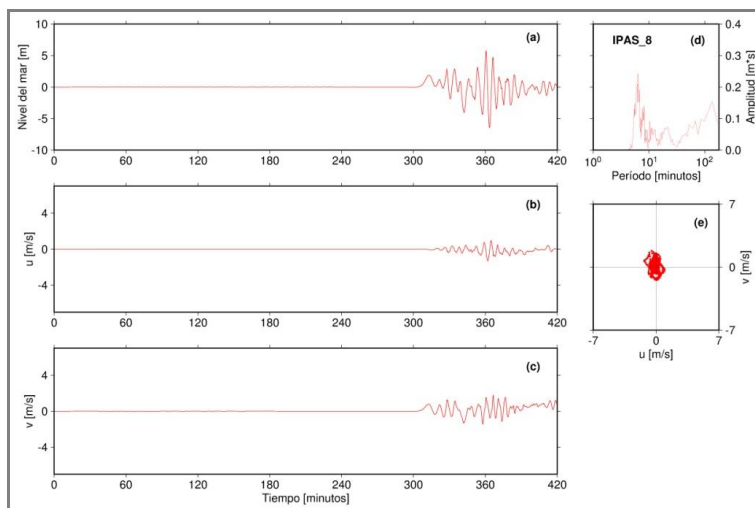
**1.2.2.16 ANEXO 5 Registros sintéticos de nivel del mar asociados a tsunami Isla de Pascua Evento Mw 9.5, Valdivia, Chile**



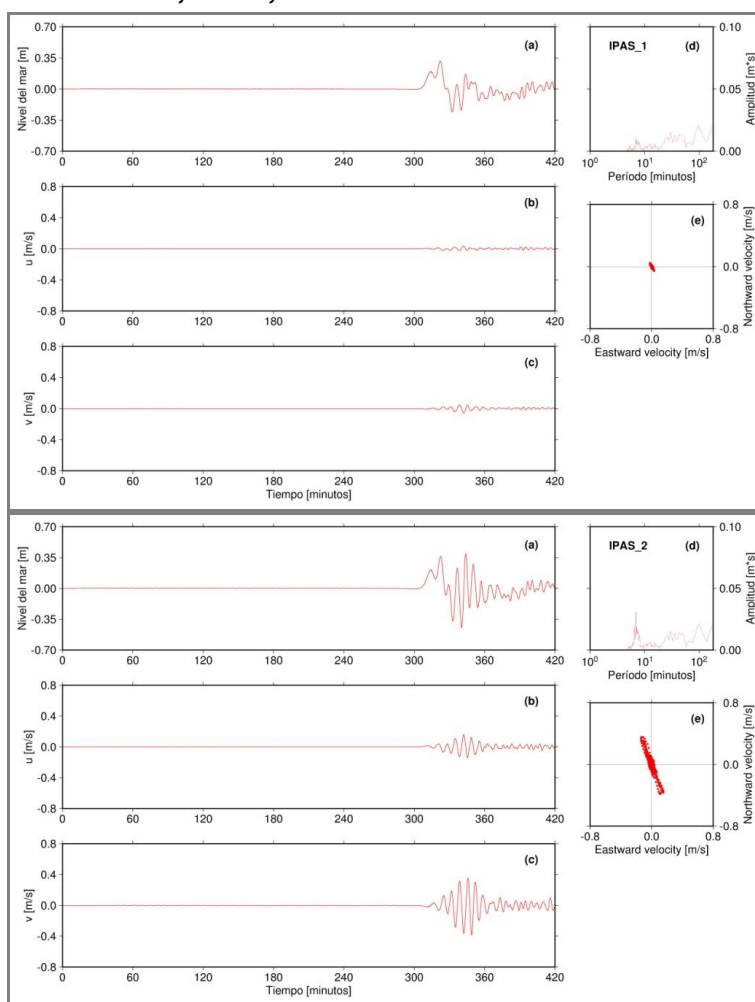


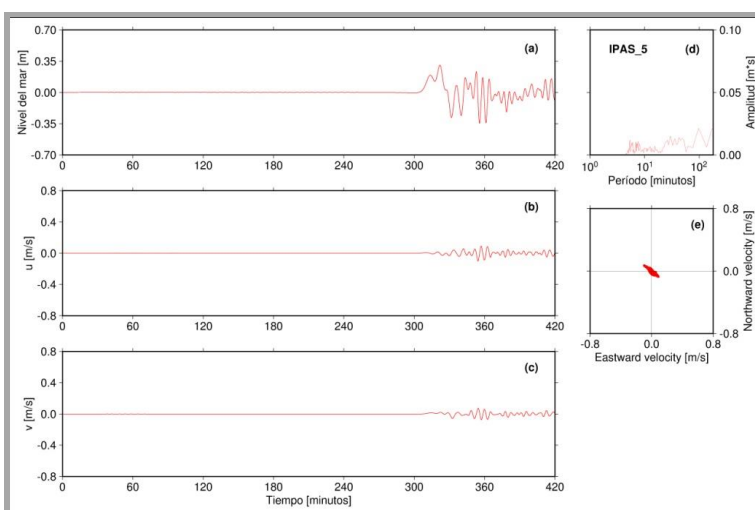
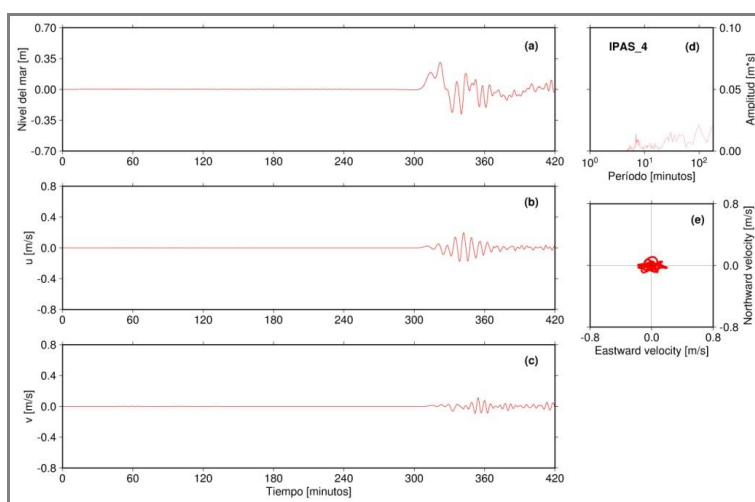
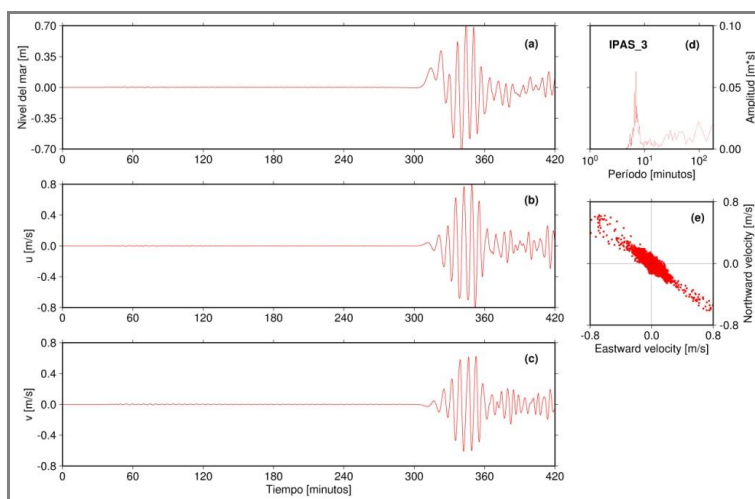




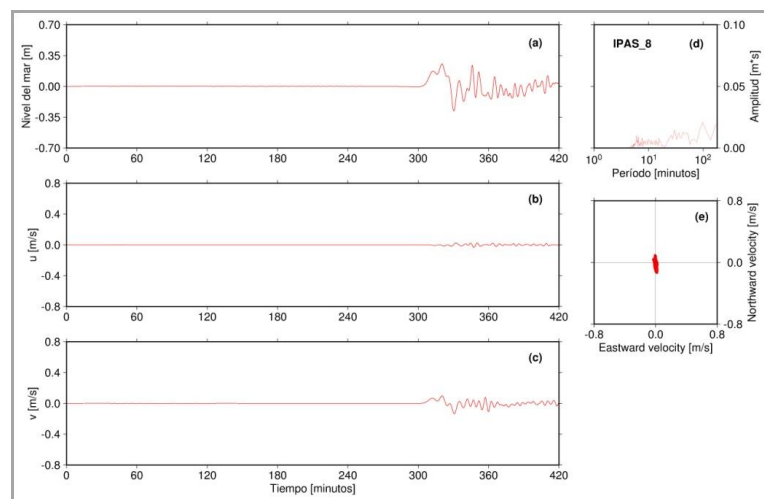
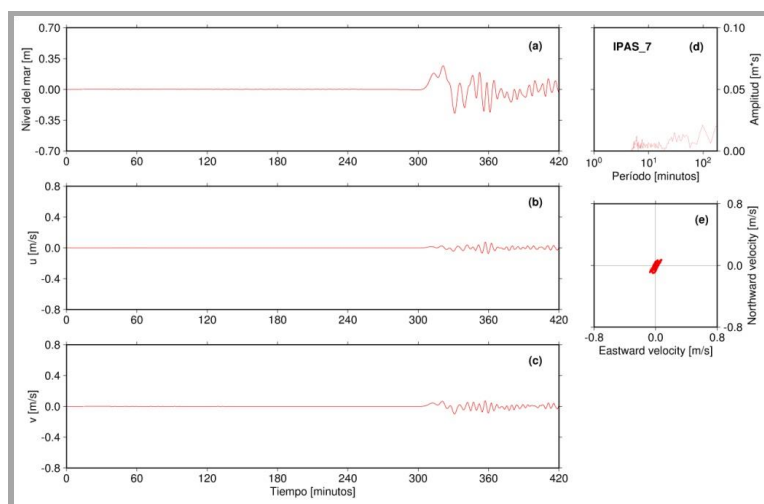
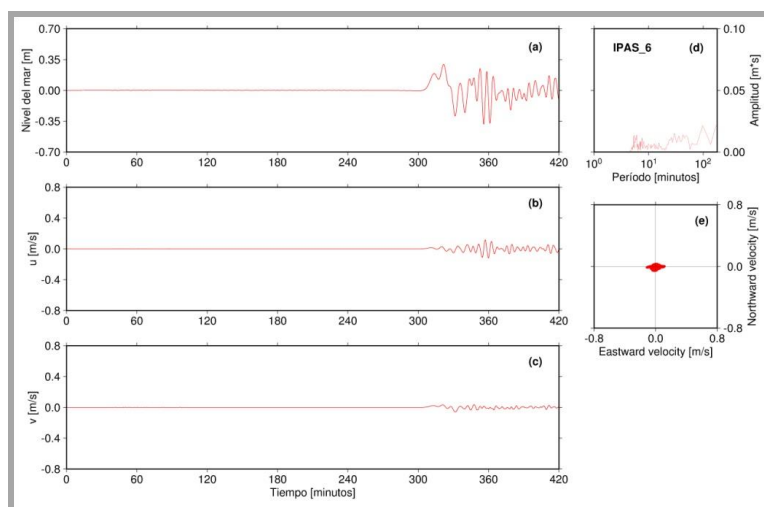


**1.2.2.17 ANEXO 6 Registros sintéticos de nivel del mar asociados a tsunami Isla de Pascua Evento Mw 8.8, Maule, Chile.**









**1.2.2.18 ANEXO 7 Velocidades de Flujo**

Adicionalmente, se incorpora la tabla de velocidad de flujo.

**Tabla 14 Velocidad de Flujo**

| LONGITUD   | LATITUD   | u<br>(m/s) máximo | v<br>(m/s) máximo |
|------------|-----------|-------------------|-------------------|
| -109.44875 | -27.18064 | 0.01386           | 1.76701           |
| -109.44861 | -27.18064 | 0.2513            | 1.12816           |
| -109.44875 | -27.1805  | 0.00212           | 1.65275           |
| -109.44931 | -27.17911 | 0.42854           | 2.21722           |
| -109.44944 | -27.17897 | 0.22098           | 2.44532           |
| -109.44903 | -27.17606 | 0.02699           | 1.01982           |
| -109.44875 | -27.17494 | 0.09973           | 0.37232           |
| -109.44875 | -27.17481 | 0.08016           | 0.93727           |
| -109.44875 | -27.17467 | 0.10583           | 0.57751           |
| -109.44875 | -27.17397 | 0.41184           | 0.49659           |
| -109.44861 | -27.17342 | 0.16364           | 1.00635           |
| -109.44111 | -27.16356 | 0.15689           | 1.16997           |
| -109.44111 | -27.16342 | 0.30725           | 1.1779            |
| -109.44125 | -27.16328 | 1.74961           | 3.65426           |
| -109.44111 | -27.16328 | 0.1704            | 1.21034           |
| -109.44139 | -27.16314 | 0.70212           | 3.95823           |
| -109.44125 | -27.16314 | 0.36672           | 3.69784           |
| -109.44111 | -27.163   | 0.16303           | 0.94777           |
| -109.44306 | -27.1605  | 0.48618           | 2.26223           |
| -109.44264 | -27.1605  | 1.78784           | 2.01487           |
| -109.44306 | -27.16036 | 0.33899           | 2.25225           |
| -109.44292 | -27.16036 | 0.74071           | 2.34656           |
| -109.44278 | -27.16036 | 1.31488           | 2.29353           |
| -109.44264 | -27.16036 | 2.06204           | 2.12868           |
| -109.4425  | -27.16036 | 2.15147           | 2.23569           |
| -109.44236 | -27.16036 | 0.877             | 1.72836           |
| -109.4425  | -27.16022 | 1.91741           | 2.56025           |
| -109.44236 | -27.16022 | 0.77668           | 2.03659           |
| -109.4425  | -27.16008 | 1.06796           | 2.47277           |
| -109.44236 | -27.16008 | 0.55047           | 1.01648           |
| -109.44139 | -27.15689 | 2.28817           | 1.68496           |
| -109.44125 | -27.15689 | 0.9583            | 1.30625           |
| -109.44181 | -27.15675 | 2.74249           | 1.12961           |
| -109.44167 | -27.15675 | 2.29925           | 1.4694            |
| -109.44153 | -27.15675 | 1.92412           | 1.66588           |
| -109.44139 | -27.15675 | 2.20207           | 0.16681           |
| -109.44181 | -27.15661 | 3.04221           | 0.17784           |
| -109.44167 | -27.15661 | 2.94619           | 0.25359           |
| -109.44153 | -27.15661 | 2.88434           | 0.13697           |
| -109.44139 | -27.15661 | 1.45852           | 0.099             |
| -109.44139 | -27.15592 | 1.10653           | 0.1827            |
| -109.44125 | -27.15578 | 0.75697           | 0.0879            |
| -109.44139 | -27.15564 | 2.45769           | 0.62324           |
| -109.44125 | -27.15564 | 1.67913           | 0.20717           |
| -109.44111 | -27.15564 | 0.8411            | 0.02676           |
| -109.44097 | -27.1555  | 0.74995           | 0.00449           |
| -109.44097 | -27.15536 | 1.71591           | 0.49608           |
| -109.44083 | -27.15536 | 0.86104           | 0.00711           |
| -109.44097 | -27.15522 | 2.11671           | 0.88028           |
| -109.44083 | -27.15522 | 1.64857           | 0.73947           |
| -109.44069 | -27.15522 | 0.82743           | 0.00737           |
| -109.44097 | -27.15508 | 3.01966           | 0.97785           |
| -109.44083 | -27.15508 | 1.97241           | 0.95217           |
| -109.44125 | -27.15494 | 3.32124           | 2.00032           |
| -109.44111 | -27.15494 | 3.20407           | 1.90787           |
| -109.44097 | -27.15494 | 2.85755           | 2.14674           |
| -109.44083 | -27.15494 | 0.30825           | 2.45653           |
| -109.44069 | -27.15494 | 0.13486           | 2.40808           |
| -109.44056 | -27.15494 | 0.39246           | 0.82298           |
| -109.44125 | -27.15481 | 3.29591           | 2.50771           |
| -109.44111 | -27.15481 | 3.20503           | 2.30952           |

Plan Regulador Comunal de Isla de Pascua

| LONGITUD   | LATITUD   | u<br>(m/s) | v<br>(m/s) |
|------------|-----------|------------|------------|
| -109.44097 | -27.15481 | 2.9768     | 2.24828    |
| -109.44083 | -27.15481 | 0.50991    | 2.97987    |
| -109.44069 | -27.15481 | 0.45205    | 3.05787    |
| -109.44056 | -27.15481 | 0.95018    | 2.25892    |
| -109.44042 | -27.15481 | 0.73703    | 0.72036    |
| -109.44125 | -27.15467 | 3.35476    | 2.73325    |
| -109.44111 | -27.15467 | 3.31966    | 2.4987     |
| -109.44097 | -27.15467 | 3.06586    | 2.3403     |
| -109.44083 | -27.15467 | 2.47174    | 2.50551    |
| -109.44069 | -27.15467 | 0.8606     | 3.60322    |
| -109.44056 | -27.15467 | 1.43557    | 3.2191     |
| -109.44042 | -27.15467 | 1.88322    | 2.06831    |
| -109.44028 | -27.15467 | 2.18604    | 0.41856    |
| -109.44014 | -27.15467 | 2.20205    | 0.27771    |
| -109.44042 | -27.15453 | 2.28376    | 2.71629    |
| -109.44    | -27.15453 | 3.58305    | 0.5162     |
| -109.43875 | -27.15439 | 0.21044    | 0.49907    |
| -109.43889 | -27.15425 | 0.75547    | 1.98918    |
| -109.43875 | -27.15425 | 0.51701    | 1.2582     |
| -109.43875 | -27.15411 | 0.52642    | 1.91231    |
| -109.43889 | -27.15397 | 2.1079     | 2.6856     |
| -109.43875 | -27.15397 | 1.45126    | 2.62673    |
| -109.43861 | -27.15397 | 0.77421    | 1.03709    |
| -109.43903 | -27.15383 | 2.69797    | 2.19448    |
| -109.43889 | -27.15383 | 2.43391    | 2.9082     |
| -109.43875 | -27.15383 | 1.89946    | 2.84034    |
| -109.43861 | -27.15383 | 2.21943    | 2.13317    |
| -109.43931 | -27.15369 | 4.57447    | 0.32374    |
| -109.43917 | -27.15369 | 3.48943    | 1.2197     |
| -109.43903 | -27.15369 | 2.80268    | 2.09036    |
| -109.43889 | -27.15369 | 2.6454     | 2.79814    |
| -109.43875 | -27.15369 | 2.67444    | 2.96964    |
| -109.43861 | -27.15369 | 3.34819    | 1.18958    |
| -109.43847 | -27.15369 | 3.37069    | 1.01333    |
| -109.43944 | -27.15356 | 5.1727     | 0.07575    |
| -109.43931 | -27.15356 | 4.48531    | 0.4241     |
| -109.43917 | -27.15356 | 3.32268    | 1.05312    |
| -109.43903 | -27.15356 | 2.57045    | 1.82999    |
| -109.43889 | -27.15356 | 2.50516    | 2.44435    |
| -109.43875 | -27.15356 | 2.58351    | 2.51699    |
| -109.43861 | -27.15356 | 3.01221    | 0.31117    |
| -109.43847 | -27.15356 | 3.02981    | 0.61305    |
| -109.43972 | -27.15342 | 4.19882    | 0.50694    |
| -109.43958 | -27.15342 | 4.88341    | 0.49837    |
| -109.43944 | -27.15342 | 5.00204    | 0.53583    |
| -109.43931 | -27.15342 | 4.30151    | 0.59877    |
| -109.43917 | -27.15342 | 3.05138    | 0.92147    |
| -109.43903 | -27.15342 | 2.18941    | 1.56473    |
| -109.43889 | -27.15342 | 2.04099    | 2.15299    |
| -109.43875 | -27.15342 | 2.20355    | 2.19041    |
| -109.43861 | -27.15342 | 2.27005    | 1.59538    |
| -109.43847 | -27.15342 | 1.77665    | 1.1204     |
| -109.43833 | -27.15342 | 1.36871    | 0.6554     |
| -109.43958 | -27.15328 | 4.51688    | 0.67469    |
| -109.43944 | -27.15328 | 4.45099    | 0.5844     |
| -109.43931 | -27.15328 | 3.53254    | 0.46845    |
| -109.43875 | -27.15328 | 1.00568    | 2.32198    |
| -109.43833 | -27.15328 | 0.01137    | 1.14081    |
| -109.44069 | -27.15106 | 0.01485    | 2.77079    |
| -109.44069 | -27.15092 | 0.08995    | 2.70877    |
| -109.43639 | -27.15008 | 1.11917    | 0.78811    |
| -109.43667 | -27.14981 | 0.19792    | 0.80912    |
| -109.43292 | -27.14967 | 0.22765    | 0.74938    |
| -109.43264 | -27.14967 | 0.58064    | 0.8365     |
| -109.4325  | -27.14967 | 0.28973    | 0.69933    |
| -109.43264 | -27.14953 | 0.51034    | 2.16238    |
| -109.4325  | -27.14953 | 0.16805    | 1.81483    |
| -109.43222 | -27.14953 | 0.26794    | 0.36909    |
| -109.43278 | -27.14939 | 0.53908    | 2.63899    |
| -109.43264 | -27.14939 | 0.52875    | 2.56893    |
| -109.42861 | -27.14814 | 0.18403    | 0.73466    |

Plan Regulador Comunal de Isla de Pascua

| LONGITUD   | LATITUD   | u<br>(m/s) | v<br>(m/s) |
|------------|-----------|------------|------------|
| -109.42861 | -27.148   | 0.09188    | 1.78759    |
| -109.43028 | -27.14786 | 3.97495    | 0.59876    |
| -109.43014 | -27.14786 | 3.84017    | 0.71269    |
| -109.43    | -27.14786 | 3.80177    | 0.70353    |
| -109.42986 | -27.14786 | 3.79727    | 0.17946    |
| -109.42972 | -27.14786 | 3.79544    | 0.54106    |
| -109.42958 | -27.14786 | 3.79221    | 0.64333    |
| -109.42861 | -27.14786 | 0.02319    | 2.2153     |
| -109.43056 | -27.14772 | 5.25504    | 0.0254     |
| -109.43042 | -27.14772 | 5.5037     | 0.65529    |
| -109.43028 | -27.14772 | 5.7216     | 1.12155    |
| -109.43014 | -27.14772 | 5.51211    | 1.33267    |
| -109.43    | -27.14772 | 4.91166    | 1.15529    |
| -109.42986 | -27.14772 | 4.33708    | 0.7461     |
| -109.42972 | -27.14772 | 4.03021    | 0.35543    |
| -109.43056 | -27.14758 | 5.91056    | 1.34088    |
| -109.43042 | -27.14758 | 6.26863    | 1.19114    |
| -109.43028 | -27.14758 | 6.43101    | 1.11283    |
| -109.43014 | -27.14758 | 6.1816     | 0.93455    |
| -109.43    | -27.14758 | 5.60247    | 0.88062    |
| -109.42986 | -27.14758 | 5.08413    | 0.79392    |
| -109.42972 | -27.14758 | 4.73631    | 0.55704    |
| -109.42958 | -27.14758 | 4.45264    | 0.24285    |
| -109.42944 | -27.14758 | 4.22869    | 0.04039    |
| -109.42931 | -27.14758 | 4.0025     | 0.07544    |
| -109.42917 | -27.14758 | 3.86017    | 0.09381    |
| -109.43056 | -27.14744 | 5.99883    | 2.1723     |
| -109.43042 | -27.14744 | 6.35228    | 1.85017    |
| -109.43028 | -27.14744 | 6.42419    | 1.56842    |
| -109.43014 | -27.14744 | 6.26284    | 1.27433    |
| -109.43    | -27.14744 | 5.95693    | 1.09071    |
| -109.42986 | -27.14744 | 5.54606    | 1.01985    |
| -109.42972 | -27.14744 | 5.14541    | 0.90683    |
| -109.42958 | -27.14744 | 4.86657    | 0.76217    |
| -109.42944 | -27.14744 | 4.70044    | 0.61863    |
| -109.42931 | -27.14744 | 4.48002    | 0.42693    |
| -109.42917 | -27.14744 | 3.79633    | 0.23756    |
| -109.42903 | -27.14744 | 3.65076    | 0.04789    |
| -109.43056 | -27.14731 | 5.57233    | 2.87767    |
| -109.43042 | -27.14731 | 6.00787    | 2.48197    |
| -109.43028 | -27.14731 | 6.09391    | 2.1631     |
| -109.43014 | -27.14731 | 5.9831     | 1.89255    |
| -109.43    | -27.14731 | 5.76976    | 1.66584    |
| -109.42986 | -27.14731 | 5.45871    | 1.48631    |
| -109.42972 | -27.14731 | 5.11566    | 1.35497    |
| -109.42958 | -27.14731 | 4.83751    | 1.20224    |
| -109.42944 | -27.14731 | 4.6057     | 0.90044    |
| -109.42931 | -27.14731 | 4.37087    | 0.55352    |
| -109.42917 | -27.14731 | 4.17883    | 0.22081    |
| -109.43042 | -27.14717 | 5.5189     | 3.19322    |
| -109.43028 | -27.14717 | 5.60493    | 2.8193     |
| -109.43014 | -27.14717 | 5.54858    | 2.48943    |
| -109.43    | -27.14717 | 5.38812    | 2.21921    |
| -109.42986 | -27.14717 | 5.13621    | 2.0318     |
| -109.42972 | -27.14717 | 4.86307    | 1.89552    |
| -109.42958 | -27.14717 | 4.60476    | 1.58561    |
| -109.42944 | -27.14717 | 4.33625    | 1.11276    |
| -109.42931 | -27.14717 | 4.11214    | 0.71543    |
| -109.42917 | -27.14717 | 3.97936    | 0.28325    |
| -109.43028 | -27.14703 | 5.17744    | 3.41973    |
| -109.43014 | -27.14703 | 5.11769    | 3.07316    |
| -109.43    | -27.14703 | 4.98286    | 2.81376    |
| -109.42986 | -27.14703 | 4.8018     | 2.62184    |
| -109.42972 | -27.14703 | 4.57206    | 2.33562    |
| -109.42958 | -27.14703 | 4.31122    | 1.96653    |
| -109.42944 | -27.14703 | 4.13967    | 0.89379    |
| -109.43097 | -27.14689 | 4.08968    | 0.70459    |
| -109.43083 | -27.14689 | 4.29774    | 2.95771    |
| -109.43069 | -27.14689 | 6.51333    | 0.35187    |
| -109.43056 | -27.14689 | 6.63947    | 0.43015    |
| -109.43042 | -27.14689 | 4.84817    | 4.19644    |

Plan Regulador Comunal de Isla de Pascua

| LONGITUD   | LATITUD   | u<br>(m/s) | v<br>(m/s) |
|------------|-----------|------------|------------|
| -109.43028 | -27.14689 | 4.83561    | 3.87221    |
| -109.43014 | -27.14689 | 4.77785    | 3.48649    |
| -109.43    | -27.14689 | 4.68358    | 3.18379    |
| -109.42986 | -27.14689 | 4.53451    | 2.91672    |
| -109.42972 | -27.14689 | 4.27055    | 2.5735     |
| -109.42958 | -27.14689 | 3.8947     | 2.31232    |
| -109.42944 | -27.14689 | 3.46642    | 2.00479    |
| -109.43069 | -27.14675 | 4.14157    | 3.759      |
| -109.43056 | -27.14675 | 4.37394    | 4.41397    |
| -109.43042 | -27.14675 | 4.43944    | 4.49787    |
| -109.43028 | -27.14675 | 4.50414    | 4.15375    |
| -109.43014 | -27.14675 | 4.51879    | 3.73078    |
| -109.43    | -27.14675 | 4.49777    | 3.31285    |
| -109.42986 | -27.14675 | 4.41337    | 2.97568    |
| -109.42972 | -27.14675 | 4.20416    | 2.67558    |
| -109.42958 | -27.14675 | 3.91261    | 2.40541    |
| -109.42944 | -27.14675 | 3.55292    | 2.13723    |
| -109.42931 | -27.14675 | 3.31253    | 1.69566    |
| -109.43042 | -27.14661 | 3.86904    | 4.47653    |
| -109.43028 | -27.14661 | 4.19669    | 4.17012    |
| -109.43014 | -27.14661 | 4.3757     | 3.76744    |
| -109.43    | -27.14661 | 4.44382    | 3.29016    |
| -109.42986 | -27.14661 | 4.4405     | 2.89401    |
| -109.42972 | -27.14661 | 4.30465    | 2.63231    |
| -109.42958 | -27.14661 | 4.08854    | 2.31084    |
| -109.42944 | -27.14661 | 3.88872    | 2.09789    |
| -109.42931 | -27.14661 | 3.63482    | 1.63518    |
| -109.43028 | -27.14647 | 4.19254    | 3.83134    |
| -109.43014 | -27.14647 | 4.22478    | 3.69871    |
| -109.43    | -27.14647 | 4.40164    | 3.18254    |
| -109.42986 | -27.14647 | 4.52119    | 2.69235    |
| -109.42972 | -27.14647 | 4.46674    | 2.36002    |
| -109.42958 | -27.14647 | 4.31925    | 2.08876    |
| -109.42944 | -27.14647 | 4.15988    | 1.82243    |
| -109.42931 | -27.14647 | 3.95053    | 1.49946    |
| -109.4275  | -27.14647 | 0.98769    | 0.42233    |
| -109.43014 | -27.14633 | 4.27463    | 3.36213    |
| -109.43    | -27.14633 | 4.39192    | 3.11809    |
| -109.42986 | -27.14633 | 4.47657    | 2.62652    |
| -109.42944 | -27.14633 | 4.17113    | 1.57167    |
| -109.42931 | -27.14633 | 3.9923     | 1.29094    |
| -109.4275  | -27.14633 | 1.54197    | 0.64019    |
| -109.42986 | -27.14619 | 4.24864    | 2.25876    |
| -109.42972 | -27.14619 | 4.28733    | 1.81833    |
| -109.42958 | -27.14619 | 4.30115    | 1.53253    |
| -109.42944 | -27.14619 | 4.20725    | 1.28593    |
| -109.4275  | -27.14619 | 0.32539    | 1.45489    |
| -109.42972 | -27.14606 | 4.46109    | 1.54673    |
| -109.42958 | -27.14606 | 4.49437    | 1.29415    |
| -109.42944 | -27.14606 | 4.38807    | 1.10885    |
| -109.42958 | -27.14592 | 4.12158    | 1.02323    |
| -109.42944 | -27.14592 | 4.09664    | 1.0837     |
| -109.4275  | -27.14592 | 0.10963    | 1.79239    |
| -109.43028 | -27.14578 | 4.99731    | 0.33642    |
| -109.43014 | -27.14578 | 5.03256    | 0.16945    |
| -109.43    | -27.14578 | 4.95252    | 0.08133    |
| -109.42958 | -27.14578 | 4.35231    | 1.20226    |
| -109.42944 | -27.14578 | 4.27708    | 1.22779    |
| -109.42972 | -27.14564 | 4.86842    | 0.62902    |
| -109.42958 | -27.14564 | 4.34703    | 1.16918    |
| -109.42944 | -27.14564 | 4.21273    | 1.41835    |
| -109.42806 | -27.14369 | 1.65733    | 0.58831    |
| -109.42792 | -27.14369 | 0.01661    | 1.56827    |
| -109.42806 | -27.14356 | 0.00079    | 2.39464    |
| -109.42792 | -27.14356 | 0.35233    | 2.03009    |
| -109.42792 | -27.14342 | 1.69794    | 2.12388    |
| -109.42778 | -27.14342 | 0.84832    | 0.94997    |
| -109.42819 | -27.14328 | 0.64825    | 2.28501    |
| -109.42806 | -27.14328 | 1.3344     | 1.75766    |
| -109.42792 | -27.14328 | 1.12369    | 2.47341    |
| -109.42778 | -27.14328 | 0.60269    | 1.50519    |



Plan Regulador Comunal de Isla de Pascua

| LONGITUD   | LATITUD   | u<br>(m/s) | v<br>(m/s) |
|------------|-----------|------------|------------|
| -109.42792 | -27.14314 | 0.36902    | 2.52716    |
| -109.42778 | -27.14314 | 0.39949    | 1.70669    |
| -109.42625 | -27.14231 | 1.14086    | 0.37569    |
| -109.42625 | -27.14217 | 1.8049     | 0.00884    |
| -109.42625 | -27.14203 | 3.01687    | 0.73736    |
| -109.42611 | -27.14203 | 1.51164    | 0.01909    |
| -109.42625 | -27.14189 | 3.74022    | 0.38669    |
| -109.42611 | -27.14189 | 1.86963    | 0.98639    |
| -109.42597 | -27.14189 | 0.78819    | 0.01523    |
| -109.42625 | -27.14175 | 2.79122    | 1.21188    |
| -109.42611 | -27.14175 | 2.50726    | 1.83048    |
| -109.42597 | -27.14175 | 1.2556     | 0.95009    |
| -109.42639 | -27.14161 | 3.45889    | 0.08667    |
| -109.42625 | -27.14161 | 2.55183    | 1.04961    |
| -109.42611 | -27.14161 | 1.64841    | 2.05434    |
| -109.42597 | -27.14161 | 0.81951    | 1.8324     |
| -109.42653 | -27.14147 | 3.71861    | 0.05973    |
| -109.42639 | -27.14147 | 3.19437    | 0.50994    |
| -109.42625 | -27.14147 | 2.26207    | 1.13711    |
| -109.42611 | -27.14147 | 2.10251    | 1.67319    |
| -109.42597 | -27.14147 | 0.7157     | 1.95007    |
| -109.42653 | -27.14133 | 3.44729    | 0.60723    |
| -109.42639 | -27.14133 | 3.34399    | 0.71989    |
| -109.42625 | -27.14133 | 2.82777    | 1.11601    |
| -109.42611 | -27.14133 | 0.85911    | 2.04871    |
| -109.42597 | -27.14133 | 0.38441    | 2.12079    |
| -109.42611 | -27.14119 | 0.15011    | 2.19962    |
| -109.42736 | -27.13994 | 0.489      | 3.48231    |
| -109.42708 | -27.13994 | 1.95482    | 1.7512     |
| -109.42694 | -27.13994 | 2.55092    | 0.60071    |
| -109.42681 | -27.13994 | 1.04185    | 0.83305    |
| -109.42736 | -27.13981 | 0.85531    | 3.37244    |
| -109.42722 | -27.13981 | 0.72058    | 3.20958    |
| -109.42708 | -27.13981 | 0.98487    | 2.5767     |
| -109.42694 | -27.13981 | 0.82039    | 1.8098     |
| -109.42681 | -27.13981 | 2.00225    | 1.27043    |
| -109.42667 | -27.13981 | 0.89184    | 0.86224    |
| -109.42736 | -27.13967 | 0.31305    | 3.40289    |
| -109.42722 | -27.13967 | 1.04219    | 3.01015    |
| -109.42681 | -27.13967 | 1.69504    | 1.29887    |
| -109.42667 | -27.13967 | 0.96539    | 1.57715    |
| -109.42736 | -27.13953 | 0.62865    | 3.73638    |
| -109.42722 | -27.13953 | 0.9237     | 3.29214    |
| -109.42653 | -27.13939 | 2.12122    | 1.36241    |
| -109.42639 | -27.13939 | 1.08191    | 0.05193    |
| -109.42722 | -27.13925 | 4.73375    | 0.30721    |
| -109.42708 | -27.13925 | 4.53653    | 0.09421    |
| -109.42694 | -27.13925 | 4.48567    | 0.48725    |
| -109.42653 | -27.13925 | 1.96459    | 0.9039     |
| -109.42639 | -27.13925 | 1.00229    | 0.10006    |
| -109.42694 | -27.13911 | 3.83147    | 0.19278    |
| -109.42667 | -27.13911 | 1.52691    | 1.56607    |
| -109.42653 | -27.13911 | 0.94922    | 0.36086    |
| -109.42667 | -27.13897 | 1.53521    | 1.50834    |
| -109.42722 | -27.13856 | 0.03782    | 2.29427    |
| -109.42736 | -27.13842 | 0.09433    | 4.01071    |
| -109.42722 | -27.13842 | 0.01667    | 2.44744    |
| -109.42708 | -27.13842 | 0.01511    | 1.88031    |
| -109.42708 | -27.13828 | 0.07235    | 1.85313    |
| -109.42722 | -27.13772 | 0.24413    | 2.76013    |
| -109.42708 | -27.13772 | 0.12778    | 1.56973    |
| -109.42708 | -27.13758 | 0.40673    | 1.39901    |
| -109.42694 | -27.13758 | 0.43607    | 0.61896    |
| -109.42694 | -27.13744 | 0.39801    | 0.99931    |
| -109.42694 | -27.13731 | 0.08773    | 0.93842    |
| -109.42694 | -27.13717 | 0.57485    | 1.07986    |
| -109.42694 | -27.13703 | 0.28165    | 2.19242    |
| -109.42694 | -27.13689 | 0.26605    | 2.21189    |
| -109.42681 | -27.13689 | 0.24393    | 0.50622    |
| -109.42708 | -27.13675 | 2.53229    | 1.99097    |
| -109.42694 | -27.13675 | 0.21663    | 2.55191    |

Plan Regulador Comunal de Isla de Pascua

| LONGITUD   | LATITUD   | u<br>(m/s) | v<br>(m/s) |
|------------|-----------|------------|------------|
| -109.42681 | -27.13675 | 0.30307    | 1.14291    |
| -109.42708 | -27.13661 | 2.67377    | 2.29526    |
| -109.42694 | -27.13661 | 0.33002    | 2.87611    |
| -109.42681 | -27.13661 | 0.20285    | 1.29919    |
| -109.42722 | -27.13647 | 2.98772    | 1.96463    |
| -109.42708 | -27.13647 | 2.47283    | 2.51248    |
| -109.42694 | -27.13647 | 0.434      | 3.23484    |
| -109.42681 | -27.13647 | 0.08005    | 1.30495    |
| -109.42694 | -27.13633 | 0.18414    | 3.50493    |
| -109.42681 | -27.13633 | 0.07508    | 1.4691     |
| -109.42681 | -27.13619 | 0.07555    | 1.74468    |
| -109.42681 | -27.13578 | 0.00637    | 1.43047    |
| -109.42722 | -27.13564 | 1.90211    | 2.81288    |
| -109.42708 | -27.13564 | 1.4832     | 1.64982    |
| -109.42681 | -27.13564 | 0.66246    | 0.89622    |
| -109.42722 | -27.1355  | 3.1011     | 1.09797    |
| -109.42708 | -27.1355  | 2.92476    | 1.03985    |
| -109.42694 | -27.1355  | 1.21719    | 1.14527    |
| -109.42681 | -27.1355  | 0.61469    | 1.00175    |
| -109.42722 | -27.13536 | 2.95378    | 0.81587    |
| -109.42708 | -27.13536 | 2.28714    | 1.01243    |
| -109.42694 | -27.13536 | 0.87217    | 1.66167    |
| -109.42681 | -27.13536 | 0.35487    | 1.37272    |
| -109.42736 | -27.13522 | 0.28005    | 2.63977    |
| -109.42722 | -27.13522 | 0.34843    | 2.43926    |
| -109.42708 | -27.13522 | 0.18659    | 2.28207    |
| -109.42694 | -27.13522 | 0.25335    | 2.01792    |
| -109.42681 | -27.13522 | 0.1444     | 1.63676    |
| -109.42722 | -27.13453 | 0.07943    | 4.19502    |
| -109.42736 | -27.13439 | 0.77604    | 4.36839    |
| -109.42722 | -27.13439 | 0.65421    | 4.04209    |
| -109.42736 | -27.13425 | 0.6261     | 3.84988    |
| -109.42722 | -27.13425 | 0.75762    | 3.6307     |
| -109.42708 | -27.13425 | 0.42647    | 2.26989    |
| -109.42722 | -27.13411 | 0.4809     | 3.22412    |
| -109.42708 | -27.13411 | 0.37429    | 2.24584    |
| -109.42722 | -27.13397 | 0.15253    | 3.16662    |
| -109.42708 | -27.13397 | 0.25465    | 2.28766    |
| -109.42556 | -27.12939 | 0.35177    | 1.5078     |
| -109.42472 | -27.12842 | 0.21065    | 0.32025    |
| -109.42347 | -27.12661 | 0.65379    | 0.00211    |
| -109.42361 | -27.12647 | 1.5312     | 0.0618     |
| -109.42361 | -27.12633 | 1.1947     | 0.11972    |
| -109.42278 | -27.12425 | 0.05889    | 0.29903    |
| -109.42292 | -27.12411 | 0.047      | 0.63859    |

Fuente: Elaboración propia.

### 1.2.3 Síntesis de riesgo natural

La zonificación de riesgos para Isla de Pascua, responde principalmente respecto de aquellas amenazas naturales indicadas por la normativa vigente (Artículo 2.1.17 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción), donde es posible reconocer:

1. Zonas inundables o potencialmente inundables por tsunamis.
2. Zonas propensas a avalanchas, rodados, aluviones o erosiones acentuadas.

Para las zonas inundables (1), la amenaza de tsunami para el área de estudio es potencialmente alta, debido a las múltiples fuentes que pudiese afectar la zona costera de la isla. El evento tsunamigénico de diseño más adecuado para realizar la estimación de amenaza de tsunami usando simulación numérica es el Mw 9.5, Valdivia, Chile. Aunque por efectos de directividad de la propagación, no deben ser descartados eventos mayores ocurridos en la zona central y norte de Chile. La simulación del evento Mw 9.5, Valdivia, Chile muestra un impacto a las 5 horas y 10 minutos después de ocurrido el terremoto.

Las alturas máximas observadas muestran inundaciones en las localidades de Hanga Hotuiti (10 metros), Hanga Roa (6 metros), Hanga Anakena (8 metros). Las mayores inundaciones de la isla se producen en las bahías localizadas en el sureste con valores que fluctúan entre los 6 a 20 metros. La zona norte de la isla presenta una afectación mínima.

Por lo anterior, la línea de inundación por Tsunami incorporada en este informe corresponde a aquella generada por este evento.

Respecto de inundación por cauces naturales, esta es inexistente debido principalmente a que la Isla de Pascua al ser de origen volcánico y presentar un escurrimiento de tipo netamente torrencial de alimentación pluvial, posee una alta permeabilidad drenando gran parte del agua caída hacia el acuífero, no presentando cursos de agua continuos, solo torrenciales.

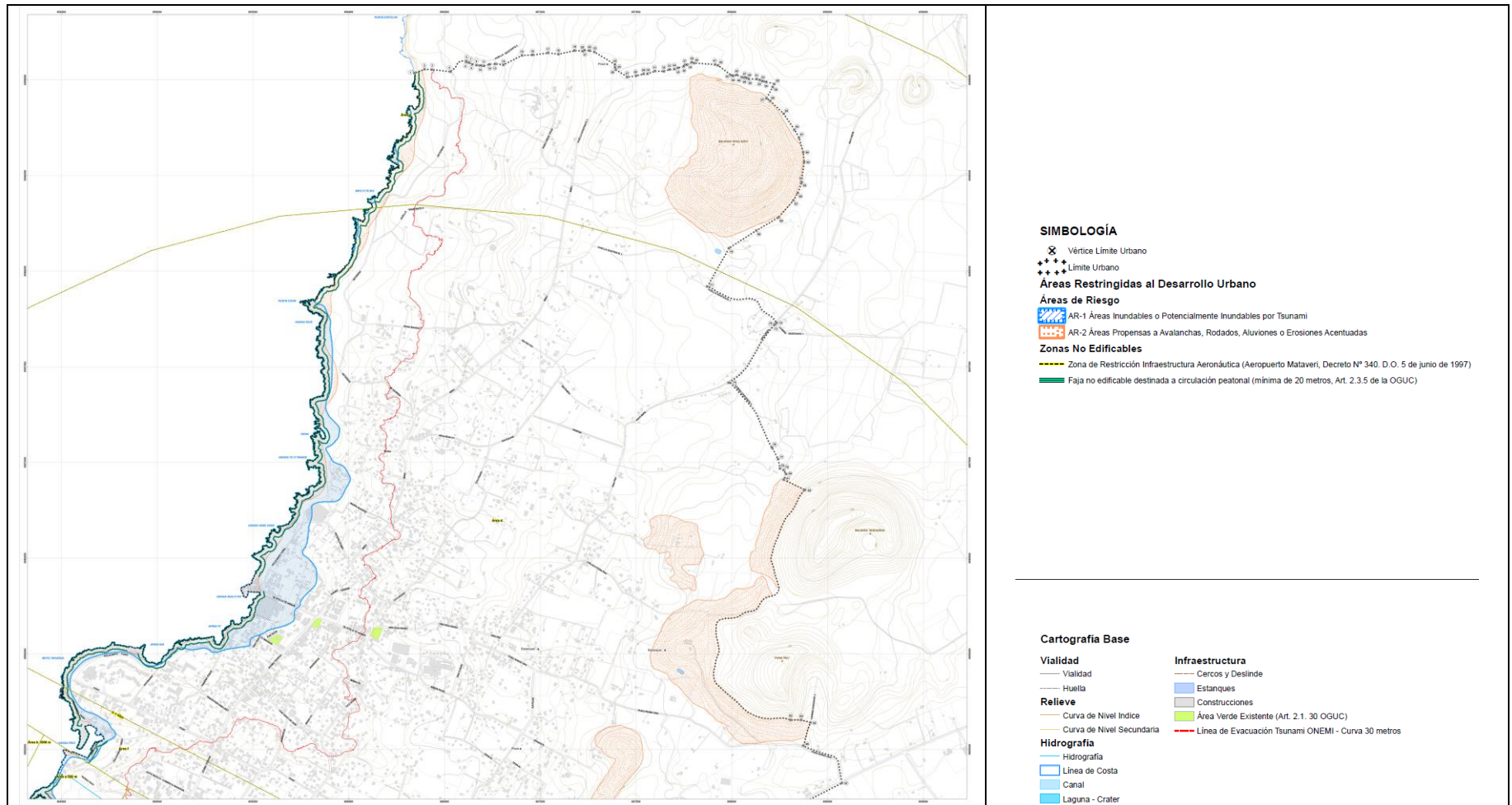
Respecto de las áreas remocivas (2), en el escenario urbano predominan sectores sin altas pendientes, acompañadas por coberturas vegetales no menores, es por esto que la extensión con mayor nivel areal es denominada como de baja susceptibilidad a procesos remosivos. No obstante, en los sectores costeros se manifiestan los mayores niveles de pendientes, asociándosele los niveles más altos de posibilidad de procesos remosivos.

Hanga Roa está flanqueado en el oriente, por conos parásitos, asociados a los procesos volcánicos que formaron la isla, son en estos sectores que principalmente se acogen los procesos de potencialidad remosiva identificados en el presente análisis. Sectores vinculados a Puna Pau y camino Vaitea-Anakena, se muestran con evidencia de procesos de remoción, los que podrían afectar a población que ha usado áreas vecinas para instalar viviendas; el sector por esto ha sido clasificado con la tipología de Alta susceptibilidad a procesos remosivos.

En torno a los resultados anteriores, se recomienda que, en sectores de susceptibilidad **muy alta y alta** de remoción en masa, sea restringido a usos no habitacionales.

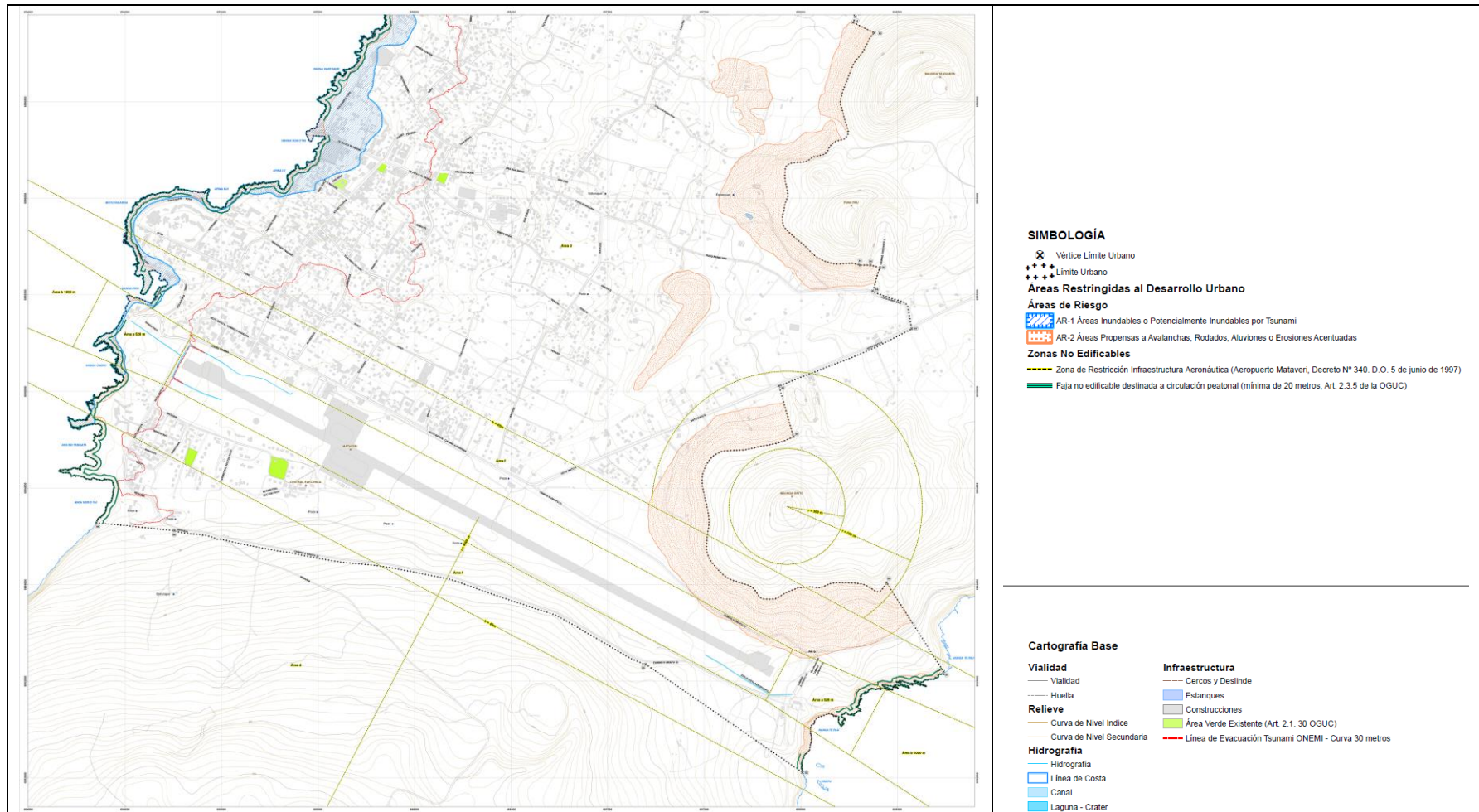
Los sectores clasificados con características de Media susceptibilidad a procesos remosivos, se vinculan a áreas que si bien no muestran altos niveles de pendiente, presentan cierto grado de inclinación los cuales pueden asociarse a activar la dinámica del área, pero a niveles menores. Esto se muestra al norte de Hanga Roa, en sectores vecinos al Mauna Roiho, el cual da cuenta de sectores con alto nivel de cobertura vegetal, pero en donde se evidencian ciertos escarpes que pueden promover una actividad remosiva. Para estos casos, se sugiere precaución en los usos de suelos, principalmente, para no alentar dinámicas erosivas.

## Ilustración 66 Áreas de Riesgos Hanga Roa – LÁMINA 1



Fuente: Elaboración propia.

## Ilustración 67 Áreas de Riesgos Hanga Roa – LÁMINA 2



Fuente: Elaboración propia.