



ESTUDIO FUNDADO DE RIESGOS
MODIFICACIÓN N° 3 AL PLAN REGULADOR COMUNAL DE CORONEL

Municipalidad de Coronel



Octubre de 2021

ANTECEDENTES PREVIOS

En el proceso de actualización del Plan Regulador Comunal de Coronel (PRC), acción emprendida en el año 2002 y finalizada con la aprobación de dicha actualización en el año 2013^{1 2}, se elaboraron una serie de estudios específicos para evaluar el territorio y disponer de un diagnóstico base para el proceso de zonificación urbana. Uno de esos estudios, denominado *Estudio Fundado de Riesgos*, es el que se analiza en esta oportunidad, y se complementa y especifica para efectos de fundamentar el presente proceso de Modificación N° 3 al PRC de Coronel.

El Estudio Fundado de Riesgos del PRC de Coronel se compone de los siguientes documentos:

- Estudio Fundado de Riesgos
- Plan de Acción Gestión de Riesgos

El Estudio Fundado de Riesgos es un diagnóstico de potenciales peligros a presentarse en la comuna, catalogándolos en procesos internos (endógenos) y externos (exógenos) de la tierra:

- Procesos internos:
 - Sismicidad
 - Volcanismo
- Procesos externos:
 - Inundaciones
 - Remoción en masa

Es importante señalar que el Estudio Fundado de Riesgos no realiza simulaciones numéricas, modelaciones de caudales para distintos periodos de retorno, ni levantamientos topográficos actualizados, por lo que se remite esencialmente a incorporar estudios ya existentes y a utilizar la información cartográfica disponible.

¹ Aprobado por Decreto Alcaldicio N°2465/13 de 27-03-2013

² Publicado en Diario Oficial 22-04-2013

INTRODUCCION

El componente de Riesgos, entendiendo este concepto en el más amplio sentido de la palabra, es parte fundamental en los Instrumentos de Planificación Territorial (IPT). Su aplicación es relativamente reciente, adquiriendo mayor relevancia luego de la ocurrencia del terremoto y tsunami del año 2010 que afectó a gran parte de la zona centro-sur de Chile. Su aplicación a la planificación urbana está regulada mediante la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC), siendo el “Estudio de Riesgos y de Protección Ambiental” parte de los estudios especiales que justifican y fundamentan las proposiciones, objetivos y metas de los Planes Reguladores Comunes (Artículos 2.1.10. y 2.1.17. OGUC).

Esta incorporación del componente de riesgos se dificulta al no existir claridad en la forma, sobre todo metodológica y conceptual, sobre cómo deben ser desarrollados estos estudios. La normativa vigente establece que el municipio deberá definir áreas de riesgos siguiendo la clasificación establecida en el Artículo 2.1.17. de la OGUC, las cuales son:

1. 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, napas freáticas o pantanos.
2. Zonas propensas a avalanchas, rodados, aluviones o erosiones acentuadas.
3. Zonas con peligro de ser afectadas por actividad volcánica, ríos de lava o fallas geológicas.
4. Zonas o terrenos con riesgos generados por la actividad o intervención humana.

Una de las imprecisiones que se genera es la conceptualización del riesgo. En una revisión de diferentes IPT vigentes se evidencia la utilización de riesgo como sinónimo de vulnerabilidad, exposición y amenaza. En algunos casos estos estudios precisan conceptualmente cada componente del riesgo, sin embargo, no existe una estandarización de la utilización de éstos para definir una zonificación del espacio urbano. Existe una gran diferencia entre una cartografía que determine un área expuesta a un evento de peligrosidad, a otra de vulnerabilidad y susceptibilidad.

A consecuencia de lo anterior, este informe incluye, aunque parezca repetitivo, un capítulo dedicado a la definición conceptual de los componentes del riesgo, profundizando en aspectos propios de los estudios hídricos. De esta forma se tendrá claridad para comprender el capítulo dedicado a la metodología y sobre todo a realizar una correcta interpretación de los resultados.

Cabe precisar que la presente actualización al Estudio Fundado de Riesgos se limita sólo a la amenaza de Inundación por desborde de Cauces asociado al Estero La Posada y de inundación por anegamiento dentro del área de estudio definida para la presente modificación, esto es frente a las Poblaciones Escuadrón Sur, Jorge Alessandri, Leandro Moreno, Capataces Colcura y Buen Retiro, definida en el PRC de Coronel como un área restringida al desarrollo urbano (Zona Inundable por Desborde de Cauces, ZRI), lo cual busca la incorporación de medidas de mitigación en los proyectos a emplazarse en estas áreas, todo esto regulado en el Artículo 2.1.17 de la OGUC:

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

Es así, que para cualquier proyecto de edificación y urbanización a emplazarse en territorios afectados a un gravamen de riesgo, y una vez cumplido con los requisitos establecidos en la OGUC y otros cuerpos legales (ordenanzas municipales), las Direcciones de Obras Municipales podrán revisar tales proyectos aplicando las normas urbanísticas respectivas a la zona correspondiente.

Cabe señalar que si bien el área de estudio se encuentra afectada por el área de riesgo de moderada susceptibilidad de tsunamis, este riesgo no se incorpora al presente análisis.

CONCEPTUALIZACION

El desarrollo de este estudio es elaborado con fines pragmáticos, en el marco del proceso de Modificación N° 3 del Plan Regulador Comunal de Coronel. En ningún caso se pretende realizar una revisión conceptual ni teórica; sin embargo, es necesario ampliar y precisar la definición de conceptos expuestos en el acápite 1.3. del Estudio Fundado de Riesgos del PRC de Coronel vigente, para efectos de facilitar la lectura y comprensión del estudio.

- **Riesgo:**

Se define como el número de pérdidas humanas, heridos, daños a las propiedades y efectos sobre la actividad económica debido a la ocurrencia de un desastre, es decir el producto del riesgo específico, y los elementos en riesgo³. El riesgo se puede expresar con la siguiente formula:

$$\text{Riesgo} = \frac{\text{Susceptibilidad} \times \text{Vulnerabilidad}}{\text{Resiliencia}}$$

- **Vulnerabilidad:**

Son las características y las circunstancias de una comunidad, localidad, sistemas o bienes que la hacen susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza. La vulnerabilidad se puede expresar con la siguiente formula:

$$\text{Vulnerabilidad} = \frac{\text{Exposición} \times \text{Susceptibilidad}}{\text{Resiliencia}}$$

- **Susceptibilidad:**

Se refiere a la predisposición a que un evento (amenaza) suceda sobre determinado espacio geográfico.

³ Subdere. (2011). Guía análisis de riesgos naturales para el ordenamiento territorial; p.10.

- **Exposición:**

Condición determinada por la localización de un sujeto, comunidad u objeto expuesto a alguna amenaza.

- **Amenaza:**

Es un proceso o fenómeno natural o antrópico que puede ocasionar danos, lesiones, muerte u otro tipo de impacto a la vida de las personas, infraestructura o propiedad.

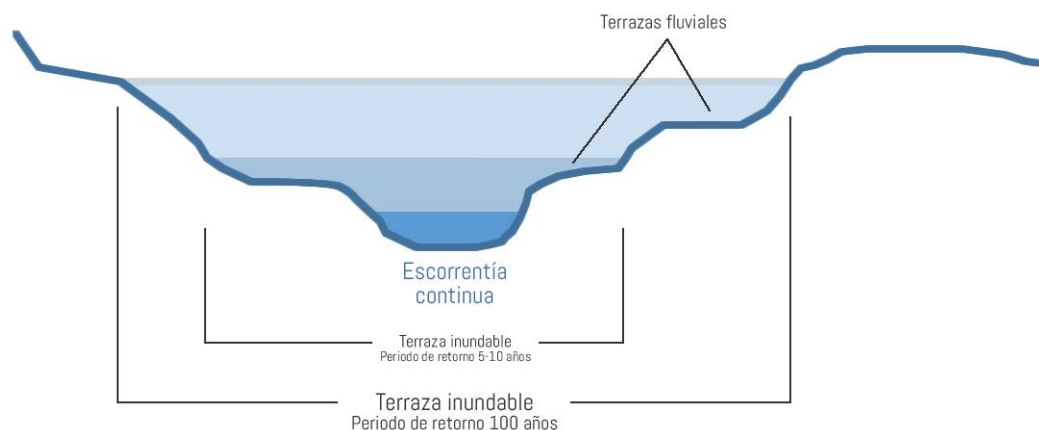
- **Resiliencia:**

Capacidad de un sistema, organismo, comunidad o sociedad expuesto a una amenaza para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficaz.

- **Procesos de inundación por desborde de cauces:**

Las inundaciones son procesos naturales, donde un cuerpo de agua superficial desborda su cauce natural anegando las terrazas fluviales laterales o adyacentes. Esta condición se da por la ocurrencia de caudales extremos asociados a periodos intensos de precipitaciones prolongadas en el tiempo.

Imagen N° 1. Terrazas Fluviales



Fuente: Elaboración propia

- **Procesos de Anegamiento:**

Acumulación de un volumen de agua sobre la superficie terrestre. El suelo se caracteriza por un deficiente drenaje, niveles freáticos someros, baja permeabilidad y depresiones geomorfológicas. Además, se deben tener en cuenta las características pluviométricas del lugar. En zonas urbanas consolidadas, los procesos de anegamiento ocurren especialmente en vialidades en donde el sistema de evacuación de aguas lluvias es insuficiente o se encuentra obstruido. El origen del agua puede ser pluvial, fluvial, freático o cualquier irrigación superficial.

- **Periodo de Retorno:**

Se define como el tiempo esperado o tiempo medio entre dos sucesos probabilísticos. Por lo general se calculan periodos de 5, 10, 25, 50 y 100 años.

MARCO GENERAL DEL RIESGO EN LA PLANIFICACIÓN

Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030:

El Marco de Sendai 2015-2030, es una macro política, aprobada en la tercera Conferencia Mundial de las Naciones Unidas sobre la reducción del riesgo de desastres, celebrada en Sendai, Japón. Este documento nos presenta el siguiente objetivo general:

“Prevenir la aparición de nuevos riesgos de desastres y reducir los existentes implementando medidas integradas e inclusivas de índole económica, estructural, jurídica, social, sanitaria, cultural, educativa, ambiental, tecnológica, política e institucional que prevengan y reduzcan el grado de exposición a las amenazas y la vulnerabilidad a los desastres, aumenten la preparación para la respuesta y la recuperación y refuercen de ese modo la resiliencia”.

Este documento presenta directrices para lograr una adecuada gestión del riesgo de desastres. Sin embargo mantiene una aplicación de *arriba hacia abajo*, considerando siempre al Estado central y las agencias de cooperación internacional como las guías de la gestión, relegando a los niveles locales asumir un rol pasivo, como objeto de acción y no sujeto de su propio desarrollo. Algunos de los principios rectores del Marco de Sendai son los siguientes:

- *La gestión del riesgo de desastres está orientada a la protección de las personas y sus bienes, salud, medios de vida y bienes de producción, así como los activos culturales y ambientales, al tiempo que se respetan todos los derechos humanos, incluido el derecho al desarrollo, y se promueve su aplicación.*
- *Si bien los factores que pueden aumentar el riesgo de desastres pueden ser de alcance local, nacional, regional o mundial, los riesgos de desastres tienen características locales y específicas que deben comprenderse para determinar las medidas de reducción del riesgo de desastres.*

Política Nacional de Desarrollo Urbano:

Es necesario mencionar los principios rectores de la Política Nacional de Desarrollo Urbano (PNDU) que se incorporan en el presente estudio que tienen directa relación con la presencia de riesgos en el territorio planificado:

- *Principio rector resiliencia: Nuestras ciudades y sistemas de centros poblados deben ser capaces de sobreponerse a las adversidades, a los desastres naturales y a las crisis económicas*
- *Principio rector seguridad: Nuestras ciudades deben proveer adecuadas condiciones de seguridad que fomenten la paz social y permitan a cualquier persona el ejercicio cotidiano de sus derechos y libertades ciudadanas.*

A estos principios rectores es permitente agregar los relacionados al ejercicio de la planificación territorial que dan fundamento a la Modificación N° 3 del Plan Regulador Comunal de Coronel:

- *Integración social: Nuestras ciudades deben ser lugares inclusivos, que entreguen condiciones básicas de calidad de vida a todos sus habitantes, respetando sus particularidades y su libertad de elección.*
- *Participación: las decisiones sobre las ciudades deben ser tomadas con el concurso de la ciudadanía, sobre la base de procesos participativos formales y organizados, en todas las escalas.*

En el capítulo de “Equilibrio Ambiental”, la PNDU establece en su objetivo 3.1. la consideración de los sistemas naturales como soporte fundamental en la planificación y diseño de las intervenciones del territorio. De este objetivo se desprenden una serie de objetivos secundarios los cuales son incluidos en la elaboración de la presente modificación:

“3.1.1. Establecer que los instrumentos de planificación territorial deben siempre elaborarse considerando los sistemas naturales del territorio planificación y su capacidad de carga, con especial atención a las cuencas hidrográficas, reconociendo la biodiversidad y los ecosistemas como activos ambientales.

3.1.2. Incorporar en las decisiones de planificación y en las reglas para el desarrollo de proyectos criterios de manejo sustentable del patrimonio natural y valoración de los aspectos paisajísticos, incluyendo mecanismos públicos de fomento o incentivos.

3.1.3. Incorporar en los Instrumentos de Planificación Territorial reglas y planes especiales para los bordes costeros marítimos, lacustres y fluviales, de canales y humedales, incluyendo el tratamiento de los cauces como corredores o paseos urbanos que “introducen” la naturaleza en la ciudad, contribuyen a regular el clima y resguardan la biodiversidad.

3.1.4. Establecer reglas y condiciones objetivas para el desarrollo sustentable de proyectos en el borde acuático en base a una visión integrada tierra-mar, lago o río.

3.1.5. Considerar la base económica dominante de las distintas ciudades y territorios y generar modelos específicos de gestión urbano-ambiental adecuados a sus particularidades y escala.

3.1.6. Valorar la silvicultura urbana y la masa vegetal, el aporte de los árboles en la conformación del espacio público y en las condiciones ambientales del ecosistema urbano.

3.1.7. Generar estándares, guías de diseño y manuales de implementación y mantención de arborización urbana, tanto para las ciudades como para las localidades menores, adecuados a su geografía y características propias.

3.1.8. Incentivar la restauración de las condiciones naturales en áreas erosionadas o degradadas y exigir que los nuevos proyectos públicos o privados no generen nuevas condiciones de erosión o degradación sin las debidas mitigaciones o compensaciones.

3.1.9. Propiciar la construcción sustentable en el proceso de planificación, diseño, construcción y operación de la ciudad, las edificaciones y su entorno”.

A este respecto, es pertinente mencionar que si bien el PRC de Coronel se confeccionó de forma anterior a la PNDU, se abordan en este IPT algunos de estos objetivos a través de las normas de su ámbito de acción propio, mientras que otros de estos objetivos se desarrollan a nivel local en la Ordenanza Municipal N° 002/2014 del 1 de abril de 2014, para la protección de cauces, lagunas y humedales de la comuna de Coronel, cuerpo normativo que ha sido visto, revisado e incluido para la elaboración de este estudio de riesgos.

La misma política, en su objetivo 3.2 sobre identificar y considerar los riesgos naturales y antrópicos, establece los siguientes objetivos secundarios:

“3.2.1. Fomentar la investigación y estudio sobre los riesgos naturales y antrópicos asociados al uso del territorio para asentamientos humanos, incorporando dicha información a los Instrumentos de Planificación Territorial.

3.2.2. Integrar el concepto de reducción de riesgo de desastres en los Instrumentos de Planificación Territorial de las diferentes escalas.

3.2.3. Complementar las disposiciones sobre riesgos naturales incorporadas en los Instrumentos de Planificación Territorial con planes de monitoreo, de gestión de emergencias, de información y capacitación ciudadana. Asegurar que se construyan y señalen adecuadamente las vías de evacuación y las áreas de seguridad.

3.2.4. Establecer reglas objetivas para el emplazamiento de construcciones en áreas de riesgo, bajo requisitos de estudios específicos, de medidas de prevención o la ejecución de obras de resguardo o mitigación.

3.2.5. Fomentar en todas las escalas la gestión y prevención de riesgos por pasivos ambientales”.

Si bien varias de estas materias no son posibles de incorporar a través de la normativa urbanística por tratarse de aspectos apartados de las atribuciones legales de los IPT, el Plan de Acción asociado al Estudio Fundado de Riesgos del PRC de Coronel incorpora una serie de recomendaciones y consideraciones de gestión urbana atinentes al manejo antes, durante y posterior a la ocurrencia de desastres naturales, a fin de dar respuesta a la protección de vidas humanas y de bienes materiales en general.

En tanto, el objetivo 3.5 de la PNDU, sobre fomentar el uso sustentable del suelo en ciudades y áreas de expansión, señala que:

“3.5.1. Favorecer los procesos de reutilización y densificación controlada al interior de las áreas urbanas y facilitar el desarrollo de áreas sin uso urbano al interior de las ciudades.

3.5.2. Establecer condiciones para que los proyectos de nuevas áreas urbanas resuelvan las externalidades sobre el medio natural, en aspectos como la permeabilidad del terreno, la biodiversidad y los cauces naturales.

3.5.3. Prevenir la ocupación irregular del territorio y los asentamientos informales. Al mismo tiempo revertir los casos existentes, en especial en las áreas periurbanas y bordes costeros, marítimos, lacustres y fluviales”.

Política Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres:

La Política Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (2016), implementada luego del terremoto y tsunami del 2010, establece criterios, alcances y acciones a aplicar en el desarrollo territorial del país. El primero de estos alcances es la territorialidad, señalando que *“su implementación se realizara en los tres niveles de la división Político-Administrativa que rige al país: comunal, provincial y regional”*.

Esta política, en su eje estratégico n° 4 “Reducción de los Factores Subyacentes del Riesgo”, busca abordar de manera transversal los factores físicos, ambientales, económicos y sociales, como también las medidas necesarias para mitigarlos. Algunos de los objetivos específicos a destacar de este instrumento orientador, en este eje estratégico y asociados con la Planificación Urbana, contempla la identificación y caracterización de los factores de desastres subyacentes considerando el cambio climático con factores de riesgo; la actualización permanente de los mapas de riesgo; y la consideración de los factores de riesgo en el desarrollo de los Instrumentos de ordenamiento territorial.

Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones:

El único cuerpo legal en Chile que contiene disposiciones para la elaboración de los estudios fundados de riesgos en los Instrumentos de Planificación Territorial es la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC) a través de sus artículos 2.1.7. y 2.1.10. para Planes Reguladores Intercomunales y Metropolitanos, y Planes Reguladores Comunes, respectivamente.

Para el caso de los Planes Reguladores Comunes, este cuerpo normativo señala que el “Estudio de Riesgos y de Protección Ambiental” corresponde a uno de los “estudios especiales” en los cuales se basa el fundamento de las proposiciones del Plan, sus objetivos, metas y antecedentes que lo justifican.

Señala además que el “Estudio de Riesgos y de Protección Ambiental” debe establecer las respectivas áreas de restricción y las condiciones para ser utilizadas, conforme a las disposiciones contempladas en los artículos 2.1.17. y 2.1.18. de la OGUC.

Si bien dichas disposiciones carecen de una especificación más detallada, el artículo 2.1.17. contiene las características generales para determinar los tipos de **áreas de riesgos** en los territorios:

“Las “áreas de riesgo” se determinarán en base a las siguientes características:

- 1. 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, napas freáticas o pantanos.*
- 2. Zonas propensas a avalanchas, rodados, aluviones o erosiones acentuadas.*
- 3. Zonas con peligro de ser afectadas por actividad volcánica, ríos de lava o fallas geológicas.*
- 4. Zonas o terrenos con riesgos generados por la actividad o intervención humana.*

En el mismo artículo 2.1.17. es posible encontrar la diferenciación entre áreas de riesgo y zonas no edificables, conceptualización esencial para la zonificación que se determina dentro del área de estudio de la presente modificación:

“Por “zonas no edificables”, se entenderán aquéllas que por su especial naturaleza y ubicación no son susceptibles de edificación, en virtud de lo preceptuado en el inciso primero del artículo 60° de la Ley General de Urbanismo y Construcciones. En estas áreas sólo se aceptará la ubicación de actividades transitorias.

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

El mismo artículo señala que para autorizar proyectos se requerirá que el expediente de la solicitud de permisos sea acompañado de un estudio fundado de riesgos, que determine las acciones que deberán ejecutarse para su utilización, incluida la Evaluación Ambiental (conforme a la Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, cuando corresponda), siendo el Plan Regulador quien establecerá las normas urbanísticas que serán aplicables a esas áreas, siempre que los titulares acrediten que a través del proyecto se subsana el riesgo.

Definiciones de peligros geológicos asociados a inundaciones

El Estudio Fundado de Riesgos del PRC de Coronel (2013), en su acápite 1.4. Metodología, establece la identificación de los peligros geológicos reconocidos por sus autores y la forma de su reconocimiento en el territorio, siendo uno de ellos el de **“Áreas propensas a ser afectadas por desbordes de cauce, flujo de detritos y/o barro”**. Mientras que en el punto 3.2.1. se establece la definición del Peligro geológico de **“Inundación”**, reconocido como uno de los procesos exógenos o externos de la Tierra.

Definiciones de Inundaciones:

Se presenta una definición genérica de “inundaciones”, señalándose que éstas pueden ser de dos tipos: terrestres (tierra adentro) y litorales o costeras (aguas marinas o lacustres-palustres); y pueden originarse por varios factores, siendo uno de los principales la presencia de lluvias intensas durante temporales, aunque también por afloramiento de aguas subterráneas en zonas pantanosas. Se agrega además que las inundaciones y desbordes de cauces están asociados a la activación de quebradas por lluvias ocasionales, que ponen en riesgo a la población en los alrededores.

Importante es señalar la definición utilizada en el punto 3.2.1.1 (p. 26), en la cual se especifica el concepto de **“Inundación por Desborde de Cauces”**:

“Como su nombre lo indica, estos tipos de fenómenos ocurren cuando ríos o esteros desbordan su cauce natural anegando las terrazas fluviales laterales o adyacentes, debido a la ocurrencia de caudales extremos. Estos fenómenos se producen generalmente debido a eventos de precipitaciones líquidas intensas y/o prolongadas en el tiempo. Los valores que pueden alcanzar los caudales, así como el tamaño del cauce, dependen también de otros factores como del área de la cuenca correspondiente, su forma, la diferencia de cota, la presencia de rocas o sedimentos permeables, etc”. (p. 26)

Por otra parte, en el acápite 3.2.1.2 (p. 27) se define el concepto de **“Inundación por Acumulación de Aguas Lluvias en Zonas Llanas, o anegamiento”**:

“Este tipo de inundaciones se producen en zonas deprimidas, de baja permeabilidad, con niveles freáticos someros y deficiente drenaje del terreno, frecuentemente inundadas debido a lluvias intensas y/o prolongadas (...)

En las zonas urbanas consolidadas, las acumulaciones de aguas lluvia ocurren especialmente en cruces viales, donde la evacuación de las aguas lluvias es insuficiente, ya sea por el colapso de los sistemas de colección, acumulación de basuras que obstruyen los desagües, la no existencia de redes de evacuación y vialidad pavimentada, por la diferencia de nivel de las carpetas de rodado en las intersecciones de las calles existentes, o por diseñar las obras de mitigación para un período de retorno no adecuado”.

A esta definición de “anegamiento”, se debe agregar lo expuesto en el anexo Matrices de Evaluación del Riesgo, sobre la definición de las zonas potencialmente inundables por anegamiento y efectos de licuefacción:

“Las zonas inundables por anegamiento y específicamente las con efectos de licuefacción, refieren a las áreas de Riesgo por fallas geotécnicas del suelo adyacentes a áreas de riesgo de inundación por cauces de estero, corresponden a suelo de rellenos artificiales o taludes poco estables. En estas zonas en particular existen probabilidades de ocurrencia de peligros

por mala respuesta propia de terrenos blandos frente a amplificaciones sísmicas con efectos de daños en estructuras de 1 y 2 pisos. Estas son propensas a anegamiento por niveles freáticos someros, en la zona de planicie costera, corresponden a aquellos territorios con mala respuesta sísmica por presencia de agua, y consecuentes efectos probables de ocurrencia de licuefacción". (p. 76)

Diagnóstico y zonificación de inundaciones en la comuna de Coronel:

A partir del análisis de estudios anteriores, antecedentes históricos y antecedentes de factores condicionantes, los autores desarrollaron mapas de susceptibilidad a una escala 1:10.000. En el punto 4.4 se describe el diagnóstico del territorio comunal para el peligro de "Inundación por Desborde de Cauce, Flujo de detritos y/o barro" y en punto 4.4.2. se presentan antecedentes históricos de inundaciones y anegamientos.

Si bien en este apartado se mencionan algunas macrozonas en donde se presentan inundaciones puntuales por crecidas de esteros y ríos, no se mencionan lugares dentro del área de estudio de la presente modificación. Tampoco se reconocen zonas con historial de anegamiento por acumulación aguas lluvias para la zona en donde se estudia esta modificación.

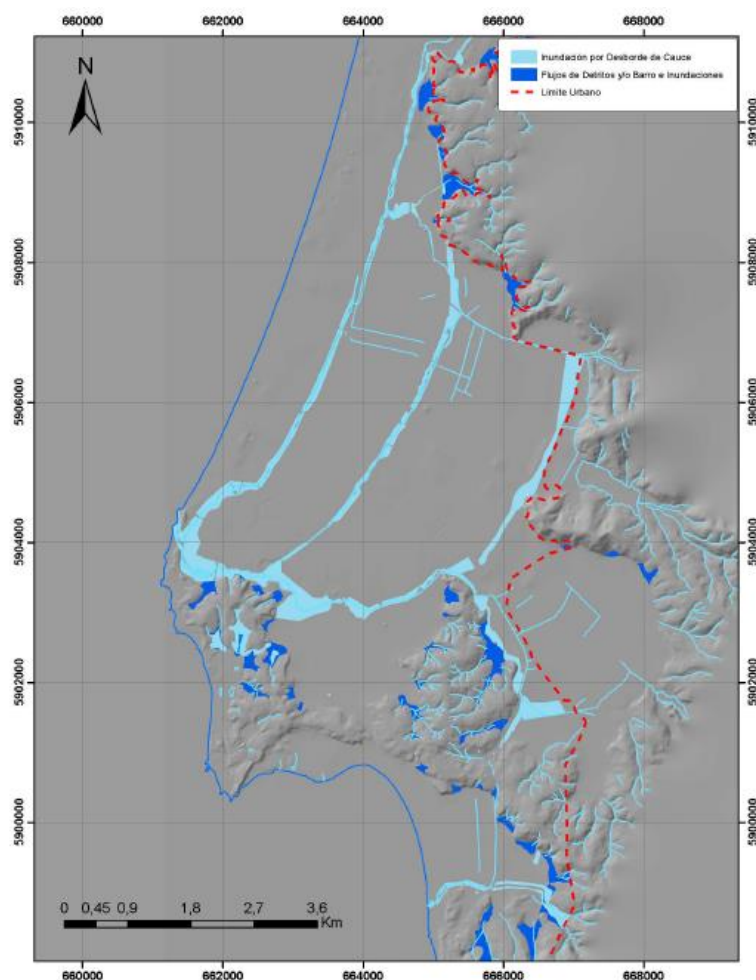
En lo referido a la zonificación propiamente tal, se indica que las inundaciones por desborde de cauce se encuentran concentradas en los cauces de ríos principales y quebradas mayores o en las principales cuencas hidrográficas, y en menor medida asociados a quebradas pequeñas. Se agrega además que su evaluación necesita un enfoque desde la hidrología y la geomorfología, a saber de la estimación de los caudales máximos y del estudio del relieve de la red de drenaje, respectivamente, siendo un parámetro importante para su mapeo el "periodo de retorno".

En el caso del PRC de Coronel, las zonas susceptibles de inundación se definieron mediante un mapeo de Unidades Geológicas y geomorfológicas asociadas a procesos fluviales y aluviales, que para el área de estudio de la presente modificación correspondió a los **Depósitos fluvio-aluviales de valle**, más específicamente al cauce principal del Estero La Posada.

A través de este mapeo, se reconocieron los cauces (activos) y principales vías de evacuación de agua y sedimento, definiéndose como zonas altamente susceptibles a ser afectadas por inundaciones por desbordes de cauce, dado que existen antecedentes históricos que avalan esta zonificación.

El estudio agrega que para ser levantada esta restricción, son necesarios estudios hidrológicos donde se evalúe los caudales máximos pasantes por la quebrada y el período de retorno para inundaciones de 5, 10, 50 y 100 años.

Imagen N° 2. Zonas de Alta Susceptibilidad de Inundación por Desborde de Cauce



Fuente: Estudio Fundado de Riesgos, PRC de Coronel

Normas locales asociadas a cauces y zonas inundables:

Adicionalmente a lo establecido en el PRC de Coronel, la comuna cuenta con la Ordenanza Municipal N° 002 de 2014 para la protección de cauces, lagunas y humedales de la comuna de Coronel.

En él se establece una definición de “Zonas de Amortiguación” para efectos de la aplicación de dicho cuerpo normativo, y condiciona a esta definición la construcción de edificaciones y urbanizaciones emplazadas al interior o colindantes, entre otros, a zonas y áreas de riesgos de inundación y anegamiento establecidos en el PRC de Coronel, sin perjuicio de que esas áreas sean destinadas a espacios públicos, vialidad de borde, áreas verdes y obras complementarias al área verde:

“Zona de amortiguación: Porción de agua o tierra que actúa como zona buffer para delimitar o mitigar posibles impactos negativos de otras actividades no vinculadas con el área de protección. Pudiendo ser considerada una zona fuera de área núcleo de protección o fuera de los límites del área total de preservación o conservación. Tiene por objeto preservar el ecosistema, hábitat y especie dentro de un límite”.

En ese marco, la referida ordenanza establece en su artículo 8 que la Zona de Amortiguación será:

“la superficie comprendida entre la ribera del curso hidrológico y la paralela trazada a una distancia mínima de 60 metros respecto al eje hidráulico definido en el Plan Maestro de Drenaje y Evacuación de Aguas Lluvias de Lota y Coronel. En su defecto, se considerará como tal la superficie denominada Zona de Restricción por Inundación (ZRI) definida en el PRC de Coronel vigente”.

OBJETIVOS DEL PRESENTE ESTUDIO

OBJETIVO GENERAL:

A través del presente estudio se propone actualizar los componentes metodológicos del Estudio Fundado de Riesgos vigente en la comuna de Coronel, **con el fin de precisar la zonificación del riesgo de inundación por desborde de cauces y anegamiento en el sector de Buen Retiro.**

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Actualizar la topografía de la zona colindante al Estero La Posada.
- Ajustar la metodología del actual Estudio Fundado de Riesgos con los nuevos antecedentes recopilados.
- Proponer medidas y acciones para la zonificación de los usos de suelo en el sector estudiado.

METODOLOGÍA

En el presente estudio se precisa y complementa la metodología utilizada en el Estudio fundado de Riesgos (2013), aplicándolo en una zona específica de la comuna (área de estudio). Por lo tanto, no se establece un cambio metodológico desde cero para la definición de los peligros geológicos, sino que se mantienen conceptos y definiciones, se complementa y se especifican nuevos procesos de análisis, de conformidad a las directrices y recomendaciones establecidas en el propio Estudio Fundado de Riesgos del PRC de Coronel, donde se establece que para precisar áreas específicas se deben suministrar información con mayor nivel de detalle. Debido al alcance limitado de su intervención, se utilizan fuentes secundarias y resultado de otros estudios.

El estudio parte por caracterizar el área analizada, focalizando la caracterización en el sistema hídrico y asentamientos humanos. Es relevante destacar que para realizar el análisis actualizado se utilizaron datos del último censo de vivienda y población (INE, 2017) disponibles a nivel de manzana censal. Se suma a ello otras fuentes actualizadas de información como topografía, imágenes satelitales, fotografías aéreas de alta resolución y modelación numérica del cauce del Estero la Posada para tres periodos de retorno. De esta forma el presente estudio complementa y detalla la metodología empleada, cubriendo en parte las deficiencias metodológicas del Estudio Fundado de Riesgos del PRC de Coronel vigente.

Para precisar la zona inundable por desborde de cauces (ZRI), en el área estudiada, se analiza su situación actual en el IPT vigente, detallada en el capítulo anterior, y se contrasta con la nueva información disponible.

La presente precisión del Estudio Fundado de Riesgos utiliza los siguientes estudios adicionales:

1. Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Lota y Coronel (MOP, 2002);
2. Fotografías Aéreas de alta resolución (Municipalidad de Coronel, 2007 - 2017);
3. Imágenes satelitales históricas y recientes del Estero La Posada (Google Earth);
4. Estudio de Inundación Avenida Los Molineros Sitio 1 Manzana A ROL N°899, que incluye:
 - a) Características hidráulicas del Estero para periodos de retorno de 25, 50 y 100 años.

- b) Imágenes de Modelación del eje hidráulico del Estero
- c) Planos topográficos:
 - Planta general (Plano 1)
 - Cortes transversales (Planos 2 al 5)

El Estudio de Inundación Avenida Los Molineros Sitio 1 Manzana A ROL N°899, desarrollado por el profesional especialista Ingeniero Civil Juan Carlos Molina Guevara, consideró el análisis hidrológico de las cuencas aportantes al Estero la Posada y un estudio del eje hidráulico del Estero, modelando los anchos máximos de caudal para periodos de retorno de 25, 50 y 100 años, evaluando las inundaciones para un sitio particular (Sitio 1 Mza. A, Pob. Capataces Colcura). En vista de que esta modelación hídrica se desarrolla para un tramo de mayor extensión (aprox. 1 Km), el estudio permite evaluar las inundaciones para terrenos colindantes en toda esa extensión.

El Levantamiento topográfico (Plano 1) considera los siguientes parámetros geodésicos:

- Coordenadas UTM, Datum WGS-84
- Secciones transversales cada 20 metros.

Para realizar la zonificación del área propensa a inundación en el área estudiada, se considera el análisis hídrico y topográfico. Adicionalmente, a partir de la información topográfica, se procede a utilizar técnicas de modelación digital del terreno (MDT) que se presenta en el capítulo Resultados. El MDT representa un modelo tridimensional de la topografía del terreno en base a las elevaciones del suelo, sin contener los valores de la vegetación ni las edificaciones existentes.

Lo anterior se complementa con la fotointerpretación histórica de imágenes satelitales del área de estudio para graficar el cauce activo del estero. Por último, en consideración a las especificaciones del Estudio de Riesgos vigente, se toman en cuenta los criterios para la definición de la zona de amortiguación definidos en la Ordenanza Municipal N°002 de 2014 sobre protección de cauces, lagunas y humedales de la comuna de Coronel, la cual determina un área de protección de los cursos hídricos de 60 metros como mínimo, o a la homologación de la Zona ZRI definida en la zonificación del PRC de Coronel.

Para la definición de los peligros de inundación por anegamiento, se utilizan técnicas de fotointerpretación y análisis de material cartográfico para identificar terrenos más bajos en relación a terrenos colindantes.

Este estudio, al no considerar el componente de vulnerabilidad, no se profundiza en el diagnóstico de los componentes demográficos, considerando en este aspecto los resultados del último censo de población y vivienda disponibles (INE, 2017). Esta variable demográfica, junto con otras como la vialidad, infraestructura sanitaria e equipamientos, son parte del resto de los elementos constitutivos del anteproyecto.

Todas las cartografías del presente estudio fundado de riesgos en Datum DWGS 84, Huso 18 Sur, proyección UTM. Las imágenes de base corresponden a última campaña de vuelo contratada por la Municipalidad de Coronel, año 2017, de fotografías aéreas de alta resolución.

ÁREA DE ESTUDIO

Los estudios de riesgo de inundación deben ser analizados dentro de la totalidad del sistema hídrico de la(s) cuenca(s) aportante(s), ya que es el sistema completo el que busca el equilibrio ajustando las partes que lo componen.

Para efectos de este estudio, al tratarse de una precisión metodológica aplicada a un territorio en específico, nos referiremos como área de estudio a la zona residencial norte-centro del área urbana residencial del Centro Urbano Coronel Costa, comprendiendo de norte a sur las poblaciones Escuadrón Sur, Jorge Alessandri, Leandro Moreno, Capataces Colcura y Buen Retiro, y los terrenos industriales localizados frente a estas poblaciones residenciales, entre la línea del litoral marino y el Estero La Posada. En esta área, según los datos del censo de población y vivienda (INE, 2017), se localizan 10.511 personas, correspondiente al 9% del total de la población comunal.

Imagen N° 3. Área de estudio de la Modificación N° 3 al PRC de Coronel



Fuente: elaboración propia a partir de Imágenes satelitales DigitalGlobe, visor ESRI.

Desde el punto de vista de asentamientos humanos, el área de estudio se puede dividir en tres grandes áreas: Área residencial consolidada; Área residencial en vías de consolidación; y Área industrial.

Imagen N° 4. Sub Áreas territoriales dentro del Área de Estudio



Fuente: elaboración propia

a) Área residencial consolidada:

Corresponde a las urbanizaciones Escuadrón Sur y Jorge Alessandri, ubicadas al nor-orienté del área en estudio. Estas poblaciones datan su construcción desde el año 1987 hasta 1991 y conforman una sola unidad urbana homogénea. Su construcción fue parte de las obras impulsadas por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo para disminuir los elevados índices de hacinamiento que registró la comuna en la década de 1980.

Ambas urbanizaciones se componen de viviendas pareadas de baja altura, principalmente de 1 piso, de varias tipologías constructivas. Estas viviendas se construyeron con superficies mínimas, de hasta 30,36 m², en sitios extremadamente pequeños, ajustados a los mínimos legales de la época, de manera que estos barrios corresponden a sectores en

extensión con una alta densidad bruta⁴, promediando alrededor de los 240 habitantes por hectárea (hab/ha), y que se tradujo en urbanizaciones de bajo estándar, con perfiles de calles con anchos mínimos (10 m para calles y 6 m para pasajes), y escasez de terrenos cedidos a la áreas verdes.

Según los datos del último censo de población y vivienda (INE, 2017) existen 6.227 personas que residen en esta área.

- Superficie : 39 hectáreas
- N° de Viviendas : 2.057 viviendas
- % de Viviendas del área estudiada : 59%

En términos normativos, esta área está definida en el PRC de Coronel mayoritariamente como una Zona Residencial (ZU-4), en la cual se encuentra permitido el uso de suelo Residencial y gran parte de los Equipamientos, mientras que las Actividades Productivas e Infraestructuras se encuentran prohibidas (excepto talleres inofensivos). Junto a la vía principal Juan Antonio Ríos, se establece en una franja una zona mixta (ZU-2) con una normativa que privilegia las edificaciones de Equipamiento al otorgarle un coeficiente de ocupación de suelo 1. Dispone además de un paño destinado al uso de Equipamientos, Zona de Equipamiento ZE-1, en la que se prohíbe el uso Residencial y que comprende los equipamientos existentes tales como Colegio Instituto de Humanidades, Capilla Santa Teresa de Jesús y Supermercado Unimarc.

b) Área residencial en vías de consolidación:

Esta área corresponde a las urbanizaciones Leandro Moreno, Capataces Colcura y Buen Retiro. Si bien estos loteos datan de inicio de la década de 1980, su población actual es de 4.149 habitantes según Censo 2017, con una baja densidad habitacional (21 hab/ha).

⁴ La densidad bruta, de acuerdo a lo establecido en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, corresponde al número de unidades (viviendas) por unidad de superficie del terreno en que se emplaza el proyecto. Se mide en habitantes por hectárea, considerando que una vivienda equivale a 4 habitantes.

Estos loteos se originaron bajo las normas de parcelación de predios rústicos, por lo que originalmente se conformaron en base a subdivisiones prediales de 3.000 m² en promedio, sin edificación; éstas se han ido construyendo en el tiempo con un predominio de las autoconstrucciones y en menor medida los loteos habitacionales, aunque siguen predominando los sitios particulares en desuso o eriazos. En efecto, 74.7 hectáreas están construidas (37,7%), mientras que 123.3 hectáreas (62,3%) se encuentran sin ningún tipo de uso, debido a la carencia histórica de servicios básicos de agua potable, alcantarillado y calles pavimentadas en ese sector de la ciudad, lo que ha impedido hasta la fecha un grado de ocupación mayor, pero al mismo tiempo ha derivado en un deterioro ambiental por el vertido permanente de residuos en terrenos vacíos.

- Superficie : 198 hectáreas
- N° de Viviendas : 1.385 viviendas
- % de Viviendas del área estudiada : 41%

La caracterización general de esta zona de la comuna puede definirse como “en vías de consolidación”, debido a que en la última década se ha observado un incremento en el número de edificaciones residenciales, además del desarrollo de condominios privados y los primeros conjuntos habitacionales de vivienda social.

El PRC de Coronel define gran parte de esta área como una Zona Residencial Mixta (ZU-7), en la cual se encuentra permitido el uso de suelo Residencial y gran parte de los Equipamientos, mientras que las Actividades Productivas e Infraestructuras se encuentran prohibidas (excepto talleres y bodegajes inofensivos). Junto a la vía principal Juan Antonio Ríos, se establece en una franja una zona mixta (ZU-2) con una normativa que privilegia las edificaciones de Equipamiento al otorgarle un coeficiente de ocupación de suelo 1.

c) Área industrial:

Forma parte del área de estudio los terrenos localizados frente a las poblaciones Escuadrón Sur, Jorge Alessandri, Leandro Moreno, Capataces Colcura y Buen Retiro, entre la línea del

litoral marino y el Estero La Posada, y que de conformidad a lo establecido en el PRC de Coronel están destinados al desarrollo de las Actividades Productivas e Infraestructuras. En la parte norte de esta área, frente a las poblaciones Escuadrón Sur y Jorge Alessandri y colindante al Estero La Posada, se localizan Actividades Productivas de impacto similar al industrial como grandes depósitos y bodegas industriales, en predios urbanizados del Loteo Parque Industrial Coronel. Una de ellas corresponde al centro logístico de la Empresa Homecenter Sodimac, del cual se distribuye a toda la zona centro-sur del país.

De las aproximadamente 90 hectáreas que comprende esta área, un 43% (38,3 has) se encuentra utilizadas. Si bien las empresas emplazadas en esta zona desarrollan sus actividades de conformidad a lo establecido en el IPT vigente que define el uso de suelo, su proximidad con el área residencial (Poblaciones Escuadrón Sur y Jorge Alessandri) genera fricciones de uso que causan molestias en los residentes, especialmente en lo referido a eventos asociados a ruidos molestos y polvo en suspensión.

La parte sur de esta área no se encuentra utilizada producto de la inexistencia de proyectos y la falta de obras de urbanización en esa zona, aunque se estima un desarrollo inminente producto de las tendencias de crecimiento de las áreas industriales cercanas a la actividad portuaria multipropósito (Puerto de Coronel y Portuaria Cabo Froward).

En general, esta zona está regulada en términos normativos por el PRC de Coronel, estableciéndose dos tipos de zonas destinadas preferentemente al uso de las Actividades Productivas e Infraestructuras, que conforman una gradiente según la calificación de impacto que permiten: La Zona Actividades Productivas 2 (ZAP-2), localizada en la parte poniente, permite el emplazamiento de industrias inofensivas y molestas, y bodegaje y talleres inofensivos, molestos y peligrosos. Mientras que la Zona Actividades Productivas 4 (ZAP-4), contigua al área residencial, permite sólo Actividades Productivas inofensivas.

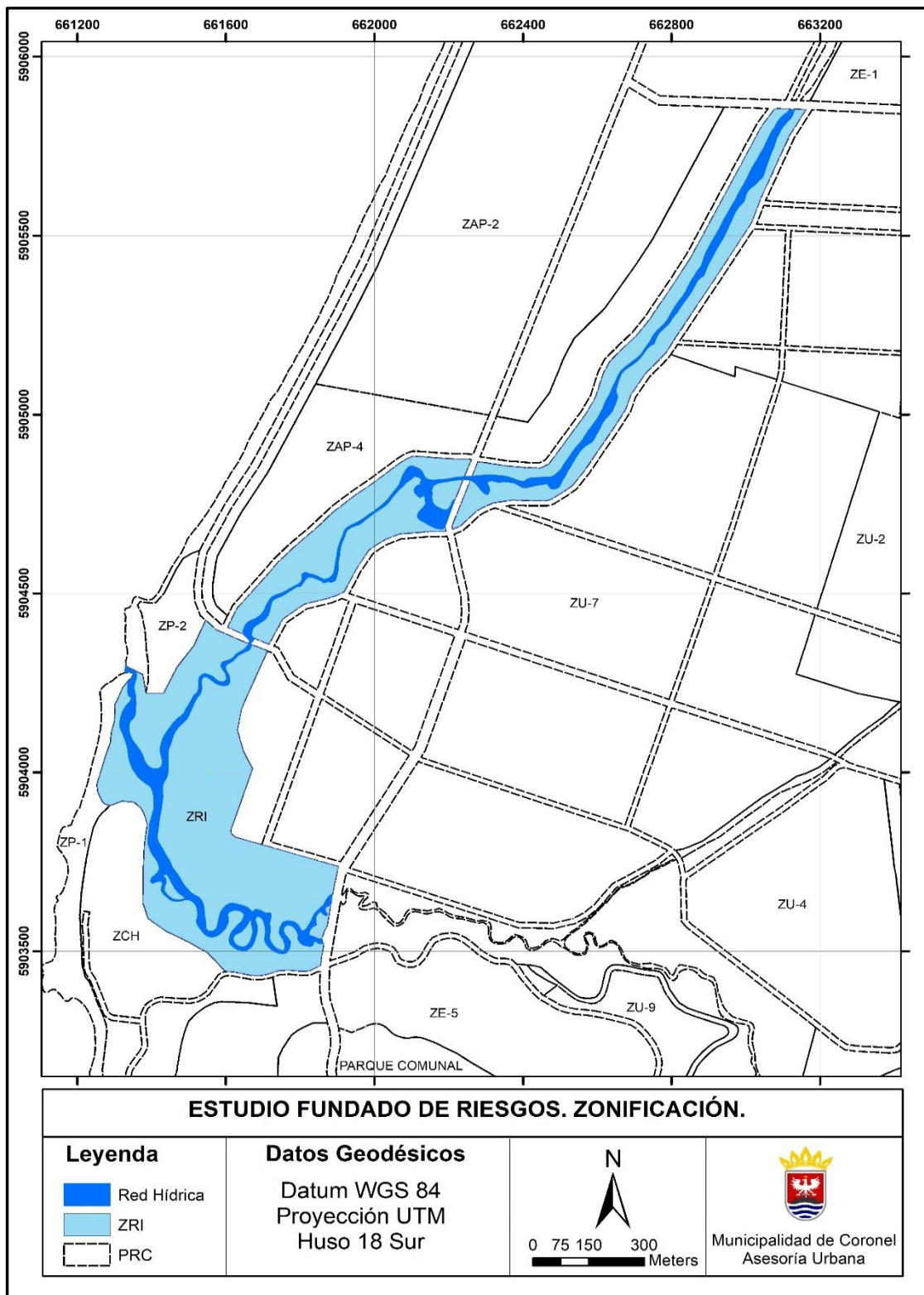
Dentro de esta área de estudio, desarrollándose en dirección norte-sur, se localiza la parte baja del Estero La Posada, cuerpo de agua de aproximadamente 8,7 km de largo cuyo origen se encuentra en la laguna homónima y desemboca sus aguas en el humedal Boca Maule.

El Estero La Posada corresponde al principal componente natural en el área de estudio y su relevancia está dada por su función de drenaje y evacuación, además de ser parte del ecosistema hídrico de la parte occidental de la comuna, compuesta de una red interconectada de tres esteros (La Posada, Lagunillas y Villa Mora), dos lagunas (La Posada y Quiñenco) y un sistema de humedales entre los cuales destacan los de Calabozo y Boca Maule, cuya importancia radica en los servicios ecosistémicos actuales y potenciales que éstos prestan a la ciudad (se describen en el punto siguiente). Junto a este sistema hídrico se asocian componentes del Ecosistema Continental en los cuales es posible de reconocer vegetación herbácea media a alta, tales como *Equisetum giganteum*, *Juncus sp.*, *Polygonum sp.*, *Convolvulus sp.*, y *Lotus sp.*, y otra baja, abierta y anexa a los cuerpos de agua, con abundancia de juncáceas. Cabe señalar que el Estero La Posada, al igual que los demás esteros de la comuna, no disponen de agua de forma permanente, presentando sequedad en la temporada calida (diciembre-marzo), permitiendo condiciones para el desarrollo de vegetación hidrófila en su cauce, propia de humedales.

Asociado a este estero, el PRC de Coronel estableció el **Riesgo por Desborde de Cauce** (ZRI), que corresponde a zonas inundables asociadas a los principales cursos hidráulicos y humedales de la comuna, delimitadas en torno a los cauces y llanuras de inundación de los esteros urbanos.

El presente estudio fundado de riesgos se focaliza en este estero, en el tramo desde calle San Francisco a la desembocadura de éste en el Humedal Boca Maule (Imagen N° 4), siendo este sector donde existe discordancia entre lo definido en el PRC vigente y la apreciación real del terreno. Este tramo del estero presenta una longitud de 2.730 metros y alcanza una superficie de 48,7 hectáreas, representando un 5,72% del total de la ZRI. En la imagen N° 5 se grafica el área correspondiente al Estero La Posada y la Zona ZRI asociada a su cauce.

Imagen N° 5. Área de Inundación.



Fuente: Elaboración propia

ZONIFICACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL AREA DE ESTUDIO.

El Estudio Fundado de Riesgos (2013) generó una zonificación catalogada de alta susceptibilidad por inundación por desborde de cauce (figuras 4.16 del Estudio Fundado de Riesgos, p. 58), asimilada en la Ordenanza local del PRC como Zona Inundable por Desborde de Cauce (Zona ZRI), abarcando una superficie total de 850 hectáreas (considerando la sumatoria de la totalidad de los centros urbanos de la comuna de Coronel).

Imagen N° 6. Zona ZRI en Centro Urbano Coronel Costa



Fuente: Elaboración propia

La Zona ZRI se extiende en longitud por los bordes de los cauces de los esteros que cruzan la comuna, actuando como un área de amortiguación de los cuerpos de agua.

En esta zona se **prohíben** todos los usos de suelo, a excepción de los “recintos abiertos destinados al deporte o actividad física en general y Parques de Entretenimientos y Parques Zoológicos”. La normativa específica de esta zona esta descrita en la imagen N°7.

Imagen N° 7. Ordenanza PRC de Coronel para la Zona ZRI.

PLAN REGULADOR COMUNAL DE CORONEL

Aprobado por Decreto Alcaldicio N° 2465/13. 27.03.13
Publicado en Diario Oficial. 22.04.13



ZONAS INUNDABLES POR DESBORDES DE CAUCES, ZRI

| NORMAS DE USOS DE SUELO | | |
|--------------------------------|--------------------------------|---|
| TIPO DE USO | | Permitidos - Prohibidos |
| HABITACIONAL | | Prohibidos |
| ACTIVIDADES PRODUCTIVAS | | |
| Industria, bodegaje y Talleres | Peligrosa, Molesta, Inofensiva | Prohibidos |
| EQUIPAMIENTO | | |
| CIENTIFICO | | Prohibidos |
| COMERCIO | | Prohibidos |
| CULTO Y CULTURA | | Prohibidos |
| DEPORTE | | Prohibidos, excepto Recintos abiertos destinados al deporte o actividad fisica en general |
| EDUCACION | | Prohibidos |
| ESPARCIMIENTO | | Prohibidos, excepto Parques de Entretenimientos y Parques Zoológicos |
| SALUD | | Prohibidos |
| SEGURIDAD | | Prohibidos |
| SERVICIOS | | Prohibidos |
| SOCIAL | | Prohibidos |
| INFRAESTRUCTURA | | |
| DE TRANSPORTE | | Prohibidos |
| SANITARIA | | Prohibidos |
| ENERGÉTICA | | Prohibidos |

| NORMAS DE SUBDIVISIÓN Y EDIFICACIÓN | | | | |
|---------------------------------------|--------------|--------------------|-------------------------|-----------------|
| | Habitacional | Equipamiento | Actividades productivas | Infraestructura |
| Superf. de Subdivisión Predial Mínima | - | 1.000 m2 | - | - |
| Coef. ocupación suelo | - | 0,1 | - | - |
| Coef. Constructibilidad | - | 0,1 | - | - |
| Agrupamiento | - | Aislado | - | - |
| Distanciamiento | - | Rasante 2.6.3 OGUC | - | - |
| Altura Máx. edificación | - | 3,50 m. (1 piso) | - | - |
| Antejardín | - | 10 m. | - | - |
| Adosamiento | - | No se permite | - | - |

Fuente: Ordenanza Plan Regulado Comunal Coronel.

De acuerdo al PRC de Coronel, esta zona posibilita conformarse como un sistema red de espacios públicos urbanos, toda vez que está delimitada por una vialidad propuesta de borde para propender a no permitir usos que generen espaldas al estero.

En ese sentido, las zonas ZRI establecen restricciones al desarrollo urbano, permitiendo sólo algunos destinos de equipamiento relacionados con el esparcimiento, además de áreas verdes, espacios públicos e instalaciones mínimas complementarias a su función, como actividades recreativas y de esparcimiento al aire libre, incluyendo juegos infantiles, construcciones ornamentales y similares.

Si bien las restricciones establecidas para esta zona propenden a la consolidación de los márgenes de los esteros como espacios verdes accesibles al uso público, la definición de terrenos privados bajo este gravamen de manera errada o excesiva, debido a las limitantes antes mencionadas, imposibilita el potencial desarrollo de proyectos urbanos de vivienda y equipamientos, mientras que el desuso de los mismo fomenta la degradación ambiental y las ocupaciones irregulares de las riberas.

RESULTADOS

A partir de la revisión del Estudio Fundado de Riesgos (2013), cartografía y zonificación del PRC de Coronel, y contrastado con los nuevos antecedentes a partir de análisis topográfico y fotointerpretación de imágenes satelitales y fotografías aéreas de alta resolución, es posible identificar una discordancia entre la cartografía base utilizada para la elaboración del PRC de Coronel (MINVU, 2001) con la apreciación real (actual) del terreno y del cuerpo de agua del Estero La Posada, a la altura de calle Los Molineros.

Fotointerpretación:

A lo largo del tramo estudiado se identifican leves cambios del cauce con relación a su actual eje hidráulico, por lo que no se evidencia necesidad de modificar la Zona Inundable por Desborde de Cauces (Zona ZRI) para esos cambios. No obstante, al interior del Sitio 1 manzana A Loteo Capataces Colcura, ROL N° 889-1, se identifican desajustes mayores en la representación gráfica del Estero La Posada (Figura N° 22) que no se condicen con la situación actual de este cuerpo hídrico.

Figura N° 8. Desajuste cartografía PRC de Coronel (Estero La Posada) con situación actual



Fuente: elaboración propia, sobre fotografía aérea en alta resolución, año 2017.

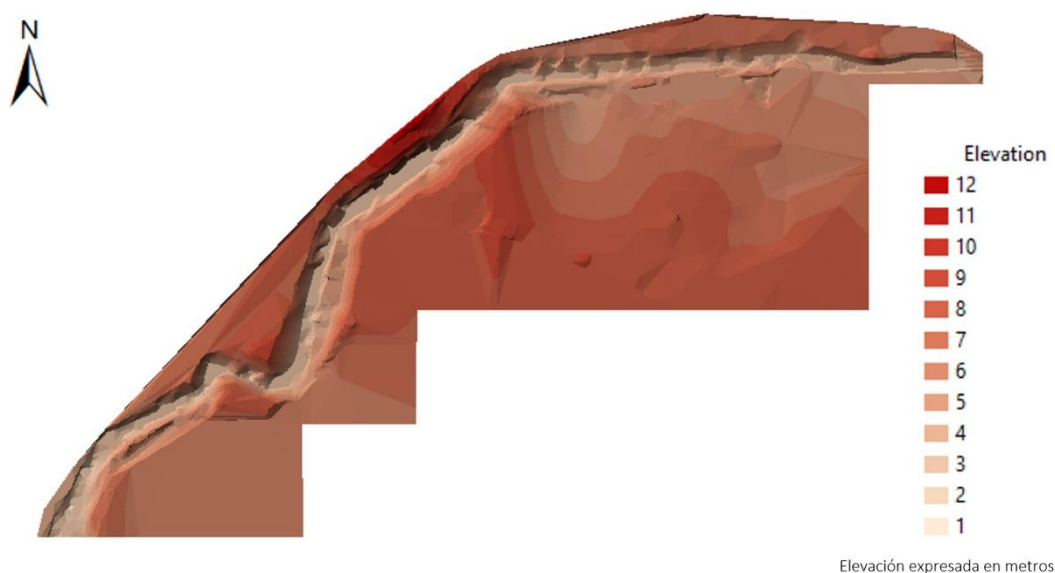
Como se observa en la Imagen anterior, el polígono que en el actual PRC de Coronel se ilustra como cuerpo de Agua del Estero La Posada, se extiende hacia el sur en mayor magnitud respecto a la situación actual en tres puntos específicos del cauce, y desproporcionadamente mayor a la altura de Calle Los Molineros (Figura N° 22, cuadrado 03) tanto al norte como al sur, situación que en los hechos no sucede.

Modelo Digital de Terreno (MDT):

El desajuste cartográfico detectado por fotointerpretación es corroborado con los perfiles transversales del estero realizados cada aprox. 18 metros, y mediante el desarrollo del MDT (Imagen N° 9) confeccionado con la topografía del terreno, el cual permite observar las diferencias de cotas en el terreno, identificando claramente las terrazas de inundación del estero La Posada.

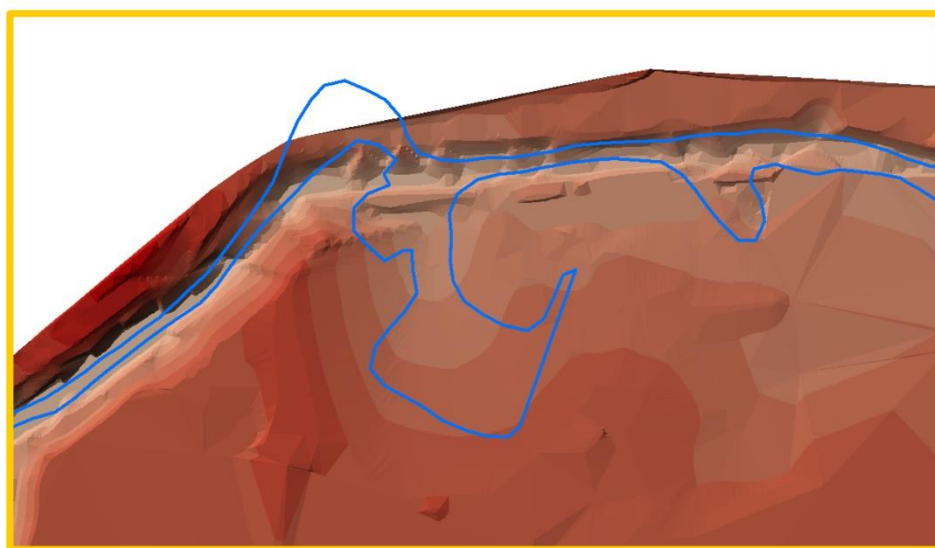
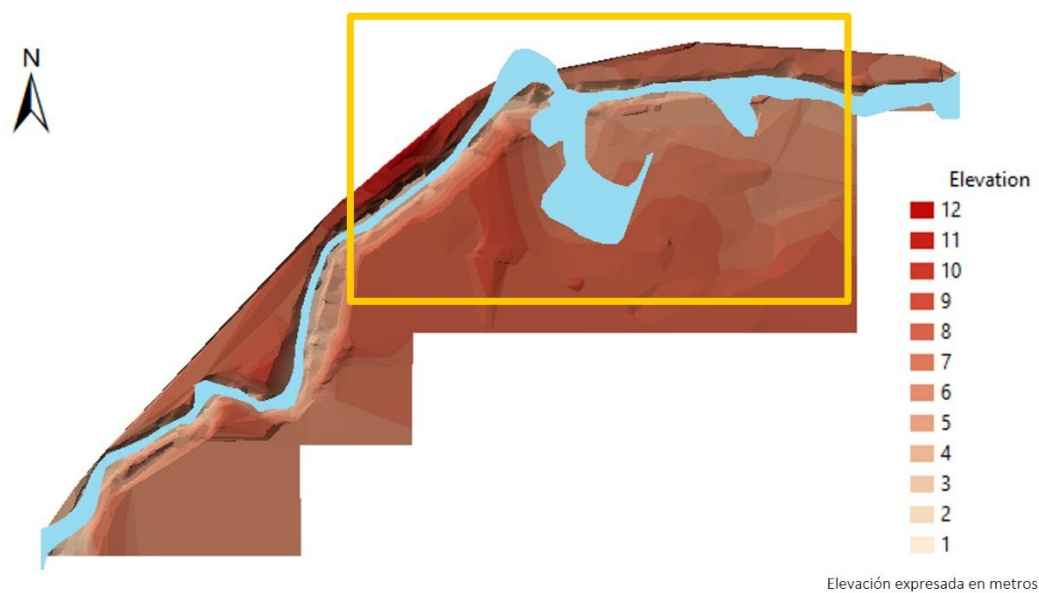
Contrastado el MDT con la capa de la red hídrica definida en el PRC de Coronel vigente, se evidencia la imprecisión originada por la inexactitud por desactualización de la cartografía del PRC Coronel vigente con respecto a la situación actual (Imagen N° 10).

Imagen N° 9. Modelo 3D del Estero La Posada frente al sitio 1 Manzana A, sector Buen Retiro



Fuente: elaboración propia.

Imagen N° 10. Imagen MDT con superposición de capa hídrica del estero La Posada.



Fuente: elaboración propia.

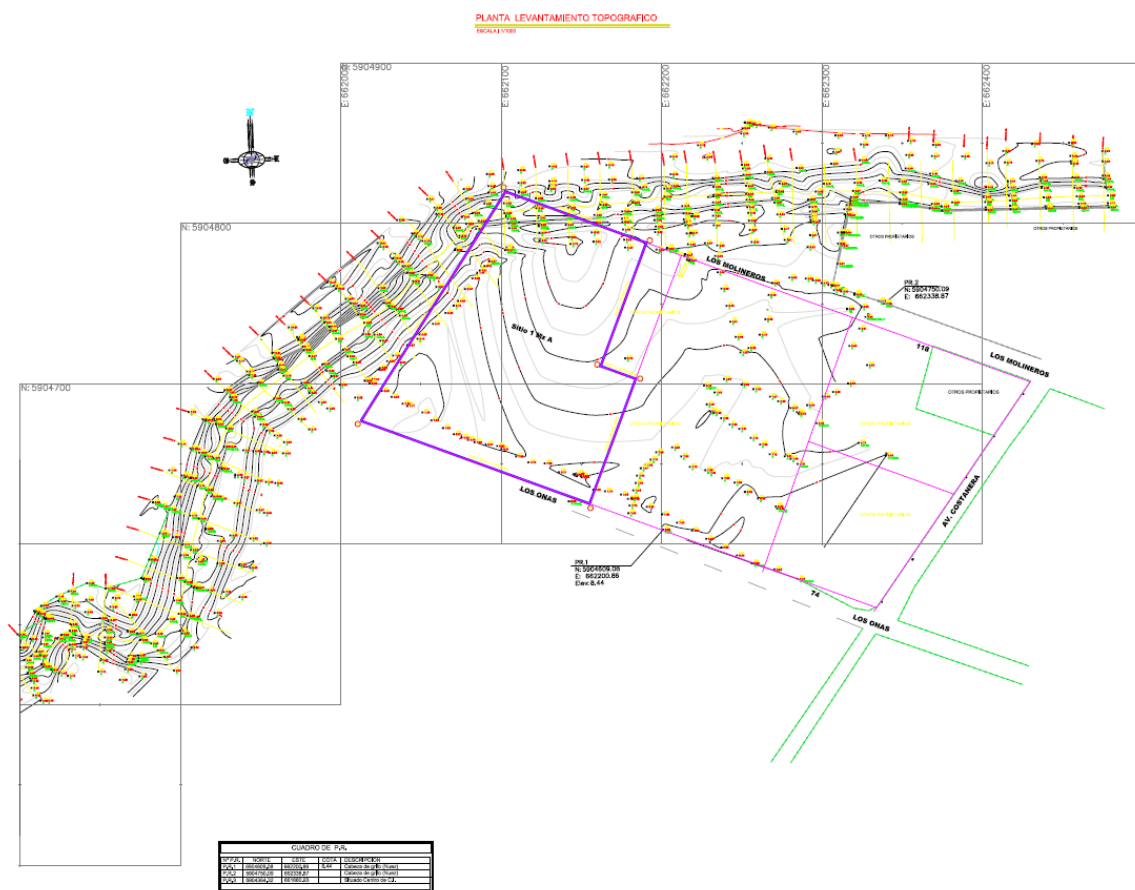
Del análisis de estos datos se desprende que los terrenos identificados en el PRC de Coronel como parte del caudal no forman parte de éste ni se constituyen como terrazas de inundación, por cuanto no es coincidente la cartografía del PRC (2001) con la situación en terreno. Estos

resultados confirman que la realidad geográfica del sector hace 20 años es distinta a la actualidad.

Análisis de modelación hídrica

En estudio de Inundación Avenida Los Molineros Sitio 1 Manzana A ROL N° 899, se desarrolla el análisis de modelación hídrica para el Estero La Posada, en un tramo de aproximadamente 1.000 m, para periodos de retorno de 25, 50 y 100 años. Dado que el detalle del análisis se expone en el estudio citado, en este capítulo se exponen sólo algunos elementos y principales conclusiones de ese informe.

Imagen N° 11. Tramo estudio Estero La Posada



Fuente: Estudio de Inundación Avenida Los Molineros Sitio 1 Manzana A ROL N°899

El Estudio fundado de Riesgos del PRC de Coronel plantea la necesidad de contar con un mayor nivel detalle a nivel de modelo hídrico, considerando, entre otros, detalles de morfología y singularidades. Para este caso, se realizó un estudio de suelo (calicata) en la ribera del Estero La Posada, ejecutado por la empresa INN Chile, según informe 92808/16. El suelo se puede caracterizar como arena mal graduada SP según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (*Unified Soil Classification System, USCS*). Coeficiente Rugosidad $n = 0,080$.

Los resultados del estudio evidencian que el cauce presenta escurrimientos de río para todos los periodos de retorno en estudio (Número de Froude < 1).

De acuerdo a modelo hidráulico desarrollado en software de modelización hidrológica unidireccional HEC-RAS, las cotas de líneas de energía (E.G. Elev) y anchos máximos de caudal en la parte superior (Top Width), que corresponde al ancho de la lámina de agua o de la sección del canal en la superficie libre de la misma, es decir la distancia entre los extremos o límites de la inundación de ambos márgenes del estero, para caudales con periodos de retorno de 25, 50 y 100 años, son los siguientes:

| River Sta (Km) | Periodo de retorno 25 años | | Periodo de retorno 50 años | | Periodo de retorno 100 años | |
|-------------------|-------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------|--------------------------------|------------------|
| | E.G. Elev (m) | Top Width (m) | E.G. Elev (m) | Top Width (m) | E.G. Elev (m) | Top Width (m) |
| 1,031 | 7,29 | 35,55 | 7.5 | 35,55 | 7,81 | 35,55 |
| 1,011 | 7,25 | 41,22 | 7.46 | 41,22 | 7,76 | 41,22 |
| 0,9904 | 7,21 | 41,19 | 7.42 | 41,19 | 7,73 | 41,19 |
| 0,9703 | 7,17 | 36,35 | 7.37 | 36,35 | 7,68 | 36,35 |
| 0,9589 | 7,05 | 19,63 | 7.25 | 21,45 | 7,56 | 24,13 |
| 0,9373 | 6,97 | 39,65 | 7.17 | 39,65 | 7,47 | 39,65 |
| 0,9173 | 6,91 | 40,23 | 7.11 | 40,23 | 7,41 | 40,23 |
| 0,8973 | 6,81 | 40,3 | 7.02 | 40,3 | 7,33 | 40,3 |
| 0,8776 | 6,75 | 35,76 | 6.96 | 35,76 | 7,27 | 35,76 |
| 0,8376 | 6,72 | 50,14 | 6.93 | 50,14 | 7,24 | 50,14 |
| 0,827 | 6,69 | 54,66 | 6.9 | 54,66 | 7,21 | 54,66 |
| 0,809 | 6,66 | 48,66 | 6.87 | 48,66 | 7,18 | 48,66 |
| 0,790 | 6,62 | 56,75 | 6.84 | 56,75 | 7,15 | 56,75 |
| 0,772 | 6,58 | 52,94 | 6.8 | 59,46 | 7,12 | 71,58 |
| 0,758 | 6,56 | 52,65 | 6.77 | 52,65 | 7,09 | 52,65 |

| | | | | | | |
|--------|------|-------|------|-------|------|-------|
| 0,738 | 6,53 | 46,76 | 6.75 | 46,76 | 7,07 | 46,76 |
| 0,718 | 6,52 | 50,73 | 6.74 | 50,73 | 7,05 | 50,73 |
| 0,698 | 6,5 | 55,47 | 6.72 | 55,47 | 7,03 | 55,47 |
| 0,678 | 6,49 | 51,85 | 6.71 | 51,85 | 7,02 | 51,85 |
| 0,658 | 6,46 | 48,08 | 6.68 | 53,6 | 7 | 53,6 |
| 0,6394 | 6,43 | 46,07 | 6.65 | 47,22 | 6,96 | 49,05 |
| 0,6242 | 6,39 | 32,21 | 6.61 | 34,57 | 6,93 | 37,99 |
| 0,6042 | 6,32 | 27,58 | 6.53 | 30,27 | 6,85 | 34,2 |
| 0,5842 | 6,19 | 31,02 | 6.42 | 33,07 | 6,74 | 36,11 |
| 0,5642 | 6,12 | 23,37 | 6.34 | 25,17 | 6,66 | 28,11 |
| 0,5442 | 6,06 | 32,95 | 6.28 | 34,41 | 6,6 | 36,51 |
| 0,5242 | 6,01 | 28,69 | 6.23 | 30,31 | 6,55 | 32,66 |
| 0,5042 | 5,95 | 23,38 | 6.17 | 24,42 | 6,49 | 25,97 |
| 0,4866 | 5,9 | 26,62 | 6.12 | 28,25 | 6,44 | 29,9 |
| 0,4679 | 5,85 | 28,72 | 6.07 | 29,86 | 6,39 | 31,25 |
| 0,4515 | 5,8 | 26,4 | 6.01 | 28,22 | 6,33 | 30,31 |
| 0,4311 | 5,76 | 41,27 | 5.97 | 42,57 | 6,29 | 44,8 |
| 0,4111 | 5,74 | 39,17 | 5.95 | 40,82 | 6,27 | 43,33 |
| 0,3911 | 5,7 | 37,8 | 5.92 | 39,19 | 6,24 | 41,81 |
| 0,372 | 5,68 | 47,76 | 5.89 | 49,33 | 6,22 | 51,83 |
| 0,352 | 5,66 | 41,68 | 5.88 | 43,24 | 6,2 | 45,6 |
| 0,332 | 5,64 | 35,88 | 5.85 | 37,33 | 6,18 | 39,53 |
| 0,312 | 5,62 | 46,32 | 5.83 | 47,19 | 6,16 | 48,5 |
| 0,2973 | 5,58 | 18,14 | 5.8 | 19,22 | 6,12 | 21,08 |
| 0,2704 | 5,45 | 16,73 | 5.67 | 19,6 | 6 | 23,41 |
| 0,2504 | 5,33 | 22,38 | 5.55 | 23,58 | 5,89 | 25,52 |
| 0,2248 | 5,24 | 18,94 | 5.46 | 20,18 | 5,79 | 33,21 |
| 0,2098 | 5,15 | 23,72 | 5.37 | 25,92 | 5,7 | 29,21 |
| 0,1987 | 5,08 | 22,96 | 5.3 | 25,18 | 5,64 | 28,47 |
| 0,1838 | 5 | 22,13 | 5.22 | 24,39 | 5,56 | 27,81 |
| 0,1655 | 4,87 | 16,9 | 5.11 | 19,16 | 5,46 | 22,75 |
| 0,1455 | 4,71 | 17,98 | 4.97 | 19,45 | 5,35 | 21,67 |
| 0,1205 | 4,62 | 32,49 | 4.89 | 45,29 | 5,3 | 49,79 |
| 0,1018 | 4,59 | 34,1 | 4.86 | 35,99 | 5,28 | 38,07 |
| 0,0827 | 4,57 | 35,21 | 4.84 | 36,18 | 5,27 | 37,67 |
| 0,0627 | 4,54 | 40,14 | 4.83 | 40,89 | 5,26 | 42,04 |
| 0,0454 | 4,54 | 51,45 | 4.82 | 52,21 | 5,25 | 53,38 |
| 0,0288 | 4,53 | 55,52 | 4.82 | 56,54 | 5,25 | 58,1 |
| 0,0107 | 4,53 | 57,85 | 4.82 | 59,6 | 5,25 | 62,3 |
| 0 | 4,53 | 8,3 | 4.81 | 8,3 | 5,25 | 8,3 |

Fuente: Estudio de Inundación Avenida Los Molineros Sitio 1 Manzana A ROL N°899

De acuerdo a los resultados de la modelación numérica, el estero se desborda entre los Km 0 a Km 0,1205 y Km 0,6394 a Km 1,031 para los periodos de retorno de 25, 50 y 100 años. El autor atribuye los desbordes a la estrangulación que produce el puente existente (Km 0), al poseer un ancho de 8,3 m.

De lo anterior se constata que el sitio se inunda entre el Km 0,6042 y Km 0,738 para los tres periodos de retorno modelados, a una cota de 7,07 m en su punto más alto para el periodo de retorno 100 años, con un ancho de cauce variable entre 34,2 y 55,47 m.

El autor recomienda como medida estructural de gestión de riesgo rellenar hasta una cota mínima de 8 m en el sitio. Sin perjuicio del error antes señalado, y en vista a que en Km 1,031 el estero alcanza una cota de 7,81 m para el periodo de retorno de 100 años, esta recomendación sigue siendo pertinente para terrenos que enfrenten desde el Km 0,5242 hacia aguas arriba.

Conclusiones:

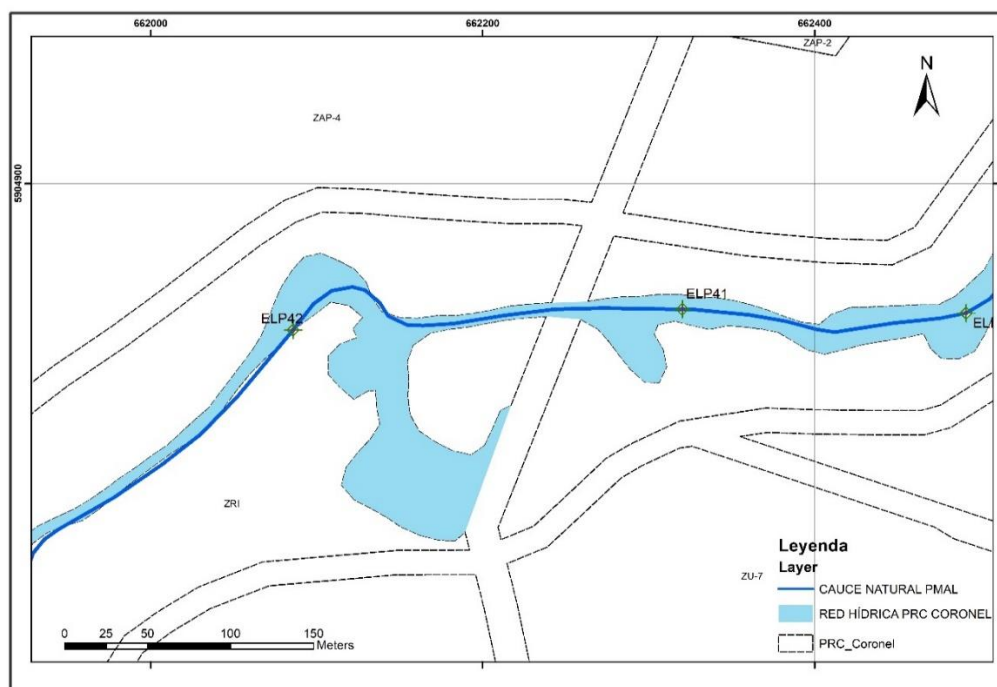
A partir de los resultados de la modelación hídrica desarrollada en Estudio de Inundación Avenida Los Molineros Sitio 1 Manzana A ROL N°899, se puede concluir lo siguiente:

1. El eje hidráulico del cauce del Estero la Posada en el tramo frente al Sitio 1 Manzana A ROL N°899, difiere de manera significativa con el cuerpo de agua graficado en la cartografía definida por el PRC Coronel vigente. Esta área está emplazada en el polígono definido por las siguientes coordenadas:
 - a. 662200 E – 5904900 N
 - b. 662100 E – 5904900 N
 - c. 662100 E – 5904700 N
 - d. 662200 E – 5904700 N

Esta diferencia se corrobora además con el eje hidráulico definido en el Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias de Lota y Coronel (PMALL) para el Estero La Posada entre el tramo ELP41 – ELP42.

La información proporcionada por el PMALL es concordante con el eje hidráulico del estudio topográfico y la modelación presentada. En consecuencia, el cauce del Estero La Posada graficado en el PRC de Coronel entre el Km 0,6042 y Km 1,031 es impreciso, y no representa su situación actual.

Imagen N° 12. Definición de cauces del Estero La Posada según PMAL y PRC Coronel.



Fuente: Elaboración propia

2. El Sitio 1 Manzana A de la Población Capataces Colcura se inunda por desborde de cauce para los tres periodos de retorno (25, 50 y 100 años), según modelación numérica. La inundación se produce entre el Km 0,6042 y Km 0,738, en la parte norte del sitio, en 2.108 m², con una altura de lámina de agua de 7,07 m en su punto más alto para el periodo de

retorno 100 años. En este tramo, el cauce se desborda con un ancho variable entre 34,2 y 55,47 m.

3. El desajuste cartográfico del PRC de Coronel, en la zona graficada como cuerpo de agua a la altura del Km 0,698 del Estero La Posada (frente a proyección de calle Los molineros), no forma parte del cauce ni de sus terrazas de inundación. Esta conclusión es respaldada por la observación recabada en terreno, en que no se evidencian procesos reciente de inundación por desborde de cauce en el área de estudio.

La depresión del terreno existente en el sitio 1 Mz A de la Pob. Capataces Colcura, con diferencias de altura de hasta 3,5 m desde la cota más alta, al no ser parte del cauce, corresponde a un área inundable por anegamiento, siendo de igual modo recomendable rellenar hasta la cota mínima de 8 m para mitigar este peligro geológico y homologar la misma altura de referencia que para el peligro de inundación por desborde de cauce.

4. En vista de los resultados de simulación numérica del cauce para los periodos de retorno de 25, 50 y 100 años, y las directrices establecidas en el estudio fundado de riesgos del PRC de Coronel, es posible realizar un mapa de peligrosidad o amenaza de inundación por desborde de cauce con mayor nivel de precisión, considerando el alcance máximo lateral del área de inundación, esto es, la distancia entre los extremos o límites de la inundación de ambos márgenes del estero para el caudal con periodo de retorno de 100 años.

ZONIFICACIÓN DEL RIESGO

Para efectos de (re)zonificar el riesgo dentro del área de estudio, se establecen tres aspectos a considerar: a) Definición del Cuerpo de Agua; b) Zona Inundable por Desborde de Cauces (Zona ZRI); y c) Área de riesgo de Anegamiento.

a) Cuerpo de Agua del Estero La Posada:

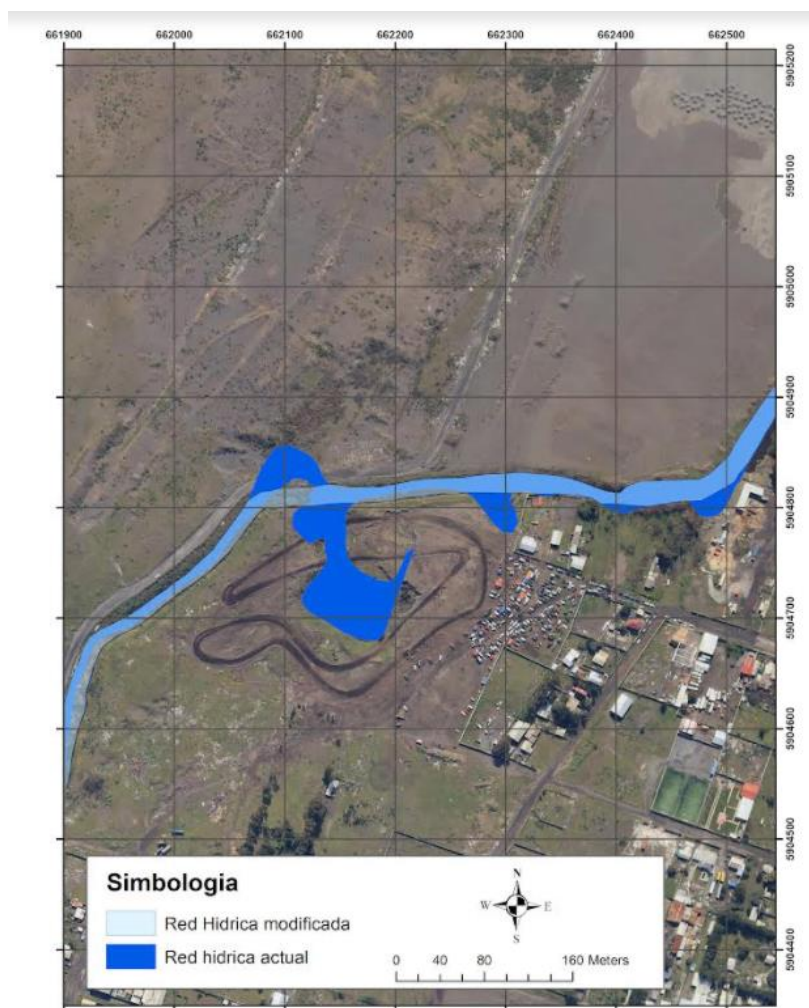
Si bien la representación gráfica de los cuerpos de agua no corresponde a una zona normada de un IPT, ésta es determinante para la redefinición de la Zona ZRI, por cuanto

se considera corregir la discordancia entre la cartografía base utilizada para la elaboración del Plan Regulador Comunal de Coronel (MINVU, 2001) con la apreciación real (actual) del terreno y del cuerpo de agua del Estero La Posada, a la altura de calle Los Molineros.

Para rectificar o redefinir el borde del cauce (como área de escorrentía regular de agua) se determinó mediante fotointerpretación histórica del Estero La Posada, utilizando imágenes aéreas de alta resolución (Municipalidad de Coronel, 2017) e imágenes satelitales de los últimos 10 años. Adicionalmente, los resultados de fotointerpretación se contrastan con la topografía del “Estudio de Inundación Avenida Los Molineros Sitio 1 Manzana A ROL N°899”. Lo anterior, utilizando software ArcGis.

La modificación de la cartografía del Estero La Posada se restringió al sector donde se cuenta con datos topográficos detallados y comparables con la evolución histórica del cauce analizada mediante fotointerpretación. De este modo, la redefinición de la cartografía propuesta para graficar el cauce activo del Estero La Posada es asimilable a la condición actual. En las Imágenes N° 11 y 12 se grafica el resultado final de la rectificación.

Figura N° 13. Propuesta rectificación estero La Posada



Fuente: Elaboración propia

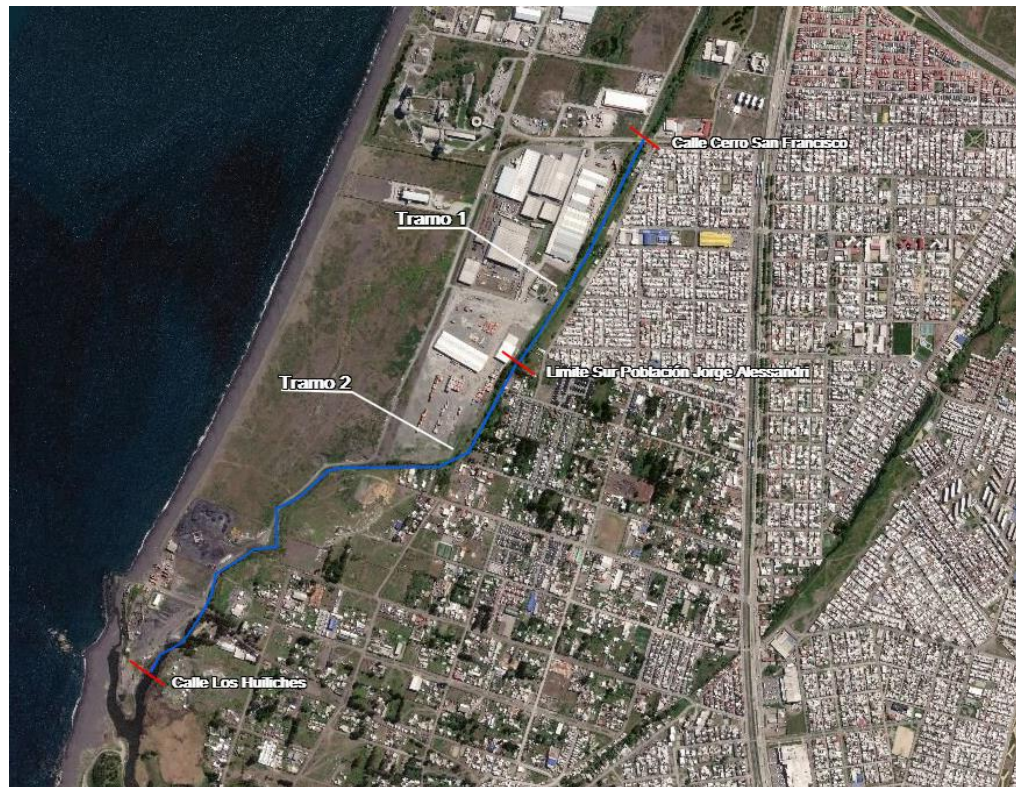
b) Zona Inundable por Desborde de Cauces (ZRI):

Esta zona de riesgo es analizada en dos tramos:

- Tramo 1: Desde calle Cerro San Francisco a límite sur población Jorge Alessandri: No se prevén modificaciones a la zonificación actual, por no presentarse discordancias significativas en la cartografía del PRC para el cauce con respecto a la situación actual.

- Tramo 2: Desde límite sur de la Población Jorge Alessandri a calle Los Huiliches: Al existir una discordancia cartográfica significativa para el cauce, se recomienda una modificación a la zonificación del riesgo de inundación por desborde de cauce.

Imagen N° 14. Tramos propuestos para la zonificación



Fuente: elaboración propia

Imagen N° 15. Tramo 1, no requiere precisión de la ZRI



Fuente: Elaboración propia

Imagen N° 16. Tramo 2, requiere precisión de la ZRI



Fuente: Elaboración propia

Una vez rectificada la cartografía del cauce del Estero La Posada en el tramo 2, se procede a la zonificación del riesgo analizado. La metodología consistió en seguir las directrices planteadas en el Estudio Fundado de Riesgos del PRC vigente, y en lo indicado en la Ordenanza N° 002 del 2014 para la Protección de Cauces, Lagunas y Humedales de la comuna de Coronel.

Se recomienda que la zonificación del riesgo se determine en consideración de un área de mitigación alrededor del estero La Posada, evaluada en un buffer (gradiente) de 30 a 60 metros a partir del cuerpo de agua rectificado del estero (aprox. 40-45 m desde el eje hidráulico del cauce).

Si bien el PRC de Coronel señala que la distancia de la zona ZRI puede ser hasta un mínimo de 20 metros desde el eje hacia la ribera de contar con estudios más específicos, para el tramo estudiado se recomienda que esta distancia no sea menor a 40 m, considerado que la modelación numérica arroja un ancho máximo de caudal de 71,58 m para el periodo de retorno de 100 años a la altura del Km 0,772 (asimilable a un buffer de 35, 8 m), es decir, en la situación más desfavorable.

Se recomienda dentro de esta zona mantener las restricciones de edificación establecidas en la actualidad en la Zona ZRI, y que por ser una zona de riesgo obliga a los propietarios afectados a la realización de un Estudio Fundado de Riesgos al momento de solicitar permisos de edificación en la Dirección de Obras Municipales, garantizando la ejecución de obras que mitiguen el riesgo identificado.

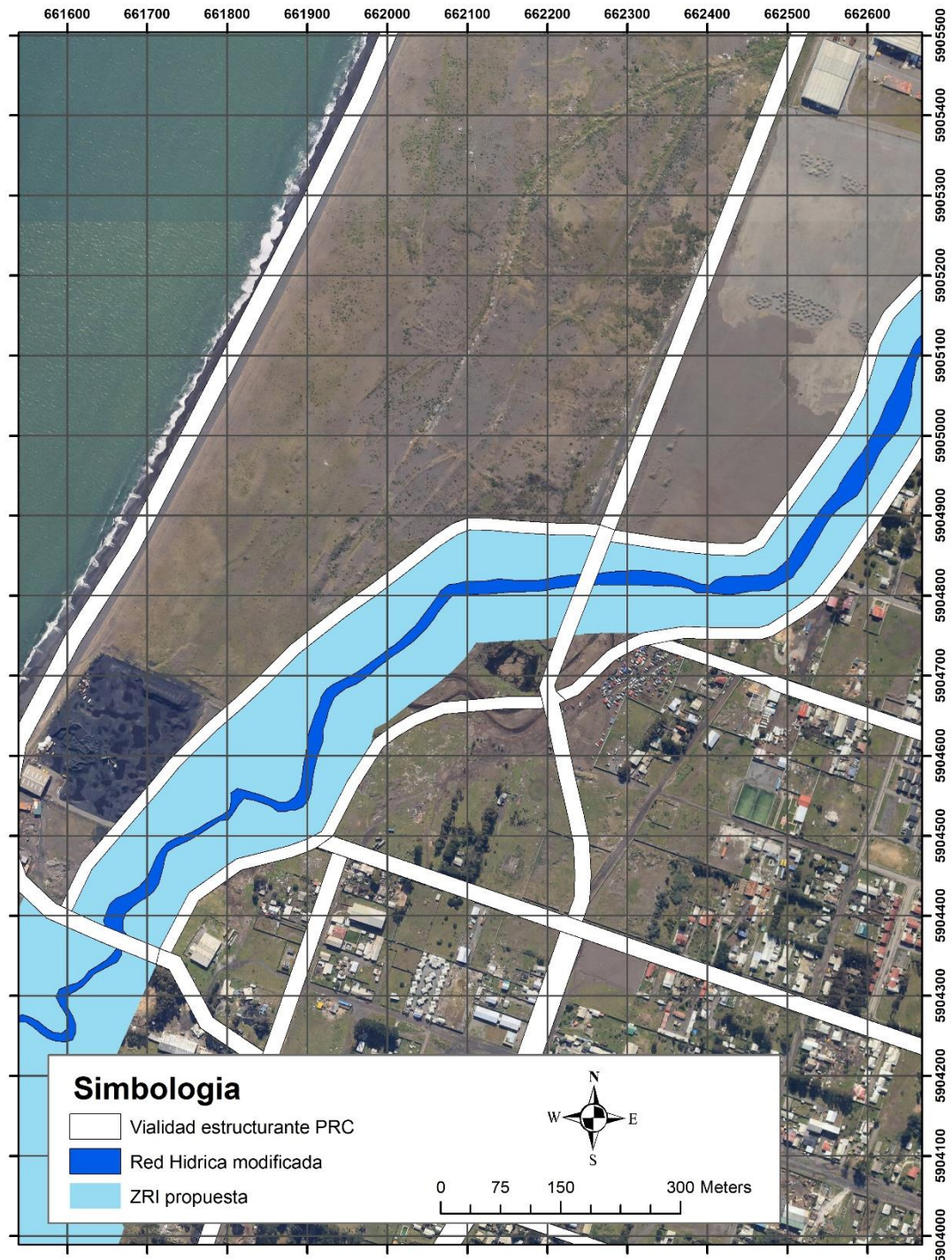
Para este caso, las medidas de mitigación dentro de esta zona deben ser las recomendadas en el “Estudio de Inundación Avenida Los Molineros Sitio 1 Manzana A ROL N°899” en lo referido a levantar el terreno hasta la cota 8 m, además de realizar las medidas estructurales presentadas en Plan de Acción asociadas a bordes de esteros.

En consecuencia, los resultados presentados determinan una propuesta de zonificación del riesgo de inundación por desborde de cauce para el estero La Posada, con un área mínima de protección de 30 m y una máxima de 60 metros, medidos desde la línea del borde del cauce redefinido hacia ambas riberas.

Los distanciamientos máximos y mínimos propuestos se presentan como óptimos, toda vez que cubren en su totalidad la zona de peligro geológico de inundación por desborde de cauce entre el Km 0,000 y Km 1,031.

De igual forma se recomienda que la normativa urbana local se establezca una vialidad de borde al estero, siguiendo el criterio utilizado en el resto de los esteros urbanos y los estándares de diseño definidos en la OGUC, con el fin de restringir las urbanizaciones cercanas al Estero La Posada. Es importante señalar que estas vialidades actúan como medidas de mitigación del riesgo, pudiendo su ancho ser computado a la zona de restricción.

Imagen N° 17. Propuesta de Zonificación para la ZRI.



Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIÓN

La modificación propuesta se ajusta a las recomendaciones señaladas por los autores en Estudio Fundado de Riesgos (2013), para detallar o precisar (modificar) áreas de riesgos, mediante el uso de nuevos antecedentes técnicos que permitan zonificar a una escala de mayor detalle, en este caso, 1:5.000.

Se propone modificar mayoritariamente la zona ZRI a la altura de la proyección de Calle los Molineros, mediante una zonificación que grafique la máxima y mínima extensión del riesgo, es decir un buffer de 30 a 60 metros.

Se reconoce que la vialidad proyectada en los bordes del estero actúa como obra de mitigación del riesgo, actuando como barrera de contención de inundaciones, pudiendo computarse el ancho de la vía a la zona propuesta de restricción. Por esta razón se recomienda que se mantenga, tal como se grafica en el actual PRC, una vialidad de borde que segregue el área de riesgo de inundación por desborde de cauces del resto del territorio.

Reconociendo las particularidades del territorio, la creciente degradación del medio ambiente, y la presión por el uso del suelo, se recomienda la recuperación y restauración de las zonas de restricción, ejecutando áreas verdes y otras medidas de restauración ecológica, evitando la generación de sitios eriazos y el abandono de estas áreas.

La identificación de una nueva área de riesgo de inundación por anegamiento dentro del área de estudio, proponiéndose su mitigación mediante el levantamiento del terreno a una misma altura que para la mitigación del riesgo por desborde de cauces, permite generar armonía en el desarrollo urbano futuro del sector Leandro Moreno, Capataces Colcura y Buen Retiro, por ejemplo, en materias referidas a vialidad urbana y trazados de infraestructura eléctrica y sanitaria.

Si bien este estudio es parte de los elementos constituyentes de la modificación del PRC de Coronel, por lo mismo, se limita a detallar los componentes metodológicos para la zonificación de los mapas de peligro y riesgo. Se recomienda que en una futura actualización del Instrumento de Planificación Territorial y de su respectivo estudio fundado de riesgos, se considere la incorporación de un análisis multicriterio para cada amenaza estudiada. Esto permite una planificación prospectiva, incorporando no sólo el análisis de susceptibilidad de un territorio a ser afectado por una amenaza, en la ecuación del riesgo el componente de la vulnerabilidad a aquellas áreas que ya se encuentran urbanizadas.

Este estudio determina una zona susceptible de inundación por desborde de cauces, realizando todos sus análisis a una escala de 1:5.000, de mayor precisión que el del actual PRC, lo cual debe entenderse que es necesario a futuro la incorporación de estudios específicos según la naturaleza de ocupación del suelo, debiendo para esto ejecutar los estudios y obras específicas que se requieran según la normativa vigente para mitigar los riesgos identificados.

Por último se concluye este estudio aportando con una cartografía de zonificación de la Zona ZRI según un buffer máximo de 60 metros. Esto como insumo referencial para la zonificación respectiva a desarrollar en la etapa de Anteproyecto en el actual proceso de modificación del PRC.

JORGE LOPEZ MUÑOZ
ASESOR URBANISTA

EDUARDO TORRES LARA
GEÓGRAFO

CORONEL, octubre de 2021

ANEXO 1

PLAN DE ACCION

El Plan de Acción es un documento complementario al Estudio Fundado de Riesgos. Al ser este proceso una modificación al instrumento de planificación territorial vigente, se consideran las mismas recomendaciones contenidas en el actual Plan de Acción. Se recomienda una lectura integral del documento para comprender su real alcance y medidas propuestas. A continuación se transcriben los principales contenidos:

Los alcances y contenidos enunciados para con el Plan de Acción, que agrupa el ámbito de acción del PRC además de Plan de prevención y gestión de desastres, se indica en la siguiente tabla:

Tabla 1: Complementariedad de acciones para atender al riesgo.



Fuente: Elaboración propia, a partir de la revisión de conceptos alusivos. Habiterra SA, 2010.

Medida estructural refiere a obras de ingeniería o al medio construido según tipologías edificatorias o materialidad, sistemas constructivos, en cuanto interviene la configuración del espacio territorial según habilitación dando una respuesta directa a la mitigación y/o prevención del riesgo. En cambio la medida no estructural refiere a instrumentos, planes, o actuaciones sobre el territorio que no refieren a una intervención física directa respecto a la mitigación de los riesgos, sino más bien se orientan a la prevención del riesgo.

Zonas Inundables asociado a esteros, cursos de agua y anegamientos

a) Obras de Ingeniería

- Vialidad de Borde paralelo a esteros, acompañado de franja de áreas verdes.
- Interfaces de Espacios Públicos entre cursos de agua y edificaciones.
- Obras de construcción de encause de quebradas en sectores urbanos o aledaños.
- Obras de Rellenos de terreno, sobre levantamientos
- Obras de construcción de sistema de evacuación de aguas lluvias en áreas urbanas, colectores, Obras de Arte y drenajes.
- Obras de encauzamiento o canalización de quebradas y de cursos de agua que mitigan el riesgo de inundación. Ej: Entubamientos, construcción de canales, acueductos, abovedamiento, entre otras.

b) Uso y tratamiento de cobertura del suelo

- Proyectos de Paisajismo, transformaciones de paisajes de borde, parques fluviales, o parques de borde inundables asociados a cursos de agua.
- Ejecución de Áreas Verdes, Parques y Espacios Públicos.
- Conservación de zonas de humedales.
- Rellenos de terreno y sobre levantamientos en zonas que se permita la edificación
- Obras de drenaje de terrenos en quebradas.

Zonas Inundables por Desborde de Cauces.

a) Condiciones para el uso del Suelo

Corresponden a zonas con probabilidad de ocurrencia de inundaciones producto de crecidas de ríos o esteros. Los proyectos urbanos que ahí se realicen deberán desarrollar estudios de riesgo que precisen los sectores de mayor o menor riesgo, las características de estos, las limitantes para la ocupación humana y las medidas de mitigación para que los proyectos se materialicen.

b) Recomendaciones

Sin perjuicio de lo anterior, se recomienda que los estudios de riesgo cumplan con los siguientes requisitos:

- Definición de los niveles de máximas crecidas.
- Obras de protección de riberas.
- Tratamiento de riberas.
- manejo de aguas servidas y aguas lluvias.
- Cotas de relleno garanticen seguridad de urbanizaciones.
- Medidas de resguardo en el diseño de obras de arte y viales con el fin de no afectar la continuidad del drenaje y evacuación de aguas lluvias de conformidad al marco legal vigente.

Del mismo modo, solo se recomienda en dichas áreas los usos parque urbano, espacio público y equipamiento deportivo y esparcimiento con limitaciones en la ocupación de suelo y la constructibilidad. En consonancia con lo anterior, solo se deberían permitir el uso área verde en las áreas de menor riesgo, considerando que este tipo de uso lleva asociado la autorización implícita de otros usos urbanos como el equipamiento, culto, cultura, esparcimiento, científico y deportivo.

Considerando las condiciones naturales de estas áreas y los riesgos que podría implicar su ocupación tanto para los que las habiten como para los que ocupen sectores aguas abajo o aguas arriba, se recomiendan usos que no impliquen edificación. A cambio, se debería propender a la utilización del suelo con fines de conservación ecológica, turísticos o productivos que no impliquen la intervención masiva del suelo, con bajos coeficientes de constructibilidad. Con el fin

de posibilitar la materialización de este tipo de actividades no invasivas, se recomienda a los propietarios de suelo hacer uso de las líneas de apoyo FOSIS, CORFO o INDAP para el estudio y desarrollo de actividades productivas y turísticas. Corresponderá al Plan de Desarrollo Comunal, diseñar las líneas de acción específicas en consenso con los propietarios y que tiendan a posibilitar el desarrollo no urbano de esas áreas. Se debe agregar que para sectores grabados como zonas inundables (ZI) dentro del área urbana, fundamentalmente en lo que respecta a Esteros y Humedales, se debe procurar la utilización del suelo con fines de resguardo de dichos ecosistemas, permitiendo sólo la construcción de muelles, embarcaderos o pasarelas peatonales, siempre y cuando contribuyan a destacar el valor natural y ecológico de ellas, procurando el diseño necesario que permita el normal escurrimiento y evacuación de las aguas de sus sistemas hídricos. Así mismo se recomienda el confinamiento de los bordes de esteros a través del desarrollo de áreas verdes en donde sólo se permita la construcción de edificaciones complementarias al área verde y multicachas, y de este modo evitar propiedades de espalda a los cursos o cuerpos de agua.