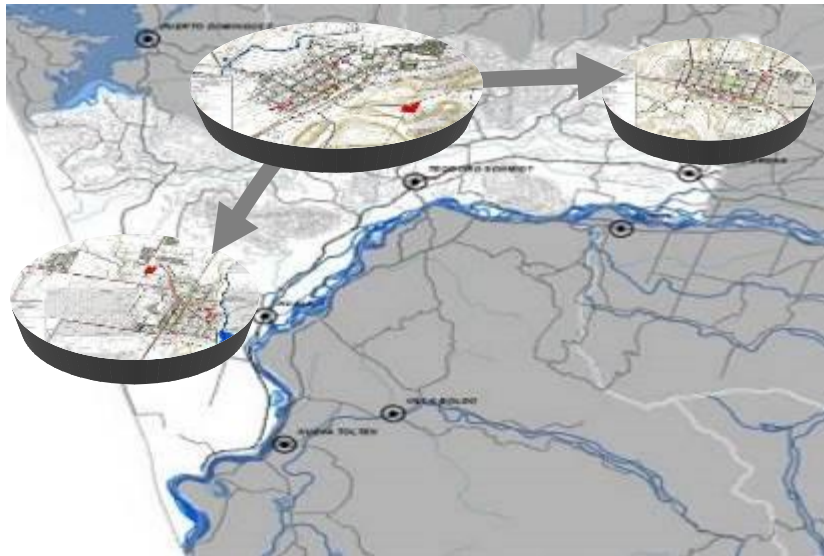


**ESTUDIO “ANÁLISIS EAE
PLAN REGULADOR COMUNAL
TEODORO SCHMIDT”
ID 660-9-B216**



ESTUDIO DE RIESGOS

AGOSTO 2022



TABLA DE CONTENIDOS

1.	INCORPORACIÓN DE RIESGO EN INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL ...	4
1.1.	DEFINICIÓN DE CONCEPTOS.....	5
1.2.	AMENAZAS DE ORIGEN NATURAL CONSTITUTIVAS DE RIESGO	6
1.2.1.	Inundaciones costeras asociadas a tsunamis o maremotos.....	6
1.2.2.	Inundación por desborde fluvial	7
1.2.3.	Fenómeno de inestabilidad de laderas: remoción en masa	8
1.3.	AMENAZAS POR INTERVENCIÓN HUMANA	11
1.3.1.	Amenaza o peligro de incendio	11
2.	DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DE RIESGOS Y PROTECCIONES.....	16
2.1.	INUNDACIONES COSTERAS ASOCIADAS A TSUNAMI O MAREMOTOS	16
2.1.1.	Inundación por tsunami, localidad de Hualpín	18
2.2.	INUNDACIÓN POR DESBORDE FLUVIAL	19
2.2.1.	Manifestación de inundaciones en la localidad de Teodoro Schmidt	26
2.2.2.	Inundación por acumulación de aguas lluvias en áreas endorreicas o anegamiento	28
2.3.	FENÓMENO DE INESTABILIDAD DE LADERAS: REMOCIÓN EN MASA	28
2.4.	AMENAZAS DE ORIGEN NATURAL CONSTITUTIVAS DE RIESGO POR LOCALIDAD	30
2.4.1.	Inundación por tsunami.....	30
2.4.2.	Identificación de amenaza de inundación por desborde de río y estero.....	30
2.4.3.	Eventos pluviométricos como factor desencadenante.....	33
2.5.	SÍNTESIS DE AMENAZAS DE ORIGEN NATURAL CONSTITUTIVAS DE RIESGO	39
2.6.	SISMICIDAD	41
2.7.	AMENAZA O PELIGRO DE INCENDIO FORESTAL	42
3.	VULNERABILIDAD Y EXPOSICIÓN	45
3.1.	EXPOSICIÓN.....	46
3.1.1.	Edificaciones estratégicas.....	46
3.1.2.	Vulnerabilidad	48
3.1.3.	Ponderación de Resultados	49
3.1.4.	Vulnerabilidad en las localidades en estudio	50
4.	RIESGOS PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO	53
5.	CRITERIOS DE INCORPORACIÓN DE RIESGOS EN EL ANTEPROYECTO	69
6.	NORMATIVA APLICABLE AL PROYECTO	70
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	74

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Escala de grados de un tsunami.....	7
Cuadro 2.	Clasificación de pendientes y umbral Geomorfológico	10
Cuadro 3.	Eventos meteorológicos de inundaciones en la región y la comuna de Teodoro Schmidt	24
Cuadro 4	Ponderación de Variables.....	32
Cuadro 5	Factores de exposición y vulnerabilidad de competencia de un PRC.....	45
Cuadro 6	Ponderación de factores y criterios de vulnerabilidad actual	50
Cuadro 7	Calificación del riesgo en función de los niveles de peligro y vulnerabilidad.....	53
Cuadro 8	Normas urbanísticas aplicables	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Comunas con mayor ocurrencia de incendios forestales, promedio 2000 – 2009. Línea Base de Trabajo de Prevención, 2010 – 2014.	13
Figura 2.	Espacio de Supervivencia.....	14
Figura 3.	Referencia inundación por tsunami, carta Puerto Saavedra.....	17
Figura 4.	Inundación por tsunami, localidad de Hualpín. Comuna de Teodoro Schmidt	18
Figura 5.	Climograma	19
Figura 6.	Geomorfología sector río Imperial – río Toltén	20
Figura 7.	Geo formas y unidades geomorfológicas de la comuna de Teodoro Schmidt	21
Figura 8.	Hidrogeología de la comuna de Teodoro Schmidt.....	22
Figura 9.	Carta de peligro por inundación fluvial	23
Figura 10.	Áreas afectadas de la comuna de Teodoro Schmidt	27

PLAN REGULADOR COMUNAL DE TEODORO SCHMIDT – ESTUDIO DE RIESGOS

Figura 11.	Hidrogeología de la comuna de Teodoro Schmidt.....	29
Figura 12.	Factores condicionantes de amenaza de inundación por desborde de río en las localidades	31
Figura 13.	Identificación de amenaza constitutiva de riesgo a partir de cartografía participativa	32
Figura 14.	Estaciones meteorológicas asociadas a la comuna	33
Figura 15.	Precipitaciones máximas anuales en 24 hs.....	34
Figura 16.	Amenaza de inundación por desborde de río o estero, Teodoro Schmidt.....	35
Figura 17.	Amenaza de inundación por desborde de río o estero, Hualpín	35
Figura 18.	Amenaza de inundación por desborde de río o estero, Barros Arana.....	36
Figura 19.	Amenaza de Remoción en masa, Teodoro Schmidt.....	37
Figura 20.	Amenaza de Remoción en masa, Hualpín	38
Figura 21.	Amenaza de Remoción en masa, Barros Arana.....	38
Figura 22.	Síntesis de amenazas para Teodoro Schmidt.....	39
Figura 23.	Síntesis de amenazas para Hualpín.....	40
Figura 24.	Síntesis de amenazas en Barros Arana	41
Figura 25.	Zonificación Sísmica de Chile, Norma Sísmica NCh 433.	42
Figura 26.	Peligro de incendio forestal en Teodoro Schmidt	43
Figura 27.	Peligro de incendio forestal en Hualpín.....	43
Figura 28.	Peligro de Incendio Forestal en Barros Arana	44
Figura 29.	Vulnerabilidad actual en Teodoro Schmidt.....	51
Figura 30.	Vulnerabilidad actual en Hualpín.....	52
Figura 31.	Vulnerabilidad actual en Barros Arana	52
Figura 32.	Esquema para la identificación de riesgo por localidad	54
Figura 33.	Síntesis de amenazas y riesgo para la localidad de Teodoro Schmidt	55
Figura 34.	Síntesis de amenazas y riesgo para la localidad de Barros Arana	57
Figura 35.	Amenazas y riesgo para la localidad de Hualpín.....	58
Figura 36.	Riesgo de inundación en los centros urbanos	59
Figura 37.	Riesgo de Incendio en Teodoro Schmidt.....	61
Figura 38.	Riesgo de Incendio en Hualpín	61
Figura 39.	Riesgo de incendio en Barros Arana.....	62
Figura 40.	Vulnerabilidad proyectada en Teodoro Schmidt.....	64
Figura 41.	Vulnerabilidad proyectada en Barros Arana	64
Figura 42.	Vulnerabilidad proyectada en Hualpín.....	65
Figura 43.	Riesgo proyectado Teodoro Schmidt	66
Figura 44.	Riesgo proyectado en Barros Arana	67
Figura 45.	Riesgo probable en Hualpín.....	67
Figura 46.	Proyecto localidad de Teodoro Schmidt.....	71
Figura 47.	Proyecto localidad de Barros Arana	72
Figura 48.	Proyecto localidad e Hualpín	73

1. INCORPORACIÓN DE RIESGO EN INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL

Los Estudios de Riesgo forman parte de la Memoria Explicativa de un Plan Regulador Intercomunal o Comunal, y su exigencia está consignada en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.

Esta Ordenanza las define, en su Artículo 2.1.17, en cuanto “Áreas Restringidas al Desarrollo Urbano, por constituir un peligro potencial para los asentamientos humanos”. Dichas áreas se clasifican en áreas de riesgo” y “zonas no edificables”, dependiendo de su naturaleza.

Las “áreas de riesgo” corresponden a aquellos territorios en los cuales, previo estudio fundado, se limite determinado tipo de construcciones por razones de seguridad contra desastres naturales u otros semejantes, que requieran para su utilización, obras de ingeniería o de otra índole suficientes para subsanar o mitigar tales efectos.

Es decir, el instrumento de planificación territorial (en adelante IPT), en este caso el Plan Regulador Comunal, sobre la base del Estudio de Riesgos, identifica áreas en las cuales se podrán localizar los usos de suelo y actividades que se permitan en la zona respectiva, con la condición de ejecutar las obras que mitiguen o subsanen la amenaza que llevó a definir las como áreas de riesgo, aprobadas por el organismo competente. Por su parte, la especificación de las obras a ejecutar debe estar contenida en un nuevo estudio, denominado “Estudio Fundado de Riesgos” que acompaña a la solicitud de Permiso del proyecto respectivo.

De esta manera, en el plan regulador se diferencia el territorio urbano normado que se encuentra expuesto a una amenaza natural, exigiendo obras de mitigación, para que su ocupación sea segura.

En el plan regulador por lo tanto, se adoptan las medidas pertinentes para prevenir la aparición de una condición de vulnerabilidad potencial en áreas expuestas a una amenaza, condicionando su ocupación.

La OGUC clasifica las “áreas de riesgo” en base a las siguientes características:

- a.- **Zonas inundables o potencialmente inundables, debido entre otras causas a maremotos o tsunamis, a la proximidad de lagos, ríos, esteros, quebradas, cursos de agua no canalizados, napa freática o pantanos¹.**
- b.- **Zonas propensas a avalanchas, rodados, aluviones o erosiones acentuadas.**
- c.- **Zonas con peligro de ser afectadas por actividad volcánica, ríos de lava o fallas geológicas.**

¹ Modificado por D.S. 9 D.O. 13.04.11, modifica frase (Fuente: D.S. N° 47, O.G.U.C).

d.- Zonas o terrenos con riesgos generados por la actividad o intervención humana.

En síntesis, en los IPT, la definición de “áreas de riesgo” establece las normas urbanísticas que aplican a los proyectos que se ejecuten en dicha área; asimismo, a través de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC), se señala que *“para autorizar proyectos en ellas, se necesita un nuevo Estudio Fundado que determine acciones que deberán ejecutarse para su utilización, incluida la Evaluación de Impacto Ambiental”* (OGUC, 2014:72).

Las “zonas no edificables”, corresponden a aquellas que, por su especial naturaleza y ubicación, no son susceptibles de edificación, aceptándose en ellas actividades de tipo transitorias.

Estas “zonas”, corresponden a aquellas franjas o radios de protección de obras de infraestructura peligrosa, establecidas por el ordenamiento jurídico vigente.

Siguiendo con esta definición y para efectos de este Estudio, se desarrollaron los siguientes aspectos:

- Diagnóstico y análisis de riesgos en el territorio en estudio, subdivididas de acuerdo a las características que poseen las “áreas de riesgo” y su definición en la OGUC.
- Síntesis de Riesgos
- Criterios de incorporación de riesgos en el Plan
- Normativa de riesgo en el PRC

1.1. DEFINICIÓN DE CONCEPTOS

En el marco de este estudio, se utiliza el concepto de amenaza y riesgo de desastre:

Riesgo (R) = Amenaza (A) x Vulnerabilidad (V)

Amenaza: un evento físico potencialmente perjudicial, que puede causar pérdida de vidas o lesiones, daños materiales, grave perturbación de la vida social y económica o degradación ambiental².

Riesgo: probabilidad de que se presenten consecuencias desfavorables en lo económico, social o ambiental, en un sitio particular y durante un tiempo de exposición determinado, producto de peligros o amenazas de origen natural o antrópico. La determinación del riesgo se obtendrá de la relación entre la amenaza de concreción del desastre y la vulnerabilidad de la población, el territorio o el medio ambiente potencialmente afectado³.

Cabe destacar que para esta segunda definición, el marco normativo de los planes reguladores no se hace cargo de la situación de vulnerabilidad existente, por lo que se entiende que riesgo es equivalente a amenaza. Por lo tanto, corresponde establecer áreas

² Definición en base a: UNISDR. 2009. Terminología sobre Riesgos de desastre. 43p.

³ Definición en base a: proyecto de Ley; Sistema Nacional de Emergencia y Protección Civil

que han desarrollado o que presentan distintas susceptibilidades a manifestar eventos naturales que impliquen alteración de la salud e integridad física de las personas, actividades o infraestructura. Es decir, que constituyan áreas de uso condicionado o de restricción al uso habitacional o bien se requiera de un manejo especial de estas áreas potencialmente expuestas.

Visto así, el riesgo se puede potenciar cuando aumenta la peligrosidad (amenaza) o cuando aumenta la vulnerabilidad. En consecuencia, podemos decir que si bien la peligrosidad no se puede regular o programar, sí se puede manejar el riesgo, en la medida que **se regule la vulnerabilidad del área potencialmente afectada**, ya sea por acción directa sobre ésta o por la planificación normativa que ordene el desarrollo, ocupación o transformación del territorio.

El objetivo es entonces el control o disminución de la vulnerabilidad existente o potencial en los territorios normados, mediante la zonificación o regulación normativa de competencia del PRC, para dicha área, de acuerdo con la aplicación del art. 2.1.17 de la OGUC.

1.2. AMENAZAS DE ORIGEN NATURAL CONSTITUTIVAS DE RIESGO

Las amenazas naturales constituyen escenarios de fragilidad ambiental, los que sumados a la potencial exposición de la población y la vulnerabilidad de la misma, configuran espacios geográficos de riesgo.

1.2.1. Inundaciones costeras asociadas a tsunamis o maremotos

Corresponden a procesos que ocurren en el mar, expresado en una serie de olas de gran energía y magnitud, causadas por perturbaciones que impulsan y desplazan verticalmente una columna de agua. Los factores desencadenantes más frecuentes son terremotos que ocurren bajo o cerca de la superficie oceánica, aunque menos comúnmente por deslizamientos submarinos, grandes derrumbes en el borde costero, erupciones volcánicas, el impacto de meteoritos o la combinación de éstos (Bryant, 2008; Kusky, 2008; Dawson, 2005 en Ibarra, 2013). Corresponde a eventos extremos, poco frecuentes pero de rápida generación, responsables de extensas destrucciones a lo largo del borde costero.

A medida que incrementa la magnitud de un terremoto y/o disminuye la profundidad del epicentro, la magnitud del tsunami aumenta (Lagos, 2000), sin embargo, en base a los factores condicionantes para esta amenaza, un tsunami al arribar a las costas puede presentarse en una amplia variedad de expresiones, atenuando o disminuyendo su efecto en función de la batimetría cerca de la costa, el estado de las mareas, la morfometría y exposición del litoral, y la morfometría costera (Huddart y Stott, 20010, Kusky, 2008 en Ibarra, 2013). El *run up* es la diferencia entre la elevación de avance máximo de un tsunami hacia el continente (línea de inundación) y el nivel del mar en el momento del tsunami, es decir, es la medida donde hay evidencia del límite de inundación sobre la costa (Kusky, 2008).

Finalmente, y desde el punto de vista de la estimación de daños asociada a la magnitud del tsunami, Inamura y Lida (1949, en Lagos, 2000 y Monge, 1993), donde se encuentran las escalas más bajas y menos dañinas, con alturas de ola de 1 a 2 metros, así como alturas mayores que pueden superar los 30 metros (tabla siguiente).

Cuadro 1. Escala de grados de un tsunami

Grado de tsunami (m)	Altura de ola (m)	Altura máxima de inundación (<i>run up</i>) (m)	Daños
0	1 a 2	1 a 1,5	No produce daños
1	2 a 5	2 a 3	Casas inundadas y botes destruidos son arrastrados
2	5 a 10	4 a 6	Hombres, barcos y casas son barridos
3	10 a 20	8 a 12	Daños extendidos a lo largo de 400 km de la costa
4	>30	16 a 24	Daños extendidos sobre más de 500 km a lo largo de la línea de costa

Fuente: Habiterra, 2011; Lagos 2000; Monge, 1993 en Ibarra, 2013.

La constante amenaza de tsunami sobre las costas de nuestro territorio se sustenta por la localización geográfica de Chile frente a una zona de subducción cortical, proceso que involucra la generación de sismos. Los terremotos son el principal mecanismo generador de estas ondas, siempre y cuando presenten magnitudes superiores a 6,5 en la escala Richter, hipocentros superficiales (inferiores a 60 km) y epicentros oceánicos y continentales cercanos a la línea de costa (LIDA, 1983 en Ibarra, 2013). Antecedentes de tsunami en las costas de Chile, desde mediados del siglo XVI, dan cuenta trece eventos cada quince años en promedio durante el periodo de 1550 al año 1800, destacando el tsunami de 1730.

Para el periodo 1800-1900 se incrementan los registros a 21 eventos, caracterizándose este tramo por la ocurrencia de más de un tsunami en el mismo año, es el caso de los eventos de 1849, 1868, 1869 y 1871. Sobresalen los devastadores tsunamis de 1868 y 1877. Durante el periodo 1900-2000 los registros son de 68 tsunamis, predominando eventos que no produjeron daños, este aumento se justifica por la existencia instrumental capaz de detectarlos. Sobresale el tsunami de 1922 y el destructor evento de mayo de 1960.

1.2.2. Inundación por desborde fluvial

La inundación por desborde fluvial es un proceso que se produce cuando el gasto o caudal producido por lluvias intensas o continuas generadas en una cuenca superan la capacidad de retención de los cauces y el suelo, por lo que el exceso de agua escurre fuera del mismo, hacia las partes más bajas. Las inundaciones fluviales son fenómenos naturales que se convierten en riesgos cuando los espacios ocupados por las poblaciones abarcan las llanuras de inundación y terrazas fluviales bajas (Garnica y Alcántara, 2004; Pérez y López, 2010 en Ibarra, 2013).

De acuerdo con Ibarra (2013), los incrementos del caudal son desencadenados por deshielos, crecidas y/o avenidas; estas dos últimas difieren en las causas que desencadenan los aumentos del caudal (Olcina, 1994; Camarasa, 2002 en Díez-Herrero, 2008). Mientras que las crecidas responden a precipitaciones generalizadas y de larga duración, o fusión progresiva de nieve y deshielo glaciar, las avenidas se deben a precipitaciones intensas y concentradas, roturas de represas naturales (lagos) o artificiales (represas), o por fusión repentina de nieve o hielo producto de la actividad volcánica (Díez-Herrero, 2008).

Además de los factores desencadenantes mencionados anteriormente, los factores condicionantes son los parámetros hidromorfoométricos de las cuencas (pendiente media, forma, área, densidad de drenaje, entre otros), los tipos de suelo, impermeabilización antrópica de los usos de suelo, grado de cobertura vegetal, nivel de los acuíferos, tipo de sustrato que conforma el lecho, las características geométricas del cauce o de los colectores artificiales y las condiciones geomorfológicas en torno a los márgenes de los ríos y canales (Charlton, 2008; Kondolf y Piégay, 2003).

1.2.3. Fenómeno de inestabilidad de laderas: remoción en masa

Término que hace referencia a una variedad de procesos que generan el movimiento lento o rápido de un determinado volumen de suelo, roca o ambos en una ladera, donde los materiales se desplazan hasta una cota inferior a la original (Varnes, 1984; Hauser, 2000; Hunt, 2007), lo que da cuenta de que estos procesos son resultado de la influencia directa de la gravedad y pueden ser desencadenados por factores externos, es decir, todos aquellos que producen un incremento en la tensión o esfuerzos pero no en la resistencia del material (variaciones en las condiciones hidrogeológicas, meteorológicas, sismos o alteraciones en la geometría de taludes); y factores internos o inherentes a los materiales, los cuales disminuyen la resistencia de estos, sin cambiar la tensión o esfuerzos (litología, estructura, propiedades físicas, comportamiento hidrogeológico, entre otras).

En consecuencia, Lara y Sepúlveda (2008), señalan que la susceptibilidad de que la susceptibilidad de que una ladera presente remociones en masa está en función de la interacción de factores condicionantes con los agentes desencadenantes, ya que todos ellos contribuyen en diferente grado a la inestabilidad. Los primeros hacen referencia a elementos como la geología, geotecnia, geomorfología, hidrología e hidrogeología, vegetación, clima y actividad antrópica; y los segundos, derivan comúnmente de las precipitaciones, sismos y otros factores menos frecuentes como por ejemplo la actividad volcánica, derretimientos de nieve y factores antrópicos, etc.

Aunque existen varias taxonomías para clasificar los distintos procesos de remoción en masa, la más aceptada y aplicada a nivel internacional se basa en el mecanismo del movimiento (Dikau, 2004; Alcántara, 1999), derivada de los planteamientos de Varnes (1978) y Cruden y Varnes (1996), la cual se fundamenta en la naturaleza del material movilizado de tipo roca, detritos, suelo y el tipo de movimiento: desprendimientos o caídas (*falls*), deslizamientos (*slides*), flujos (*flows*), volcamientos (*toppling*), extensiones laterales o propagación (*spreads*) y complejos (*complex*) (Lara y Sepúlveda, 2008; Cornforth, 2005; Dikau, 2004; Bloom, 1998 en Ibarra, 2013).

De acuerdo a la naturaleza de los materiales en movimiento, al contenido de agua y a la resistencia al desplazamiento, los procesos gravitacionales son de velocidad muy variable (Summerfield, 1991), siendo el principal factor en la comuna de Teodoro Schmidt, la topografía y el grado de pendiente. Las condiciones litológicas de las laderas son también factores que potencializan la ocurrencia de este tipo de eventos: La baja cohesión del maicillo, impermeabilidad de las arenas limo arcillosas, presencia de mantos arcillosos a diferentes profundidades y espesores, convierten a las alteritas en elementos frágiles y vulnerables a desplazamientos gravitacionales.

Del mismo modo, la acción del agua en sus diferentes modalidades, como: escurrimientos internos, escorrentías superficiales, formas de la red de drenaje, magnitudes e intensidades de las lluvias, conjuntamente con los factores anteriores, intervienen también, en el desencadenamiento de ellos. El agua cuando logra infiltrarse, provoca la hidratación de los elementos arcillosos, cuya fluidez hará deslizar los materiales superficiales.

Habrán mayores probabilidades de ocurrencia, en el caso de aquellas laderas expuestas al norte, dirección de los vientos y lluvias de los meses de invierno.

Sin embargo, no siempre las condiciones naturales son las más importantes, puesto que la experiencia demuestra, en ciertos casos, que las actuaciones antrópicas constituyen, en gran medida, factores desencadenantes. Las acciones sobre la vegetación como: tala de árboles, raleo, desbroce, incendios forestales, movimientos artificiales de suelos como: terraplenes, extracción de materiales, excavaciones y corte artificiales. Instalaciones de infraestructuras urbanas como: vías y accesos, viviendas, redes de servicios, jardines y prados, constituyen acciones que pueden debilitar y romper los equilibrios naturales de las laderas.

La ausencia de vegetación, la intensidad de lluvias acumuladas, las pendientes fuertes (muy riesgosa las de más de un 45%), la alta capacidad de hidratación de las arcillas en el manto alterado, la falta de coherencia del material superficial, y las intervenciones antrópicas son entre otros, factores que podrían desencadenar movimientos de masas en el área de estudio.

El riesgo de erosión hídrica, en el área de estudio está determinado por las características físicas del medio. Los elementos del medio local directamente relacionado con este riesgo son: suelo, vegetación, pendiente y clima.

1. *El suelo:* el agua de escorrentía, al fluir por la superficie del suelo inclinado, tiende a arrastrar las partículas del mismo. La erosión que origina es mayor cuanto más fácilmente disgregables sean dichas partículas. El manto de arenisca, la composición del suelo y subsuelo, la impermeabilidad del horizonte superficial crea condiciones de alta vulnerabilidad a la erosión hídrica.
2. *La vegetación:* interesa por su grado de protección que ofrece al suelo frente a la erosión hídrica, según el tipo y forma de la cubierta vegetal y en el porcentaje del suelo cubierto. El bosque denso de pino radiata y el eucaliptus, cumplen bien estos requisitos, menos la vegetación baja y arbustiva que predomina en lugares específicos de las laderas del área.

Por tanto, la ausencia de vegetación, y especialmente del bosque denso, dejará a los suelos, recientemente descrito como frágiles y, expuestos a los diferentes tipos de erosión.

3. *La pendiente*: determina el potencial de arrastre del agua de escorrentía. Cuanto mayor sea el ángulo de la pendiente, mayor será la energía potencial que adquiere las gotas de lluvia.
4. El clima: Las condiciones pluviométricas del clima de esta región donde llueve torrencialmente, son más favorables al desencadenamiento de la erosión hídrica. El hecho que más influye, como se señaló en el análisis de la línea de base es la intensidad de las lluvias en unidad de tiempo.

Los procesos de remoción en corresponden a procesos de movilización lenta o rápida de volúmenes variables de suelo, roca o la combinación de ambos, bajo la influencia directa de la gravedad, generados por una serie de factores (Hauser, 2000). Esta amenaza se debe a la morfo-dinámica e inestabilidad de laderas, siendo los factores desencadenantes aquellos vinculados con el clima, la morfometría, la morfología y litología y los procesos hídricos. De éstos, los factores morfométricos son los más importantes para el proceso de remoción en masa, principalmente debido al grado de pendiente, determinante para la definición de umbrales geomorfológicos relevantes, como consta en el cuadro siguiente:

Cuadro 2. Clasificación de pendientes y umbral Geomorfológico

Pendiente en grados	Pendiente en porcentajes	Concepto	Umbral geomorfológico
0 – 2	0 – 4.5	Horizontal	Erosión nula a leve
2 – 5	4.5 – 11	Suave	Erosión débil, difusa. Sheet wash. Inicio de regueras. Soliflucción fría.
5 – 10	11 – 22	Moderada	Erosión moderada a fuerte. Inicio de erosión lineal y desarrollo de regueras. Presencia de flujo atenuado. Deslizamientos (7° en margas).
10 - 20	22 – 44.5	Fuerte	Erosión intensa. Erosión lineal frecuente. Cárcavas incipientes. Deslizamientos (15° en arcillas).
20 -30	44.5 – 67	Muy fuerte a moderadamente escarpada	Cárcavas frecuentes. Movimientos en masa. Reptación. > 25° Flujos, deslizamientos (20° en arenas).
30 - 45	67 - 100	Escarpada	Coluvionamiento. Soliflucción intensa. Inicio de derrubación.
+ de 45	+ de 100	Muy escarpada a acantilada	Desprendimientos y derrumbes. Corredores de derrubios frecuentes.

Fuente: Araya- Vergara & Börgel 1972, Joung 1975, Jaque 1995 y Pedraza 1996.

A partir del marco conceptual anteriormente expuesto, el análisis de riesgos para la comuna de Teodoro Schmidt se estructuró en tres etapas, la primera referida a la revisión bibliográfica de las condiciones geomorfológicas que permiten dar cuenta de aquellas unidades morfodinámicas inestables que son la base para el establecimiento de los procesos de remoción en masa y de procesos de desbordes fluviales y anegamientos.

Esta información se complementa con la identificación y verificación en terreno de las unidades geomorfológicas obtenidas de bibliografía, así como la participación ciudadana, a partir de la cual la población, a través de cartografía participativa, identificó aquellas áreas que históricamente tienen alguna amenaza o riesgo.

1.3. AMENAZAS POR INTERVENCIÓN HUMANA

1.3.1. Amenaza o peligro de incendio

Si bien la amenaza o peligro de incendio no está incorporada como tal en el Art.2.1.17, el mencionado artículo establece que, en los planes reguladores *“podrán definirse áreas restringidas al desarrollo urbano, por constituir un peligro para los asentamientos humanos”*. Asimismo, en el séptimo inciso, define las características en función de las cuales se determinan las áreas de riesgo, incluyendo entre éstas las *“zonas o terrenos con riesgos generados por la actividad o intervención humana”*. En este sentido, se considera relevante definirlo en la medida que corresponde a un riesgo generado por la actividad o intervención humana, pudiendo afectar a los centros poblados y las actividades productivas.

Sin embargo, a raíz de la catástrofe provocada por el incendio ocurrido el 12 de abril de 2014 en los cerros de Valparaíso y de la falta de definición respecto de áreas de riesgo por incendio en la LGUC y su Ordenanza, la División de Desarrollo Urbano del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, a través de la DDU N° 269, establece las facultades de los Planes Reguladores Intercomunales (PRI) y Planes Reguladores Comunales (PRC) respectivamente, respecto de las materias que estos instrumentos pueden normar de acuerdo con sus correspondientes ámbitos de acción, dando cuenta de que *“el riesgo por incendio corresponde eminentemente a un riesgo generado por la actividad o intervención humana, y en consecuencia, para su incorporación a los planes reguladores intercomunales y/o comunales deberá ser considerado como tal”* (DDU N° 269 de 2014).

El incendio, entendido como una propagación de fuego descontrolada que actúa sobre un componente físico, se puede considerar en la planificación territorial como una amenaza a recursos naturales, así como al sistema de configuración espacial (edificaciones e intervenciones espaciales realizadas por el hombre) alcanzando vidas humanas y ecosistemas. La presencia de incendios sobre los componentes construidos del sistema de centros urbanos, es la materia que interesa evaluar para el área de incidencia del PRC.

En Chile, el 99% de los incendios forestales se manifiestan por causas humanas, mientras que el 1% es producido por causas naturales.

En la planificación territorial interesa identificar la denominada por CONAF (2013) *“Interfase Urbano – Forestal”*, es decir, aquellos territorios que poseen áreas pobladas cercanas a plantaciones de tipo forestal, lo que las hace más vulnerables a incendios.

La definición de esta *“Interfase”* no es muy clara, existiendo para ella las siguientes definiciones:

- “zona en la que se encuentran o mezclan viviendas e instalaciones con vegetación forestal, ya sea en edificaciones dispersas o en el borde de núcleos compactos,
- “zona en la que las edificaciones entran en contacto con un monte”
- “terrenos alrededor de las viviendas que disten 400 metros o menos de zonas con una peligrosidad de incendio forestal media o superior”.

Los incendios son más frecuentes en la Interfase urbano/forestal debido a la mayor presencia de personas. El descuido, la recreación, las líneas eléctricas dañadas, la quema de basura y la actividad industrial, constituyen una fuente potencial de ignición del fuego. Incendios causados por rayos también pueden poner en peligro las áreas de interfase en la precordillera.

De acuerdo con CONAF (2013) la seguridad de estos ambientes, depende en gran parte de las medidas preventivas adoptadas antes del periodo de mayor riesgo de incendios forestales, de manera de mejorar el resguardo de las personas y sus hogares. Esto incluye:

- El manejo apropiado de la vegetación aledaña al hogar;
- El uso de materiales de construcción que aporten mayor resistencia al fuego y
- El diseño apropiado de las urbanizaciones.

Los factores climáticos, tales como sequías prolongadas y temperaturas más cálidas, predisponer a la vegetación y los bosques al riesgo de incendios forestales de magnitud. La mirada sobre los bosques ha cambiado radicalmente en el último tiempo.

1.3.1.2. Factores y causales

El Incendio es un compuesto de tres elementos, conocidos como el “triángulo del fuego”: el **combustible**, el **calor** y el **oxígeno**; de ellos sólo el primero, el combustible, es un elemento cuya presencia podría estar regulada de alguna forma por un instrumento de planificación territorial, entendiendo por ellos algunas instalaciones de carácter industrial y la construcción de instalaciones, la cual se encuentra regulada en forma específicas en normas de edificación vigentes, de mayor especificidad que los IPT.

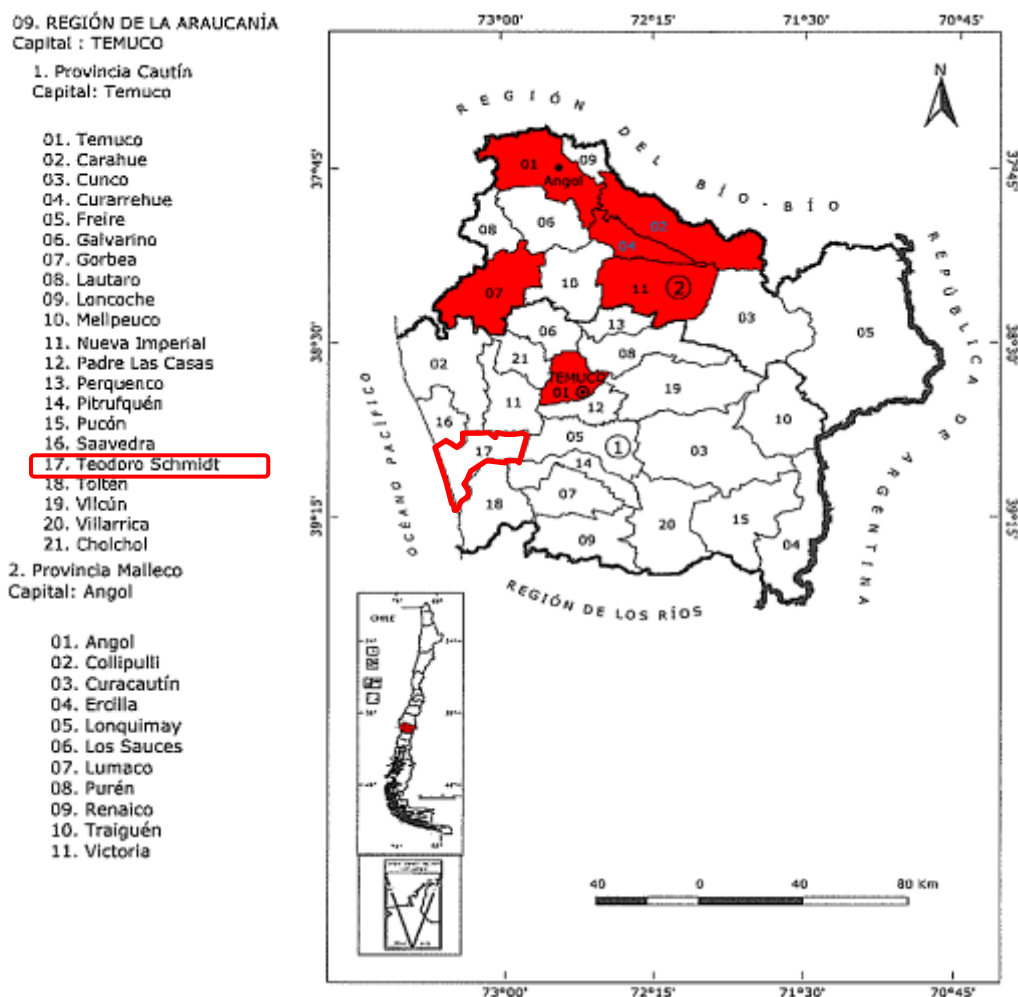
Como se ha descrito, las causas de incendios son múltiples y gran parte de éstas son posibles de ocurrir en contextos urbanos o de actividades humanas, sin embargo la conjunción de los elementos en estas causales, **no tiene una lógica predictiva**.

1.3.1.3. Exposición a peligro de incendios

CONAF (2013), identificó 29 comunas críticas en cuanto a la ocurrencia de incendios forestales en un período de 10 años (2000 – 2009); las cuales a su vez han concentrado el 55,14% de los incendios forestales del decenio en análisis, siendo consideradas las comunas más críticas. En la región de La Araucanía existen 6 comunas con esta condición: Collipulli, Ercilla, Victoria y Lumaco están categorizadas con un nivel de extrema criticidad (28,88%), Angol, en tanto, posee un nivel de criticidad alto (15,45%) y Temuco posee un nivel de criticidad medio (10,81%). Teodoro Schmidt no es una comuna con peligrosidad por incendio, tal como se observa en la siguiente figuran sin embargo, a través de los

indicadores que dan cuenta de la exposición a incendios así como recomendaciones de la CONAF referida a la Interfase Urbano – Forestal, permiten configurar un escenario de exposición.

Figura 1. Comunas con mayor ocurrencia de incendios forestales, promedio 2000 – 2009. Línea Base de Trabajo de Prevención, 2010 – 2014.



Fuente: CONAF (2010)

Dado que el peligro de incendio no puede ser identificada debido a lo aleatorio que resulta su definición (puede darse en cualquier parte) y asimilando las posibles causales a escenarios más propios de un sistema territorial de centros urbanos a regular por un IPT, se ha considera relevante un análisis de los siguientes aspectos que, vinculados entre sí, aumentarían la exposición:

- **Quebradas con vegetación próximas a centros poblados.** En las localidades analizadas, solamente Barros Arana posee pequeños cambios de pendiente dentro del área urbana pero no es significativa como para hacer la diferencia en términos de peligrosidad.

Campamentos y/o agrupaciones de vivienda irregulares: Se determinan como factor vulnerable, dado que –por su génesis- no cuentan con permisos de edificación, ni controles técnicos de calidad de edificaciones e instalaciones domiciliarias, además de no poseer grifos ni estar dentro del área de influencia de éstos. Sin embargo, en las localidades analizadas no se presentan estas configuraciones.

- **Cobertura de Territorio Operacional de la /las Empresas Sanitarias y distancia a los grifos** de acuerdo con Norma Chilena NCh 691 Of. 98: Corresponde a la concesionaria respectiva, el mantenimiento de los grifos públicos, así como el cumplimiento de todas las obligaciones relativas a la calidad y operatividad, según corresponda. En las tres localidades analizadas no poseen territorio operacional asociado a empresas sanitarias dado que poseen Agua Potable Rural (APR).
- **Presencia de actividades industriales catalogadas como peligrosas**, que poseen sustancias químicas contaminantes o potencialmente dañinas para la salud y el medioambiente y quedan definidas en el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) del Ministerio de Medioambiente. En las localidades analizadas no se presentan este tipo de actividades peligrosas.

A raíz de los grandes incendios ocurridos en los últimos años en el país, CONAF generó una guía que proporciona un enfoque preventivo contra incendios en viviendas y/ construcciones, bajo el concepto de “Espacio de Supervivencia” o “Zona de Defensa”⁴. Se consideran actividades a ser implementadas por los habitantes de zonas rurales y de interfase urbano-forestal, basadas en el mantenimiento del entorno de la vivienda, el uso de materiales resistentes al fuego, el manejo de la vegetación alrededor de la vivienda y el uso de techos resistentes al fuego. Con ello puede reducirse la amenaza de incendio forestal en el entorno inmediato, tal como se describe en la siguiente figura:

Figura 2. **Espacio de Supervivencia**



CONAF (2013) también determina tres tipos de Zona de Defensa, desde la propiedad, de la siguiente forma:

⁴ Documento de trabajo N° 572, “Guía para trabajar con habitantes de Áreas rurales y de la Interfase Forestal/Urbana”, CONAF (2013).

- **Zona 1.-** Zona de Manejo Intensivo de los Combustibles. Área de máxima modificación y tratamiento, de al menos 10 metros alrededor de las construcciones, donde los materiales y vegetación inflamable son removidos y reemplazados por material no inflamable (caminos de piedra, por ejemplo)
- **Zona 2.-** Zona de Manejo Moderado de los Combustibles. Su tamaño depende de la pendiente del terreno donde se emplazan las construcciones. Normalmente el espacio de supervivencia debe extenderse a lo menos a 20 metros desde la estructura y debe modificarse la vegetación (retirando vegetación enferma o muerta, realeo o poda de árboles y arbustos)
- **Zona 3.-** Zona de Manejo Forestal. Corresponde a un área de vegetación más silvestre. Esta zona puede extenderse por lo menos 70 metros de las construcciones. El objetivo de manejo de estas áreas que rodean los sitios de las viviendas o subdivisiones son: el uso recreativo, estético, mantener la salud y vigor ecológico, barrera para el viento, el ruido, el polvo, protección contra la erosión, entre otros.
- **Zona 4.-** Zona Comunitaria de Protección. Esta zona suele incluir la Interfase Forestal /Urbana de una comunidad y puede estar compuesta de tierras, tanto privadas como públicas. Se requiere el trabajo conjunto entre la comunidad, propietarios y los planificadores del territorio para ayudar a mitigar aún más los incendios forestales. Las comunidades pueden necesitar planear cortafuegos y planes de evacuación, contar con infraestructura adecuada como rutas de ingreso / salida, suministro de agua para emergencias y otros recursos de protección contra incendios.

Finalmente, se identifican aquellos sectores con mayor propensión a peligro de incendio forestal, de acuerdo con la zonificación de la Interfase Urbano – Forestal, es decir, aquellas zonas generadas por las distancias dadas entre los 20, 70 y 400 metros que, CONAF describe como de Interfase, cada una de ellas con un manejo diferenciado de la cobertura vegetal y otros alcances preventivos.

2. DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DE RIESGOS Y PROTECCIONES

El diagnóstico territorial del Subsistema Natura de Teodoro Schmidt, abordado en la primera fase del Estudio de Formulación del Plan Regulador Comunal (PRC), que describe los peligros o amenazas presentes en el área de Estudio y que son regulables por este tipo de Instrumento de Planificación Territorial (IPT), fue el primer acercamiento a la definición de áreas o zonas de riesgo. De acuerdo con lo anterior, en el territorio o el medio ambiente potencialmente afectado, se observan ciertos aspectos del sistema natural que deberán ser considerados posteriormente en los aspectos normativos propios del Plan Regulador Comunal de Teodoro Schmidt. Posteriormente se llevó este análisis a cada uno de los puntos señalados en la OGUC, de acuerdo con el artículo 2.1.17, desarrollado a continuación.

El contexto climático y la estructura geomorfológica de la comuna de Teodoro Schmidt, propician las siguientes amenazas:

2.1. INUNDACIONES COSTERAS ASOCIADAS A TSUNAMI O MAREMOTOS

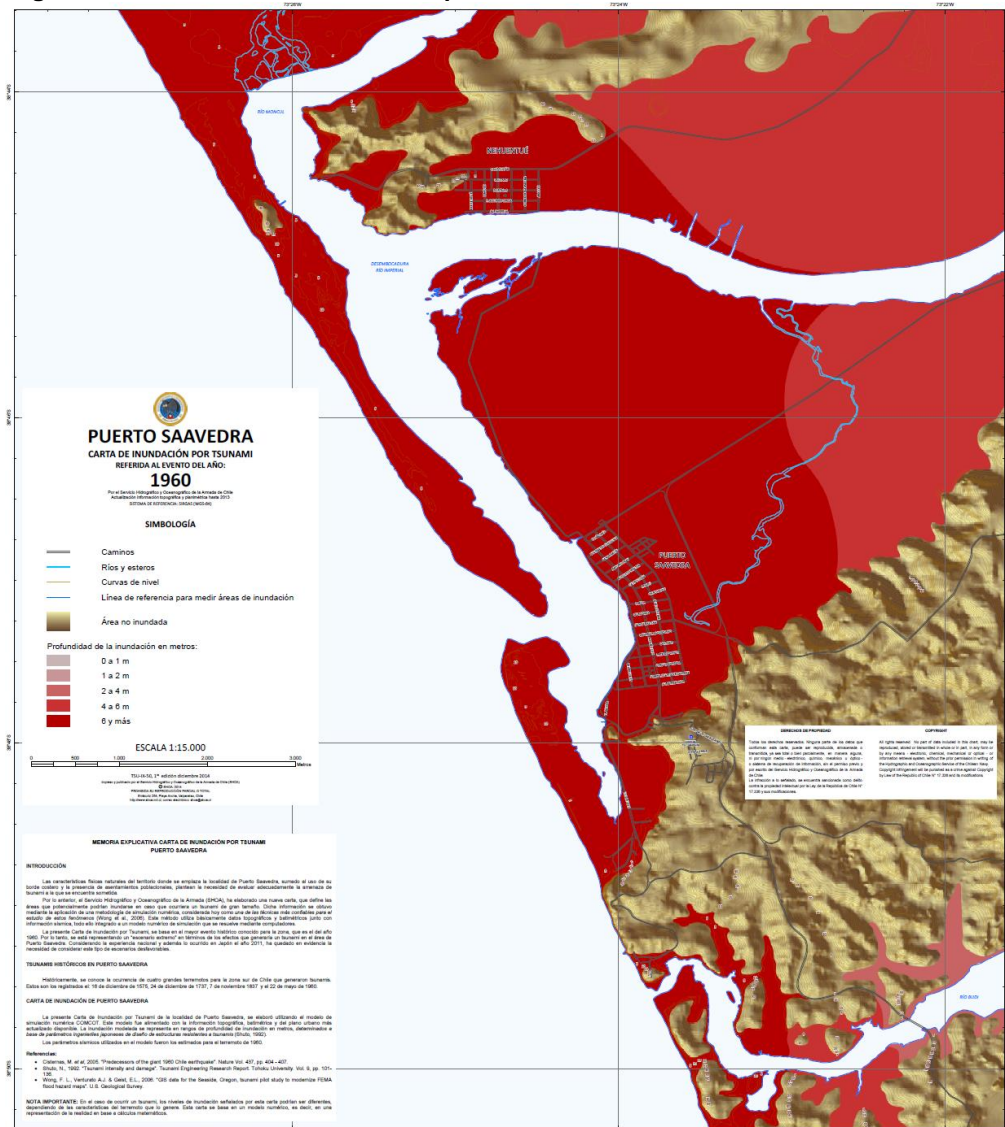
El tsunami producido a causa del gran terremoto de 1960 hizo estragos en la zona de Cautín los pueblos de Toltén (el cual fue trasladado a un nuevo emplazamiento), Puerto Saavedra y Queule fueron prácticamente borrados del mapa terrestre.

Históricamente se conoce respecto de la ocurrencia de cuatro grandes terremotos que generaron tsunamis y afectaron el borde costero de la comuna de Teodoro Schmidt, estos son los registrados el 16 de diciembre de 1575, 24 de diciembre de 1737, 7 de noviembre de 1837 y el 22 de mayo de 1960 (SHOA, 2014) el cual fue percibido en todo el cono sur de América. El epicentro se localizó a 39,5° de latitud Sur y a 74,5° de longitud oeste el hipocentro se ubicó a 60 km de profundidad. 2000 personas murieron (4000 a 5000 en toda la región), 3000 resultaron heridas, 2.000.000 perdieron su hogar (MINVU, 2010).

De acuerdo con SHOA (2014), los eventos sísmicos mejor documentados corresponden a los sismos de noviembre de 1837 y mayo de 1960; ambos con afectación del borde costero de la comuna. La figura a continuación muestra el sector de Puerto Saavedra a partir del cual el SHOA estableció una carta de inundación tras el terremoto y tsunami del año 1960, considerado el mayor evento histórico conocido para la zona, por lo tanto representa un “escenario extremo” en término de los efectos que generaría un tsunami en dicha área.

Sin embargo, debido a que este organismo no posee una carta de inundación por tsunami para la comuna de Teodoro Schmidt, se toma como referencia la carta de inundación de Puerto Saavedra del año 2014, a continuación. Los resultados derivados del modelo de inundación por tsunami generado para el área de Puerto Saavedra, pueden ser extrapolados para la comuna de Teodoro Schmidt debido a que ambas áreas poseen similares características en su geomorfología costera.

Figura 3. Referencia inundación por tsunami, carta Puerto Saavedra



Fuente: Puerto Saavedra, Carta de inundación de Tsunami referida al evento del año 1960 en base al modelo simulado COMCOT (SHOA, 2014).

Entre los factores que se consideraron para la modelación de inundación por tsunami, se encuentran:

- La recurrencia histórica de sismos con eventos de tsunamis asociados: relacionada con la cantidad de sismos registrados en el área, tomando como referencia el peor escenario dado por el terremoto y tsunami de 1960.
- La morfología costera, entendiendo que generalmente los efectos destructores de maremotos y marejadas son mayores en bahías cerradas (resonancia).
- La distancia y altitud de las áreas habitadas con respecto a la línea de litoral.

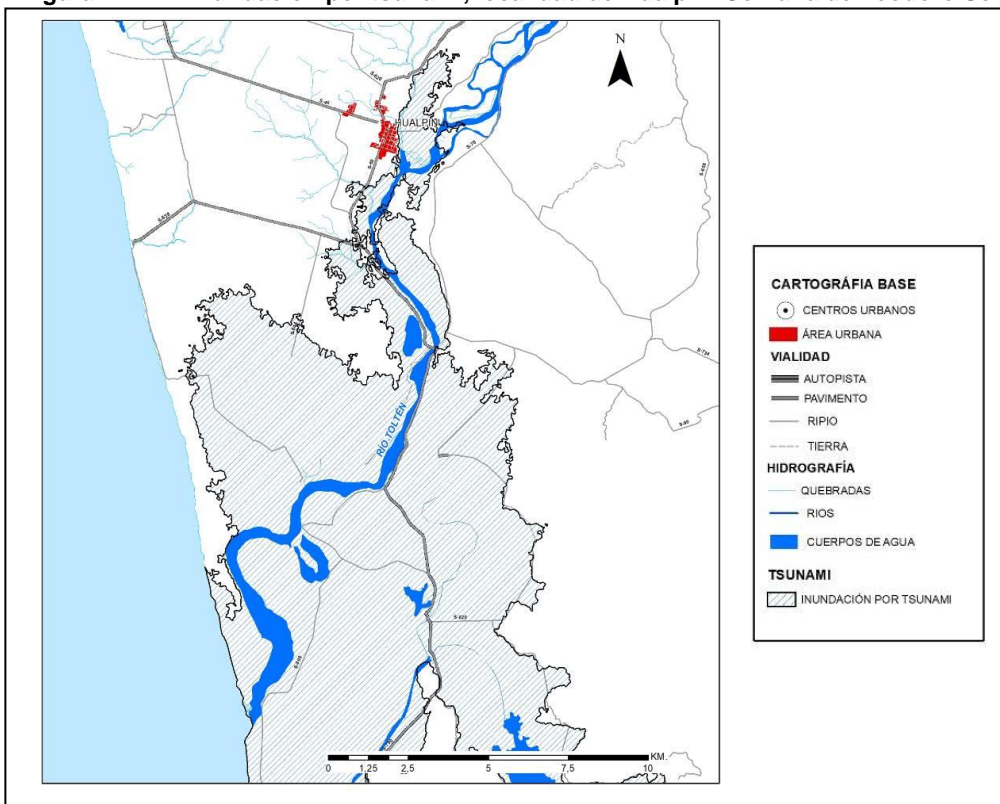
Asimismo, las condiciones de baja pendiente en el borde costero de la comuna de Teodoro Schmidt hacen a la comuna susceptible a amenaza de tsunami, presentando riesgo de **inundación de tsunami** en las localidades como, Rucacura, Chelle y Hualpín. La condición geomorfológica del borde costero y la terraza marina baja, genera propensión a ser atacada y transgredida por eventos de tsunami, encontrándose estas localidades en un nivel de cota cercano a los 10 metros.

A partir de los antecedentes anteriores, se ha determinado la cota 10 m como la cota máxima de inundación para la comuna de Teodoro Schmidt. Esta área de inundación abarca un área de la localidad de Hualpín, analizada a continuación.

2.1.1. Inundación por tsunami, localidad de Hualpín

Dada la condición de bajas pendientes, tanto en el borde costero como en gran parte del área que compone la llanura fluvio-marina y el río Toltén, la amenaza de inundación por tsunami puede llegar a la localidad de Hualpín. Debido a que el delta del río Toltén desemboca en el océano, corresponde también a un cuerpo de agua que ante un evento de tsunami puede irradiar este fenómeno hacia el interior de la comuna. La inundación podría entonces llegar a la localidad poblada de Hualpín, localidad que tiene gran parte de su superficie bajo la cota 10 m y que colinda con el río Toltén.

Figura 4. Inundación por tsunami, localidad de Hualpín. Comuna de Teodoro Schmidt



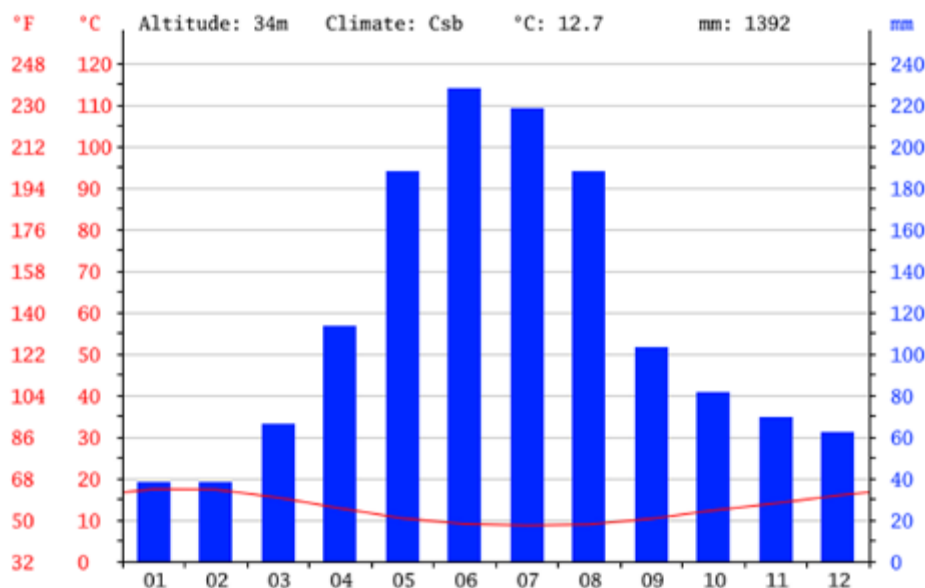
Fuente: elaboración propia

En forma preventiva, el PRC solo puede establecer una condición de riesgo que obliga a estudios fundados para la localización de construcciones destinadas a los usos de suelo permitidos en la zona respectiva, para los que se debe caracterizar en detalle la amenaza o peligro, especificando las obras de mitigación que habilitarían su ocupación, en caso de existir una ocupación en estas zonas.

2.2. INUNDACIÓN POR DESBORDE FLUVIAL

Las condiciones climáticas de la comuna de Teodoro Schmidt dan cuenta de un clima cálido y templado, con un incremento de precipitaciones en invierno. De acuerdo con la clasificación climática de Köppen-Geiger, el clima es de tipo Csb, es decir, templado mediterráneo de veranos secos. La temperatura media anual en la comuna es de 12,7° C, con un monto de precipitaciones en promedio de 1.392 mm, correspondiendo el mes más seco al mes de enero, con 38 mm de agua caída. Con un promedio de 228 mm, la mayor precipitación cae en el mes de junio.

Figura 5. Climograma



Fuente: <https://es.climate-data.org/location/148901/>

De acuerdo con los antecedentes previos, justamente los meses de mayo, junio y julio han sido los que han presentado el mayor volumen de precipitaciones y de eventos asociados a precipitaciones intensas, derivando en eventos asociados con inundaciones (ver cuadro 3).

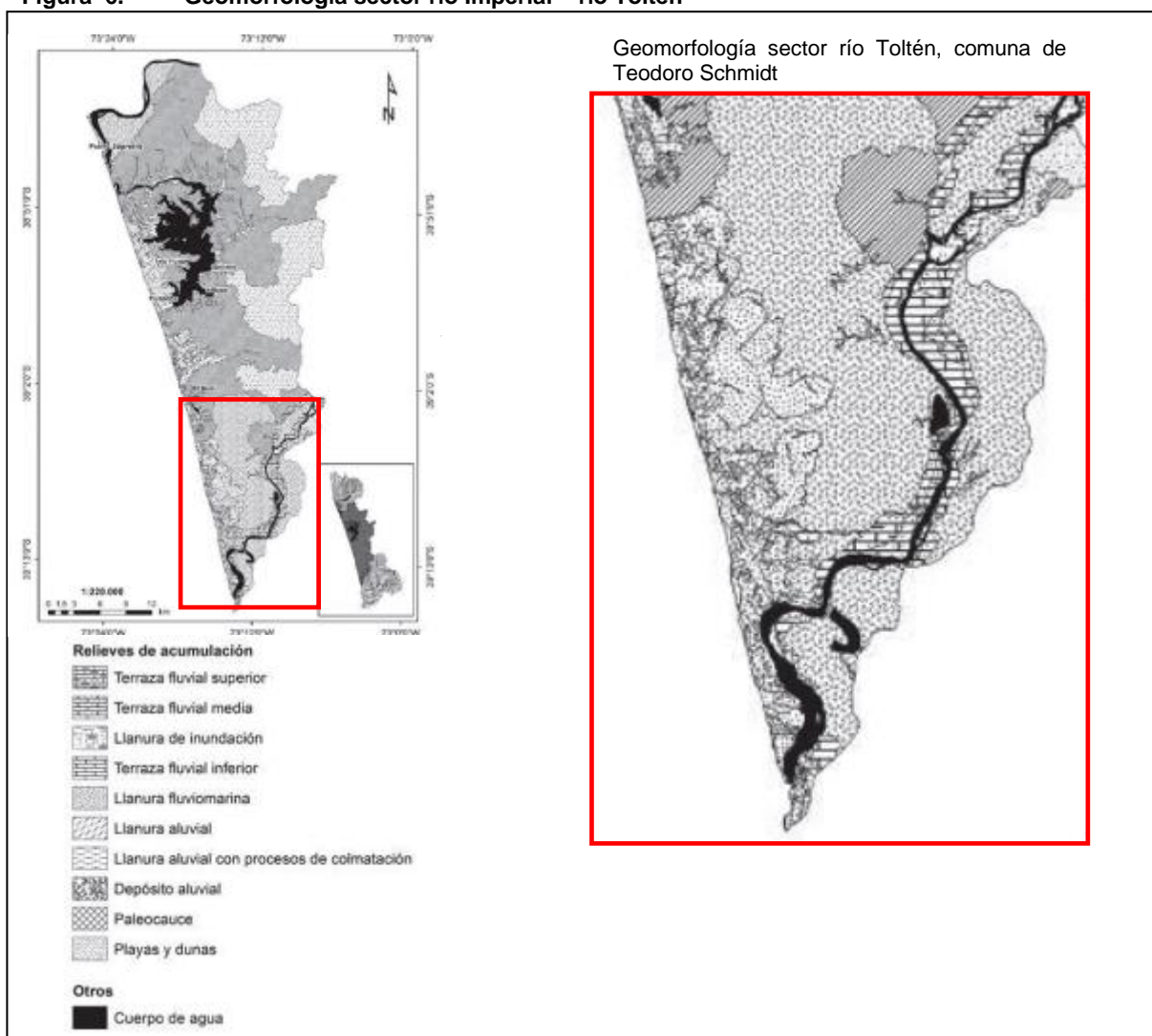
Las consideraciones de los montos y concentración anual de precipitaciones, son determinantes pues actúan como **factor desencadenante** para la generación de procesos de inundación por curso de agua o quebrada, a partir de aquellos **factores condicionantes** vinculados con las características geomorfológicas, los suelos (que para la comuna de Teodoro Schmidt presenta suelos con condiciones de hidromorfia) o la cobertura vegetal. El

conocimiento del umbral de precipitaciones también mantiene la alerta a nivel municipal respecto de anomalías que podrían derivar en eventos de inundación o anegamiento.

El proceso de inundación por aguas lluvias depende además de los eventos pluviométricos, de las características topográficas, morfológicas, de la presencia de sistemas de drenaje artificial y/o de obstrucciones en el escurrimiento superficial.

En este sentido, las condiciones geomorfológicas de la comuna, son propicias para la acumulación de agua debido a la condición de bajas pendientes asociadas a los relieves de acumulación, en específico, la terraza fluvial superior y media derivada del río Toltén y la llanura fluvio-marina, tal como se presenta en las siguientes figuras:

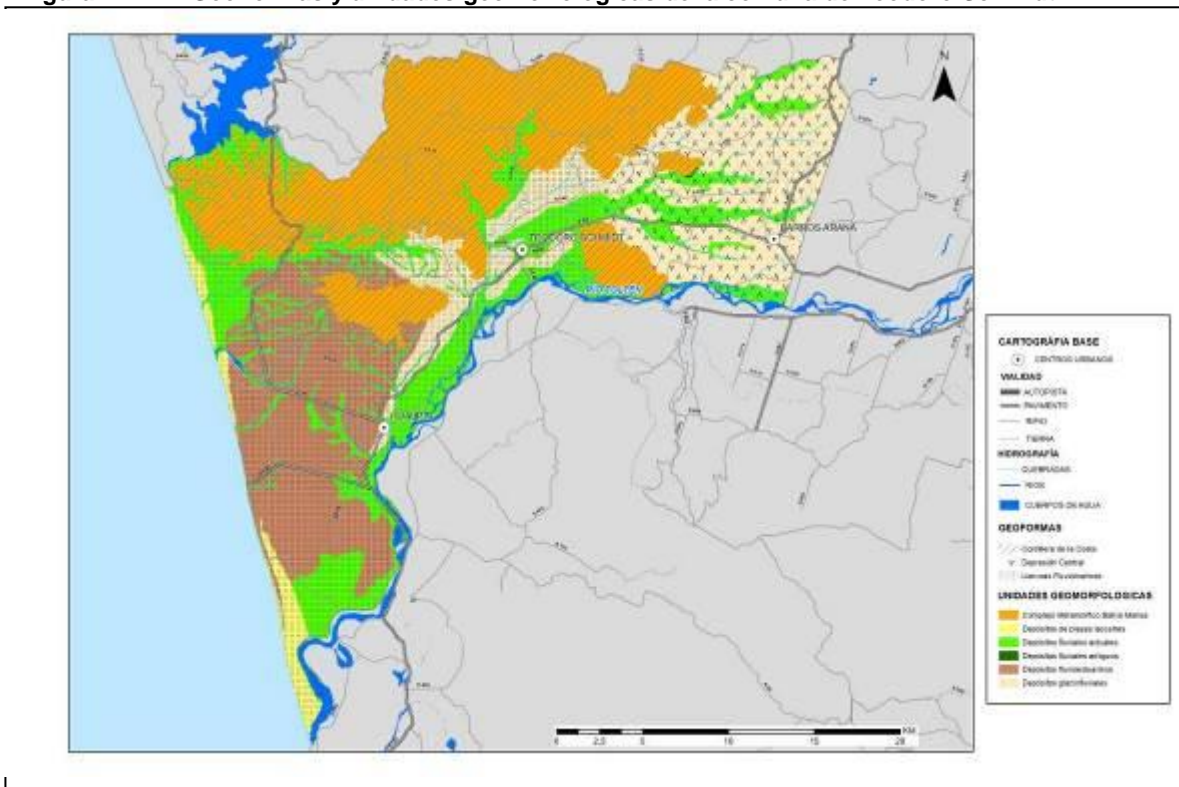
Figura 6. Geomorfología sector río Imperial – río Toltén



Fuente: Peña-Cortés et al, 2014.

Se observa a partir de las figuras que en gran parte de la comuna se presenta relieve de acumulación, destacando las unidades de llanura aluvial y llanura fluvio-marina. La llanura aluvial corresponde a depresiones del terreno con procesos de anegamiento estacional, donde su morfogénesis está asociada a la acumulación de material transportado y depositado por cursos de agua. Esta unidad se caracteriza por tener suelos recientes, con limitaciones de drenaje y procesos de anegamiento e inundación, observándose alturas que no superan los 200 msnm.

Figura 7. Geo formas y unidades geomorfológicas de la comuna de Teodoro Schmidt



Fuente: Elaborado a partir de Estudio Hidrogeológico de la Araucanía (DGA, 2016)

La llanura fluvio-marina en tanto, posee anegamiento estacional, con sectores de vegas cuyo nivel freático es relativamente alto, con suelos arcillosos y de mal drenaje. Por otro lado, la llanura fluvio-marina posee anegamiento permanente, asociado a la influencia marina derivada también del terremoto y tsunami de 1960.

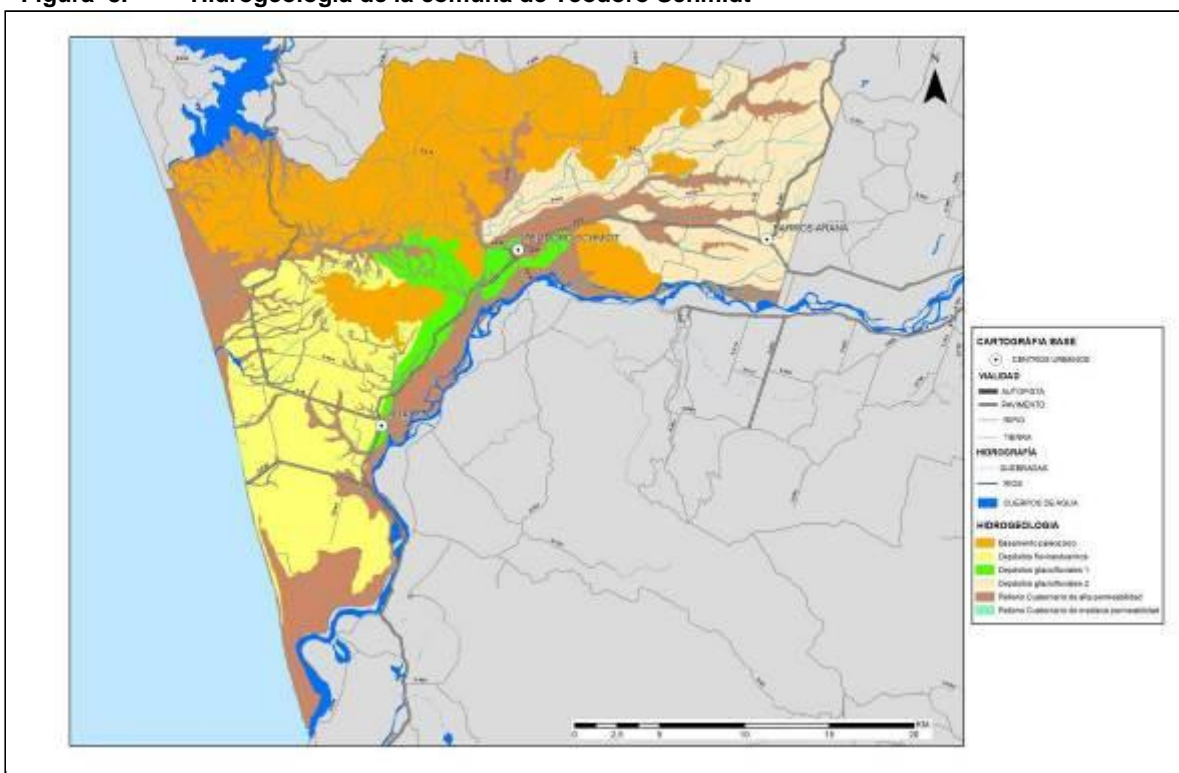
El alto nivel de hidromorfia (presencia de cursos de aguas) en la comuna, determina la probabilidad de ocurrencia de inundaciones en las partes bajas y a orilla de los cursos de agua importantes. Asimismo, la situación topográfica predominante en la comuna, con presencia de numerosos cordones montañosos aumenta los riesgos especialmente en períodos invernales, por un aumento del aporte hacia los ríos y esteros de zonas bajas.

Las inundaciones fluviales producidas por las crecidas de los cursos de agua se presentan episódicamente, este es un fenómeno común en las zonas montañosas de clima mediterráneo, debido a la concentración de lluvias. Las inundaciones son fenómenos

recurrentes en el área investigada, este tipo de fenómenos es más fácil de situar o localizar ya que corresponden a sectores aledaños a canales, ríos y esteros.

Como puede verse en la figura 6, las tres localidades se encuentran ubicadas en depósitos glacio-fluviales, es decir, corresponden a material transportado por glaciares, ordenados y depositados posteriormente por corrientes que fluían desde el punto de fusión de estos glaciares; son estos depósitos los que conforman gran parte de la llanura fluvial de la comuna, así como de llanuras de deltas como en el caso de las generadas en el curso del río Toltén.

Figura 8. Hidrogeología de la comuna de Teodoro Schmidt



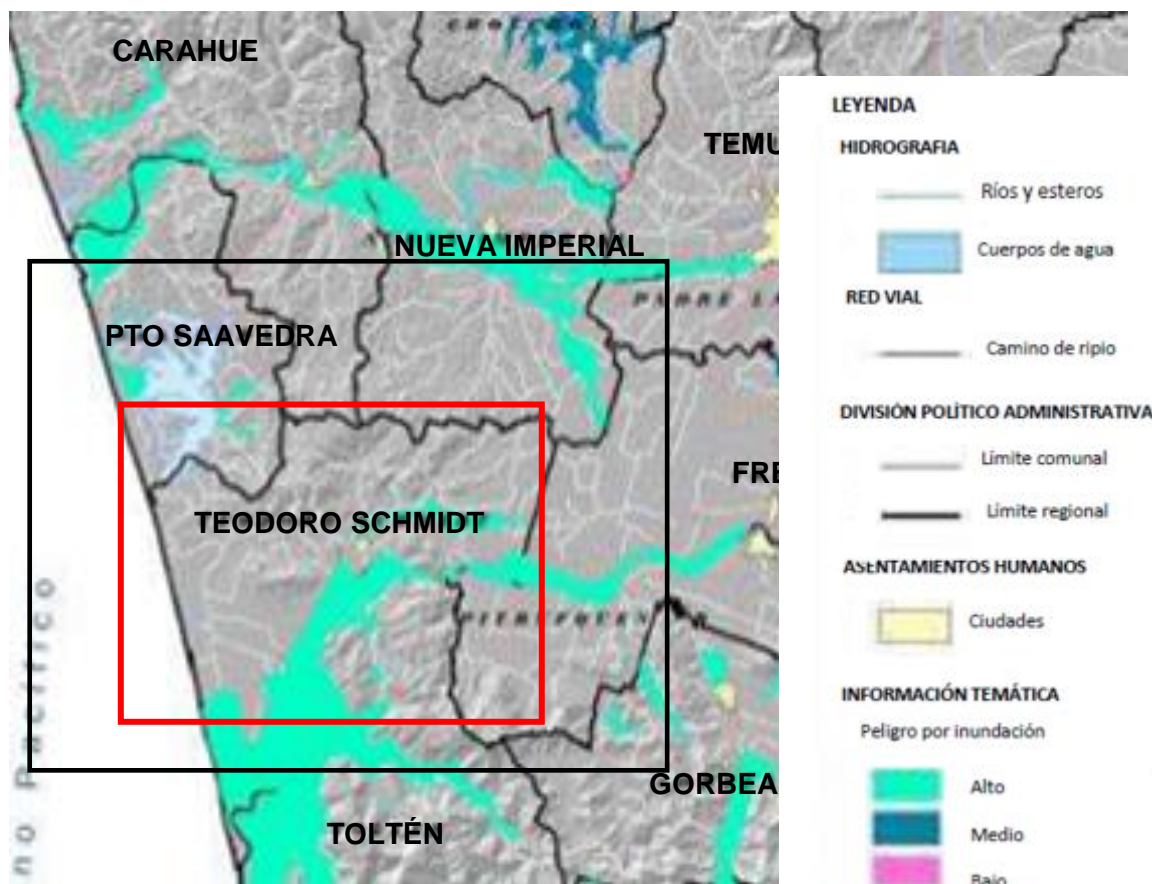
Fuente: Elaborado a partir de Estudio Hidrogeológico de la Araucanía (DGA, 2016)

La geomorfología de los lugares afectados y la morfometría de las unidades morfológicas son factores que definen la exposición al riesgo de inundación, en general cuando se trata de terrazas. La morfometría de las terrazas con pendientes bajas juega también un papel muy importante en los desbordes, principalmente en la estación invernal cuando el caudal fluvial aumenta ostensiblemente con las intensas lluvias diarias, lo cual, sumado a la débil pendiente, provoca que los lechos sean incapaces de evacuar rápidamente el agua colectada.

En definitiva, debido a las características de un alto índice de hidromorfia (presencia de cursos de aguas) en la comuna, existe un alto riesgo de inundaciones para las áreas aledañas y próximas a los cursos de aguas. Esta situación se agrava cuando los cauces se localizan en las partes bajas de los faldeos de los cerros, ya que en períodos de lluvias se incrementa significativamente el aporte a los cauces.

En este sentido, se ha establecido un riesgo de inundación medio a las áreas distantes a menos de 1.000 metros de los principales cursos de agua de la comuna, como son los esteros Huilío, Chelle y el río Toltén. Para este último caso, el riesgo de inundación es alto en gran parte de su longitud, especialmente en el sector de las islas Licán y Puñón, y en las inmediaciones de su desembocadura en el Océano Pacífico tal como se aprecia en la siguiente figura.

Figura 9. Carta de peligro por inundación fluvial



Fuente: Plan Regional de Ordenamiento Territorial (PROT)

A través de registros testimoniales de las comunidades locales, se identificaron diferentes áreas de alto riesgo de inundación, las cuales son frecuentemente afectadas en los meses de invierno, provocando en algunos casos el aislamiento total de las comunidades afectadas. De acuerdo a los antecedentes recopilados y su posterior análisis, las áreas detectadas con mayor riesgo de inundación corresponden a aquellas localizadas en la ribera norte río Toltén, fundamentalmente a partir del poblado de Toltén hasta la desembocadura del río en el mar.




Esta zona comprende el sector de las islas, y se extiende hasta unos 5 km al norte, provocando en ciertas ocasiones el corte del camino hacia Hualpín y Toltén. Las áreas de mayor riesgo corresponden a las islas, el poblado de Hualpín y en el suroeste de la comuna,

el sector de Punta Barra, alcanzando hasta Porma en el área litoral, cuya amplitud cubre una extensa área de asentamiento poblacional campesino.

Cuadro 3. Eventos meteorológicos de inundaciones en la región y la comuna de Teodoro Schmidt.

Parámetros de peligrosidad	año	Sectores afectados	Damnificados y daños materiales	Fuente
Vientos de 120 Km/h Lluvias de 3 días sobre los 15 mm diarios.	29-04-1995	La Araucanía,	Corte de energía eléctrica, voladura de techos. Inundación de viviendas por rebase de alcantarillados	PROT Amenazas naturales región de la Araucanía.
5 días consecutivos de lluvia con una máxima el día 25 de 50,6 mm.	25-06-1995	La Araucanía	Inundaciones y anegamiento.	PROT Amenazas naturales región de la Araucanía.
Vientos de 100 Km/h Pp. de 30,2 mm	11-08-1995	La Araucanía	Inundación en algunos sectores bajos. Caída de un cerco Caída de un árbol sobre una vivienda. Debilitamiento Puente Reyes.	PROT Amenazas naturales región de la Araucanía.
Lluvias de 100 mm en 3 días alcanzando	23-08-1995	La Araucanía	Inundación desborde de canales Anegamiento de calles	PROT Amenazas naturales región de la Araucanía.
Vientos de 98 Km/h 3 días consecutivos de lluvia.	11-06-1996	La Araucanía	Corte de energía eléctrica en sectores centrales	PROT Amenazas naturales región de la Araucanía.
Vientos de 54 Km/h 4 días de lluvia con una máxima diaria de 38,1 mm el 23 de agosto	23-08-1996	La Araucanía	Inundación desborde de canales. Corte de energía eléctrica	PROT Amenazas naturales región de la Araucanía.
Lluvias de 3 días consecutivos con máxima de 66,9 mm acumulado en 72 horas 160 mm (corregido de Estación Freire Sendos, DGA)	22-04-1997	El Bio- Bio y La Araucanía 	Inundación. Anegamiento de las calles.	PROT Amenazas naturales región de la Araucanía.
Vientos de 105 Km/h Lluvias de 111,5 mm.	2-06-2000	La Araucanía	Corte de energía de eléctrica. Voladura de techos. Anegamiento de las calles Caída de ramas Inundación desborde de canales	PROT Amenazas naturales región de la Araucanía.
Acumulación de precipitaciones en 72 horas. Se acumulan 208,8 mm	3-06-2000	La Araucanía	Inundación por desborde de canal. Cortes de energía eléctrica	PROT Amenazas naturales región de la Araucanía.

PLAN REGULADOR COMUNAL DE TEODORO SCHMIDT – ESTUDIO DE RIESGOS

Parámetros de peligrosidad	año	Sectores afectados	Damnificados y daños materiales	Fuente
Vientos huracanados entre 70 Km/h y 100 Km/h. Desborde del río Cruces los esteros Loncoche	06-06-2000	Los Ríos, Declaración zona de catástrofe las comunas de Loncoche y Gorbea.	Voladura de techos. Caída de tendidos eléctricos. Deslizamiento de tierras Anegamiento de calles	PROT Amenazas naturales región de la Araucanía.
3 comunas declaradas zona de Catástrofe	2001	Teodoro Schmidt, Toltén y Curarrehue.  Paños de cultivo de Hualpin inundados	2.500 familias de pequeños agricultores están afectadas y unas 5 mil hectáreas están parcialmente dañadas	Mapuche info, 2001. 3 comunas declaradas "zonas de catástrofe"
Temporales cortan 15 caminos y dejan bajo agua 30 mil hectáreas	2002	La Araucanía continúan aisladas las localidades de Lonquimay y Padre Las Casas, sumándose a estas, algunos sectores de las comunas de Pucón, Nueva imperial, Carahue, Pitrufrquén, Teodoro Schmidt, Puerto Saavedra y Toltén.	9 víctimas fatales y 5.841, damnificados, de los cuales 1.261 se encuentran en albergues (975 en la Novena Región y 286 en la Décima).	Emol. 2002
Sin información del evento	2006	Teodoro Schmidt, Lollehue Alto y Bajo, Pulil, Coihueco, Pelehue, Isla Licán, Isla Peñehue, Cuileufu, Metrenquen, Peule, Coihueco, Punta Riel, Ponhuito y Filulafquen.  Ministro, alcalde y directores de Indap y el SAG atraviesan una "pradera" para llegar a casas inundadas.	1300 personas damnificadas en la comuna de Teodoro Schmidt	Diario el Austral, 2006.
Sin información del evento.	Agosto y septiembre de 2008	Provincia de Cautín y Malleco  Sistemas frontales afectan la región de la Araucanía	1601 personas damnificados, 240 albergadas y 1 víctima fatal (ONEMI, 2008)	

Parámetros de peligrosidad	año	Sectores afectados	Damnificados y daños materiales	Fuente
		A raíz de tal condición, La Araucanía fue decretada zona de catástrofe, mediante decreto N°1087 del ministerio del interior el 3 de septiembre de 2008		
185 mm de agua caída en 72 hs	17 al 20 de Mayo 2008	Región de la Araucanía. Mayor afectación en Pto Saavedra, Toltén y Teodoro Schmidt	100 damnificados, 2.000 personas aisladas. 20 viviendas con daño mayor.	Reporte ONEMI 2008
50 y 60 mm caído viento de 50 Km/H	26-08-2010	Araucanía	Inundación y anegamiento de calles	PROT Amenazas naturales región de la Araucanía.

2.2.1. Manifestación de inundaciones en la localidad de Teodoro Schmidt

Uno de los procesos naturales de mayor impacto desarrollado en la comuna de Teodoro Schmidt correspondió a las inundaciones producidas a raíz del evento de precipitaciones intensas en el año **2008**. Después de un invierno seco, la región sufrió, a fines del mes de agosto y principio de septiembre, precipitaciones que, en cuatro días concentraron aproximadamente un total de 160 mm de agua caída, considerando que, en el caso de la ciudad de Temuco, en un solo día precipitaron 70 mm. Este fenómeno saturó la capacidad de infiltración de los terrenos, de conducción de canales y de protección de defensas fluviales, ocasionando, en definitiva, inundaciones, anegamientos y procesos de remoción en masa que afectaron principalmente a viviendas, infraestructura vial, infraestructura hidráulica, terrenos agrícolas y estructuras productivas en el campo, además de actividades pesqueras en un estuario, el del río Imperial. Se destaca el mayor impacto del temporal en los sectores urbanos, donde se manifiestan las limitaciones en la infraestructura de defensas fluviales y canalización de cursos de agua.

A la cantidad de agua caída, se le agregó que, en los sectores cordilleranos, la llamada isoterma 0° se estableció a una altura mayor a la habitual en aquella época del año, por lo que las precipitaciones en dichos sectores fueron de carácter líquido (lluvia), impidiendo el depósito de nieve en el sector alto de la cordillera, por lo que buena parte de ellas escurrieron, incrementando en un período muy corto el volumen de agua de los diferentes cauces del sistema hídrico de las cuencas, colmatando los lechos naturales y sobrepasando la capacidad de contención de las defensas fluviales con las consecuencias ya descritas.

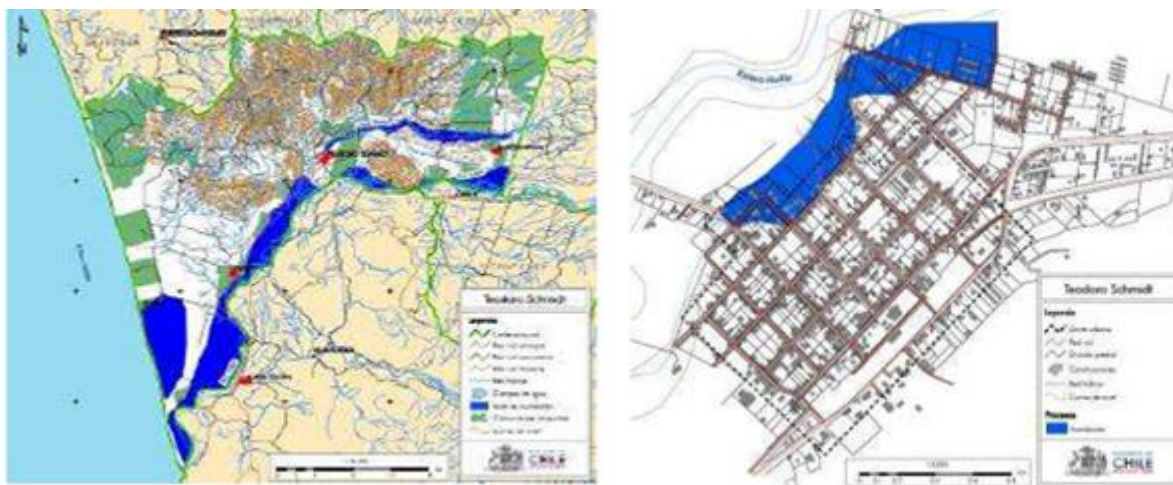
La superficie total inundada y/o anegada concentrada en las nueve comunas más afectadas alcanzó a 77.821 ha, de las cuales 70.827 son afectaciones por inundaciones, representando el 91% del total del área afectada. Además se identifican 6.000 ha anegadas y 994 ha inundadas y anegadas, que representan el 7,7% y el 1,3% respectivamente de la superficie afectada en la región.

Las características geomorfológicas y orográficas de la comuna, dadas por una gran superficie de llanuras fluvio-marinas y terrazas poligénicas con una pendiente inferior al 5% y una exposición casi plana, dio como resultado una superficie inundada de 22.731 hectáreas, siendo la región más afectada con un total de 399 casas con daños en su estructura según el catastro levantado, viviendas que se encontraban aledañas al río Toltén (Diagnóstico Ambiental PROT Araucanía).

La localidad de Teodoro Schmidt se emplaza en la llanura poligénica del río Toltén, donde se presentan pendientes entre los 0 y 3°, suelos con textura superficial franco limosa y drenaje moderado por lo que la topografía presente es propicia para fenómenos de inundación y anegamiento que allí se presentaron. En total se catastró un total de 57 viviendas con daños consecuencias del desborde de estero Huilio, que producto de la sobrecarga hídrica sufrida y la gran cantidad de sedimentos que se alojaron en su caja natural, escurrieron hacia la localidad de Teodoro Schmidt, afectando el sector poniente de esta. Las calles que se vieron afectadas fueron calle 4 circunvalación y Galvarino en el sector norponiente; y la avenida Manuel Rodríguez desde las calles Ramírez hasta Antileo hacia el sector poniente de la ciudad.

En el área rural se evaluó la cantidad de 342 viviendas donde la gran mayoría se asocia a las riberas del río Toltén. En el sector de Isla Lican, ubicado en el sector oriente de la comuna fue el más afectado registrándose una cota de inundación de 0-160 cm. Este proceso natural se desarrolla con gran fuerza en este sector, básicamente porque la unidad geomorfológica presente corresponde a una llanura fluvio-marina, la cual posee una exposición prácticamente plana. Además, la serie de suelo que domina en este sector corresponde, a terrazas aluviales en cenizas volcánicas (TV-1) caracterizándose por poseer texturas medias y moderadamente finas, casi planos con pendientes de 1 a 3% de pendientes y bien drenados, características que explican el fenómeno desarrollado en esta comuna (Diagnóstico Ambiental PROT Araucanía).

Figura 10. Áreas afectadas de la comuna de Teodoro Schmidt



Fuente: Diagnóstico ambiental del PROT (s/año)

Otro sector afectado, aunque con menor cantidad de viviendas fue el de Peñehue, donde el registro de la cota de inundación fue de 0-60 cm, el cual se emplaza sobre la llanura poligénica costera del río imperial y los suelos se caracterizan por ser de texturas medias casi planos con 1 a 3% de pendiente y bien drenados al igual que el sector descrito anteriormente, la exposición plana y las bajas pendientes existentes, propician el desborde de los ríos presentes ocupando así la carga hídrica de la superficie de estas llanuras.

2.2.2. Inundación por acumulación de aguas lluvias en áreas endorreicas o anegamiento

El anegamiento es definido como la acumulación superficial de aguas lluvias en zonas llanas o endorreicas, sin vinculación directa con la red fluvial, originada por la incapacidad del suelo de absorberlas, debido a la impermeabilidad de la roca o a la presencia de la napa freática a poca profundidad. Por esta razón, los sectores afectados por anegamientos corresponden a zonas cercanas a cuerpos hídricos o a unidades topográficas deprimidas y con dificultades de drenaje.

Los factores condicionantes de este tipo de inundaciones son las características geomorfológicas, que se traducen en áreas endorreicas, formas con sedimentos excesivamente lixiviados, laderas convergentes convexas que en conjunto favorecen la presencia de zonas de mal drenaje; suelos de baja permeabilidad, grado de cobertura vegetal, obstrucciones topográficas antrópicas como caminos y la presencia de superficies impermeabilizadas (Davie, 2008; Leiva, 2011).

El factor fundamental para la ocurrencia de este tipo de fenómenos es la intensidad de precipitaciones. Estudios realizados por Peña *et al*, (1994), han estimado que precipitaciones diarias superior a 80 mm y la concentración de lluvias en tres días consecutivos sobre los 140 mm aumenta el riesgo de graves procesos de anegamiento.

Las condiciones geomorfológicas constituyen otro factor importante de evaluar en la ocurrencia de anegamientos, ya que en aquellos sectores que son planos o con pendientes débiles rodeados de sectores topográficamente altos facilita la acumulación de aguas lluvia.

La existencia de sedimentos impermeables o superficiales o subsuperficiales condiciona la posición del nivel freático y explica su rápido afloramiento o expansión durante la estación húmeda.

Finalmente, la cobertura del suelo en las laderas juega un rol importante, ya que la densidad de la cubierta vegetal controla los procesos de infiltración de aguas lluvias y por el contrario, si los taludes o laderas tienen baja cobertura el escurrimiento superficial es mayor, permitiendo que grandes cantidades de agua escurridas en forma laminar lleguen a los sectores bajos cargados con altas tasas de sedimentos que colmatan los sistemas de drenaje.

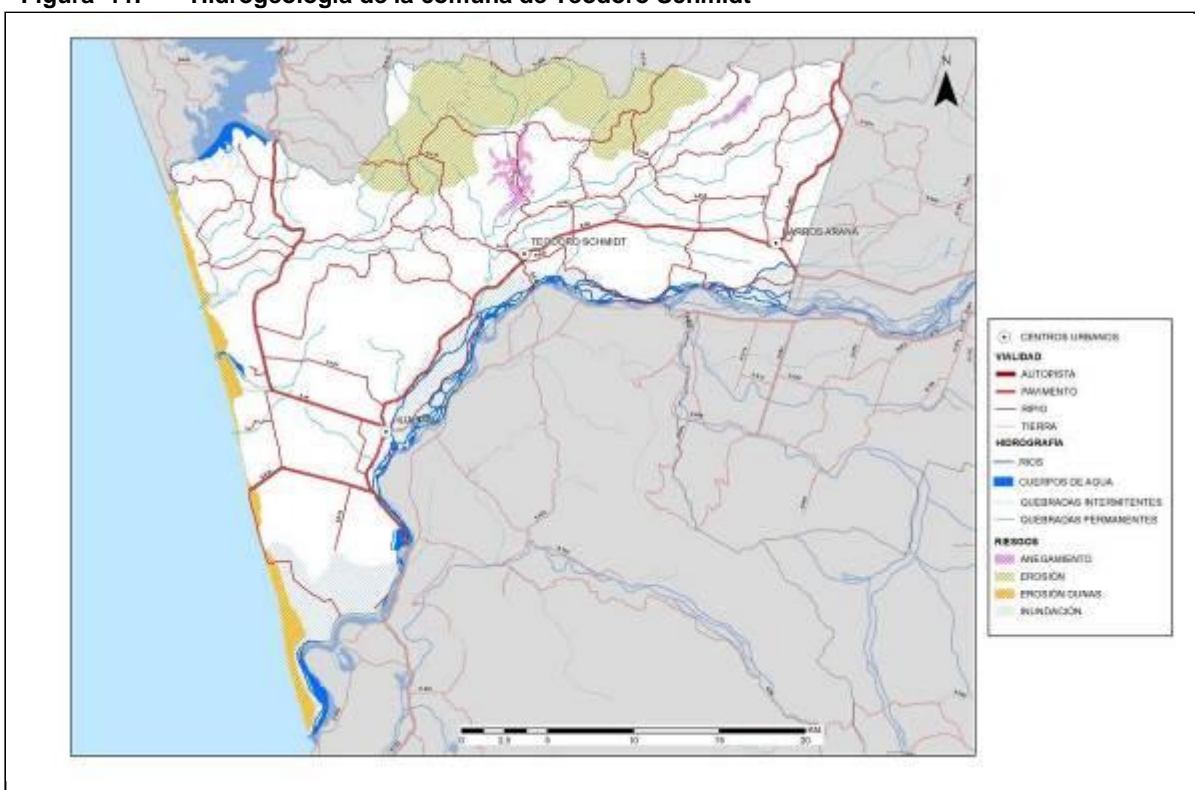
2.3. FENÓMENO DE INESTABILIDAD DE LADERAS: REMOCIÓN EN MASA

Asimismo, y a diferencia de otras amenazas o peligros de origen natural que abarcan gran superficie y alcance (tales como sismos, maremotos o erupciones volcánicas), los procesos de remoción en masa tienen efectos locales. Bajo este planteamiento, en la comuna de Teodoro Schmidt estas condiciones están dadas por relieve con pendientes superiores a 20° que, como se observa en las figuras siguientes, corresponden a áreas bien localizadas y de poca amplitud areal.

La definición de estas áreas de amenaza, se concretizan para las localidades urbanas como áreas de riesgo por deslizamiento de suelo o avalancha, de acuerdo con la clasificación del Artículo 2.1.17 de la OGUC y corresponden a aquellas áreas con pendientes superiores a los 20°, las que si bien no se detallan a nivel comunal debido a que no se alcanzan a percibir a esta escala, sí tienen una manifestación local, lo que puede observarse en la síntesis de amenazas por localidad.

Otra amenaza a tener en cuenta es la producida por erosión en el territorio comunal, están relacionados fundamentalmente por la ubicación geográfica, en un área de contacto entre dos unidades de relieve: la Cordillera de la Costa y la Planicie Costera, modelada en un sistema de planos sedimentarios fluvio-marinos. El bloque de Cordillera de la Costa, formado por un Basamento Metamórfico del Paleozoico, se distribuye en la región oriental de la comuna. A nivel regional el PROT identifica erosión de suelos en la región, con una superficie afectada que cubre las 911.101 hectáreas (representando un 28,6% de la superficie regional), dando cuenta de que los principales agentes erosivos corresponden a los de tipo hídrico (en casi toda la región) y de tipo eólico (en el sector costero).

Figura 11. Hidrogeología de la comuna de Teodoro Schmidt



Fuente: Elaboración propia

A nivel comunal, el carácter montañoso del relieve determina el potencial para la ocurrencia de procesos erosivos progresivos. Tal situación se ha incrementado en las décadas pasadas, debido a la sustitución de los bosques que mantenían una cobertura vegetal permanente, con el fin de habilitar terrenos para la agricultura y ganadería. De esta forma, se exponen los suelos a las condiciones climáticas adversas (precipitaciones elevadas) lo cual

ha generado diversos niveles de erosión en los sectores rurales de Teodoro Schmidt, Hualpín y Barros Arana. Sin embargo, dado que es una condición que se da fuera del área urbanizada, no constituye área de riesgo.

En síntesis se puede señalar que a nivel comunal se presentan amenazas de inundación, tanto por desborde de tsunami asociado a la cota 10m con afectación en la localidad de Hualpín, inundación por desborde del río Toltén (aspecto que se visualiza con mayor detalle en el análisis por localidades) y procesos de erosión, tanto de suelos como derivado de dunas en el borde costero.

2.4. AMENAZAS DE ORIGEN NATURAL CONSTITUTIVAS DE RIESGO POR LOCALIDAD

Las siguientes figuras representan una síntesis de amenazas y peligros para cada localidad urbana de la comuna, contemplando las amenazas de inundación y anegamiento, como también la de remoción en masa, considerando pendientes sobre 20%.

2.4.1. Inundación por tsunami.

Como se señaló anteriormente, en la localidad de Hualpín, destaca la cota 10 m.s.n.m., que corresponde a la cota definida como de peligro de tsunami, extrapolando este criterio a partir de los antecedentes que se tienen de la carta del SHOA para Puerto Saavedra.

2.4.2. Identificación de amenaza de inundación por desborde de río y estero

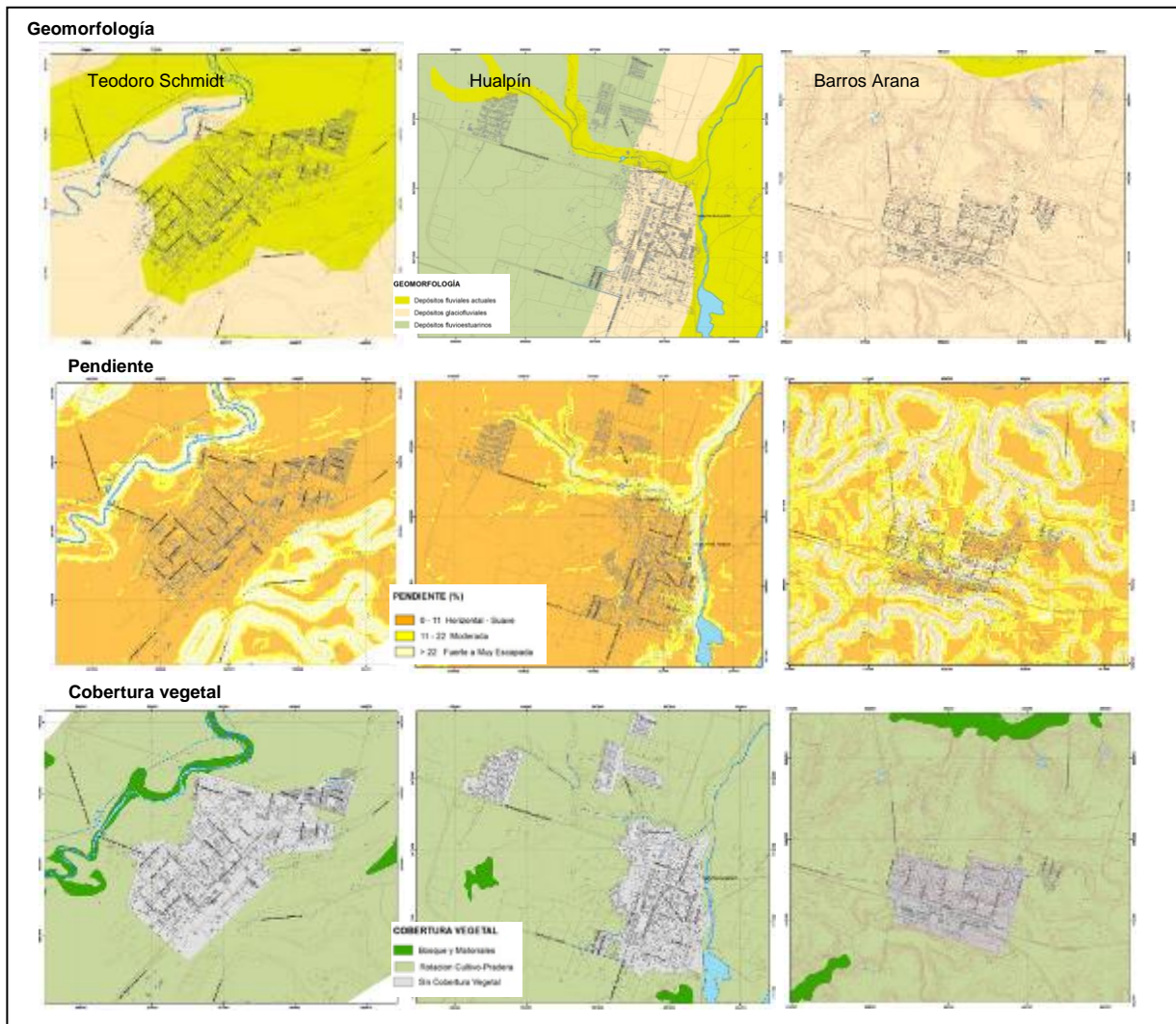
La identificación de la amenaza consideró los factores intrínsecos o condicionantes que se identifican en la siguiente figura para cada una de las localidades.

Los factores condicionantes son:

- **Geomorfología:** corresponde a uno de los factores condicionantes de mayor relevancia. Las unidades geomorfológicas del área de estudio, que se traducen en áreas de tipo endorreico, formas con sedimentos derivados de depósitos fluviales actuales, glacio-fluviales y fluvio-estuarianos, favorecen la presencia de mal drenaje y suelos de baja permeabilidad.
- **Pendiente:** interesa como factor condicionante debido a que corresponde a un parámetro morfométrico que determina umbrales de desencadenamiento de procesos de remoción en masa y erosión. Se reclasifica de acuerdo con la consideración de los umbrales geomorfológicos asociados a pendiente y grados de erosión, desde las pendientes horizontales – suaves (0 a 11%), moderadas (11 a 22%) y fuertes a muy escarpadas (sobre el 22%).
- **Cobertura vegetal:** factor condicionante debido a que su mayor o menor cobertura, favorece o restringe la infiltración y escorrentía superficial. La reclasificación comprende cobertura vinculada a bosques y matorrales, praderas y rotación de cultivos, y sectores sin cobertura vegetal.

Para cada una de las localidades se identifican estos factores condicionantes, y para dichos factores se identifican

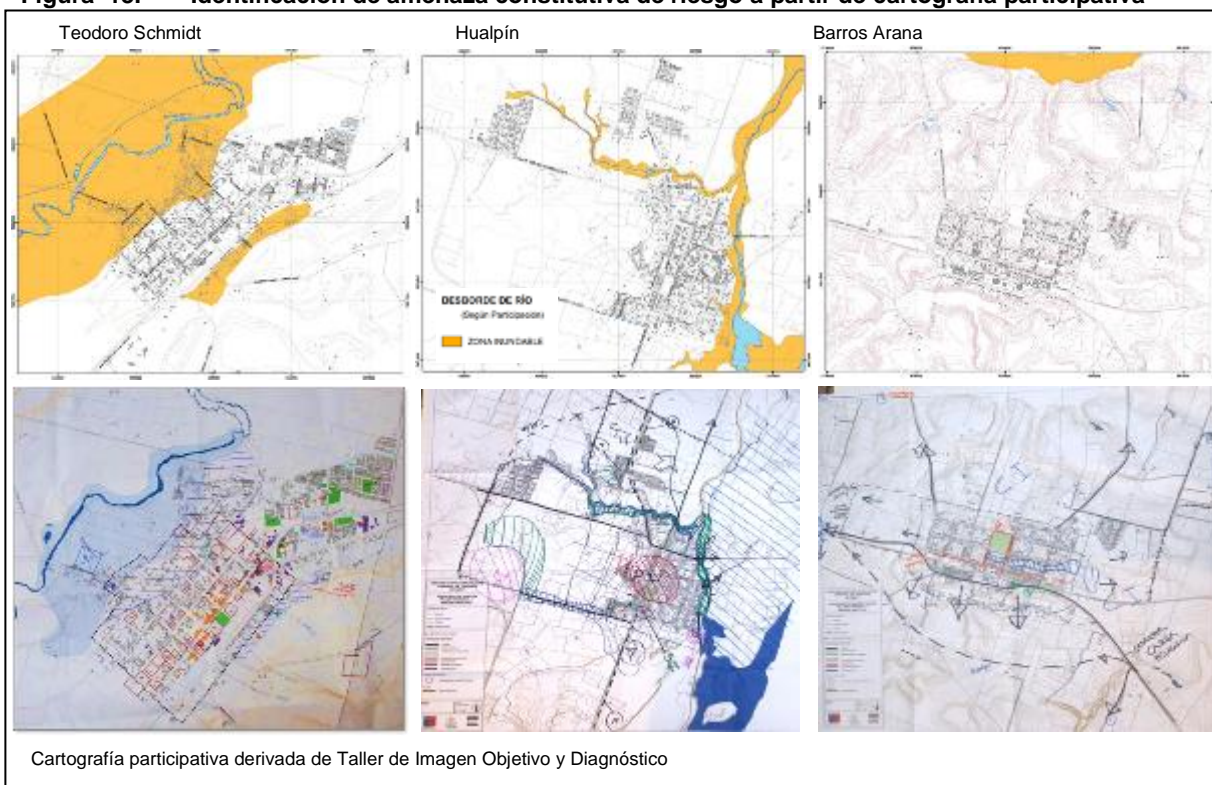
Figura 12. Factores condicionantes de amenaza de inundación por desborde de río en las localidades



Fuente: elaboración propia a partir de información bibliográfica y verificación en terreno.

Además de la identificación y caracterización de los factores condicionantes, se desarrolla la cartografía participativa con la comunidad, para rescatar información referida a la experiencia de eventos ocurridos y su manifestación espacial. La figura siguiente da cuenta de dicha consulta en dos instancias de talleres participativos.

Figura 13. Identificación de amenaza constitutiva de riesgo a partir de cartografía participativa



Fuente: elaborado a partir de talleres participativos con la comunidad

Con lo anterior genera una matriz de susceptibilidad o amenaza que considera una graduación de inundación por desborde de río de acuerdo con la siguiente clasificación generada a partir de análisis multicriterio.

Cuadro 4 Ponderación de Variables

VARIABLE		PONDERACIÓN
Geomorfología	Depósitos fluviales actuales	0,5
	Depósito glacio-fluviales	0,3
	Depósitos fluvio-estuariales	0,2
Pendiente	Horizontal—suave (0 a 11%)	0,5
	Moderada (11 a 22%)	0,4
	Fuerte a muy escarpada (>22%)	0,1
Cobertura Vegetal	Sin cobertura vegetal	0,3
	Rotación praderas y cultivos	0,5
	Bosques y matorrales	0,2
Cauce de Río		1
Participación	Registro de Inundación	0,8
	Sin Registro	0,2

Fuente: elaboración propia

Estos factores condicionantes analizados, tienen como factor desencadenante la presencia de precipitaciones prolongadas y/o intensas, lo que se describe y analiza a continuación.

2.4.3. Eventos pluviométricos como factor desencadenante

Para la determinación del factor desencadenante de amenazas de inundación, es clave contar con información pluviométrica que dé cuenta de las precipitaciones mínimas, promedio y máximas en un período de tiempo estimado de por lo menos 20 años. Las estaciones pluviométricas de la región de la Araucanía, aledañas a la comuna de Teodoro Schmidt son las que se observan en la figura siguiente.

Figura 14. Estaciones meteorológicas asociadas a la comuna

NID	NOMBRE	COD DGA	ALT	LON	LAT	OBS
541	FREIRE CAMPAMENTO FISCAL	09135004-1	100	-72.626	-38.967	Descartada (90.6%)
542	LOS LAURELES	09404002-7	260	-72.201	-38.959	Rellenada (0.8%)
543	RIO TOLTEN EN TEODORO SCHMIDT	09437002-7	15	-73.083	-39.014	Descartada (90.6%)
544	QUECHEREGUA	09404003-5	360	-72.067	-39.001	Rellenada (2.5%)
545	TEODORO SCHMIDT	09438001-4	13	-73.078	-39.028	Rellenada (33.3%)

COD DGA: código estación DGA
 ALT: altura a la que se encuentra la estación (msnm)
 LONG: longitud
 LAT: latitud
 OBS: indica si la estación meteorológica fue: rellenada, descartada, o si se hallaba con información completa dentro del período 1979 – 2010, entre paréntesis se encuentra el porcentaje de datos faltantes (1979-2010)

Fuente: Elaborado a partir de Olave, P (2015)

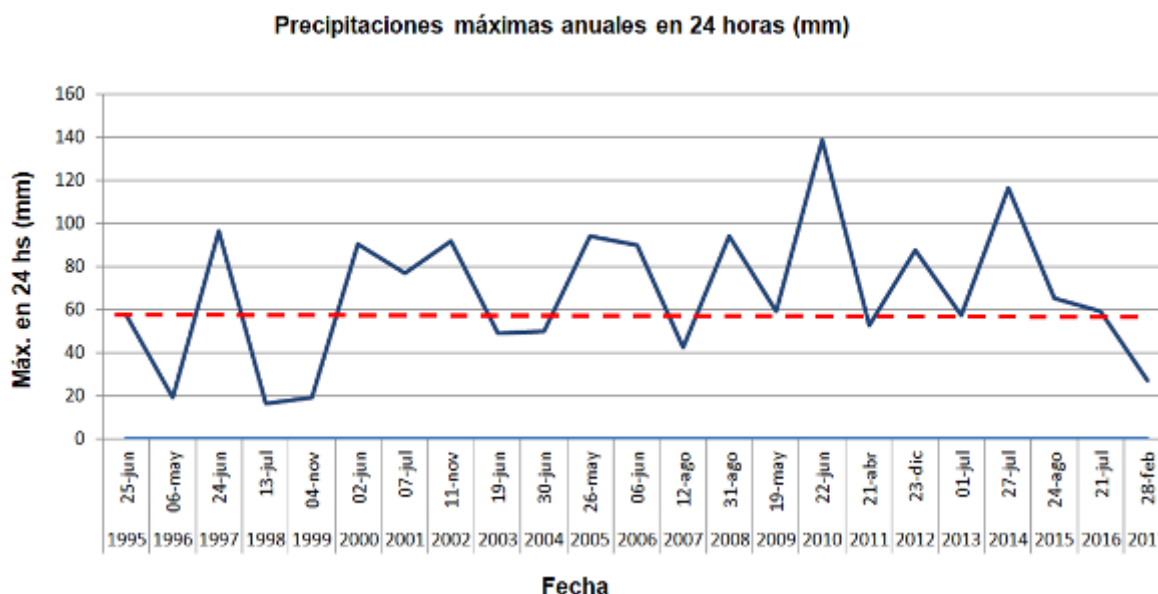
Como se mencionó anteriormente, la comuna de Teodoro Schmidt posee un clima templado, cálido lluvioso con influencia mediterránea que se caracteriza por presentar lluvias durante todo el año, con un promedio de 1.392 mm y caídas pluviométricas anuales del orden de entre los 1.200 y 1.600 mm. Sin embargo, es en el período dado entre los meses de marzo a agosto donde se concentra el 60% de las precipitaciones anuales.

En este período anual (marzo a agosto), se generan las mayores frecuencias pluviométricas, algunas presentadas en forma torrencial y acompañadas de fuertes vientos, con umbrales promedio estimados sobre los 50 mm en 24 horas, que pueden asociarse a períodos de retorno de entre 3 y 5 años, lo que demuestra su relevancia como desencadenante de procesos geomorfológicos.

Los datos de precipitación máxima en 24 hs, corresponde al monto de precipitación a partir del cual se calcula la tormenta de diseño. Este umbral de precipitación pasa a ser el factor desencadenante de generación de amenaza de inundación.

Ejemplo de lo anterior es el año 2008, año que, como ya se mencionó anteriormente, produjo inundaciones fuertes en toda la región, y con mayor magnitud en la comuna de Teodoro Schmidt. En este año, los meses de mayo y agosto tuvieron eventos pluviométricos de importancia. En el mes de mayo de 2008, entre los días 17 y 20, la precipitación acumulada en estas 72 horas fue de 208 mm. La mayor intensidad de precipitación se desarrolló el día 18 de mayo con 95 mm de agua caída. En el mes de agosto, entre los días 29 y 31, la precipitación acumulada en 72 horas superó los 130 mm de agua caída.

Figura 15. Precipitaciones máximas anuales en 24 hs



Fuente: elaborado a partir de datos DGA. Estación Teodoro Schmidt período (1995 – 2017).

Considerando entonces el umbral declarado de generación de inundaciones de envergadura considerable, la amenaza de inundación se clasifica de la siguiente forma:

Amenaza de inundación alta: correspondiente a áreas que de forma simultánea presentan pendientes horizontales a suaves, una geomorfología asociada a depósitos fluviales actuales y cobertura vegetal nula o muy baja. Se agrega el cauce del río como área inundable, esta última determinada a partir del eje del cauce y la huella geológica que lo determina.

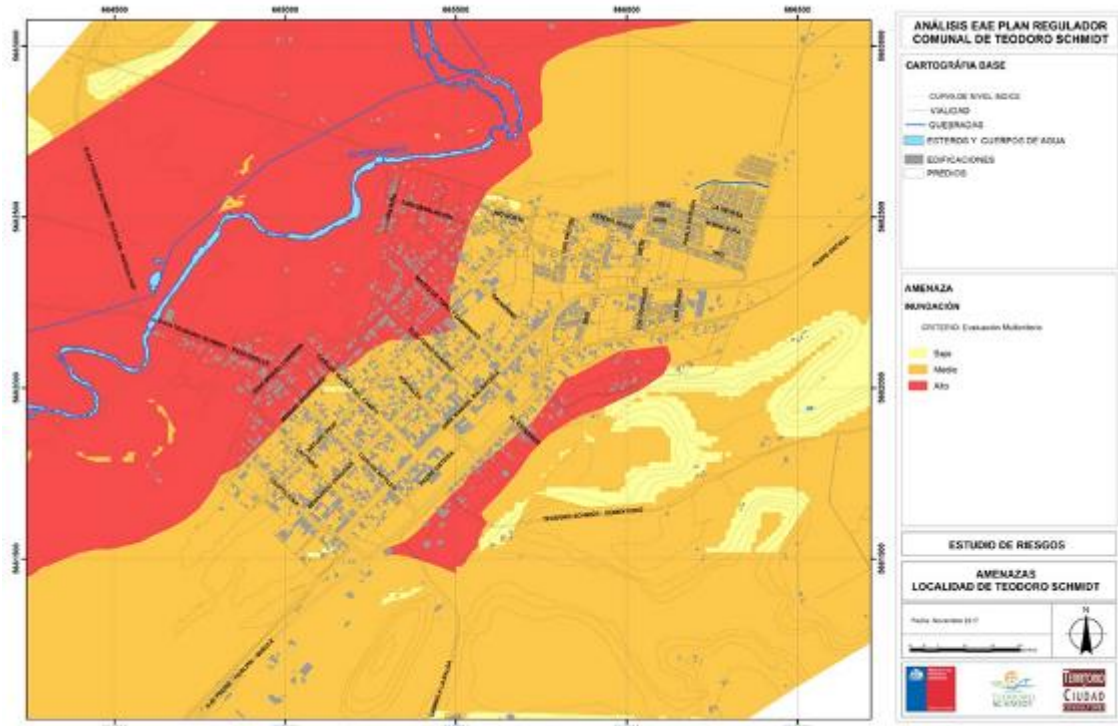
Esta amenaza de inundación alta se asocia a los eventos pluviométricos más dañinos en términos de afectación de personas y bienes, asociados por ejemplo a eventos registrados en los años 1997, 200, 2002, 2005, 2008, 2010. Se suma a lo anterior el resultado de la participación que da cuenta de eventos de inundación, específicamente, el evento de 2008 y su área de afectación por inundación en las localidades de la comuna de Teodoro Schmidt.

Amenaza de inundación media: considera aquellas áreas con pendientes que pueden fluctuar entre horizontales – suaves y moderadas, unidades geomorfológicas de tipo fluvial actual o glacio-fluvial y áreas sin o con baja cobertura vegetal.

Amenaza de inundación baja: relacionada principalmente con pendientes moderadas a fuertes a muy escarpadas, geomorfología de tipo glacio-fluvial o fluvio-estuarial (con muy poca presencia en el área de estudio).

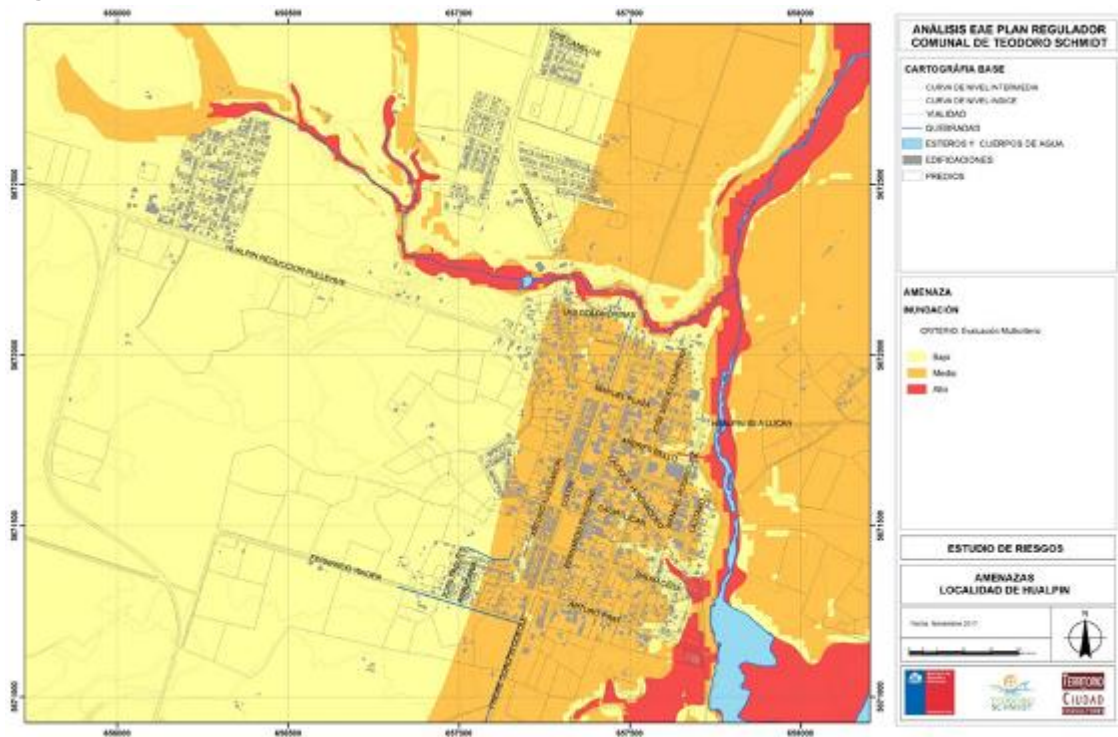
El resultado queda plasmado en las siguientes figuras para las tres localidades de la comuna de Teodoro Schmidt.

Figura 16. Amenaza de inundación por desborde de río o estero, Teodoro Schmidt



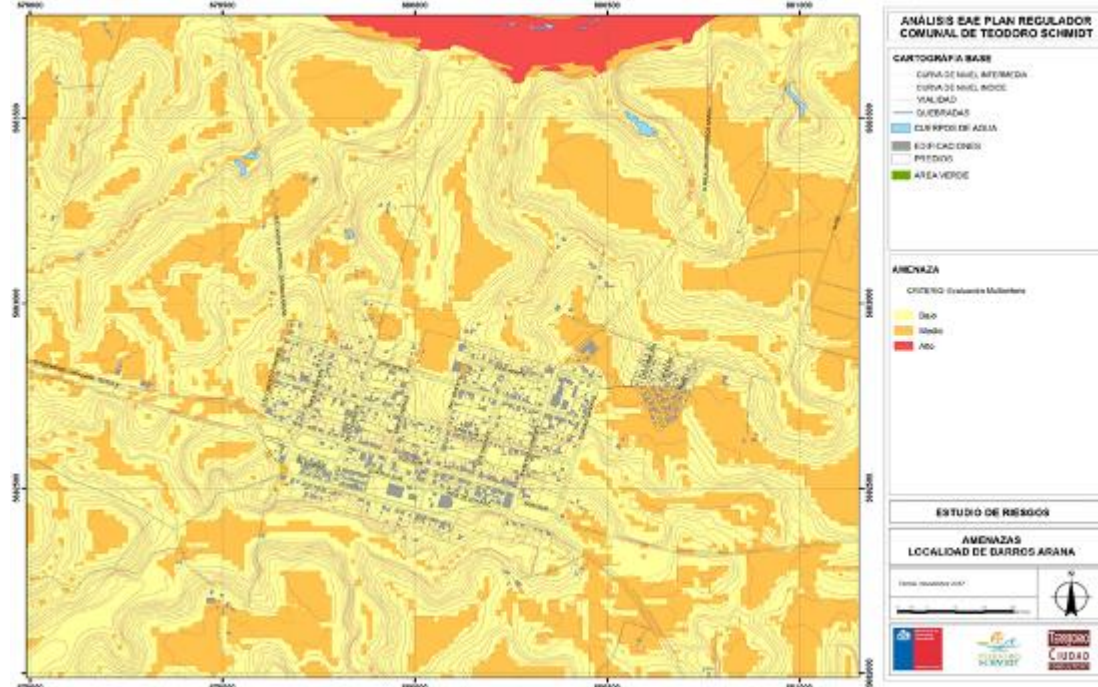
Fuente: elaboración propia

Figura 17. Amenaza de inundación por desborde de río o estero, Hualpín



Fuente: elaboración propia

Figura 18. Amenaza de inundación por desborde de río o estero, Barros Arana

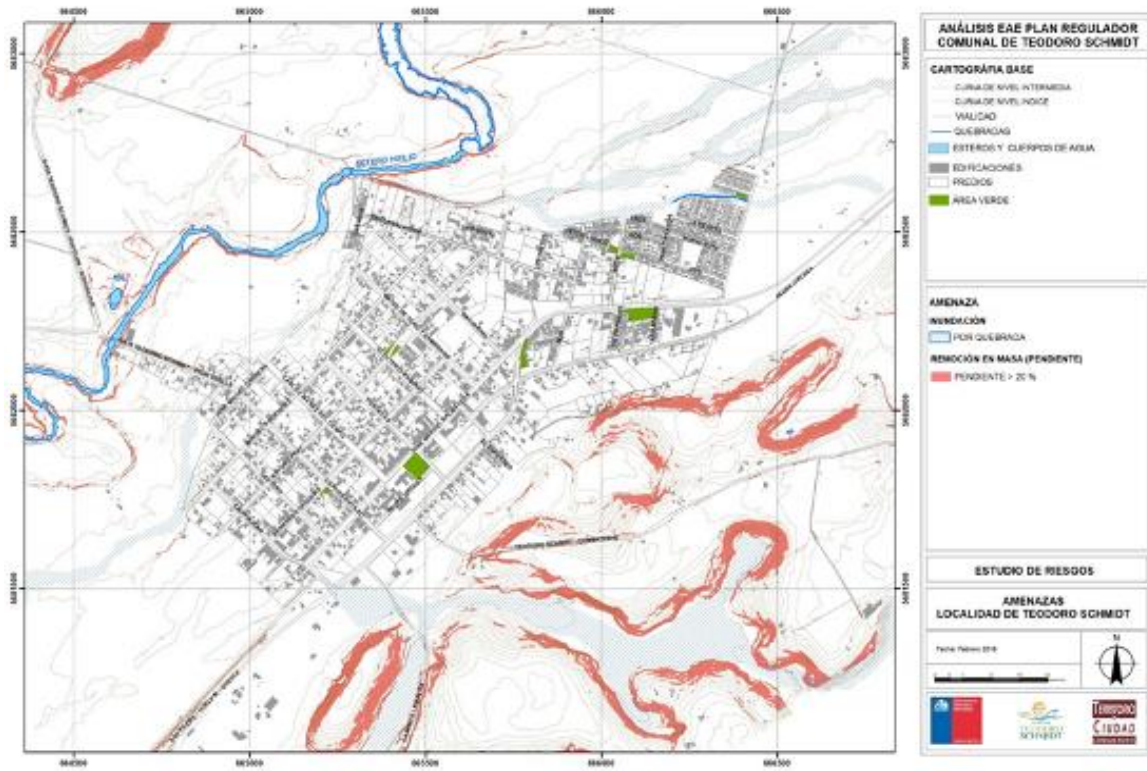


Fuente: elaboración propia

Identificación de amenaza por inestabilidad de laderas (procesos de remoción en masa)

La identificación de esta amenaza consideró los criterios asociados con umbrales de desencadenamiento de procesos de laderas y erosión acentuada, dados por el umbral geomorfológico asociado a pendientes superiores a 20%. Las siguientes figuras identifican esta amenaza para cada una de las localidades.

Figura 19. Amenaza de Remoción en masa, Teodoro Schmidt



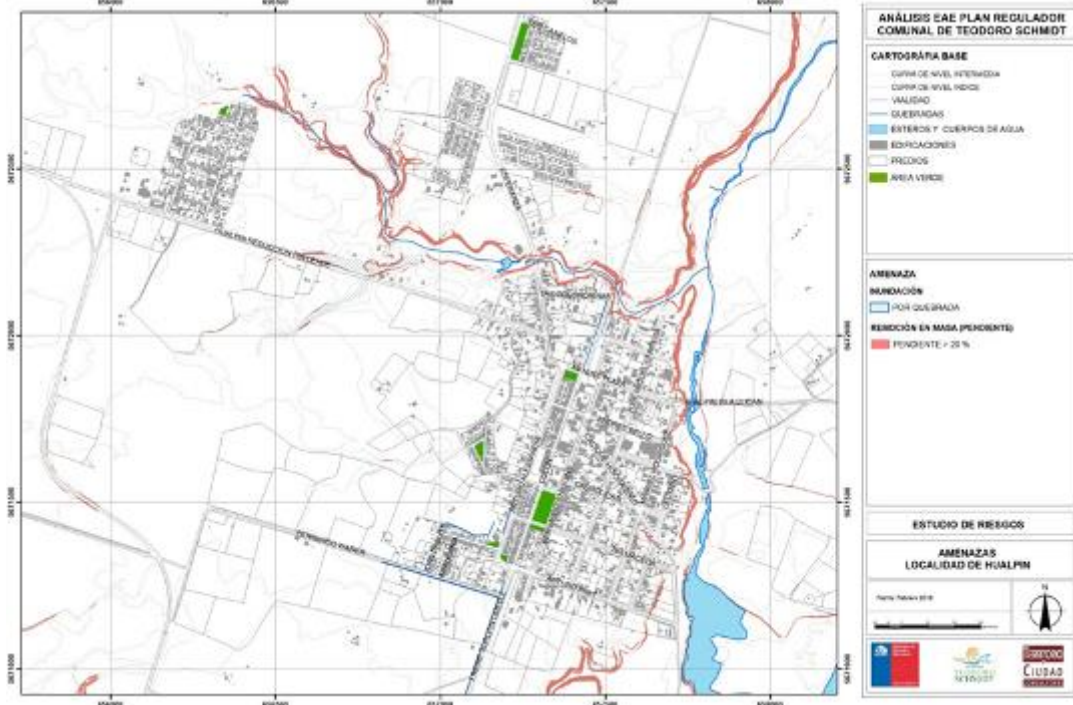
Fuente: elaboración propia

En el caso de la localidad de Teodoro Schmidt, se observa que las pendientes sobre el 20% se asocian principalmente a escarpes excavados en el valle asociado a depósitos glaciofluviales que han tenido incisión fluvial producto de la erosión fluvial y pluvial, que en la actualidad no se encuentran con urbanización.

Para la localidad de Hualpín se observa que las pendientes asociadas a procesos de remoción en masa están determinadas por la incisión fluvial de un brazo del río Toltén que se desarrolla en dirección oeste nor-oeste.

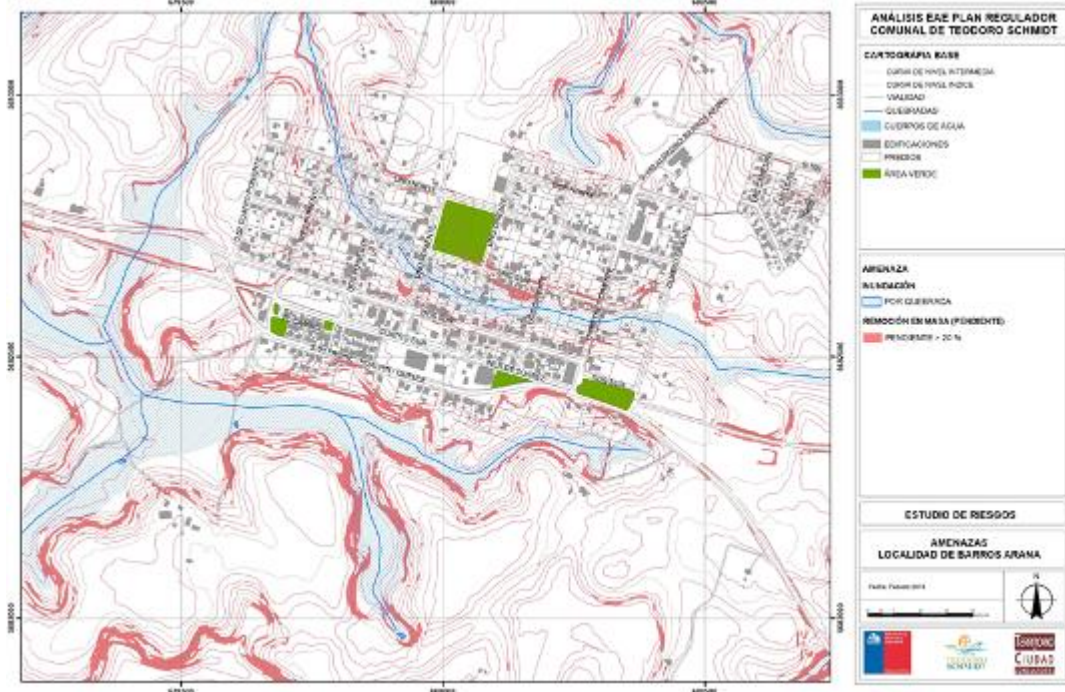
En Barros Arana también se observa incisión fluvial asociada también a las llanuras fluviales y glaciofluviales.

Figura 20. Amenaza de Remoción en masa, Hualpín



Fuente: elaboración propia

Figura 21. Amenaza de Remoción en masa, Barros Arana



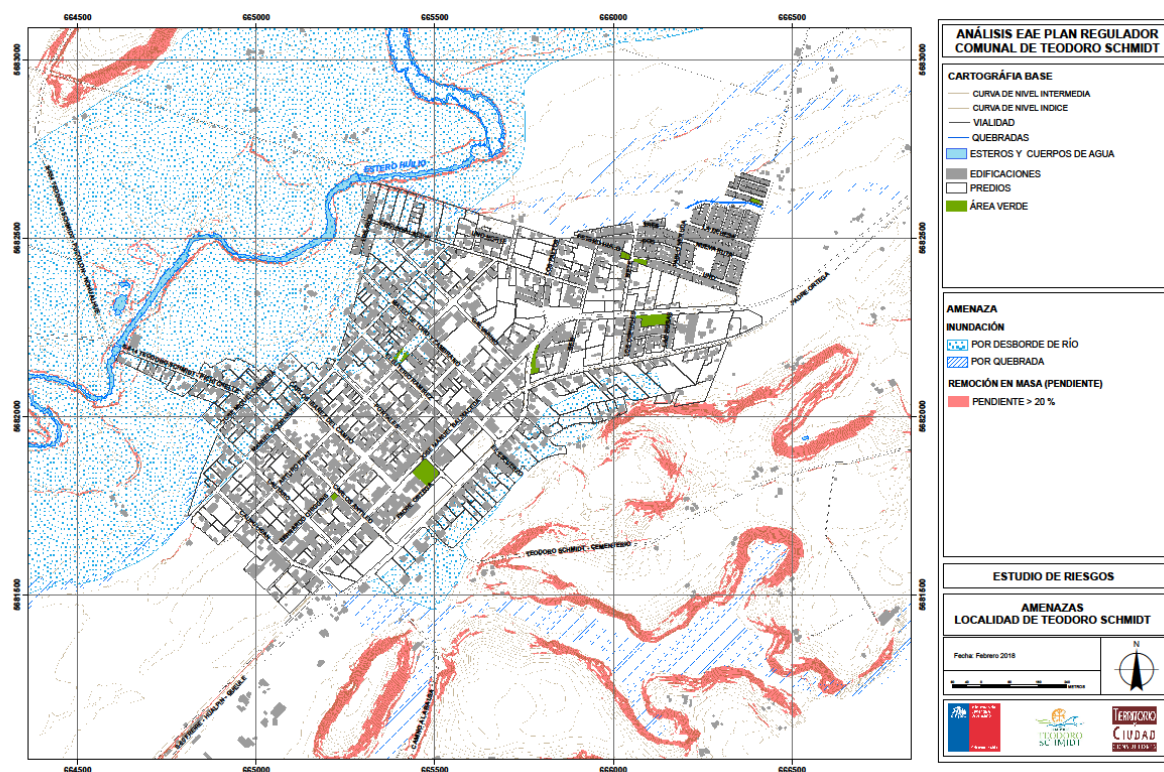
Fuente: elaboración propia

Como puede observarse esta amenaza no es constitutiva de riesgo, toda vez que no posee exposición asociada.

2.5. SÍNTESIS DE AMENAZAS DE ORIGEN NATURAL CONSTITUTIVAS DE RIESGO

En el caso de la comuna de Teodoro Schmidt destaca el estero Huilio con un área de inundación por desborde a lo largo de su curso, área que se ensancha en aquellos sectores anastomosados y que se extiende hacia el área urbana de acuerdo con las observaciones realizadas en cartografía participativa, así como el análisis del evento del año 2008. Dos quebradas importantes configuran una condición de susceptibilidad a amenaza de inundación por quebrada, tanto al nor, nor- oeste de la localidad como en el sector sur. Es la quebrada del sector sur la más encajonada, determinada a partir de pendientes de 20° y superior, configurando amenaza de remoción en masa a partir de las condiciones geomorfológicas que sustenta dicha condición de pendiente (procesos erosivos y desprendimientos); sin embargo, no se encuentran en estas áreas población, por lo tanto, no constituye riesgo.

Figura 22. Síntesis de amenazas para Teodoro Schmidt

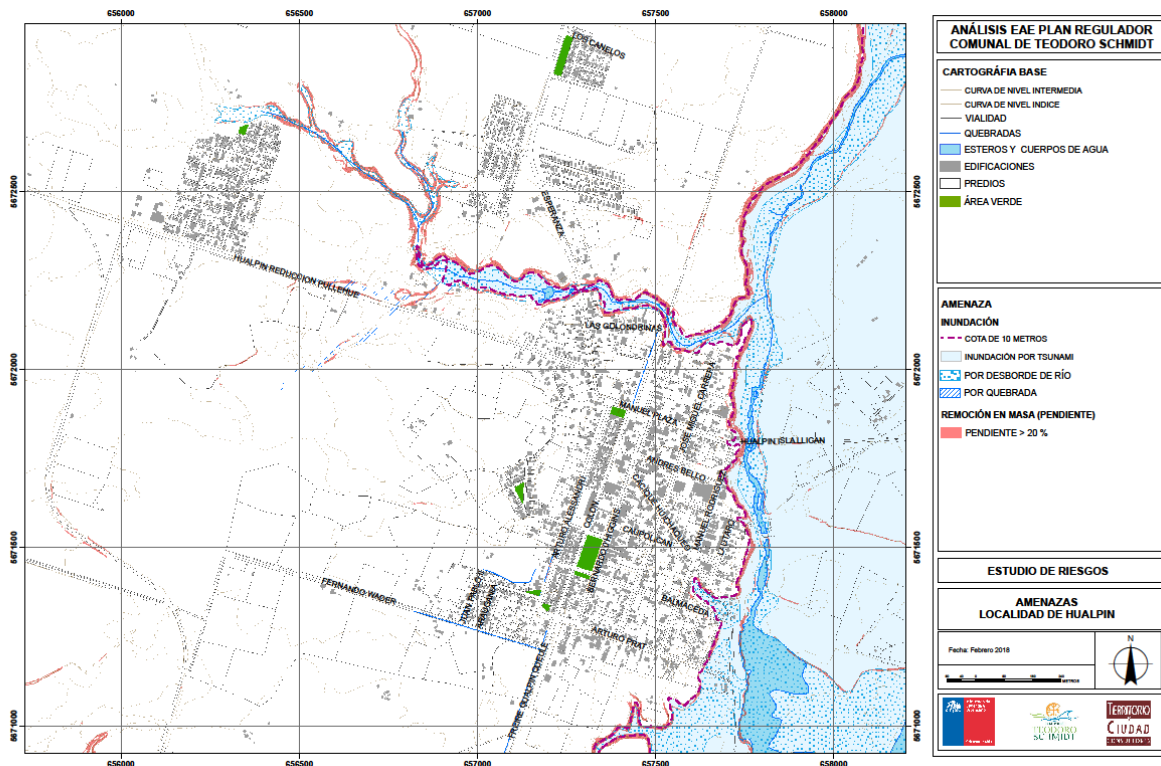


Fuente: elaboración propia

El escenario de amenazas constitutivas de riesgo para la localidad de Hualpín es más complejo debido a que se suma una condición de peligro de inundación por tsunami y un

área de afectación asociada, lo que puede verse en la figura 21 con la identificación de la cota 10 m que se prolonga desde el borde costero hacia el interior de la comuna.

Figura 23. Síntesis de amenazas para Hualpín

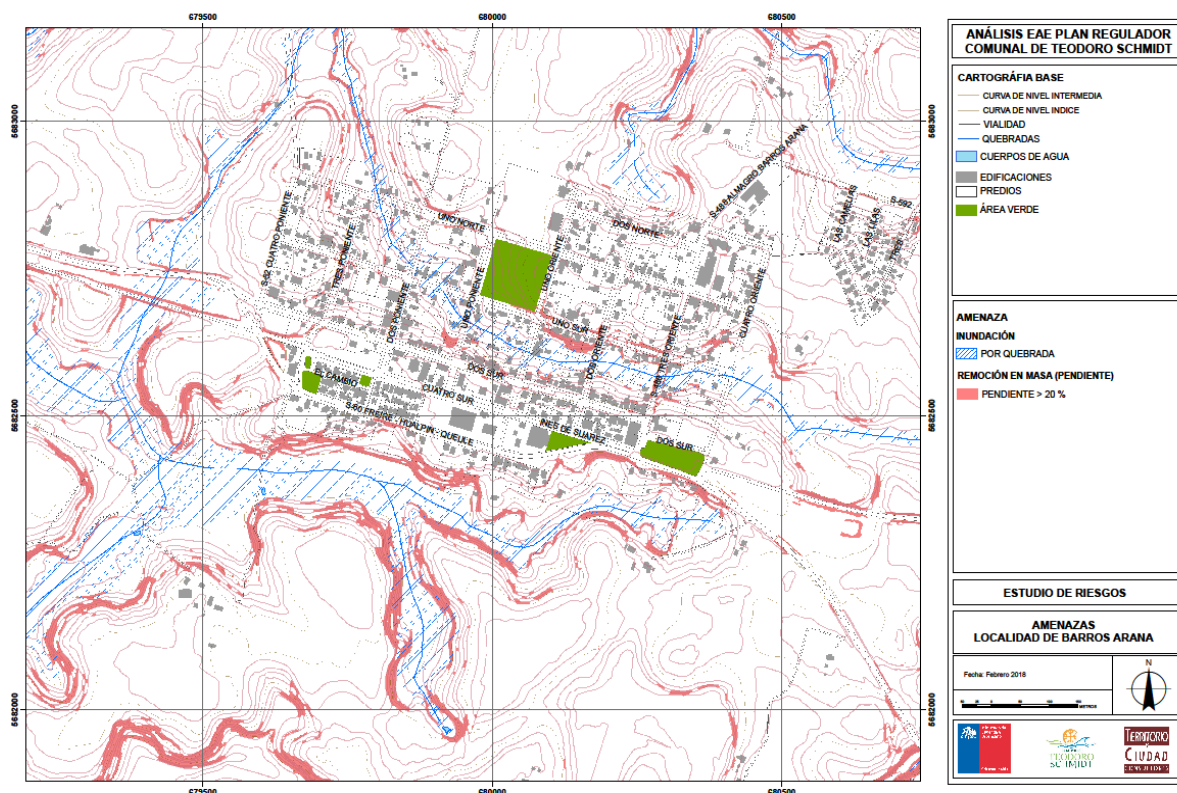


Fuente: elaboración propia

Finalmente, la localidad de Barros Arana posee dos quebradas importantes configuran una condición de susceptibilidad a amenaza de inundación por quebrada, tanto al nor, nor- oeste de la localidad como en el sector sur. La quebrada del sector sur se encuentra más encajonada pues está determinada a partir de pendientes de 20° y superior, configurando amenaza de remoción en masa a partir de las condiciones geomorfológicas que sustenta dicha condición de pendiente (procesos erosivos y desprendimientos); sin embargo, no se encuentran en estas áreas población, por lo tanto, no constituye riesgo.

La segunda quebrada de importancia tiene manifestación en el área urbana, configurando una condición de riesgo asociado a inundación por quebrada.

Figura 24. Síntesis de amenazas en Barros Arana



Fuente: elaboración propia

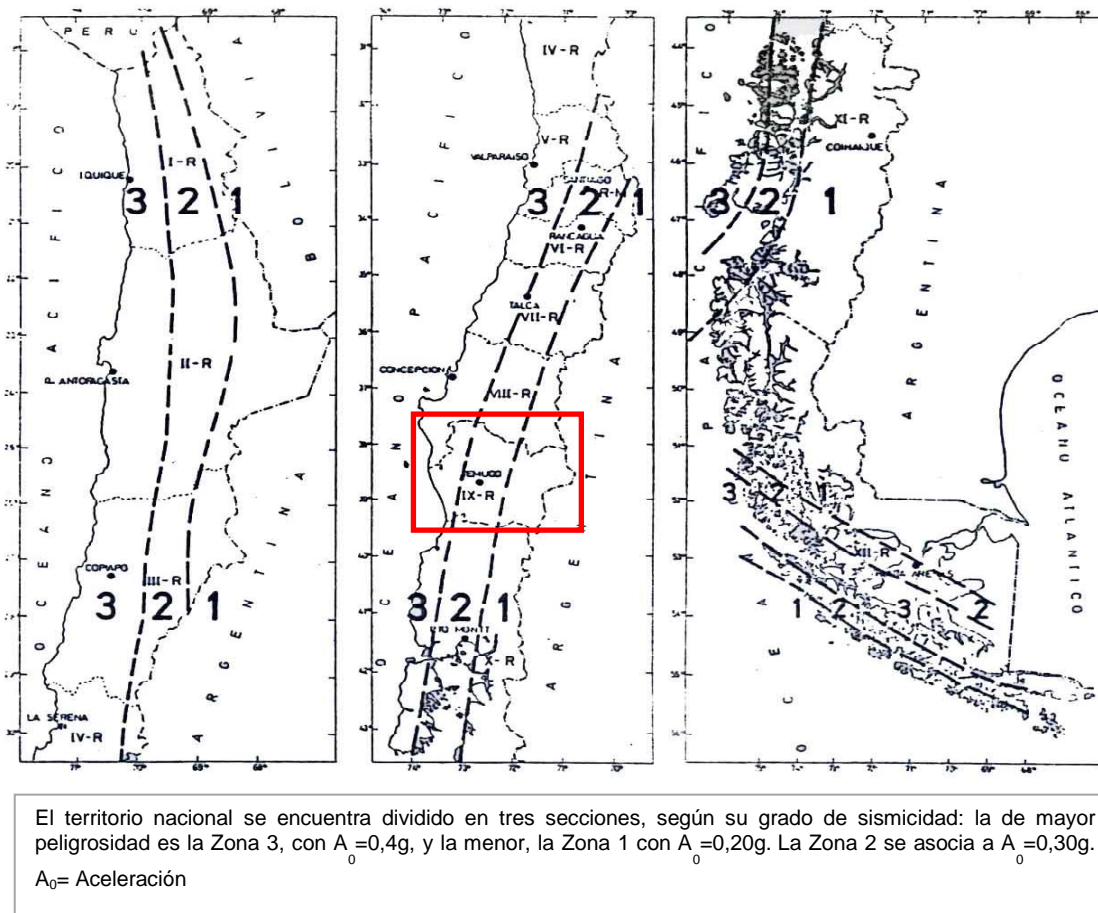
2.6. SISMICIDAD

La amenaza sísmica, es una condición prevalente de toda la macro región sur (y en todo el país) y por lo tanto es una amenaza per se en la Región. Esta condición es la misma respecto de los Tsunamis y maremotos, los que normalmente son una respuesta a un evento sísmico o de remoción en masa y por ello toda la costa de la Región. Si bien la sismicidad no es abordada por la zonificación determinada en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones como zona de riesgo, pues posee normativa propia, es importante dejar sentado en este estudio el contexto sísmico al que pertenece la comuna.

Normativamente la sismicidad se encuentra regulada mediante la Norma Sísmica 433 dirigidas al cálculo de estructura de edificaciones, no considerándose más zonificación diferenciada que la que establece tres zonas para todo el territorio nacional.

Como se observa en la siguiente figura, la Norma Chilena 433 señala que el área de estudio se ubica en la Zona 3 y 2, donde se establece una aceleración efectiva de 0,4g y 0,30g. La aceleración efectiva se define como el valor de pseudo-aceleración más estrechamente relacionado con la respuesta estructural y el potencial de daños de un sismo; la aceleración efectiva es menor a la aceleración máxima horizontal (PGA).

Figura 25. Zonificación Sísmica de Chile, Norma Sísmica NCh 433.



2.7. AMENAZA O PELIGRO DE INCENDIO FORESTAL

A partir de la metodología detallada anteriormente, se determina para las tres localidades de la comuna, el peligro de incendio forestal de acuerdo con las siguientes figuras.

Se puede observar para cada localidad, las manzanas y las viviendas en cada una de ellas, la trama urbana actual y proyectada a nivel de proyecto dada por las manzanas y vialidad, tanto existente como proyectada y el equipamiento existente. También se identifican las pendientes sobre 20° y la cobertura vegetal de tipo arbórea y arbustiva densa, sin perjuicio de la existencia de cobertura vegetal asociada a cultivo agrícola y praderas que también pueden ser foco de exposición a incendio. Sin embargo se da mayor relevancia a la cobertura arbórea densa por la consideraciones que CONAF establece como de mayor peligrosidad.

Así, para la localidad de Teodoro Schmidt se observa que la cobertura vegetal arbórea y arbustiva se desarrolla principalmente en las zonas asociadas con el estero Huilio y las

pequeñas quebradas. La pendiente no resulta significativa, siendo en general un área muy plana que no supera los 5% de pendiente (Figura 26).

Figura 26. Peligro de incendio forestal en Teodoro Schmidt

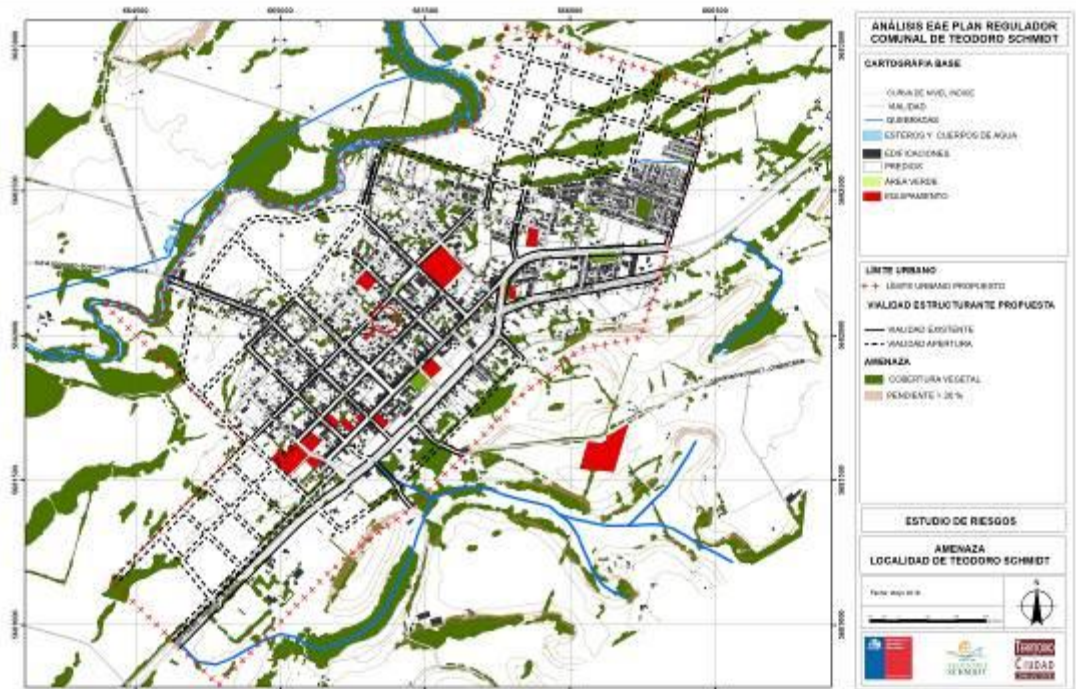
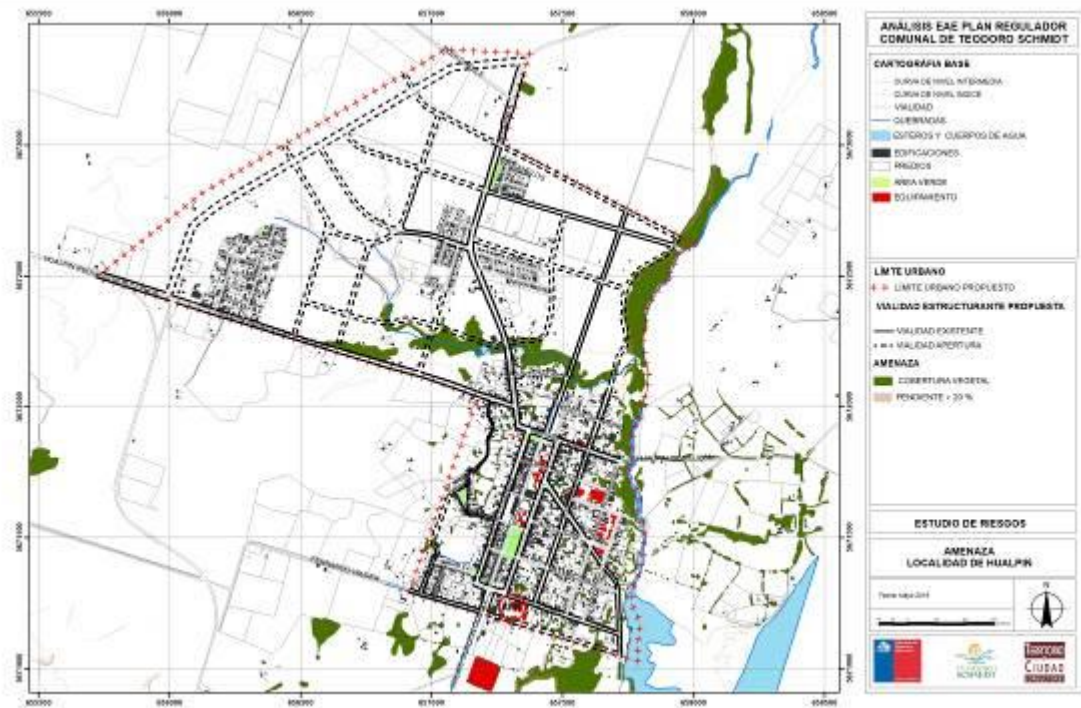


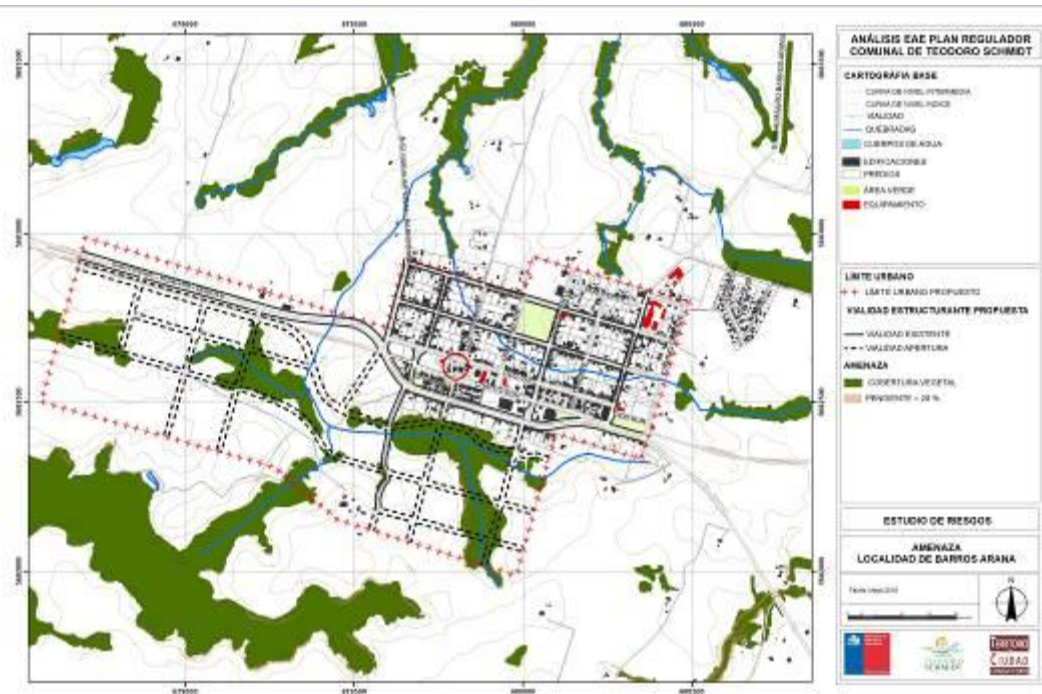
Figura 27. Peligro de incendio forestal en Hualpín



Para la localidad de Hualpín el escenario es muy similar. Las áreas que poseen cobertura vegetal se asocian al estero y las quebradas. Las pendientes son también planas, no superando el 5%.

Finalmente, para Barros Arana, se observa que la trama urbana proyectada está asociada a cobertura vegetal de tipo arbóreo y arbustivo denso, sin embargo, con la urbanización de esta zona es probable que esta cobertura disminuya o se elimine definitivamente. En términos de la topografía el comportamiento es similar, con bajas pendientes.

Figura 28. Peligro de Incendio Forestal en Barros Arana



3. VULNERABILIDAD Y EXPOSICIÓN

La intervención temprana en los diversos factores que componen la vulnerabilidad, lo denominaremos Planteamiento Preventivo, donde varios organismos públicos debiesen concurrir a configurar un buen escenario.

En el cuadro siguiente se destaca en **azul** aquellos factores que pueden ser regulados en forma preventiva por un IPT como el PRC; y en **verde** se han marcado aquellos que pueden ser materia de un plan de gestión y mitigación abordable mediante otros estudio e inversiones, orientados a la contención del fenómeno y a mejorar o aumentar la resistencia del soporte de actuaciones sistema de centros poblados de la comuna.

Cuadro 5 Factores de exposición y vulnerabilidad de competencia de un PRC

FACTOR	DESCRIPCIÓN	INDICADORES	COMPETENCIAS PRC
Físico	Capacidad que tienen las edificaciones e infraestructura para resistir un evento de desastre	Coberturas de urbanización (superficie ocupable) Altura de edificación Equipamiento, edificaciones estratégicas e infraestructura Materialidad Antigüedad o estado de conservación de las edificaciones Medidas de mitigación	SI SI SI SI SI SI
Exposición	Cantidad de personas en relación a las áreas construidas y la forma de ocupación (permanencia)	Población (ambulatoria o residente mediante indicador de uso de suelo) Densidad Ocupación de suelo Densidad predial (subdivisión mínima) Edificaciones estratégicas (localización del equipamiento utilizable en la emergencia) Líneas vitales (infraestructura de servicios sensibles a la amenaza)	SI SI SI SI SI
Socio-económico	Cohesión interna, capacidad de adquirir bienes y condición de resiliencia	Cobertura organizacional Diversidad organizacional Índice de calidad de vida Estrato socioeconómico	
Institucionalidad	Capacidad de las instituciones u organizaciones locales para prevenir y enfrentar un desastre natural	Conformación de estamentos específicos Conocimiento o catastro de zonas sensible Planes de prevención Planes de emergencia Planes de contingencia Capacidad de operación (económica, humana, política)	

Fuente: elaboración propia

Debe tenerse en cuenta que la vulnerabilidad se analiza en dos estados: el actual y el probable o proyectado, siendo este último el que es materia de la planificación preventiva y de competencia parcial de un IPT.

Como se ha indicado, el riesgo se configura cuando una amenaza, natural o provocada por acción humana, se proyecta sobre un área que presenta exposición y vulnerabilidad frente al fenómeno detectado. En ese sentido se puede señalar que se encuentran bajo “riesgo” todo territorio que se ve amenazado y que se encuentra ocupado con infraestructura o edificaciones que albergan actividades humanas. Visto así, podemos indicar que todo el sector donde confluye una amenaza y además se presentan urbanizaciones consolidadas o semi consolidadas en el área de estudio, se encontraría bajo “riesgo”, lo que se puede identificar con el cruce del mapa de amenazas sobre el catastro de edificaciones e infraestructura.

Sin embargo, para la planificación territorial, el riesgo se constituye también en territorios bajo amenaza que –aun no presentando ocupación humana o edificaciones estratégicas- se encuentren normativamente habilitados para ser ocupados con actividades humanas y, en el caso de un PRC, con actividades urbanas. A ello se le denomina el “riesgo probable” o “riesgo proyectado”. En este caso, se considera como área de análisis de riesgo probable, las áreas que se encuentran amenazadas dentro del actual Límite Urbano (LU) de las localidades de Teodoro Schmidt, Hualpín y Barros Arana, pues allí el instrumento local vigente, fomenta y permite la instalación de todo tipo de actividad urbana, sin restricciones diferenciadas.

3.1. EXPOSICIÓN

La formulación del PRC de Teodoro Schmidt, incorpora a las áreas urbanizadas dentro del Límite Urbano originario, otros territorios anexos, ampliando el área potencialmente ocupable y -por ello- bajo riesgo probable en aquellos casos donde existe presencia de amenazas dentro del nuevo territorio urbano.

Se identifica como exposición a los elementos destinados a entregar funcionalidad al sistema y las actividades que en éste se desarrollan, y que presentan especial sensibilidad a ser afectados por las amenazas analizadas.

Los elementos seleccionados corresponden, por ejemplo, redes de conexión regional. El carácter de “vitales” de estas redes e instalaciones de infraestructura, hace referencia a que son fundamentales para sostener la funcionalidad del sistema territorial comunal, por lo que no presentan niveles de vulnerabilidad diferenciados.

3.1.1. Edificaciones estratégicas

Comprenden aquellos elementos críticos susceptibles a sufrir daño o a generar una pérdida dada la ocurrencia de un evento como el de las inundaciones de agosto de 2008. De acuerdo con la Norma Técnica MINVU 003, las edificaciones comprenden la Red Hospitalaria Pública, Edificaciones en el área de la conectividad y las comunicaciones, cuarteles y recintos de control y seguridad, edificios con capacidad de reconversión en albergues y edificios y/o recintos que procesan, manipulan o almacenan sustancias peligrosas calificadas como tales por la autoridad competente.

El detalla de las edificaciones es el siguiente:

- Red hospitalaria pública
- Hospitales de alta complejidad – atención terciaria
- Hospitales de mediana complejidad-atención secundaria
- Hospitales de baja complejidad-atención primaria
- Centros de diagnóstico ambulatorio-atención terciaria
- CRS Consultorios de especialidades-atención secundaria
- Centros de Salud, postas, SAPU y consultorios- atención primaria
- Establecimientos SAMU
- Edificaciones en el área de la conectividad y las comunicaciones
- Aeropuertos de carga de pasajeros
- Aeródromos de carga de pasajeros
- Complejos aduaneros
- Centros de control de tráfico aéreo y marítimo
- Edificaciones que albergan centros de comunicaciones estratégicas
- Cuarteles y recintos de control y seguridad:
 - Cuerpo de bomberos
 - Comisaría y subcomisaría de carabineros
 - Tenencia y retenes de carabineros
 - Centros de detención y cárceles
- Edificios con capacidad de reconversión en albergues
- Establecimientos educacionales de enseñanza básica y media municipalizados
- Gimnasios municipales
- Edificios y/o recintos que procesan, manipulan o almacenan sustancias peligrosas calificadas como tales por la autoridad competente.
- Centros de información, coordinación y operación estratégicos
- Oficina Nacional de Emergencia y Direcciones de emergencia del Ministerio del Interior
- Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA)
- Servicio Sismológico Nacional de la Universidad de Chile
- Centro Vulcanológico perteneciente a la Red Nacional de Vigilancia Volcánica (RNVV), dependiente del Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN).

Para las localidades en estudio, se identifican las siguientes edificaciones estratégicas:

- Red hospitalaria pública
- Centros de Salud, postas, SAPU y consultorios- atención primaria
- Cuarteles y recintos de control y seguridad
- Cuerpo de bomberos
- Comisaría y subcomisaría de carabineros
- Edificios con capacidad de reconversión en albergues
- Establecimientos educacionales de enseñanza básica y media municipalizados
- Gimnasios municipales

El detalle de la ubicación de estas edificaciones estratégicas se encuentra en las cartografías síntesis de riesgo.

3.1.2. Vulnerabilidad

La vulnerabilidad se ha determinado desde diversas disciplinas de las ciencias sociales, a partir de metodologías que han tenido como objetivo, realizar un seguimiento de las condiciones de vulnerabilidad asociada a la fragilidad física, social, económica, institucional, ambiental, entre otros aspectos, lo que configuran la llamada vulnerabilidad global⁵. Puesto que el objetivo es determinar la vulnerabilidad por exposición de la población, así como aquellos aspectos vinculados con condiciones normativas que son materia de la planificación, se ha considerado para su determinación los siguientes factores:

Densidad

Corresponde a una variable significativa para la determinación de la exposición y vulnerabilidad. A partir del cálculo de la densidad de la población por manzana se puede estimar la exposición de la población frente a las amenazas ya señaladas, susceptibles de sufrir daño físico o incluso perder la vida. Representa la exposición actual y probable de personas en riesgo. Los distintos niveles de densidad de población, estandarizaron de acuerdo con el comportamiento en función del área de estudio, son descritos en el cuadro 6.

Territorial

En el nivel territorial se consideran como criterios la subdivisión predial promedio, el uso de suelo y la consideración de aspectos vinculados a las edificaciones, a partir de la determinación de la altura de las edificaciones.

Debido a la condición casi homogénea de altura de las edificaciones de las localidades de la comuna de Teodoro Schmidt, entre 1 y 2 pisos, no se desarrolló este factor.

Nivel de urbanización.-superficie predial

Ante la ausencia de un indicador específico que exprese el nivel de urbanización se opta por tomar la subdivisión predial promedio como un indicador del nivel de urbanización actual. Esto en el entendido que mientras menores sean las superficies prediales, mayor es el número de conexiones domiciliarias (agua, luz, teléfono, etc.) y a su vez es mayor el desarrollo de infraestructura vial. En este sentido, la vulnerabilidad es mayor a menor superficie predial mínima. Para la vulnerabilidad probable, se considera la superficie predial mínima que el plan ha determinado y que tiene que ver con la mayor construcción probable de urbanización.

Uso de suelo

El grado de vulnerabilidad también depende del tipo de uso de suelo que se dé en la zona afectada, tanto actual como proyectada o probable. En este sentido las manzanas que poseen un uso preferentemente residencial son más vulnerables a los efectos de los peligros analizados. La información del uso de suelo se obtuvo a partir de bases de datos locales y el levantamiento de información levantada en terreno.

⁵ La vulnerabilidad corresponde a un término definido en forma comparativa debido a que puede apreciarse por una parte bajo una condición de exposición al peligro; y por otra, como la capacidad de resistencia o de adaptabilidad de un elemento con relación a las condiciones que representa ese peligro (por ejemplo al estado y calidad de las construcciones, a la disposición de normas y mecanismos para la regulación del uso del territorio y la destinación de recursos para la reducción del riesgo) (CEPREDENAC – PNUD, 2003: La Gestión Local del Riesgo. Nociones y Precisiones en torno al Concepto y la Práctica).

Para la comuna, el uso de suelo preferente se reclasificó de acuerdo con el patrón de distribución y ocupación del suelo en los centros poblados, como sigue:

Actividades productivas y áreas verdes
Equipamiento
Residencial

Estos factores se clasifican de acuerdo con la siguiente clasificación generada a partir de análisis multicriterio de la siguiente forma.

3.1.3. Ponderación de Resultados

Vulnerabilidad actual

No obstante ser importantes los tres componentes seleccionados en la caracterización de la vulnerabilidad, no todos presentan igual relevancia frente al tipo de amenazas analizadas. En este sentido, se considera más relevante aquellos componentes que implican mayor número de afectados; es así como el principal componente de vulnerabilidad es la densidad, en segundo término se encontraría el uso de suelo preferente y, en tercer lugar de importancia se encontraría el grado de urbanización (junto con la densidad, ambos apuntan a la permanencia de personas, de ahí su bajo valor).

Densidad: Ponderación del factor: 0,6

Calificado como un factor alto, por cuanto la mayor densidad, mayor exposición de personas a las amenazas identificadas. El hecho de conocer la densidad permite focalizar el manejo de la emergencia.

Nivel de urbanización (superficie predial promedio): ponderación del factor: 0,1

Se considera la superficie predial dado que a menor superficie predial, se entiende que ha habido loteo y, por lo tanto, existe urbanización asociada.

Uso de suelo: Ponderación del factor: 0,3

Si bien el uso de suelo es un factor muy importante pues determina si el uso de suelo es residencial, equipamiento, etc., expresando con ello la exposición de personas; dado que la exposición ya está siendo medida en el factor densidad con una importancia mayor, la ponderación de este factor es menor.

Si bien los componentes seleccionados presentan relieve o establecen diferencias en el territorio, los rangos que presentan son bajos, principalmente debido a la homogeneidad de la configuración espacial de las localidades de la comuna de Teodoro Schmidt. Esta particular característica hace que los rangos de diferencias sean cortos en cada componente de análisis, por lo que los niveles resultantes se han limitado a tres: bajo, medio y alto, como sigue:

Cuadro 6 Ponderación de factores y criterios de vulnerabilidad actual

NIVEL	DENSIDAD Hab/ha	NIVEL DE URBANIZACIÓN Sup predial prom. (m ²)	USO DE SUELO preferente	RANGO
BAJO	1	1	1	Bajo
	<100 hab/ha	> 1.500 m ²	Actividades productivas y áreas verdes	
MEDIO	2	2	2	Medio
	100-200 hab/ha	401 – 1.500	Equipamiento	
ALTO	3	3	3	Alto
	>200 hab/ha	< 400 m ²	Residencial	

Se asigna de esta forma una puntuación a cada factor de vulnerabilidad, lo que sumado a los demás factores, da como resultado la puntuación general de vulnerabilidad del área analizada, posicionándole en el rango que le calificará como bajo, medio o alto.

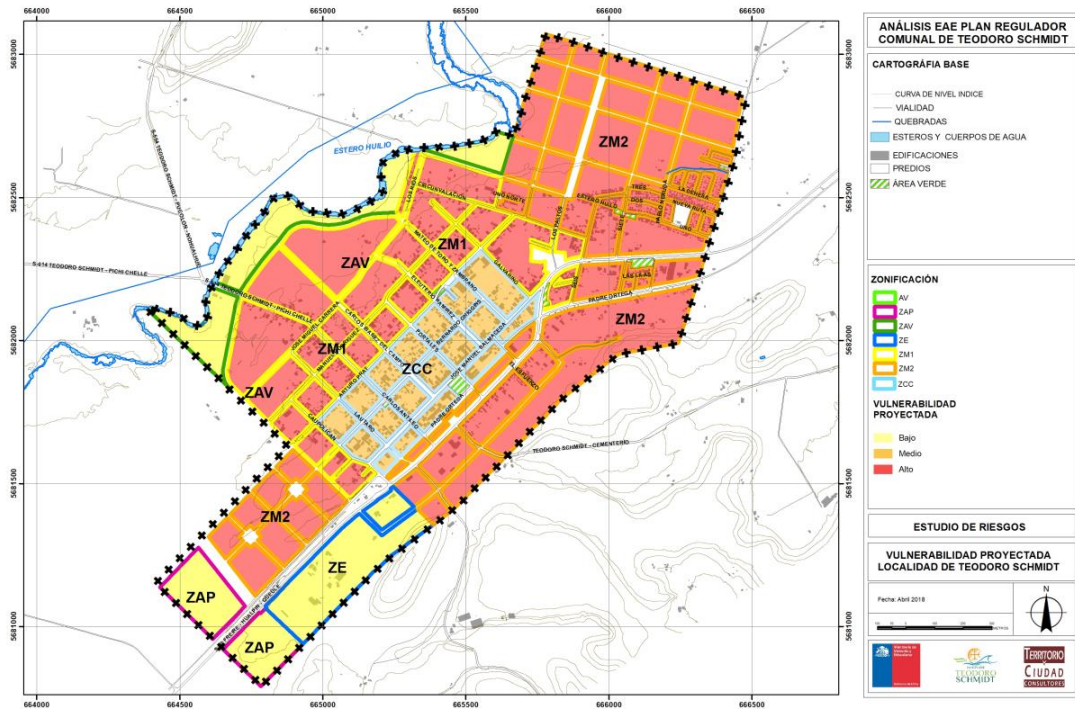
3.1.4. Vulnerabilidad en las localidades en estudio

Las figuras siguientes dan cuenta de la vulnerabilidad presente en las localidades de Teodoro Schmidt, Hualpín y Barros Arana.

En el caso de la localidad de Teodoro Schmidt, gran parte de las manzanas identificadas poseen vulnerabilidad media, asociada principalmente a densidades y superficies prediales promedios clasificadas como medias.

Tan solo un sector de la localidad posee una alta vulnerabilidad, relacionada principalmente con densidades altas, es decir, mayor a 200 hab/ha, asociada principalmente a vivienda económica, al nor-este de la localidad.

Figura 29. Vulnerabilidad actual en Teodoro Schmidt



La localidad de Hualpín se configura de forma más mixta en términos de vulnerabilidad, teniendo similar cantidad de manzanas con vulnerabilidad media y baja. Tan solo unas pocas manzanas clasifican con alta vulnerabilidad, lo que también se relaciona con densidades altas.

Barros Arana, en tanto, posee gran parte de sus manzanas categorizadas con vulnerabilidad media, asociada principalmente a densidades y superficies prediales promedios clasificadas como medias.

Figura 30. Vulnerabilidad actual en Hualpín

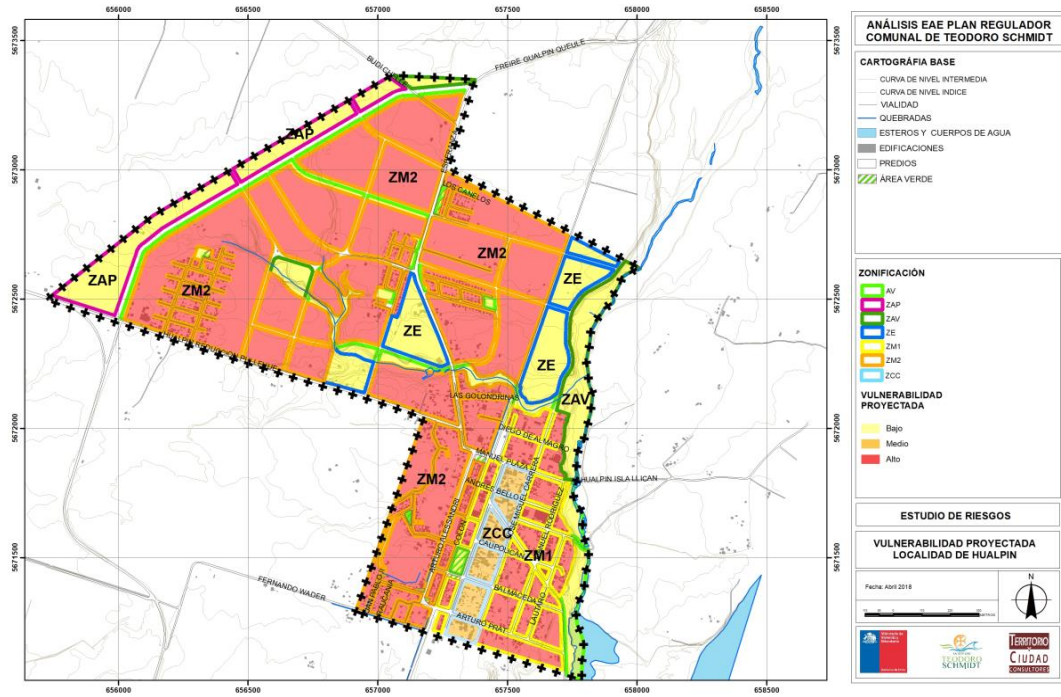
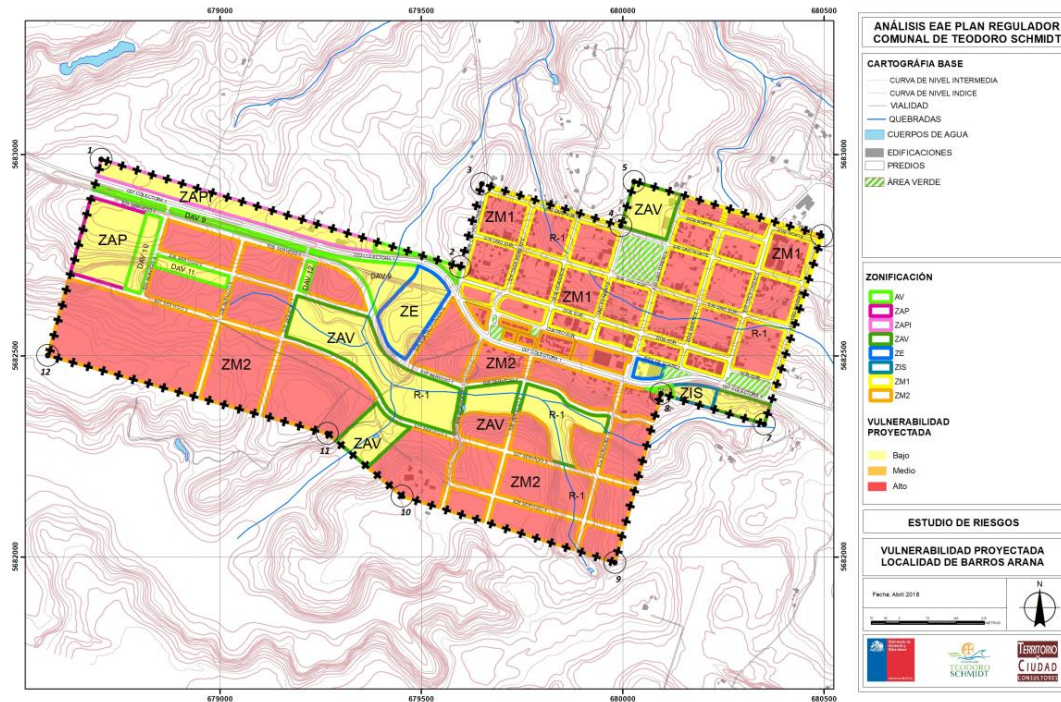


Figura 31. Vulnerabilidad actual en Barros Arana



4. RIESGOS PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO

La capacidad de recuperación o habilitación de las funciones urbanas, se recoge entonces de la experiencia local, tanto de las capacidades de las instituciones como de la capacidad de resiliencia que demuestran los grupos humanos afectados.

En estos casos se ha detectado que la capacidad de resiliencia de la población es efectiva y rápida en los niveles de daños medianos y menores circunscritos a sus inmuebles, siendo los niveles superiores de daño (destrucción de inmuebles) por lo general asumidos por el Estado, además de los daños menores, medios y altos de los espacios públicos y redes de servicios.

RIESGO BAJO: Cuando el daño resultante que provoca la amenaza sobre el tipo de exposición no es estructural en redes ni edificaciones y la función se restablece en horas o días, con recursos propios.

RIESGO MEDIO: Cuando el daño resultante que provoca la amenaza sobre el tipo de exposición es estructural o afecta redes (suministros), pero su reparación y reposición toma meses, demandando suspensión temporal de actividades y suplir suministros, con apoyo.

RIESGO ALTO: Cuando el daño resultante que provoca la amenaza sobre el tipo de exposición, es estructural con requerimiento de reconstrucción o replanteamiento de localización, demandando obras y gestiones que pueden tomar más de un año para recuperar la funcionalidad, requiriendo de apoyo total.

La clasificación anterior que diferencia niveles de riesgo conforme a la envergadura del daño, y éste medido de acuerdo a la capacidad de rehabilitación⁶, se establece como una referencia que permitirá revisar o verificar la calificación en función de las capacidades reales de resiliencia del sistema. De este modo, en la relación que se hace a continuación entre vulnerabilidad y peligro, los resultados de bajo, medio y alto se deben comprender asociado al nivel de rehabilitación antes mencionado.

Finalmente, sabemos que –de no mediar un criterio diferenciado de riesgo aceptable- la relación entre el grado de peligro y el nivel de vulnerabilidad, se mantiene directamente proporcional, es decir, el riesgo baja en la medida que disminuye el peligro o la vulnerabilidad.

Cuadro 7 Calificación del riesgo en función de los niveles de peligro y vulnerabilidad

MATRIZ DE RIESGO		PELIGRO		
		BAJO	MEDIO	ALTO
VULNERABILIDAD	BAJA	BAJO	BAJO	MEDIO
	MEDIA	BAJO	MEDIO	ALTO
	ALTA	MEDIO	ALTO	ALTO

Fuente: elaboración propia

Inicialmente la relación asociada al riesgo, es decir, la convolución entre vulnerabilidad y peligro, se plantea simétrica en tanto se considere que reducir el peligro o la vulnerabilidad es igualmente viable; no obstante sabemos que para la planificación normativa, sólo es

⁶ La **rehabilitación**, a diferencia de la **reconstrucción** o reposición, contempla sólo volver a instalar la función o la actividad urbana y no necesariamente reponer las mismas edificaciones o condiciones iniciales.

regulable la exposición y vulnerabilidad, no así la disminución de la amenaza o peligro, por lo que la calificación del riesgo debiese estar dada a partir de esa limitación; donde se debe agregar el criterio de tolerancia o admisibilidad de la pérdida (riesgo aceptable), componente que puede cambiar la calificación de riesgo que se presenta inicialmente.

En la identificación del riesgo existente, la unidad de análisis corresponde a la resultante entre el cruce de las áreas sometidas a amenaza con las áreas vulnerables o que presentan exposición de infraestructuras o equipamientos estratégicos, por lo que éstas se manifiestan cuando existe coincidencia entre ambas situaciones (peligro/vulnerabilidad). Una unidad territorial (vulnerable) puede presentar más de un peligro sobre ella, constituyendo distintos riesgos (asociado a cada peligro) e incluso distintos grado de riesgo, por lo que para cada riesgo resultante se analiza en forma independiente. Ello pues, si bien un peligro puede constituir un riesgo mayor a los demás peligros, para la planificación normativa las exigencias frente a la probable mitigación de los peligros pueden ser diferentes.

Figura 32. Esquema para la identificación de riesgo por localidad

IDENTIFICACIÓN DE RIESGO POR LOCALIDAD
(Esquema de la tabla aplicada)

UNIDAD DE RIESGO	VULNERABILIDAD	TIPOS DE PELIGRO			GRADO DE RIESGO
		PELIGRO 1	PELIGRO 2	PELIGRO 3	
C 1	MEDIA	ALTO	BAJO		ALTO MEDIO
C 2					
C 3					
				GRADO RIESGO 1 DE	

CÓDIGO DE LA LOCALIDAD
 CORRELATIVO DE LA UNIDAD DE ANÁLISIS EN LA LOCALIDAD
 NIVEL DE VULNERABILIDAD DE LA UNIDAD
 NIVEL DE PELIGRO 1 DE
 NIVEL DE PELIGRO 2 DE
 GRADO DE RIESGO 2 DE

Fuente: elaboración propia

Debe considerarse, que la identificación y calificación del riesgo existente en el área de estudio, representado por las unidades de análisis presentes en cada localidad de análisis, es sólo un referente que permite dimensionar los niveles y situaciones presentes hoy en el territorio, no constituyendo ello necesariamente la base de zonificación de la propuesta normativa, ni de los niveles de riesgo que el IPT considerará.

Conocidos los escenarios donde se manifiesta la amenaza o peligro y los sitios donde se ubican las poblaciones e infraestructuras, es posible saber qué sistemas o contextos físicos y sociales se encuentran en riesgo. El cruce de la información de amenazas con la información de vulnerabilidad, hace posible obtener un tercer producto que es el mapa de aproximación al riesgo.

El riesgo, tal como se ha definido, se presenta como el resultado de la coexistencia, en una zona determinada, de la amenaza y la vulnerabilidad. Esto quiere decir que para que haya riesgo debe confluír en la misma zona la probabilidad de que ocurra un fenómeno determinado y debe haber elementos que puedan ser afectados; la inexistencia de alguno de estos dos componentes elimina automáticamente las condiciones de riesgo.

Los resultados quedan plasmados en las siguientes figuras síntesis de riesgo para las tres localidades, de la cual se desprende lo siguiente:

Desde el punto de vista de los riesgos que son materia de regular por un PRC y en atención a las amenazas analizadas para el territorio materia de Estudio, en la comuna de Teodoro Schmidt se presentan los siguientes:

Riesgo de Tsunami: Se establece como cota de inundación máxima los 10 msnm; lo que deja un área importante de la localidad de Hualpín bajo la cota de inundación, tal como quedó expresado en el análisis. Sin embargo, la exposición de viviendas se da principalmente en algunos sectores ubicados en el sur-este, colindante con las terrazas fluviales del río Toltén.

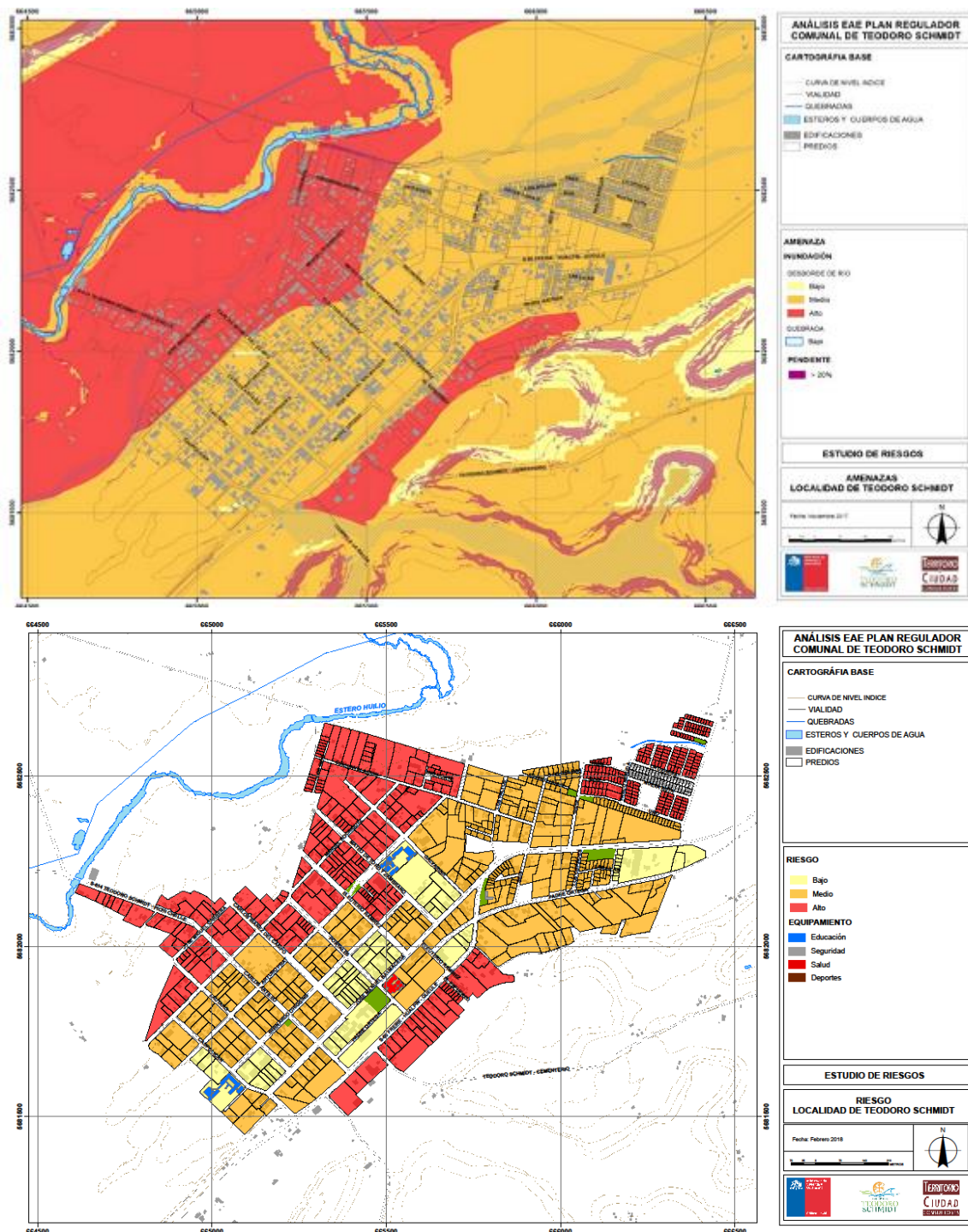
En este tipo de zonas se recomienda al menos inhibir el crecimiento de la oferta residencial y particularmente de vivienda, pues son los inmuebles que más cuesta evacuar o abandonar en un caso de emergencia. No obstante los 10 msnm ser una cota conservadora desde el punto de vista de la prevención, es recomendable –principalmente por las características particulares de los suelos presentes en la comuna, específicamente en la localidad de Hualpín- que a nivel provincial se formule un estudio específico sobre los eventuales efectos de un tsunami posible, a fin de establecer criterios comunes de riesgo admisible y manejo de la emergencia.

Riesgos de Inundación por desborde de río o estero: Se asocian a las áreas correspondientes a las terrazas fluviales del río Toltén o el estero Huilio, cuyas características son el corresponder a sectores de bajas pendientes, suelos arcillosos e hidromórficos. Se suma a lo anterior, aquellos sectores con condiciones geomorfológicas asociadas a llanuras aluviales y fluvio-marinas.

Riesgos de Remoción en Masa: Se asocian a altas pendientes, superiores a 20%, las que se encuentra en sectores muy específicos de la localidad de Teodoro Schmidt y Barros Arana, los que hoy presentan aun baja o nula ocupación. En estas áreas no es recomendable permitir el emplazamiento de edificaciones habitables o con permanencia de personas; en caso de permitirse, ello debiese contar con un estudio de contención de laderas y obras de mitigación asociadas.

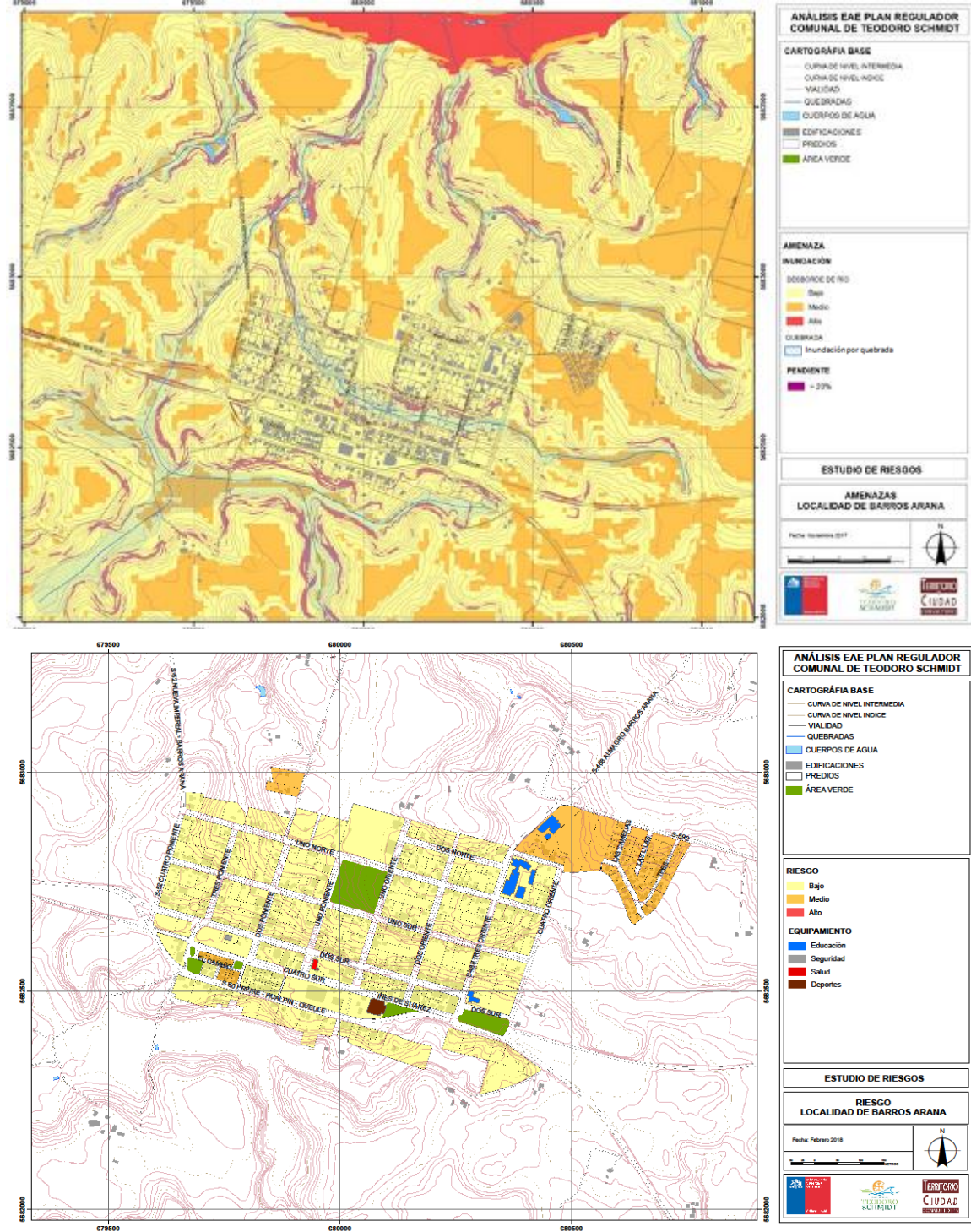
La identificación de los elementos expuestos también es relevante para la definición de riesgo, teniendo en cuenta los tipos de amenaza a los que estar expuestos y su intensidad (bajo, medio, alto). A continuación se detallan también todos los elementos relacionados con equipamientos que clasifican como edificaciones estratégicas para su consideración en la determinación de áreas bajo riesgo.

Figura 33. Síntesis de amenazas y riesgo para la localidad de Teodoro Schmidt



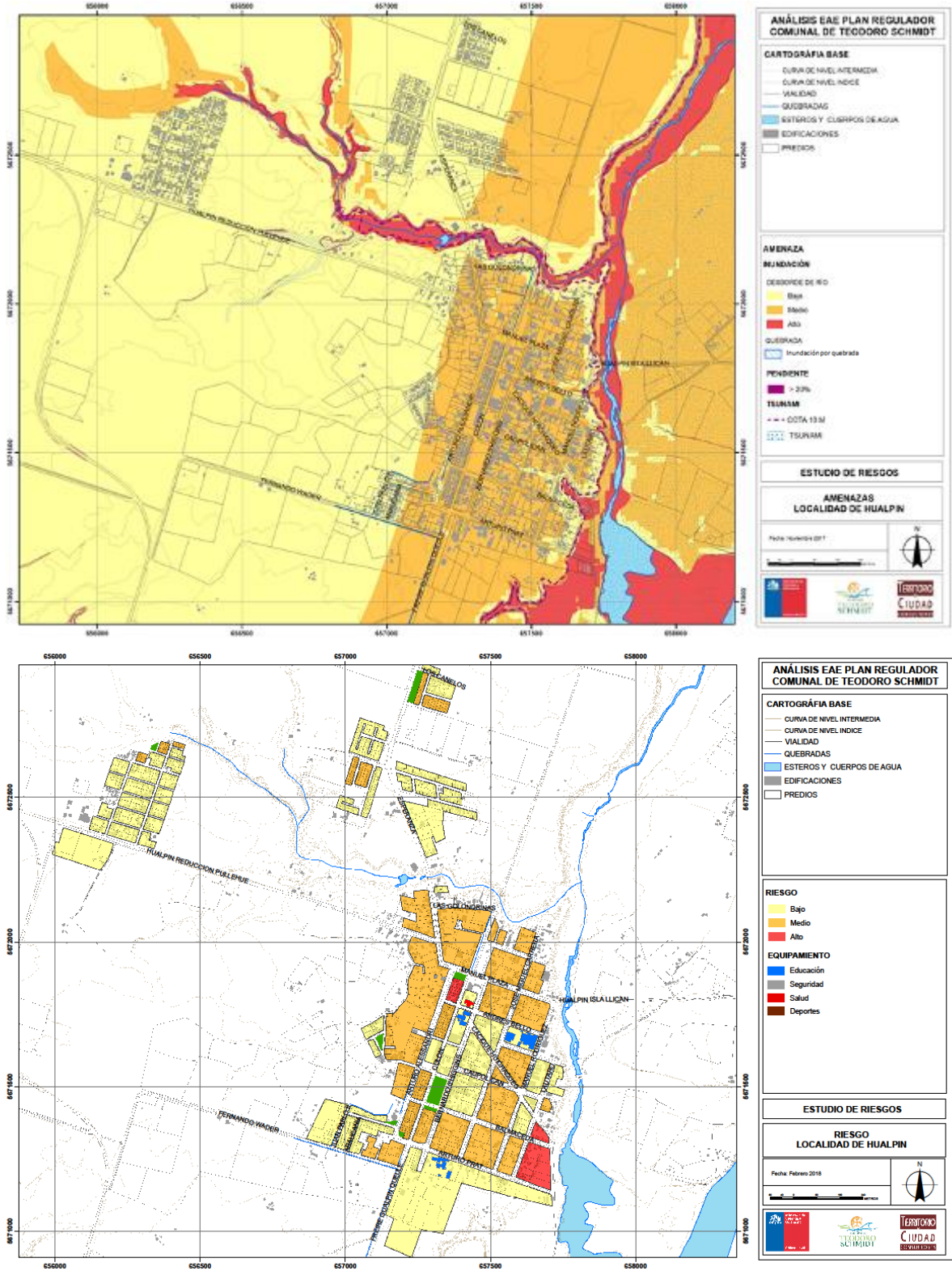
La figura anterior da cuenta del riesgo actual asociado a las amenazas analizadas y, en el caso de la amenaza por inundación, sin discriminar entre los niveles de peligrosidad. Sin embargo, al considerar el umbral de desencadenamiento de esta amenaza, el riesgo alto tiene la mayor significancia.

Figura 34. Síntesis de amenazas y riesgo para la localidad de Barros Arana



En el caso de Barros Arana se observa que su área urbanizada, no posee amenaza alta. Tampoco se observan edificaciones estratégicas en áreas de riesgo alto.

Figura 35. Amenazas y riesgo para la localidad de Hualpín



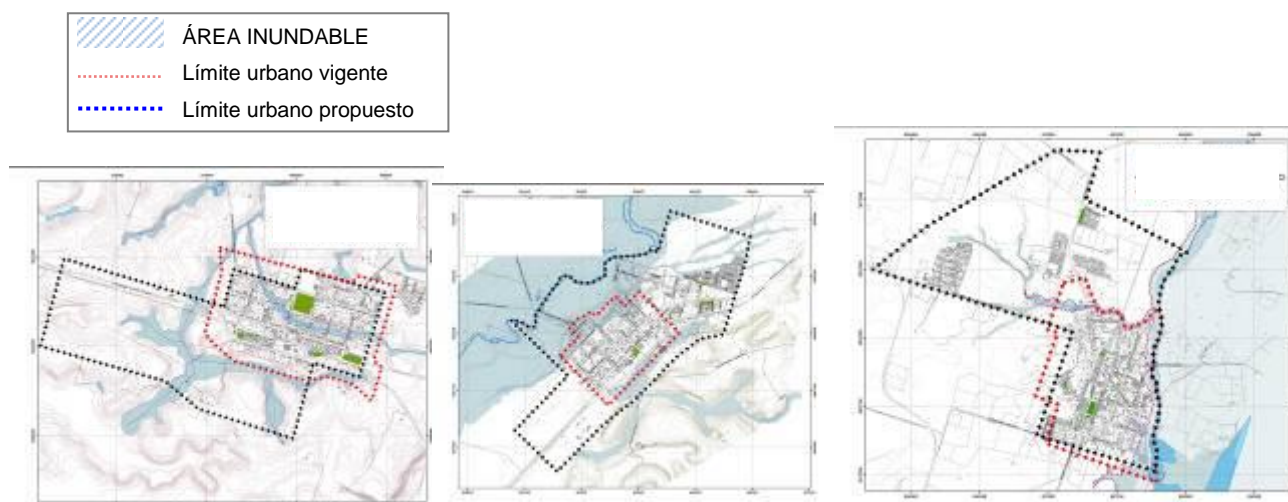
Los riesgos que finalmente se norman en el Anteproyecto corresponden a: inundación por tsunami (para la localidad de Hualpín), inundación alta por desborde de río o estero y remoción en masa, asociada a pendientes sobre 20%.

En el caso de las amenazas asociadas a procesos de remoción en masa, éstas tienen que ver con laderas de incisión en la llanura glaciofluvial y fluvio marina. Esta amenaza queda desestimada en el análisis de riesgo asociado con avalanchas, rodados, aluviones o erosiones acentuadas, debido a que no tiene manifestación en el área urbana existente ni tampoco en la proyección del nuevo límite urbano. Por este motivo el riesgo a regular en el PRC estaría dado por aquellas amenazas de inundación alta por desborde de río o estero y de inundación por tsunami.

Las áreas de riesgo identificadas aplican sobre las respectivas zonas normativas de conformidad a lo establecido en el Art. 2.1.17, supeditando la intervención de éstas a estudios fundados y obras de mitigación.

El criterio de integración a la funcionalidad urbana de aquellas áreas bajo amenaza de inundación, es zonificarles como zonas con uso de área verde o declaratoria de área verde, el que permite formas de desarrollo urbano compatibles con la presencia de la amenaza natural, aceptando una baja constructibilidad, descartando el uso residencial o emplazamientos de equipamientos estratégicos.

Figura 36. Riesgo de inundación en los centros urbanos



Como se observa, en los tres centros poblados el riesgo de inundación fue determinante en el crecimiento urbano propuesto, no obstante algunas áreas con amenaza de inundación por desborde de río, estero o quebrada, quedaron dentro de la superficie normada. En este caso, y tal como se ha señalado anteriormente, dichas áreas que se denominarán “áreas de riesgo”, deben adscribirse a la aplicación del artículo 2.1.17 de la OGUC, y deberán ser reguladas de acuerdo con el uso de suelo y las normas urbanísticas que el Plan señala, debiendo, en tanto correspondan a zonas residenciales, mixtas u otras, realizar un nuevo estudio (Estudio Fundado de Riesgo) para solicitar el permiso de edificación respectivo.

Riesgo de Incendio Forestal

Se identifica el riesgo de incendio forestal de acuerdo con los indicadores descritos en los acápite previos, el escenario de amenaza o peligro asociado, y que principalmente se vincula con cobertura vegetal y pendientes en las áreas cercanas a la “interfase urbano forestal”, y la consideración de la vulnerabilidad de la población. Esta vulnerabilidad es la misma que se define para las demás amenazas debido a que su enfoque tiene que ver con la exposición y con ello, la identificación de personas y equipamiento en condición de peligro, tanto de origen natural como el asociado a actividad o intervención humana, como es el peligro de incendio forestal.

El riesgo asociado a la amenaza de incendio forestal para las tres localidades de la comuna de Teodoro Schmidt, se determinó a partir de la consideración de esta llamada “*Interfase Urbano – Forestal*”, correspondiente a distancias asociadas con las zonas de manejo que CONAF clasifica para el trabajo preventivo, y a través de las cuales se debe realizar distintos tipos de manejo para reducir y/o evitar el riesgo de incendio.

Se considera entonces tres zonas importantes vinculadas con el grado de peligro, desde la construcción hacia los sectores con cubierta vegetal de tipo arbórea dado que en las cercanías de los límites urbanos propuestos por el plan, no se presentan plantaciones forestales.

Para la localidad de Teodoro Schmidt se observa que las manzanas en rojo son aquellas colindantes con el límite urbano, con mayor propensión a peligro de incendio dada la cercanía a áreas con cobertura vegetal densa. A estas manzanas se les definieron tres zonas que determina la interfase urbano – forestal de manera de poder determinar el riesgo de incendio. Se observa entonces una primera zona de interfase de 20 metros, vinculada con un trabajo preventivo individual, una segunda zona de interfase de hasta 70 metros que excede el ámbito predial y de la manzana donde se debe desarrollar un trabajo preventivo más colectivo y la tercera zona (de hasta 400 metros) donde el trabajo preventivo es de tipo comunitario, asociado a la zona amarilla. En esta última zona y siempre y cuando no se exceda el límite urbano actual o proyectado, el PRC puede generar usos compatibles con esta condición de peligrosidad, por ejemplo, definiendo “áreas verdes” y realizar en estas un manejo de tipo preventivo a nivel comunal.

En la localidad de Haulpín se presentan más manzanas expuestas a este peligro de incendio debido a la cercanía de vivienda y equipamiento al estero y la quebrada, ambos con cobertura vegetal densa que puede convertirse en foco de incendio de no mediar el enfoque preventivo. Se observa que las viviendas y el equipamiento se encuentran a una distancia menor de la cobertura vegetal, es decir, entre los 20 y 70 metros, por lo tanto, existe mayor exposición a dicho peligro.

Finalmente, en el caso de Barros Arana, las manzanas marcadas en rojo se observan muy cercanas a los focos de incendio, no superando los 70 metros de distancia entre las manzanas. Nuevamente cobra especial atención el trabajo preventivo vinculado con el llamado “espacio de supervivencia” (medido entre la vivienda y los 20 metros de distancia) y la zona asociada a los 70 metros, fuera de este espacio de supervivencia pero de trabajo comunitario.

Figura 37. Riesgo de Incendio en Teodoro Schmidt

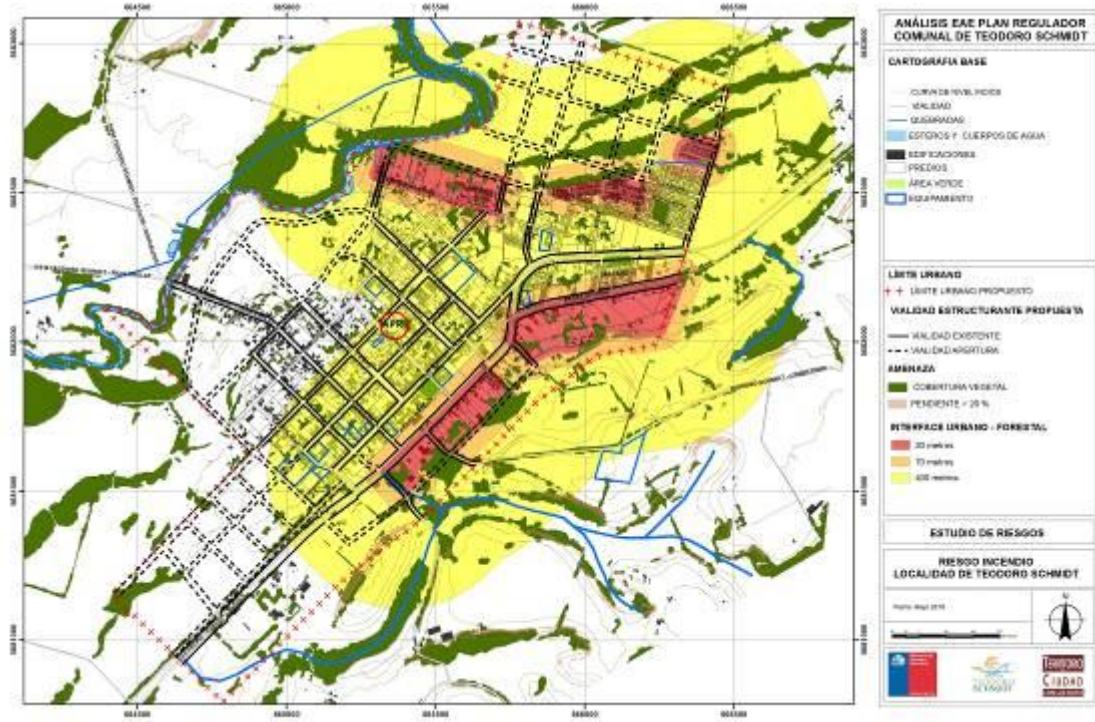


Figura 38. Riesgo de Incendio en Hualpín

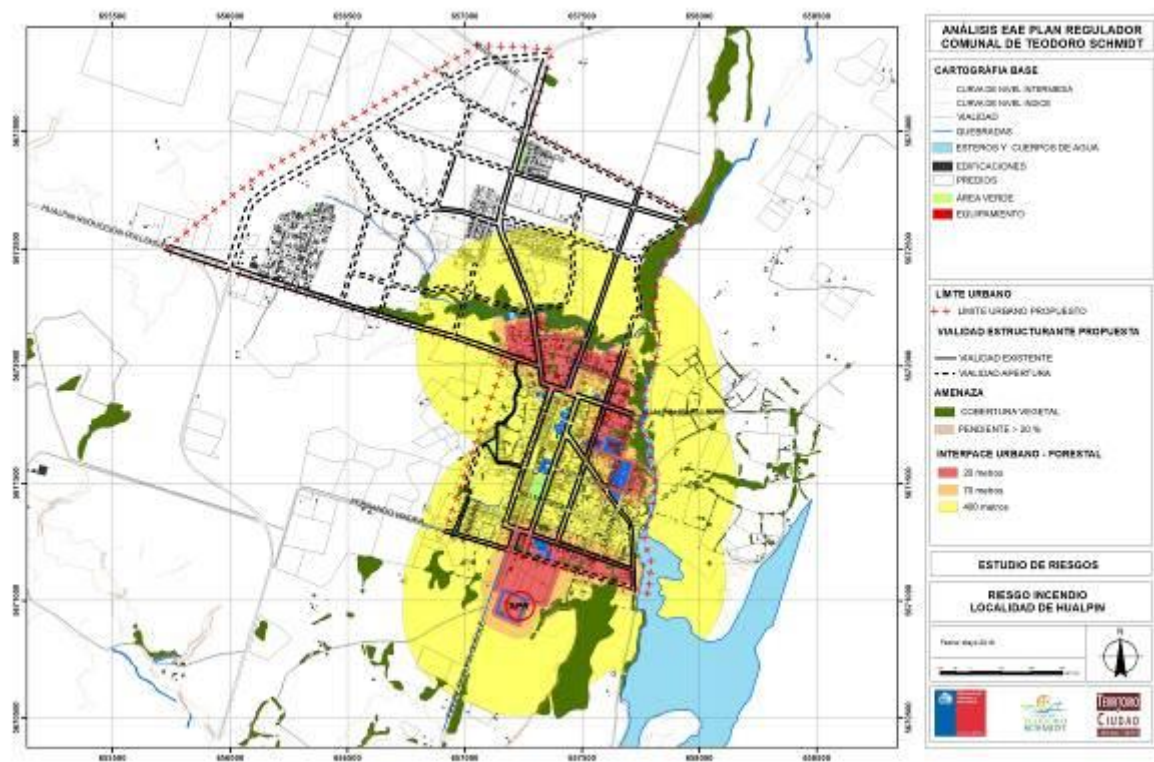
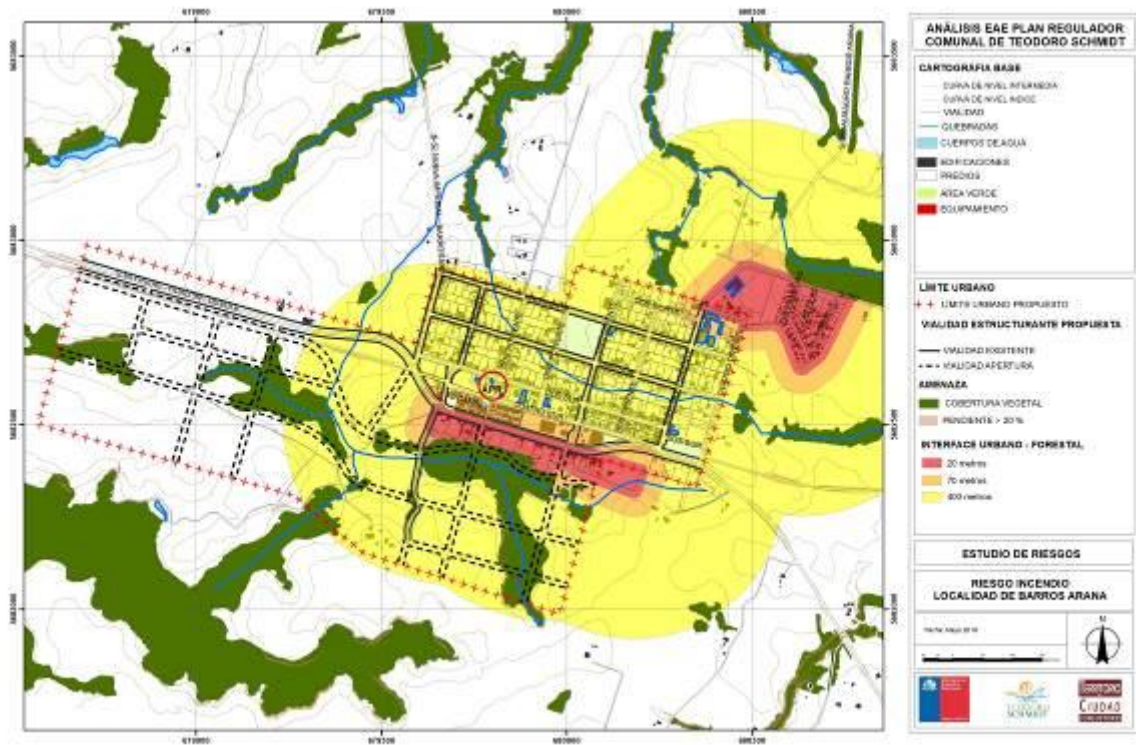


Figura 39. Riesgo de incendio en Barros Arana



B.

La condición actual de ocupación del territorio implica un riesgo existente o actual que, de no mediar medidas que reduzcan tanto la amenaza como la vulnerabilidad que los determina, el riesgo no se reduce. Sin embargo, en el ordenamiento territorial que se hace de la comuna de Teodoro Schmidt, el Plan ha definido nuevas áreas de ocupación debido a que en las tres localidades de la comuna el límite urbano se ha ampliado. Esto implica, en el contexto de los riesgos, que podría darse una condición de aumento de la vulnerabilidad debido a que dicha aplicación del límite urbano implica nuevo territorio que será ocupado por usos de suelo y normas urbanísticas que el plan ha propuesto. De aquí la importancia de analizar la vulnerabilidad en dos estados: el actual y el probable o proyectado, siendo justamente este último el que es materia de la planificación preventiva y competencia parcial de un IPT. La vulnerabilidad proyectada o probable forma parte de la formulación del Plan.

La aplicación de cada uno de los factores de ocupación configura mapas distintos y su superposición permite diferenciar niveles de exposición, es decir, donde un mismo evento o amenaza generaría riesgo debido a las condiciones particulares del territorio en cuanto a su ocupación. Este ejercicio se hace para un escenario hipotético de desarrollo futuro o proyectado, en función de la aplicación de la propuesta del IPT. Ello dado que la planificación territorial actúa sobre un escenario de futuro y no sobre lo ya consolidado.

La ocupación diferenciada del territorio debe entenderse como un indicador de “urgencias” o requerimiento de mitigar mediante el control de la ocupación del territorio; en otras palabras **nos advierte del riesgo que puede representar mantener la situación normativa actual y pone el acento en la diversidad del territorio y los diferentes impactos que pueden requerir restricciones normativas al desarrollo urbano.**

La ocupación probable del territorio entonces se proyecta mediante la aplicación de las normas contenidas en los IPT que aplican sobre el territorio, sobre la cual se grafica el Espacio Geográfico de riesgo.

En este sentido, y siguiendo la lógica de los factores que condicionan la vulnerabilidad proyectada, se determina para cada localidad la ocupación probable del territorio, de acuerdo con las siguientes figuras.

Figura 40. Vulnerabilidad proyectada en Teodoro Schmidt

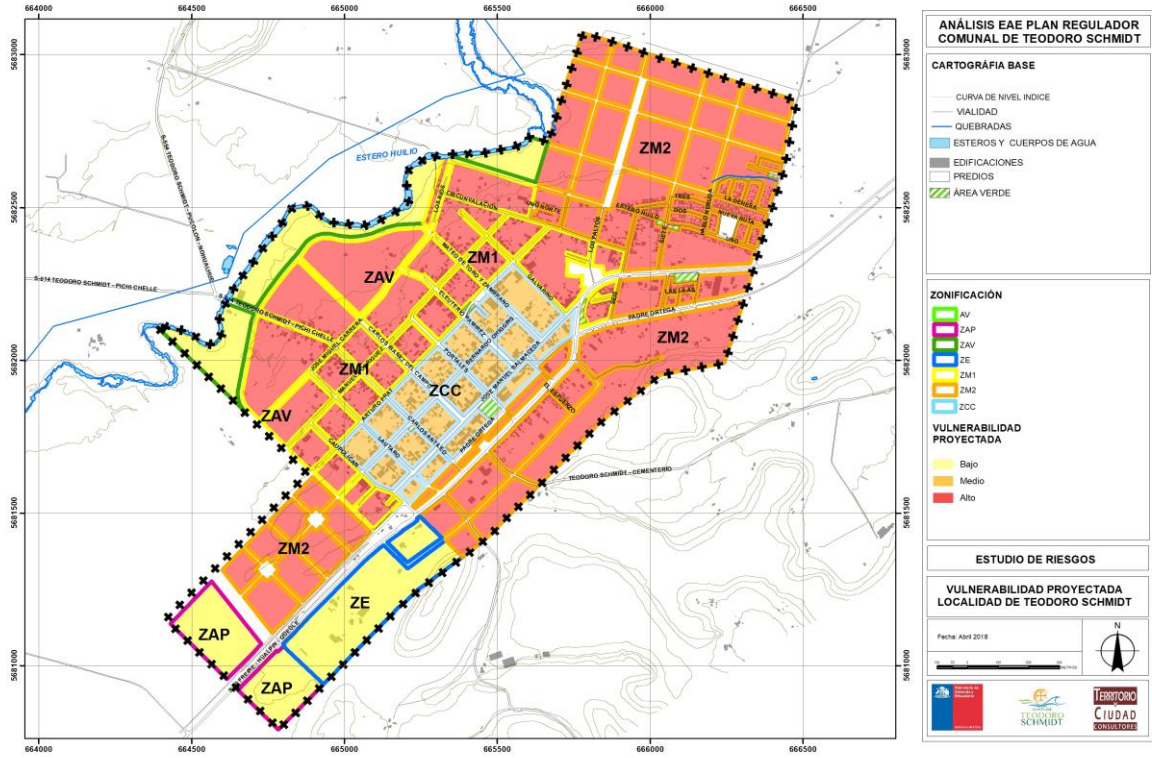


Figura 41. Vulnerabilidad proyectada en Barros Arana

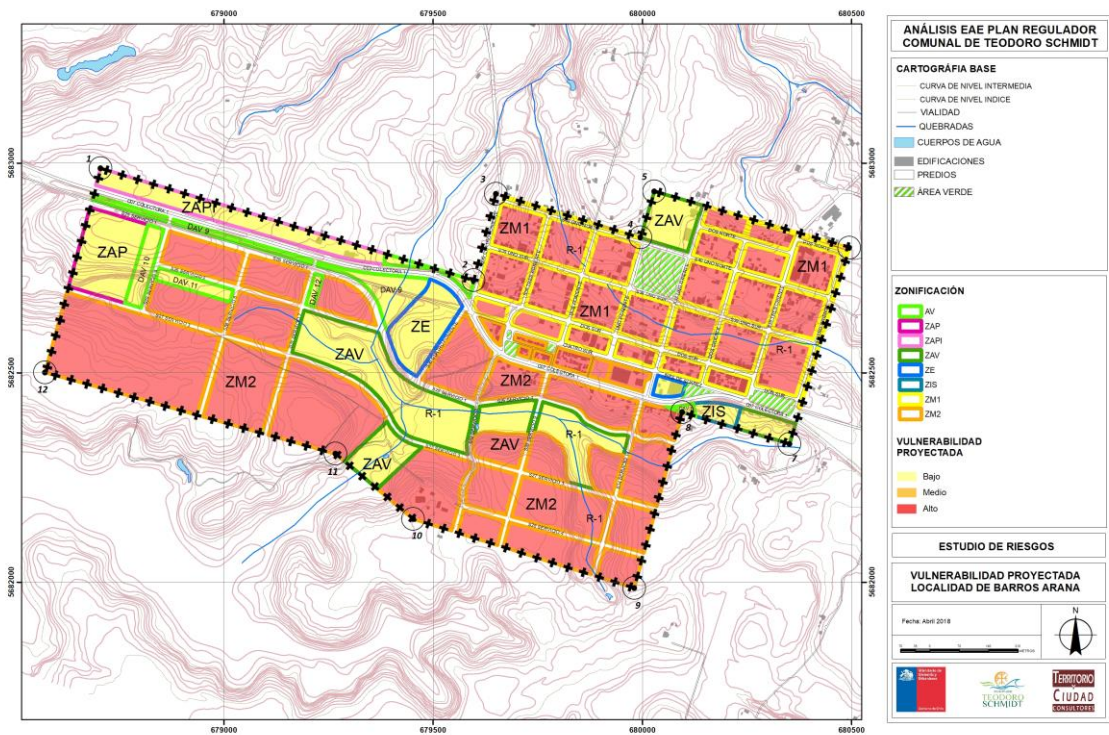
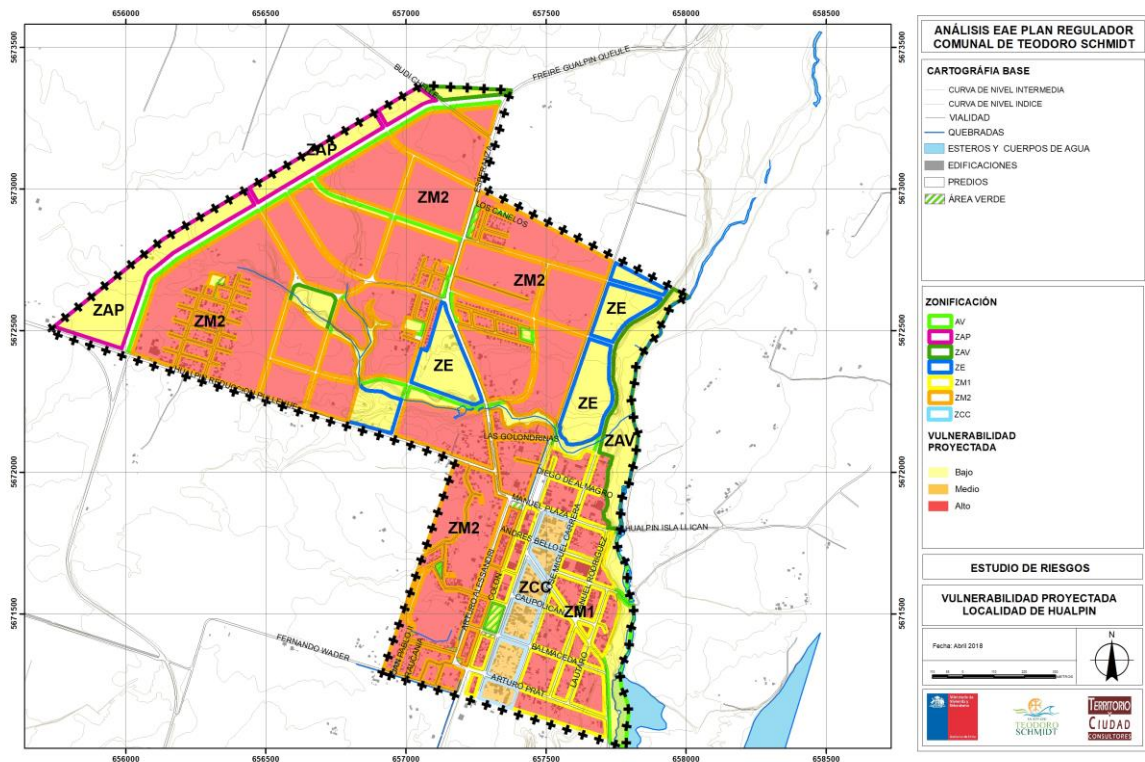


Figura 42. Vulnerabilidad proyectada en Hualpín



En síntesis, para las tres localidades (Teodoro Schmidt, Barros Arana y Hualpín), la alta vulnerabilidad que se proyecta a nivel del plan propuesto, se relaciona con las zonas ZM1 y ZM2, zonas cuyo uso de suelo es mixto, residencial, densidades que fluctúan entre los 160 y 320 h/ha y superficies prediales mínimas del orden de los 200 y 300 (m²). Estos factores son claves para identificar el grado de exposición que proyecta dicho plan.

Respecto del riesgo proyectado para las localidades, las figuras siguientes dan cuenta de cómo se incorpora este riesgo (entendido como amenaza) a la propuesta normativa del plan.

Figura 43. Riesgo proyectado Teodoro Schmidt

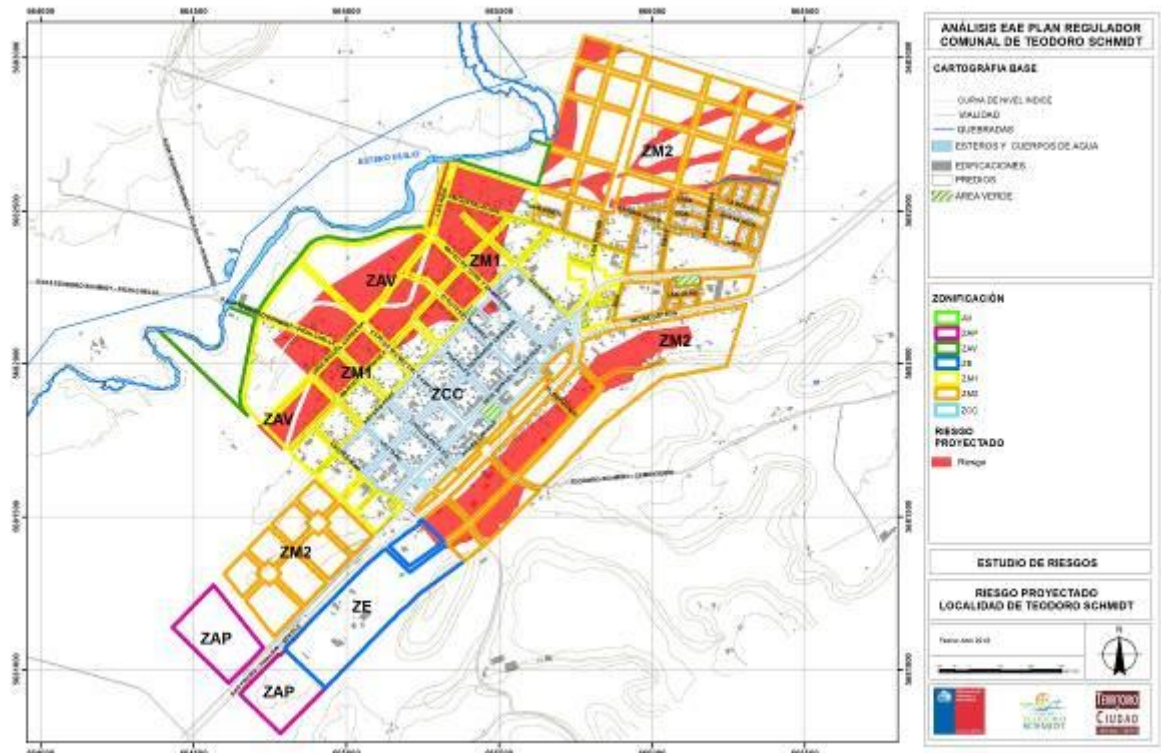


Figura 44. Riesgo proyectado en Barros Arana

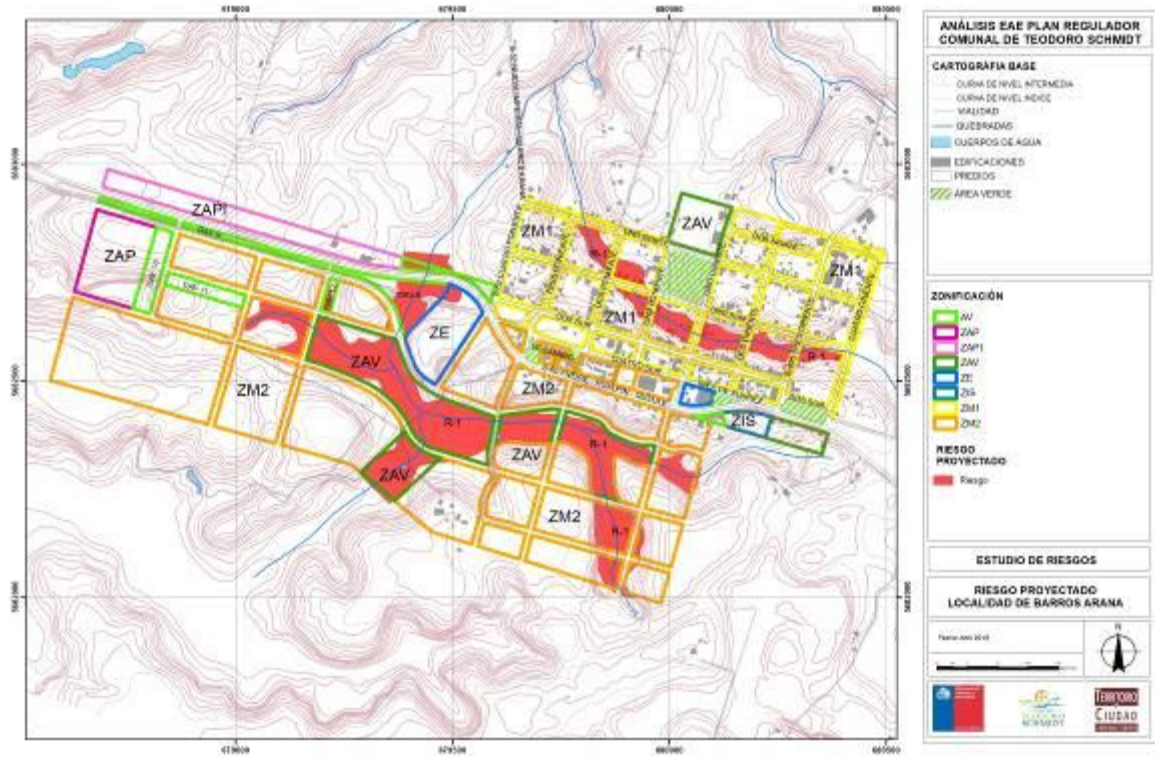
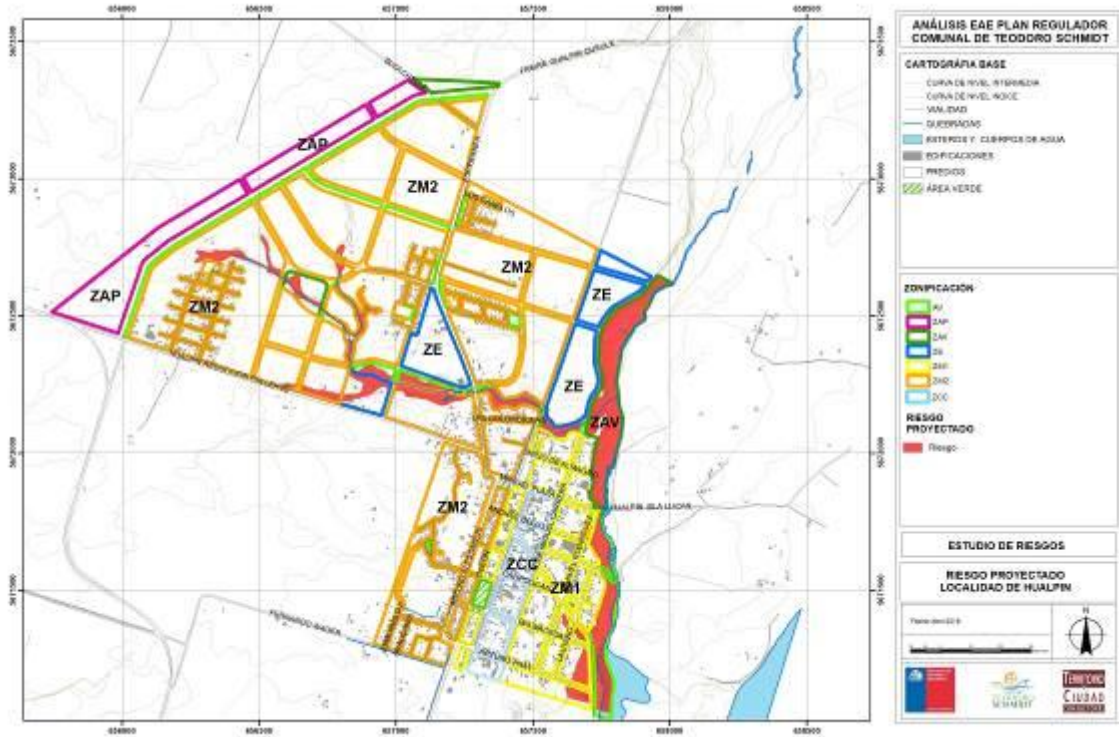


Figura 45. Riesgo probable en Hualpín



El uso de suelo sobre el que se proyecta el riesgo asociado principalmente a inundación, corresponde al ZAV, es decir, zona de área verde y a uso mixto (ZM1 y ZM2) que afectan a algunos predios de ciertas manzanas de las localidades analizadas.

El territorio bajo amenaza de inundación alta, presenta una alta probabilidad normativa de ser ocupado en forma intensa, principalmente por vivienda. Ello focalizado más en sectores que actualmente poseen ya una impronta residencial.

El análisis de ocupación probable tiene por fin advertir de la situación normativa actual en cuanto a que pueden configurar un escenario no deseado frente a un eventual evento natural, en este caso de amenaza o riesgo de inundación.

En este sentido se puede concluir que, frente a un eventual suceso de inundación, como lo señalan los distintos escenarios analizados, de no modificarse las normas actuales, las localidades- podrían encontrarse con una alta ocupación de viviendas y equipamiento.

En síntesis, aquellas áreas que poseen riesgo, han sido, en general, normadas con un uso SAV, es decir, “Área Verde”, prohibiendo la permanencia de personas en éstos. En aquellas áreas de riesgo donde ya se ha consolidado la población (donde hay edificaciones de tipo vivienda y equipamiento por ejemplo), el Plan ha determinado normas urbanísticas, que se podrán asignar con posterioridad a la aprobación del Plan, que buscan mantener un nivel bajo de densidad de población, y con ello, bajar la exposición.

La mitigación se puede alcanzar mediante dos vías, una es la mitigación de la amenaza mediante la intervención física del territorio y obras de ingeniería que reducen la amenaza (lo que puede denominarse también “intervención correctiva”), y la otra, es la mitigación preventiva, en cuanto a controlar la ocupación del territorio, es decir, reduciendo la vulnerabilidad, disminuyendo la probabilidad de pérdida de vidas, edificaciones e infraestructura a través del control de la exposición (también conocida como “intervención prospectiva”).

Por cierto, a la planificación territorial normativa le corresponde la mitigación preventiva, sin perjuicio de las medidas de mitigación física de la amenaza, la que por cierto podrá ser considerada en tanto disminución de la probabilidad de ocurrencia o cobertura.

5. CRITERIOS DE INCORPORACIÓN DE RIESGOS EN EL ANTEPROYECTO

Respecto de la zonificación de áreas de riesgo, se describe a continuación de qué forma se plasman los riesgos en la definición de “*áreas de riesgo*”, las cuales deberán contener normas urbanísticas propias y adecuadas a la condición de riesgo que éstas posean. Los criterios aplicados en la delimitación de las áreas de riesgos que son materia de regular por el PRC, están determinados por aquellas áreas que poseen amenaza alta de inundación por desborde de río, amenaza de inundación por quebrada y amenaza o peligro relativo a remoción en masa asociada a pendientes superiores a 20%.

Su definición se regula de la siguiente forma:

I. ZONAS INUNDABLES O POTENCIALMENTE INUNDABLES

Inundación por tsunami: Se ha definido la inundación por tsunami que se precisa mediante la delimitación de la cota de inundación de 10 m.

Inundación por desborde de río, esteros: Se ha definido la inundación que se precisa mediante la delimitación del área de los cauces de río y esteros siguiendo los criterios derivados del análisis de amenaza alta de inundación.

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

Remoción en masa, aluviones o rodados: Sobre la base de un modelo digital de elevación y el modelamiento de procesos de remoción en masa que determina peligro en pendientes sobre el 20%.

ZONIFICACIÓN DE ÁREAS NO EDIFICABLES

No se presentan zonas no edificables en las áreas urbanas determinadas en el territorio comprendido.

6. NORMATIVA APLICABLE AL PROYECTO

La Ordenanza local, definida sobre la base del Anteproyecto, sintetiza las principales normas a aplicar en la propuesta de Anteproyecto del PRCTS, la que dan la configuración básica del ordenamiento propuesto. El sentido de esta forma de registro es consecuente con la fase del Estudio, el cual debe ser presentado a los actores locales y sectoriales en un formato de rápida comprensión y que apunte a los aspectos más esenciales del Plan.

Se consideran como normas básicas para el Anteproyecto, las siguientes:

- Síntesis de Normas Urbanísticas por zona normativa.
- Usos de suelos permitidos y prohibidos (en una tabla gráfica)
- Inmuebles de Conservación Histórica.
- Vialidad estructurante propuesta (aperturas y ensanches)

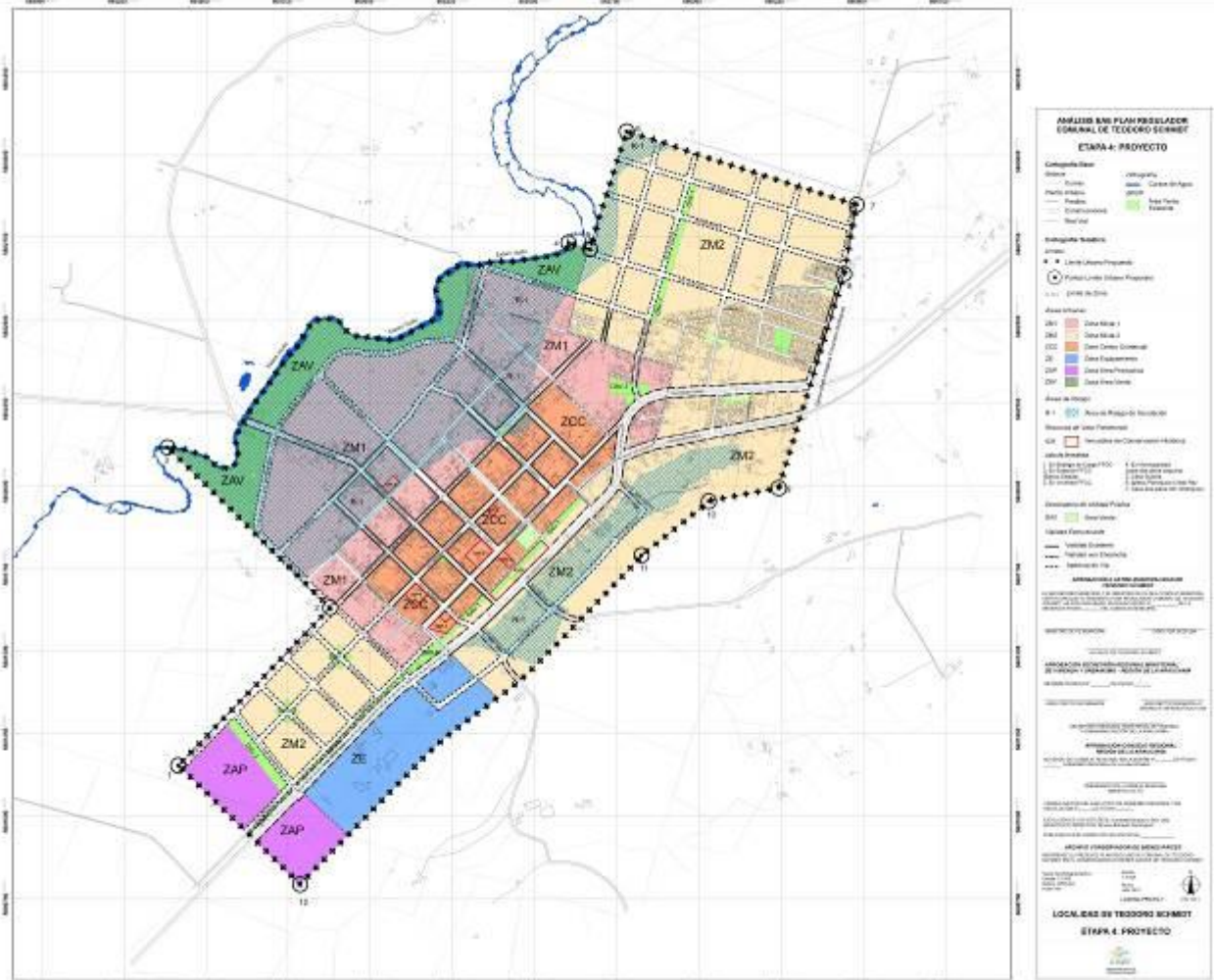
Las normas urbanísticas a ser aplicadas son las siguientes:

Cuadro 8 Normas urbanísticas aplicables

Zona	Denominación	Superficie de Subdivisión Predial mínima (m ²)	Coefficiente De ocupación de suelo	Coefficiente de constructibilidad	Sistema de agrupamiento	Altura	Antejardín	Densidad h/ha	Distanciamiento
ZCC	ZONA CENTRO COMERCIAL	300	0,8	1,4	CONTINUO PAREADO	10,5m, 3pisos	NO	160	Según OGUC Art. 2.6.2 y 2.6.3
ZM1	ZONA MIXTA 1	200	0,6	1,2	AISLADO PAREADO	8m, 2pisos	NO	320	Según OGUC Art. 2.6.2 y 2.6.3
ZM2	ZONA MIXTA 2	200	0,5	1,5	AISLADO PAREADO	10,5m, 3pisos	3m	400	Según OGUC Art. 2.6.2 y 2.6.3
ZE	ZONA EQUIPAMIENTO	1000	0,6	1,5	AISLADO	10,5m, 3pisos	10m	-	3m Sin Vano 5m Con Vano más rasante
ZAP	ZONA ÁREA PRODUCTIVA	1000	0,7	1,2	AISLADO	9m, 2pisos	10m	-	5m mínimo
ZAPI	ZONA ÁREA PRODUCTIVA INOFENSIVA	1000	0,7	1,2	AISLADO	9m, 2pisos	10m	-	5m mínimo
ZIS	ZONA INFRAESTRUCTURA SANITARIA	5000	0,2	0,3	AISLADO	7m	10m	-	Según OGUC Art. 2.6.2 y 2.6.3
ZAV	ZONA ÁREA VERDE	2500	0,05	0,05	AISLADO	3,5m	10m	-	Según OGUC

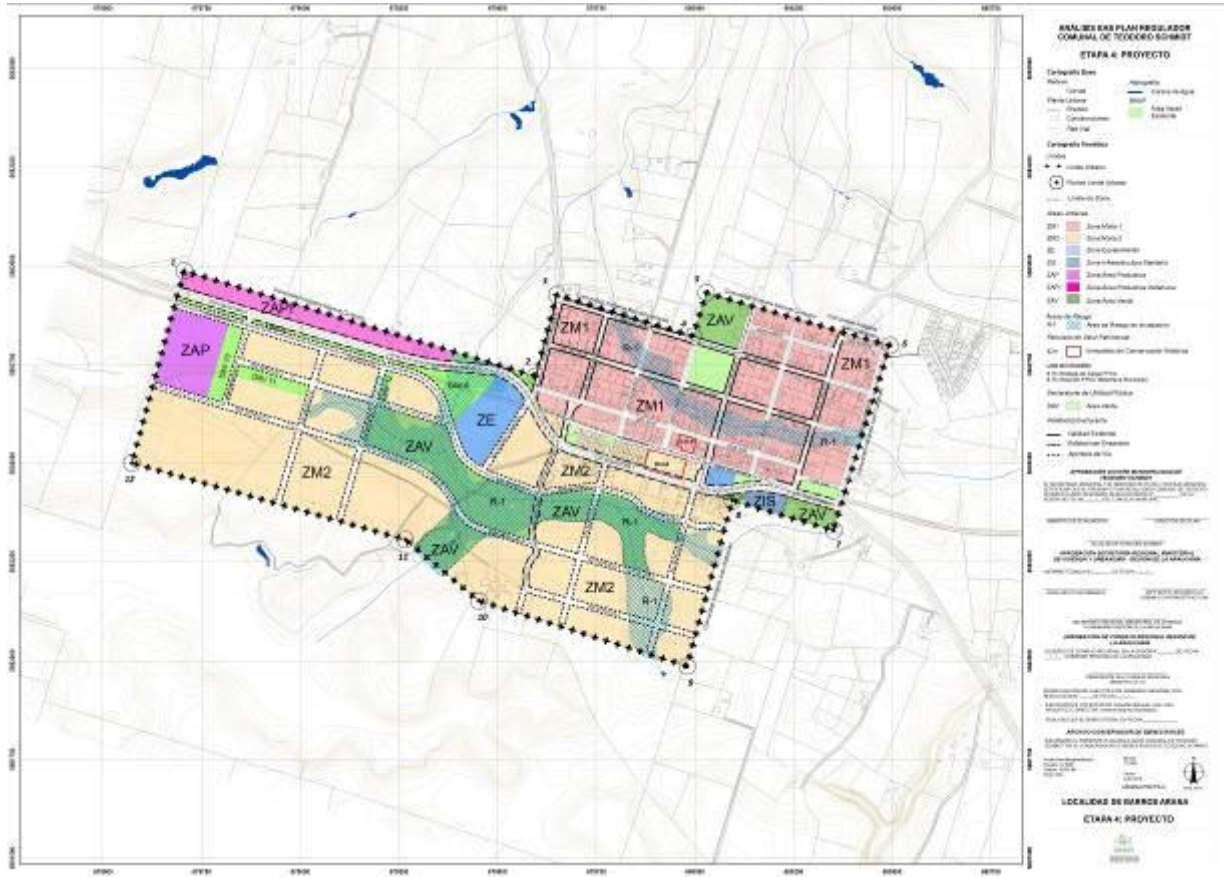
Las **ÁREAS DE RIESGO (R-1)** aplican sobre las zonas antes descritas y su forma de ocupación es mediante la ejecución previa de un Estudio Fundado de Riesgos y obras de mitigación (Art. 2.1.17 OGUC), caso en que aplican las condiciones propias de la zona sobre la cual se encuentre el área de riesgo. Se incorporan al proyecto PRC Teodoro Schmidt de la siguiente forma:

Figura 46. Proyecto localidad de Teodoro Schmidt



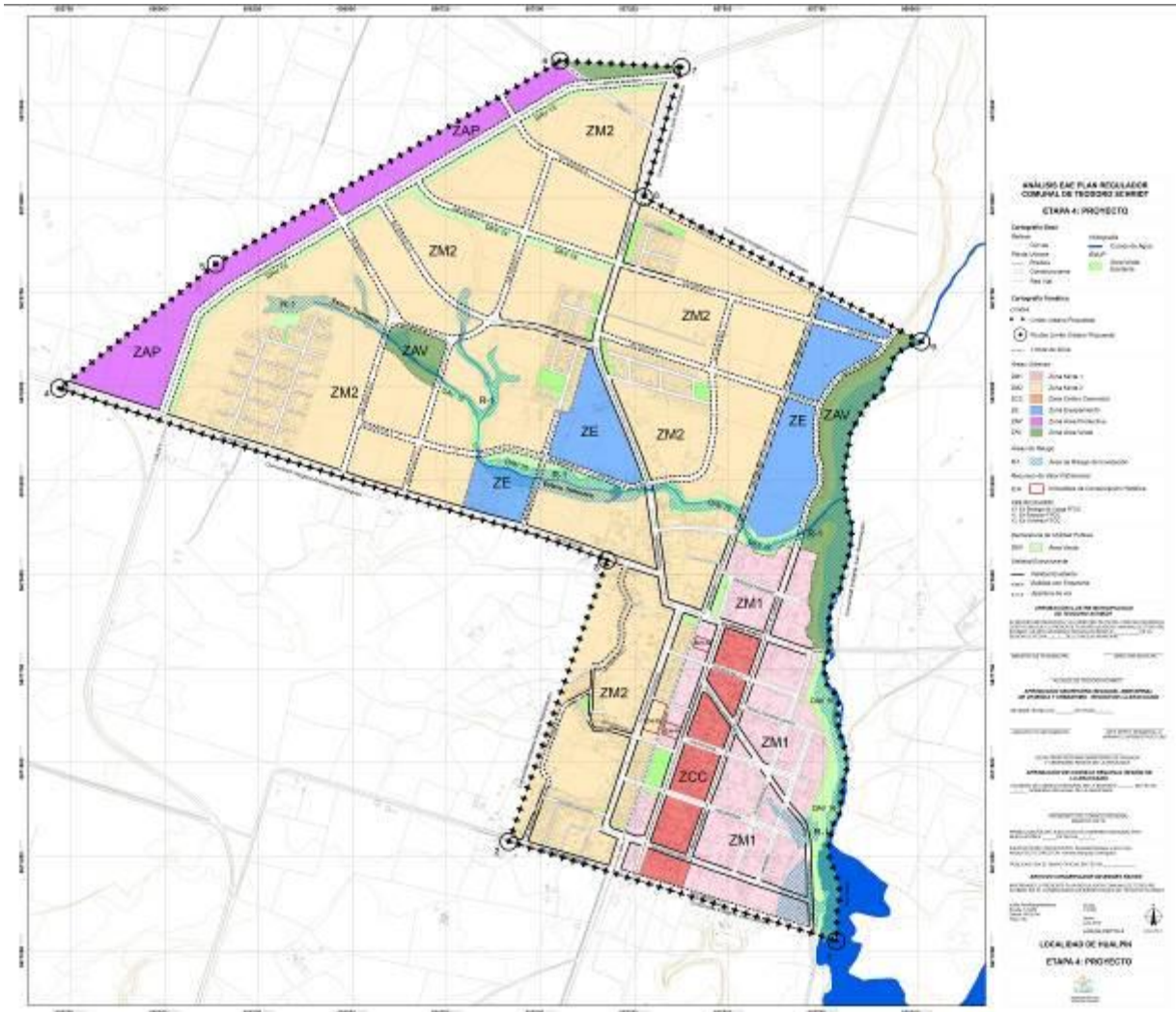
Cartografía a escala 1:5.000 en etapa de Proyecto

Figura 47. Proyecto localidad de Barros Arana



Cartografía a escala 1:5.000 en etapa de Proyecto

Figura 48. Proyecto localidad e Hualpín



7. BIBLIOGRAFÍA

- Bryant, E. 2008. Tsunami: underrated the hazards. 2° edición. Chichester, U.K. Springer, 2008. 47 p.
- CEPREDENAC – PNUD, 2003: La Gestión Local del Riesgo. Nociones y Precisiones en torno al Concepto y la Práctica).
- Charlton, R. 2008. Fundamentals of fluvial geomorphology. New York. Routedgle. 2008. 234 pp.
- CONAF (2010). Las comunas críticas en cuanto a la ocurrencia de incendios forestales. Documento de Trabajo N° 557. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile.
- CONAF (2013). Guía para trabajar con habitantes de áreas rurales y de la interfase forestall/urbana. Documento de Trabajo N°572. Corporación Nacional Forestal (CONAF), Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile.
- Davie, T. 2008. Fundamentals of Hidrology. 2° Ed. New York. Routledge, 2008. 200 p.
- Díez-Herrero,A; Laín-Huerta, L y Llorente-Isidro, M. 2008. Mapas de peligrosidad por avenidas e inundaciones. Guía metodológica para su elaboración. Madrid. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España. Serie: Riesgos Geológicos/Geotecnia, N° 1, 2008. 190 p.
- Garnica y Alcántara, 2004. Riesgos por inundación asociados a eventos de precipitación extraordinaria en el curso bajo del río Tecolutla, Veracruz. Revista de investigaciones geográficas. Universidad Nacional de México (UNAM). N° 55, pp 23 – 45, 2004.
- Habiterra, 2011. Estudio Fundado de Riesgos. Diagnóstico de peligros geológicos costeros de la intercomuna de Iquique, Alto Hospicio y Huara, Región de Tarapacá. En: Anexo Plan Regulador Intercomunal de Tarapacá, comunas de Iquique, Alto Hospicio y Huara. 2011. 72 p.
- Ibarra, I. 2013. Geomorfología aplicada en la evaluación y análisis de amenazas naturales en la zona sur de la comuna de Pichilemu: sectores de Punta de Lobos-Cáhuil-Estero Nilahue. VI Región, Chile. Memoria para optar al título profesional de Geógrafo. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, 2013. 169 p.
- ISDR, 2009. Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres. Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres. Naciones Unidas.
En: https://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf
- Lagos, M. 2000. Tsunamis de origen cercano a las costas de Chile. Revista Geográfica del Norte Grande N° 27, pp 93 a 102, 2000.
- Leiva, C. 2011. Estudio hidrológico-ambiental del corredor fluvial inferior del río Mapocho: sección comunal Pudahuel – El Monte. Memoria para optar al título profesional de Geógrafo. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, 2011. 124 p.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2010. Minuta programa de reconstrucción en vivienda. En: <http://ciperchile.cl/wp-content/uploads/minuta-reconstrucion.pdf>.

DDU N° 269 (2014). Circular Ord N° 350, Definición de áreas de riesgo por amenaza de incendio en los Instrumentos de Planificación Territorial. Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Gobierno de Chile.

Norma Técnica MINVU 003. Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Gobierno de Chile.

Olave, P. 2015. Generación de montos diarios de precipitación a partir de aseries observadas rellenadas con datos de reanálisis. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. 2015.

Pérez, M y López, J. 2010. Evaluación de amenazas por inundación en el centro de México: el caso de Iztapalapa, Distrito Federal (1998 – 2005). Revista de Investigaciones Geográficas, Universidad Nacional de México (UNAM). N° 73, pp 22-40, 2010.

Proyecto de Ley “Sistema Nacional de Emergencia y Protección Civil”. Boletín N° 7550-06. En: http://www.senado.cl/respaldan-en-general-sistema-nacional-de-emergencia-y-proteccion-civil/prontus_senado/2016-05-11/194723.html

SHOA, 2014. Puerto Saavedra, Carta de inundación de Tsunami referida al evento del año 1960 en base al modelo simulado COMCOT. Servicio Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA).