

INDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	3
1.2	Marco Teórico.....	5
2.	METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO DE RIESGOS DE LOTA.....	6
3.	EVALUACIÓN DE RIESGOS NATURALES.....	8
3.1	Riesgo Sísmico.....	8
3.1.1	Los factores de peligrosidad sísmica en Lota.....	11
a)	Litología:.....	11
b)	Topografía:.....	13
3.1.2	Efectos de terremotos históricos en la comuna de Lota.....	19
3.2	Riesgo de Inundación por Tsunami y Marejadas.....	20
3.2.1	Peligro de Tsunami.....	20
3.2.2	Riesgo de Marejadas.....	26
3.3	Riesgo de Inundación Fluvial.....	28
3.4	Riesgo de Anegamiento.....	33
3.5	Riesgo de Avalancha (Remoción en Masa).....	35
4.	EVALUACION DE RIESGOS ANTRÓPICOS.....	44
4.1	Riesgo asociado a la Infraestructura Vial.....	46
4.2	Riesgo asociado al Transporte Ferroviario.....	49
4.3.	Riesgos por Incendios Forestales.....	49
4.4	Riesgo por Almacenamiento de Sustancias Peligrosas y/o Contaminantes.....	51
4.5	Riesgo de Subsistencia, asociado a la Presencia de Pirquenes.....	54
5.	ZONAS NO EDIFICABLES.....	55
5.1	Zonas no edificables por presencia de Líneas de Alta Tensión:.....	55
5.2	Zonas no edificables, por presencia de Gaseoducto.....	57
5.3	Zonas no edificables, por Línea Férrea.....	58

6.	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	59
6.1	Medidas de mitigación frente a Riesgos Naturales.....	59
6.1.1	Medidas de mitigación para el riesgo de Inundación Por Tsunami.....	59
6.1.2	Medidas de mitigación para riesgo de Inundación Fluvial.....	60
6.1.3	Medidas de mitigación para riesgo de Remoción en Masa.....	60
6.2.	Medidas de mitigación para Riesgos Antrópicos.	61
6.2.2	Medidas de mitigación para Riesgo por Subsistencia.	61
6.2.3	Medidas de mitigación para riesgo de Almacenamiento de Sustancias Peligrosas y/o Contaminantes.....	62
7.	AREAS DE PROTECCION AMBIENTAL.....	63
8.	CONCLUSIONES.....	63
8.1	Síntesis de Riesgos para el Área Urbana de Lota	63
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	66

I. INTRODUCCIÓN.

Uno de los principales problemas ambientales que se considera en la planificación territorial son los riesgos tanto de carácter antrópico como natural, ya que es posible utilizar las zonificaciones de peligrosidad o amenaza en las propuestas de uso de suelo, considerándolas como factores determinantes de las formas y tipos de usos de suelo definidos en un instrumento de planificación territorial.

En efecto la circular 227, señala que el estudio fundado de riesgos servirá de base para que en la ordenanza local y en los planos de zonificación se pueda establecer limitaciones a determinadas construcciones por razones de seguridad contra desastres naturales

Finalmente es el artículo 2.1.17 de la Ordenanza General de Urbanismo Y Construcción, quien norma la temática de riesgos en los instrumentos de planificación y señala que las áreas de riesgos serán determinadas en la ordenanza local y planos que conforman el PRC y solo podrán establecerse en los siguientes casos:

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.

Las ciudades costeras están mayormente expuestas a fenómenos que constituyen peligros naturales, esto por su localización y características geográficas, pues normalmente se emplazan en desembocaduras de ríos y esteros, en áreas rodeadas

por la cordillera de la costa, que en algunos sectores está altamente erosionada (lo que aumenta la gravedad de los efectos de inundaciones y deslizamientos de tierra), además de la cercanía del mar, que en su interacción con la atmósfera causa efectos en la acción de los vientos provocando oleajes fuertes o marejadas que provocan problemas a las instalaciones portuarias y caletas artesanales principalmente.

La ciudad de Lota ha experimentado un lento crecimiento demográfico en los últimos censos, sin embargo la ciudad ha tenido una expansión importante con un consecuente aumento de su densidad de ocupación de suelo, expandiéndose primero hacia los cerros y luego hacia el sur oriente de su territorio. Esto ha causado la ocupación de terrenos que están expuestos a diversos peligros naturales, lo que unido a la alta vulnerabilidad de la población expuesta, conforma un sitio urbano con riesgos naturales.

La vulnerabilidad, hace referencia entre otros aspectos, al problema socioeconómico de la comuna, sus altos índices de pobreza y desempleo; la existencia de viviendas de baja calidad en cuanto a su construcción y materialidad, especialmente cuando se trata de asentamientos espontáneos. Esto implica un aumento considerable de la vulnerabilidad de la población ante amenazas naturales, al disminuir su capacidad de respuesta ante la ocurrencia de un desastre.

Este informe fundado de riesgos, incorpora elementos de análisis que permiten tener una visión clara de todos los fenómenos que constituyen peligros para la población, basado en estrictos levantamiento de información, para luego llegar a concluir específicamente en la zonificación de riesgos naturales que requiere la normativa chilena para los Planos Reguladores Comunales; de esta manera este estudio es la base del Plan Regulador de Lota, pero también es un buen instrumento que aporta a la gestión integrada del riesgo de desastre en la ciudad de Lota, sobre todo cuando se trata de fenómenos no incorporados en la legislación actual, como el riesgo de marejadas, riesgo sísmico y de anegamiento.

1.2 Marco Teórico

Es fundamental en este estudio clarificar los conceptos actualizados en relación a los riesgos por ello definiremos los siguientes conceptos fundamentales:

Amenaza, peligro o peligrosidad (Hazar –H) Es la probabilidad de ocurrencia de un suceso potencialmente desastroso durante cierto periodo de tiempo en un sitio dado.

Vulnerabilidad (Vulnerability –V) Es el grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo resultado de la probable ocurrencia de un suceso desastroso, expresada en la escala desde 0 o sin daño a 1 o pérdida total.

Riesgo específico (Specific Risk – Rs) Es el grado de pérdidas esperadas debido a la ocurrencia de un suceso particular y como una función de la amenaza y la vulnerabilidad.

Elementos en riesgo (Elements at Risk –E) Son la población, los edificios y obras viales, las actividades económicas, los servicios públicos, las utilidades y la infraestructura expuesta en un área determinada.

Riesgo total (Total Risk – Rt) 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 Rs, y los elementos en riesgo E.

Así el Riesgo se entenderá como la *“posibilidad de desastre” en el futuro.*, también significa que existe la posibilidad que un “fenómeno o suceso peligroso” se manifieste y que existe una “predisposición o susceptibilidad” en los elementos expuestos de ser afectados; más claramente el Riesgo (Risk) es el resultado de relacionar la amenaza (Hazard) con la vulnerabilidad (Vulnerability) y el desastre se refiere al evento por la vulnerabilidad.

Esto nos permite concluir que reducir la “vulnerabilidad” significa reducir el “riesgo”, reducir el “riesgo” significa reducir las posibilidades de futuros desastres; sin embargo la reducción de la vulnerabilidad, comúnmente, no ha sido parte de las prioridades de gestión de las políticas públicas actuales.

Para la reducción de los riesgos, la disminución de la vulnerabilidad es importante para minimizar los daños provocados por eventos naturales, para esto existen diversas medidas de prevención relacionadas con el tipo de amenaza, las que se pueden clasificar en estructurales y no estructurales. Las estructurales corresponden a acciones técnicas para resistir los impactos de eventos naturales, tiene relación con proyectos de ingeniería y construcción de distintas escalas y características como obras de canalización, muros de contención, construcciones antisísmicas, etc. Las medidas no estructurales corresponden a la implementación de mecanismos e instrumentos como sistemas de advertencia, normativas de zonificación del uso suelo de acuerdo a grados de vulnerabilidad, sistemas de compensación por daños ocurridos, etc.

2. METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO DE RIESGOS DE LOTA.

Los estudios de riesgo en el marco de la legislación actual corresponden a definir las principales amenazas o peligros de eventos naturales. La peligrosidad se refiere al peligro potencial del ambiente físico, el cual está condicionado por factores naturales y que puede acrecentarse por modificaciones del medio natural. Los sistemas naturales, tienen un carácter autoregulatorio; pero pueden sufrir importantes cambios en su funcionamiento, debido a aportes extraordinarios de energía relacionados con los factores genéticos del proceso. El sistema sobrepasa entonces un umbral para llegar a un nuevo régimen dinámico. La evaluación de la peligrosidad como factor importante del riesgo natural, supone entonces la identificación de los valores umbrales de los parámetros que controlan el proceso. Estos valores pueden ser artificialmente modificados por el hombre, lo que podría desencadenar un desastre que en

condiciones naturales habría tardado más en producirse. Por lo tanto, las adaptaciones del medio físico realizadas por el hombre para la ocupación urbana del territorio, generalmente contribuyen a la ocurrencia de éstos.

La vulnerabilidad es la capacidad de respuesta de las edificaciones e infraestructura urbana ante eventos naturales, es decir, que un objeto o una población sean vulnerables a un evento determinado depende en primera instancia, de que sea susceptible de sufrir daños por la acción de este evento. La exposición se refiere a la población o bienes que están situados al interior de una zona de peligro. Entonces el riesgo se entiende como la combinación de peligrosidad y vulnerabilidad, en el que una población asentada en un lugar está expuesta a un evento natural y su capacidad de respuesta es una condicionante ante los efectos que provocará este.

Considerando esta fundamentación teórica se ha elegido como método de trabajo aquel propuesto por la ONU (en Ayala y Carcedo, 1993, Ayala, 2002), sustentado en la agregación valorada de los factores que originan la ocurrencia de un evento riesgoso. Por tal razón, la zonificación y evaluación de las áreas de peligrosidad en la comuna de Lota, ha requerido previamente el análisis, cartografía y evaluación de los factores naturales que controlan la ocurrencia de cada riesgo potencial. Con estos factores, se han preparado matrices de evaluación para cada riesgo con ayuda de las cuales, se ha procedido a la agregación cartográfica de éstos.

La Cartografía de Riesgos corresponde a la carta de Peligrosidad, generada en la fase de Diagnóstico y actualizada y complementada por un equipo de especialistas con motivo de la catástrofe sísmica del 27 de febrero recién pasado. Se tuvieron a la vista también el **Estudio de Riesgos de Sismos y Maremoto para Comunas Costeras de la Región del Biobío**, y los aportes del SERNAGEOMIN. En cuanto cartas de peligrosidad desarrolladas después de la catástrofe del 27 de febrero.

En la carta de Riesgos naturales (CRN-1 y CRN-2) se definen las áreas afectadas por riesgos de remoción en masa (deslizamiento/derrumbes), inundación fluvial, inundación de tsunami, riesgo sísmico y anegamiento, en sus distintas intensidades. Los niveles de riesgos utilizados en este estudio corresponden a riesgo: alto, medio y bajo.

Se incorpora además el levantamiento de los riesgos antrópicos (CRA 1 y CRA 2) asociados a accidentes en la vialidad terrestre y ferroviaria, incendios forestales y áreas de subsidencia debido a la actividad minera, asociado a hundimientos en zonas de actividad pirquinera, agregándose además zonas de peligro por acumulación de sustancias peligrosas para la salud, se trata de los denominados pasivos ambientales, de alta peligrosidad para la población.

Finalmente se genera una cartografía integrada de zonas de riesgo (CRS 1 y CRS 2) considerando como relevantes aquellas zonas que resultaron identificadas en el rango alto y medio del riesgo estudiado, toda vez que son estas las zonas más propensas a desencadenar los procesos identificados y es allí donde la normativa urbana debe fortalecer indicaciones referidas a disminuir la exposición de la población al peligro y también a disminuir la vulnerabilidad en la medida que las medidas de mitigación estructurales, no puedan disminuir la amenaza.

3. EVALUACIÓN DE RIESGOS NATURALES.

3.1 Riesgo Sísmico.

Como se ha señalado en la introducción, el artículo 2.1.17 del OGUC, no considera el peligro sísmico, como fenómeno que deba incluirse en los instrumentos de planificación, sin embargo la importancia de estos fenómenos en nuestro país y en la comuna de Lota ha quedado de manifiesto, luego del sismo de febrero de 2010; por ello y por su rol en la generación de Tsunamis y en la activación de procesos de remoción en masa, es que se incluye en este estudio fundado antecedentes de peligro sísmico para la ciudad de Lota.

Los estudios de peligro sísmico pueden ser analizados desde una perspectiva determinística o probabilística. En el primer caso un escenario sísmico particular es asumido; en el segundo, las incertezas asociadas al tamaño de terremotos, localización y tiempos de recurrencia son explícitamente consideradas. En todos los casos, las variables que determinan el peligro sísmico son la distancia que separa a la fuente sísmica del sitio de estudio, y la magnitud del evento de referencia. Dado que la probabilidad de ocurrencia de un evento sísmico requiere una historia sísmica considerable y no siempre se cuenta con ella, es particularmente válido el análisis de peligro sísmico desde un punto de vista determinístico. Esto implica identificar las zonas sismogénicas existentes y relevantes para el sitio de interés. Los datos para este análisis se obtienen usualmente de la información contenida en la literatura así como en los catálogos públicos del Servicio Sismológico del Dpto. de Geofísica de la U. de Chile (GUC) y el *National Earthquake International Center (NEIC)*. En términos de la sismogénesis, la Región del Biobío así como la ciudad de Lota, se ubican sobre una parte del segmento sismotectónico asociado con la subducción de la Placa de Nazca bajo la Sudamericana, el cual a su vez es parte del denominado Cinturón de Fuego del Pacífico. A lo largo de este segmento (33°S-37°S) la Placa de Nazca desciende bajo el continente sudamericano con un ángulo de 12° a 18° aproximadamente. Aquellos eventos que ocurren a lo largo de la denominada zona de acoplamiento o contacto entre placas, se denominan eventos interplaca, mientras que aquellos eventos que ocurren al interior de una placa, digamos por ejemplo que por debajo de la zona de acoplamiento, se les denomina intraplaca de profundidad intermedia.

La ciudad de Lota se ubica en el borde costero de la Región del Biobío (Chile), desde el punto de vista del peligro sísmico tras un análisis determinístico, es válido considerar - a la fecha - una magnitud máxima $M_w=8.8$ para sismos interplaca. Para el caso de un evento intraplaca de profundidad intermedia, el terremoto de Chillán de 1939 ($M_s=8.3$) es usualmente considerado. Un esquema (no escalado) mostrando la geometría involucrada y valores estimados para las distancias sitio-foco se muestra en la figura.2.

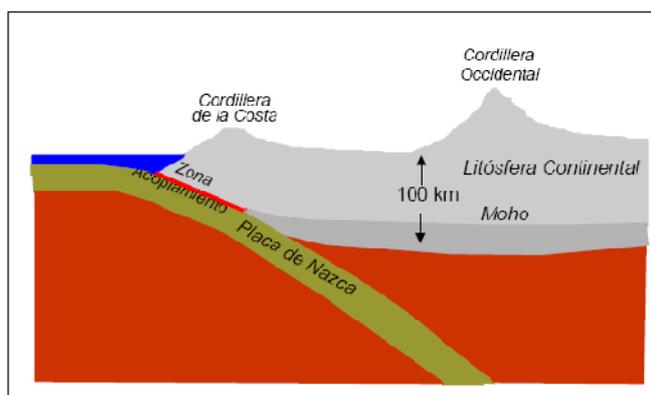


Figura 1. Esquema simplificado y genérico del estilo de la subducción de la Placa Oceánica de Nazca bajo la Placa Continental Sudamericana. En rojo se destaca el contacto sismogénico interplaca. 100 km Litósfera Continental Placa de Nazca Zona Acoplamiento Cordillera de la Costa Cordillera Occidental Moho

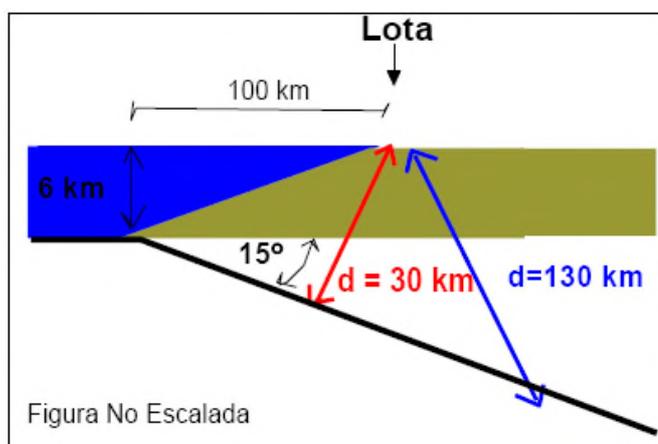


Figura 2. Se muestra un esquema del perfil de la subducción y su relación geométrica respecto del sitio de observación. Aquí la distancia en color rojo corresponde a la separación entre el sitio de observación y la zona más cercana de la superficie de ruptura; en color azul la separación entre el mismo sitio de interés y la zona hipocentral aproximada de un evento intraplaca.

Aplicando las soluciones de estimación de aceleración máxima entregadas por diversos autores, que en muchos casos consideran si el sitio de estudio es roca o suelo, y considerando valores observados asociados al pasado terremoto del 27-02-2010, es posible estimar valores de aceleración máxima de entre 0,4g y 0,6g. Esto significa intensidades Escala Mercalli del orden de VIII-X, es decir que, entre otras cosas, se produce dificultad de mantenerse en pie y conducir un vehículo, caída de chimeneas, remoción de fundaciones, gran daño.

En este contexto, existen factores que pueden influir o determinar una mayor probabilidad de sufrir efectos adversos, en caso de la ocurrencia de un sismo como los anteriormente descritos y que aumentan la peligrosidad que pueda contener un evento de esa naturaleza.

3.1.1 Los factores de peligrosidad sísmica en Lota.

a) Litología:

En Lota se reconocieron tres unidades geológicas distintas Basamento metamórfico (Paleozoico), Formación Curanilahue (Terciario) y Sedimentos in consolidados (Cuaternario), todas ellas tienen un comportamiento diferente frente a los movimientos sísmicos y de esto depende la categoría que se le asigna en la matriz de evaluación de peligrosidad sísmica.

Basamento metamórfico (Paleozoico)

Está compuesto por filitas y pizarras de edad Carbonífero superior (aproximadamente 320 Millones de años). Estas rocas tienen una amplia distribución en la Cordillera de la Costa del sur de Chile y en la comuna de Lota, en la parte oriental y sur del área de la comuna. Estas rocas se caracterizan por poseer un predominio de minerales micáceos (con mica) que se caracterizan por poseer varias láminas de bajo espesor. Estas micas pueden alterarse a arcillas ya que su fórmula química incluye el Fe^{2+} y OH^- y al oxidarse presentan un color rojizo y generan la desagregación del mineral lo que se favorece en zonas de contacto entre láminas de mica que se pueden separar (foliación). Entre los planos de mica se desarrollan también lentes de cuarzo lechoso de color blanco. Este

mineral es muy resistente a la erosión y es posible observar en los taludes, incluso en las zonas donde la roca está muy alterada y transformada en arcilla, como estos lentes de cuarzo se conservan. En la comuna de Lota, esta roca presenta discontinuidades como fallas y diaclasas de orientación variable, todas estas estructuras inactivas.

Debido a la presencia de estas discontinuidades así como los planos de foliación, esta roca se puede separar en fragmentos al ser sometida a una sollicitación sísmica por lo que se clasifica en categoría 2. Además si está muy meteorizada (alterada) a arcillas en zonas de mucha humedad como en quebradas, es favorable a la ocurrencia de aluviones al saturarse con agua en días lluviosos.

Formación Curanilahue (Terciario)

Está compuesta por areniscas finas a medias con niveles conglomerádicos de edad Eoceno inferior (~50 millones de años). Está compuesta de tres miembros: Lota, Intercalación y Colico. El miembro Lota es el nivel inferior con un espesor cercano a 200 m y es el que se presenta en la comuna de Lota. Las rocas se originaron a partir de sedimentos continentales que contenían restos vegetales que en su proceso de transformación a roca, originaron el carbón, distribuido en varios mantos que fueron explotados. Estas rocas presentan grado de alteración variable en sus niveles superiores, siendo mayor en las zonas donde se presentan discontinuidades como planos de estratificación y fallas por donde penetra la humedad. Las fallas que presentan estas rocas se encuentran inactivas, algunos escarpes delimitan cerros y quebradas que atraviesan la ciudad y el desplazamiento vertical de estas fallas también afectó la continuidad lateral de los mantos de carbón dificultando su explotación. Las rocas de la Formación Curanilahue pueden considerarse rocas compactas y buen suelo de fundación (siempre y cuando no se hayan realizado pirquenes o galerías muy próximas a la superficie que pueden provocar asentamientos) por lo que se las clasifica en la categoría 1.

Sedimentos inconsolidados (Cuaternario).

Corresponden a material de relleno generado por erosión de laderas y transportado mediante drenajes hacia zonas bajas. Se incluye también en esta categoría los depósitos de playa. Se componen principalmente de arenas y limos.

En la comuna de Lota se distribuye en las quebradas que atraviesan la ciudad en dirección al mar, principalmente hacia el SW y algunas depresiones entre cerros. Considerando que los sedimentos inconsolidados amplifican las ondas sísmicas y no constituyen un buen suelo de fundación, con baja capacidad de soporte se clasifica en categoría 3.

b) Topografía:

Al igual que en la variable litológica, la topografía se define como un factor que incide en la respuesta diferenciada del terreno frente a la ocurrencia de un sismo. Se consideran tres zonas: Terrazas altas, Bajos topográficos y Escarpes, las cuales fueron cartografiadas a partir del Modelo Digital de Elevación (Figura.3)

Terrazas altas: Corresponden a terrazas marinas pleistocenas (edad < 1,8 millones de años) y fueron originadas debido al alzamiento generado durante sucesivos terremotos emergiendo la plataforma de abrasión marina labrada sobre el sustrato rocoso generando una superficie plana. Tiene una pendiente muy suave hacia el mar y se encuentra erosionada en sus flancos debido al clima lluvioso desarrollando drenajes que separan fragmentos de la terraza marina conformando cerros. Esta unidad corresponde al sector de Lota Alto. Al ser una superficie plana y labrada sobre roca más bien dura, se considera en la categoría 1.

Escarpes: Corresponden a las laderas de los cerros debido al desarrollo de drenajes, taludes generados por remociones en masa (derrumbes) anteriores así como al límite de bloques tectónicos limitados por falla. Constituyen zonas de gran pendiente que presentan amplificación dinámica de ondas sísmicas. Si el sustrato es inconsolidado, la

falta de confinamiento lateral es favorable para gatillar deslizamientos. Por estas razones, se clasifica en categoría 3.

Bajos topográficos: Corresponden a las depresiones localizadas entre cerros, fondo de quebradas, valles y playas. Esta zona corresponde mayoritariamente al sector de Lota Bajo. Al ser zona plana no amplifica ondas sísmicas debido a la topografía pero si debido a la naturaleza del sustrato que la compone, razón por la cual se la clasifica en categoría 2.

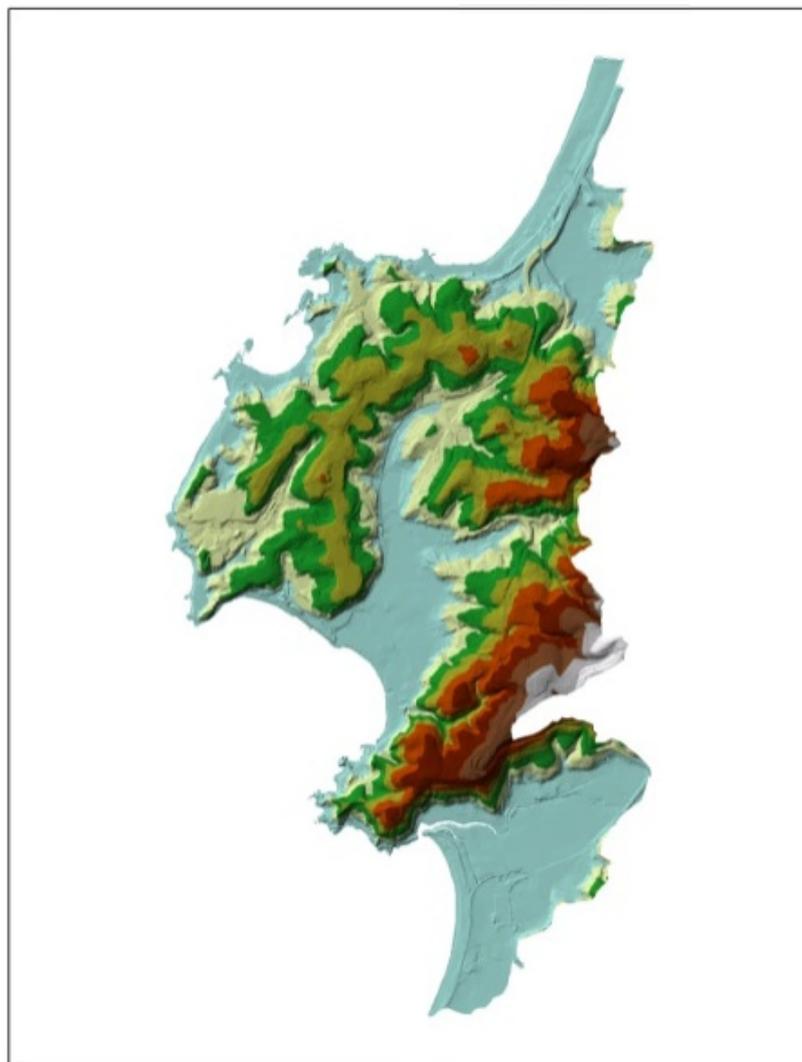


Figura.3 Modelo Digital de Terreno Lota

Cada uno de estos factores fue reclasificado según la siguiente matriz:

Tabla 1. Matriz de evaluación de peligro Sísmico para la Ciudad de Lota.

EVALUACIÓN FACTORES	1 BAJO	2 MEDIO	3 ALTO
Geología	Sedimentos del Cuaternario	Rocas Sedimentarias	Rocas Metamórficas
Fallas	Buffer de 200 metros		
Pendientes	➤ De 30°	Entre 12° y 30°	< de 12°
Topografía	Escarpes	Bajos topográficos	Terrazas altas

Fuente. Elaboración propia.

Finalmente el uso de suelo no fue considerado como una variable debido a que es independiente y considerando que el objetivo de este estudio es proponer usos y normas de uso de suelo, no se incorporó en la evaluación final.

El nivel de daño, en estricto rigor, no sólo depende del peligro sísmico y sus aceleraciones máximas de exigencia al suelo y las estructuras, sino también de la vulnerabilidad de cada sitio. Al producto entre ambas variables le denominamos riesgo sísmico. La vulnerabilidad es una variable del medio-entorno, y depende entonces de otras variables. En el presente trabajo se han considerado 4 de éstas: geología, elevaciones, uso de suelo y pendientes. Es decir y respectivamente, litología, cota sobre el nivel del mar, fines de ocupación del espacio y condiciones de las laderas presentes (Figura.4).

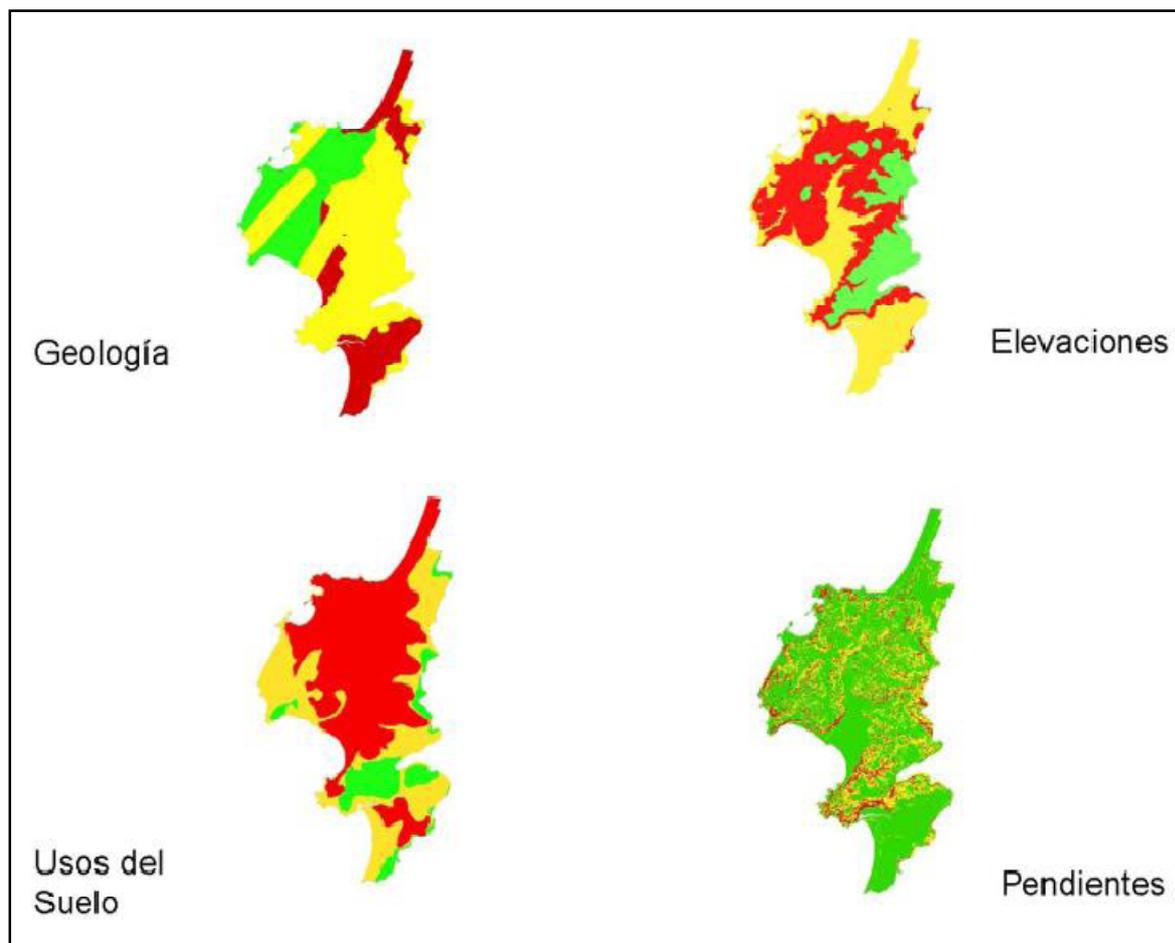


Figura 4. Las 4 variables consideradas para medir la peligrosidad de la ciudad de Lota: geología, topografía, usos de suelo y pendientes. Los colores rojo-lila corresponden respectivamente a afloramientos de roca metamórfica, las alturas mayores, el área de uso urbano y las mayores pendientes. Inversamente, los colores amarillo-verde corresponden respectivamente a sedimentos cuaternarios y arenisca triásica, alturas menores, suelo agrícola - humedal y las áreas llanas y de menor pendiente. Una condición de riesgo sísmico alto es asignada a una combinación de litología sedimentaria o suelo poco competente, elevaciones mayores, uso de suelo urbano y pendientes mayores a 30°. Zonas que no cumplen con esta condición, constituyen áreas evaluadas con riesgo sísmico medio o bajo (Figura 5).

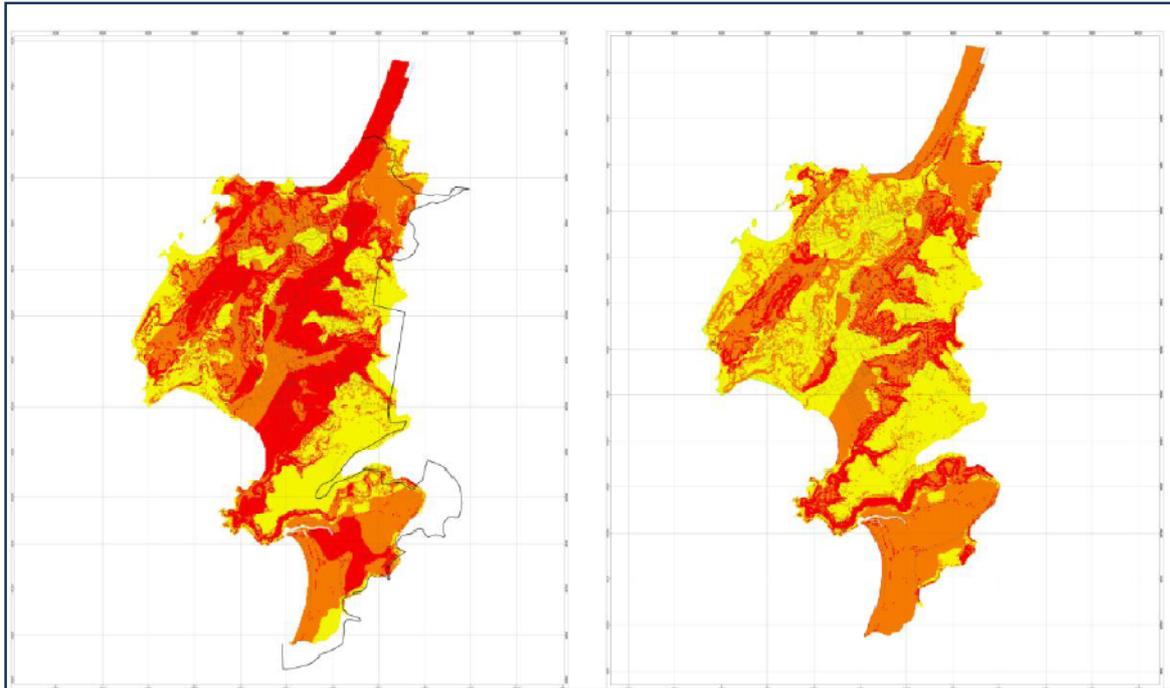


Figura 5. Mapa de Riesgo Sísmico resultante para Lota. Este se ha construido tras integrar las 4 variables expuestas (figura izquierda) y todas éstas exceptuando la variable usos de suelo (figura derecha). Las zonas en color rojo indican una condición de riesgo sísmico alto, mientras que las zonas en amarillo una condición de riesgo sísmico bajo; el color anaranjado se correlaciona con riesgo sísmico medio.

De la figura 5 es posible deducir y destacar los siguientes elementos:

Al usar las 4 variables, la litología, el uso de suelo y las elevaciones constituyen los parámetros que controlan en un primer orden la ponderación del riesgo sísmico (alto, medio o bajo). Queda en evidencia la constitución de un área urbana que ocupa indistintamente el llano firme (c/r a zonas de humedales y suelo agrícola) así como zonas de pendiente y de mayor altura sobre roca sedimentaria (figura.5 derecha). Si se re-considera el análisis y se incluye los antecedentes y observaciones post-terremoto del Maule, llama la atención la ausencia de un daño extenso y sistemático (Figura 6). Es decir, dentro del mismo espacio considerado, son otras las variables que inciden

mayormente en describir las zonas de riesgo sísmico alto. Dado que éstas variables adicionales podrían estar condicionadas, por ejemplo, por el tipo de construcción (y/u otras), es posible justificar el hecho de ponderar el riesgo sísmico sin considerar la variable usos de suelo, en particular, sin pesar el emplazamiento urbano (figura.5 izquierda). Se asume y confirmar que este no está expuesto directamente a zonas de humedales ni terrenos agrícolas.

Al considerar sólo las tres variables geología, elevaciones y pendientes, se observa que la variable pendiente y geología tienden a controlar la ponderación, constituyendo una carta de riesgo sísmico que tiende a ser mayor en zonas donde existe una exposición de laderas con relleno sedimentario cuaternario.



Figura 6. Vista desde mirador frente a iglesia en dirección a cancha de fútbol y trazado de carretera (dirección NE).

3.1.2 Efectos de terremotos históricos en la comuna de Lota

20 de Febrero de 1835

Un violento terremoto provoca la ruina de la ciudad de Concepción en su nuevo emplazamiento y un tsunami muy destructor en Talcahuano, manifestándose con gran intensidad en toda la Bahía de Concepción, Bahía San Vicente y Golfo de Arauco. El fuerte de Colcura era la localidad más habitada en esa época en el Golfo de Arauco, situado en una saliente del litoral que separa las playas de Colcura y Lota. La descripción del comandante militar del fuerte es la siguiente” Ayer a las 11 y 30 de la mañana se ha experimentado en la mañana un temblor que ha hecho mucho estrago, la capilla de nuestra Santa Virgen se a caído enteramente igual la casa del comandante y como seis casas o ranchos de la inmediación de la plaza. La mar subió en seis ocasiones, inundando todos los campos hasta elevarse por cálculo como 29 varas pero no se ha sabido de desgracias ninguna más” (Aburto y Gutiérrez, 1999).

21 de Mayo de 1960

Un terremoto de magnitud momento $M_w=8,1$ con epicentro a menos de 50 km al sur de Lota produce daños significativos en la Provincia de Concepción. En Lota el sismo se percibió como una violenta sacudida y los daños son importantes con la caída de algunos muros pereciendo 17 personas. Un pequeño tsunami genera un avance del mar sin provocar daños mayores. Al día siguiente, el 22 de Mayo, se producen nuevos movimientos sísmicos que culminan a las 15:10 hrs con un evento de magnitud momento $M_w=9,5$ y epicentro cercano a Valdivia. En Lota y Coronel el sismo se percibió como un movimiento que generó ondulaciones en el terreno de amplitud cercana a un metro. Un nuevo tsunami asociado a este evento, se manifestó en Lota como un retroceso y avance tranquilo del mar pero más vigoroso que el del día anterior y produce algunas inundaciones en las casas más cercanas a la playa pero sin daños mayores. En las minas de carbón existía sólo personal técnico al momento del terremoto debido a una huelga de mineros quienes describieron el evento del 21 de Mayo como un fuerte ruido similar a un tren en marcha al que siguió una violenta

sacudida que dificultaba mantenerse en pie. No se produjeron desprendimientos mayores ni aumentos en las filtraciones (Veyl, 1960). El sismo del 22 de Mayo en la mina sólo se percibió como un ruido largo sin existir movimiento alguno. Ello se debe a que el sismo fue lejano predominando las ondas superficiales que se manifiestan como ondulaciones del terreno pero en profundidad no se desarrollan.

27 de Febrero de 2010

El principal efecto del terremoto en Lota fue el colapso de un terraplén en el acceso norte, sector Playa Blanca cayendo un vehículo. Esto dificultó la comunicación de la Provincia de Arauco que obligó al uso de una caletería por Playa Blanca. Hubo algunos derrumbes menores, agrietamientos de cerros y taludes, viviendas dañadas. El tsunami anegó partes bajas con una altura de inundación de 3,5 m en la tercera ola aproximadamente a las 8 hrs. El tsunami se manifestó en Playa Blanca, Lota y Colcura provocando algunos anegamientos pero sin daños mayores, los rompeolas fueron efectivos para contenerlo en su mayor parte.

3.2 Riesgo de Inundación por Tsunami y Marejadas.

3.2.1 Peligro de Tsunami.

Tsunami es un tren de ondas con un período que va de varios minutos hasta una hora, que se propaga a gran velocidad desde la zona de origen y cuyas olas al aproximarse a la costa descargan su energía con inusitada violencia, inundando y destruyendo las áreas alcanzadas. El grado de destructividad de un tsunami depende de la magnitud y de la profundidad focal del terremoto que lo induce, de la distancia del epicentro sísmico, del área perturbada del fondo marino y de la velocidad con que se lleva a cabo dicha perturbación, de la topografía submarina, de la configuración de la línea costera, si se trata de una bahía, de su configuración y período natural de oscilación y finalmente, de las características geomorfológicas del litoral alcanzado por las olas (Cañón y Morales, 1985).

Los tsunamis de origen cercano que han afectado la Región del Biobío, se han presentado siempre asociados a grandes terremotos. La historia registra aquí al menos un tsunami altamente destructivo (grado 3) cada 88 años + 6. El último de éstos, con epicentro local, ha sido registrado el 20 de Febrero de 1835.

El tsunami que se desarrollo en las costas Chilenas producto del sismo del 27 de febrero de 2010, por alguna razón que hoy es motivo de investigaciones científicas, no afectó directamente las costas del centro Urbano de la Comuna de Lota, aunque si algunos sectores como Playa Blanca, Colcura y Chivilingo en una magnitud inferior a las alcanzadas en centros urbanos costero vecinos a Lota (Figura.7 y 8).

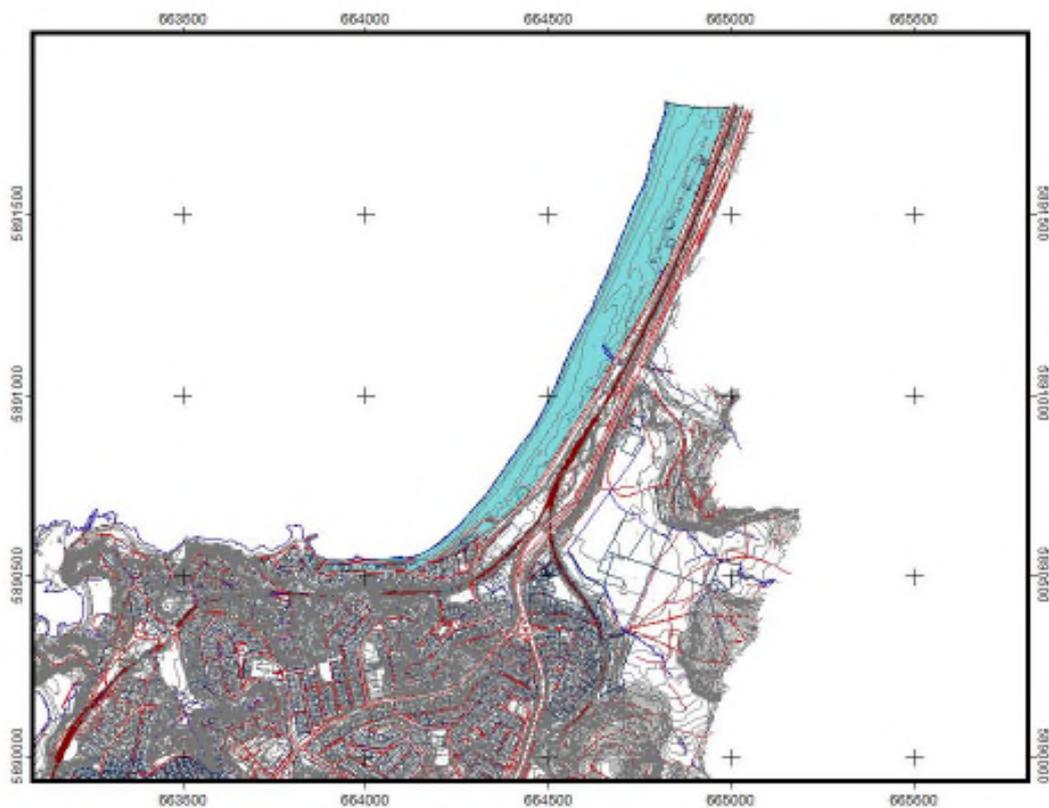


Figura 7. Límite de Inundación del tsunami de febrero de 2010 en la localidad de Playa Blanca

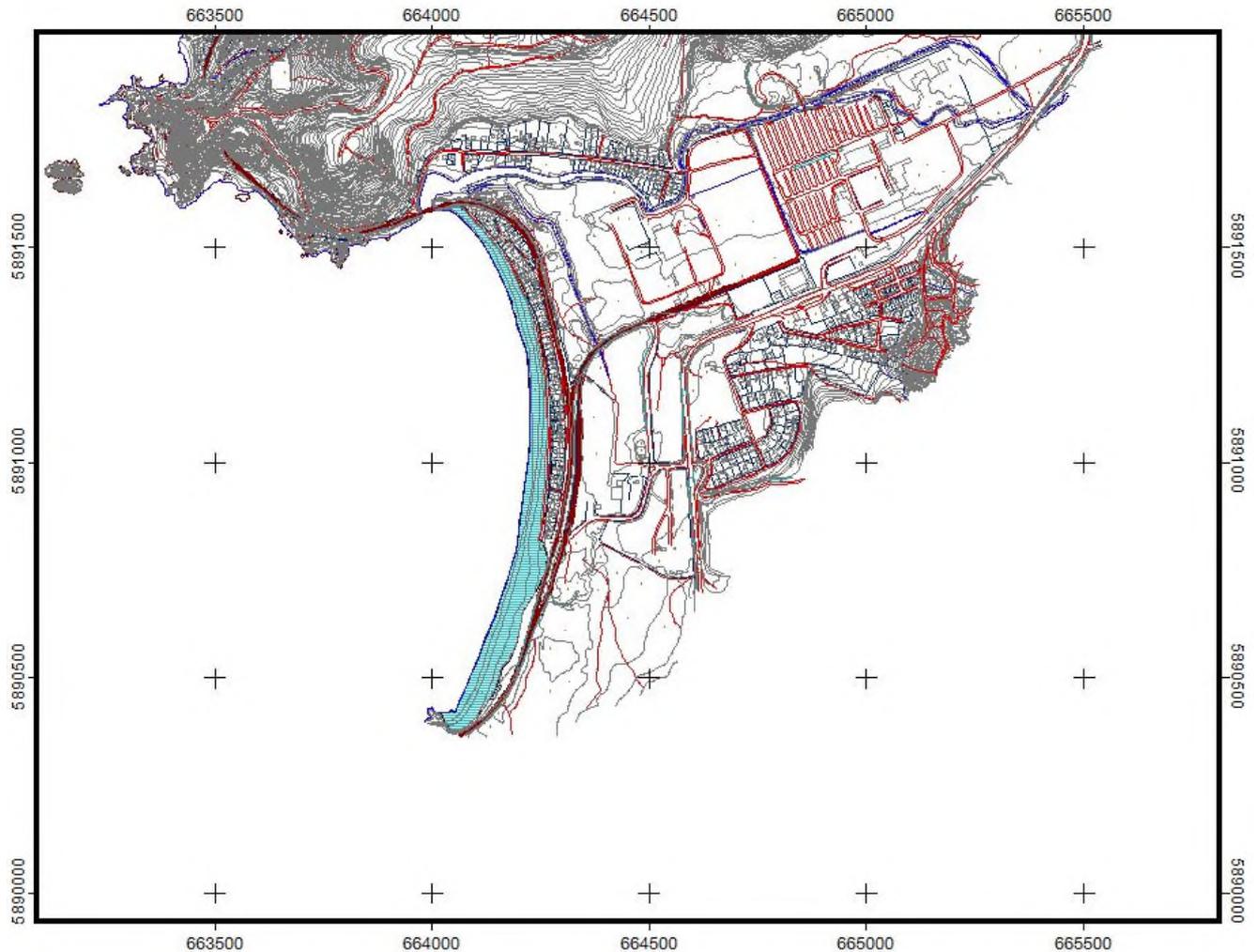


Figura 8. Límite de Inundación del tsunami de febrero de 2010 en la localidad de Colcura

El Servicio Hidrográfico de la Armada, autoridad encargada de generar las cartografías de riesgo de tsunami, según un modelo teórico que permite definir zonas de alcance de una ola de origen tsunámico, no tenía para el año 2010, elaborada las cartografías de amenaza de tsunami para las localidades costeras de la comuna de Lota, de manera que no se contaba con instrumentos para considerar este peligro en la planificación de la ciudad.

Por ello la Universidad del Biobío (2010), realizó un estudio para todas las localidades costeras de la Región del Biobío denominado **“Estudio de Riesgos de Sismos y Maremoto para Comunas Costeras de la Región del Biobío”**. Que permitió la generación de cartas de amenaza de tsunami, en el caso de la comuna de Lota, para sus dos centros poblados, Lota y Chivilingo.

Los mapas de inundación para la amenaza de tsunami que se elaboraron, en el estudio de la Universidad del Biobío, se basan en la caracterización de escenarios asociados a los peores casos “creíbles” de tsunami de origen cercano, en condiciones de nivel del mar de pleamar viva equinoccial, eventos de baja probabilidad de ocurrencia, pero que permiten estar del lado de la seguridad en cuanto máximas cotas de inundación posibles en la zona. Se denomina caso “creíble” aquel caso que se basa en un evento histórico de terremoto de gran magnitud y proximidad con la zona de estudio.

Características principales de la localidad	Sector abierto hacia el oeste.
Carta de inundación SHOA	NO
Batimetría utilizada	Datos GEBCO, Cartas náuticas
Topografía utilizada	LIDAR con resolución 2.5x2.5m
Metodología Aplicada	2 y 3
Cota máxima de inundación	7.5m

Tabla 1. Resumen de Modelación por Tsunami UBB

Uno de los factores más importante para la evaluación de este riesgo es el cálculo de la altura de la ola a su llegada a la costa. El tiempo estimado para la llegada de la ola a la costa es de 60 minutos, si la fuente se encuentra a más de 80 Km. de la costa, disminuyendo a 15 minutos si el punto de origen se ubica en las cercanías de Punta Lavapié. Este sería el tiempo máximo que se dispone para alertar y evacuar la población expuesta. Las Figuras 9 y 10, muestran los Mapas de amenaza de Tsunami, resultado de la modelación que abarca la localidad de Lota y Chivilingo.

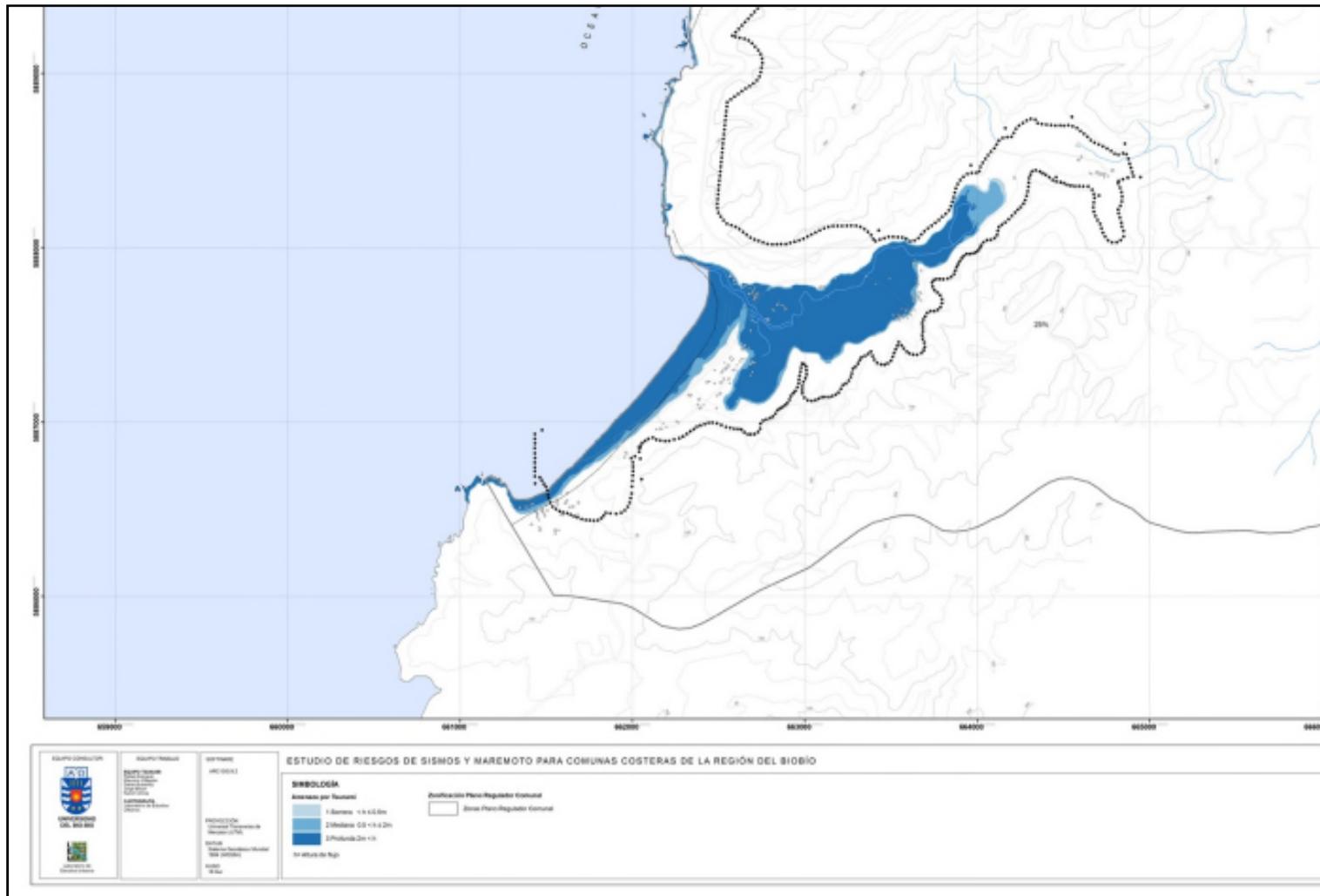


Figura 10. Amenaza de Tsunami Sector Chivilingo.

Fuente: Estudio UBB 2010.



Figura 11. Efectos del Tsunami de febrero de 2010 en el sector de Chivilingo. Las cartas de amenaza o peligrosidad ante tsunami aportadas por el Estudio de la Universidad del Biobío, son la base de nuestra propuesta urbana final, tal como queda expresado en los polígonos de riesgo de Tsunami que se presentan en la carta integrada de Riesgos y en la carta de Zonificación PRCL 01 y PRCL 02 en ambos casos el polígono de peligro de Tsunami propone la líneas de amenaza media que se refiere a una altura de ola entre 50cms y 2 metros de altura de inundación.

3.2.2 Riesgo de Marejadas.

Las marejadas son una inundación costera asociada con un sistema atmosférico de baja presión (mal tiempo) El viento hace que el agua se eleve por encima del nivel del mar normal. El efecto combinado de la baja presión y el viento persistente sobre una masa de agua poco profunda es la causa más común de los problemas de las marejadas. Sin embargo este peligro no ha sido considerado entre los riesgos que valora el artículo 2.1.17 para la planificación territorial, en todo caso se aborda como un fenómeno natural asociado a la dinámica litoral y atmosférica que debe considerarse en los formas de ocupación del territorio en estas ciudades costeras, por ello se considera en este estudio y se grafica en la carta CRN1 los sectores que han sido fuertemente erosionados por las marejadas del invierno de 1997, gran parte de la costa

fue agredida por olas de gran magnitud afectando sectores poblados tales como el situado en la costa N de la bahía de Colcura, sector S del litoral de Lota Bajo, costa ocupada por los emplazamientos industriales de ENACAR y Pueblo Hundido.

Las marejadas son particularmente dañinas cuando coincide con la pleamar, ya que los efectos de la marejada se combinan con los de la marea; esto aumenta la dificultad de predecir la magnitud de la marejada, dado que se requiere de predicciones meteorológicas muy precisas en pocas horas. Las marejadas ocasionadas por los temporales afectan el borde costero de Lota (Fig. 12) durante el invierno y bloquean el normal drenaje de los sistemas fluviales intensificando el efecto de los caudales peak.



Figura 12. Marejadas en el Borde Costero de Lota (Playa Blanca)

3.3 Riesgo de Inundación Fluvial.

Las inundaciones Fluviales son definidas como procesos extraordinarios en los cuales las aguas de un río, alcanzan lugares no habituales y con diferentes caracteres catastróficos (Diccionario Geográfico, 1986) o como la invasión de un territorio por el escurrimiento descontrolado de un flujo fluvial, debido a una crecida. (Mardones y Vidal 2001) Los factores que influyen en la ocurrencia de inundaciones se detallan en la tabla Nº2 que grafica los niveles de peligro de inundación fluvial en relación a cada uno de los factores que potencian la amenaza; en general estos son: la topografía y morfometría de pendientes, las características geomorfológicas y sedimentológicas del entorno del lecho que sufre la crecida, el nivel de antropización de las riberas y factores climáticos y de uso del suelo de la cuenca aportante. Los factores externos y detonantes de las inundaciones dicen relación con las precipitaciones; la intensidad de las precipitaciones diarias locales y a nivel de la cuenca es determinante en la ocurrencia de inundaciones fluviales.

En la comuna de Lota, las inundaciones están relacionadas con los desbordes del río Colcura, río Chivilingo y en menor medida del estero Caupolicán y con el rebalse o ruptura de los canales que circulan bajo el emplazamiento del sector Lota Bajo, toda vez que estos últimos han sido encauzados con obras de infraestructura de mitigación y debido a sus bajos caudales no representan un peligro alto de inundación.

La ocupación humana ha producido importantes modificaciones en los cauces; en Lota Bajo éstos han sido canalizados y escurren subterráneamente, lo que ha disminuido este tipo de riesgo. La canalización aunque con suficiente capacidad para drenar el escurrimiento de las cuencas, no es mantenida regularmente, motivo por el cual en varias ocasiones se ha producido la ruptura de los desagües, generando inundaciones en las principales calles de Lota Bajo. Esto deja en evidencia la existencia de procesos de arrastre de material sólidos desde las cuencas vertientes, situación que se relaciona directamente con los tipos de uso de suelo en el área rural.

Tabla 2. Evaluación del peligro de inundación fluvial.

EVALUACIÓN	1 BAJO	2 MEDIO	3 ALTO
FACTORES			
Morfológico	Terrazas marinas, laderas, valles, cordones, escarpes, acantilados y llanuras litorales.	Arenas finas	Llanuras fluviales y fluvio-marinas
Morfométrico	>1°	1°-0.1°	< 0.1°
Tipo de sedimento	Arena media a gruesas, conglomerados.	sedimentos heterométricos, arenas finas	Limos y arcillas
Antrópicos	Riberas y cuencas protegidas cauces expeditos	Riberas semi protegidas cauces parcialmente obstruidos	Riberas y cuencas desprotegidas cauces bloqueados

Fuente: Elaboración Propia.

Las zonas expuestas a riesgo alto de inundación fluvial en Lota son las llanuras fluviales situadas en las desembocaduras de los esteros, Colcura, Chivilingo; las áreas expuestas a riesgo medio de inundación fluvial son las áreas aledañas a los esteros y canales Bannen y Caupolicán que drenan el centro urbano de Lota y han sido canalizadas en su llegada al plano. Esto como medida de mitigación de las inundaciones ha representado un acierto, que se ha visto sobre pasado en algunas ocasiones debido al estado de estas canalizaciones, por ello no se considera en la cartografía de síntesis pues la mantención de los cauces y el control de los procesos de arrastre de sedimentos podrían perfectamente disminuir este riesgo e incluso eliminarlo.

El “**Estudio de Riesgos de Sismos y Maremoto para Comunas Costeras de la Región del Biobío**” considera la modelación de los ríos Colcura y Chivilingo en la comuna de Lota; con ello se elaboraron cartas con la amenaza de inundación por precipitaciones extremas en las localidades definidas.

La modelación se realizó con el software HEC-RAS. Este software, está diseñado para la modelación unidimensional del flujo en redes de drenaje de cauces naturales o sistemas de canales artificiales (RAS: River Analysis System).(US Army Corp of Engineering). Las fuentes de datos para la modelación utilizada por el estudio fueron: la geometría de los cauces (Base de datos Lidar; Datos SRTM; Puntos levantados en terreno con nivel y huincha y Google Earth) y para el análisis de la rugosidad se utilizó (Visitas a terreno; Fotos y Google Earth);

Se ingresaron tres caudales para cada río, los que fueron determinados en el informe 2. Se ingresaron dos tipos de condiciones de borde:

- Altura crítica en la desembocadura
- Altura fijada por el máximo nivel del mar en la desembocadura

Con estos resultados se elaboran las áreas de inundación según:

- Área de amenaza alta: Corresponde a la de inundación más frecuente, considerando un periodo de retorno de 2 años.
- Área de amenaza media: Corresponde a la de inundación no tan frecuente, considerando un periodo de retorno de 10 años. En los casos en los que la otras áreas estén muy cercanas no se elabora.
- Área de amenaza baja: Corresponde a la de inundación muy poco frecuente, considerando un periodo de retorno de 50 años.

La figura N°13 y 14 muestra el resultado de la modelación que abarca la localidad. De Lota _ Colcura y Chivilingo respectivamente.



Figura 13. Amenaza de Inundación por desborde de cauce, Sector Colcura.
Fuente: Estudio UBB, 2010.

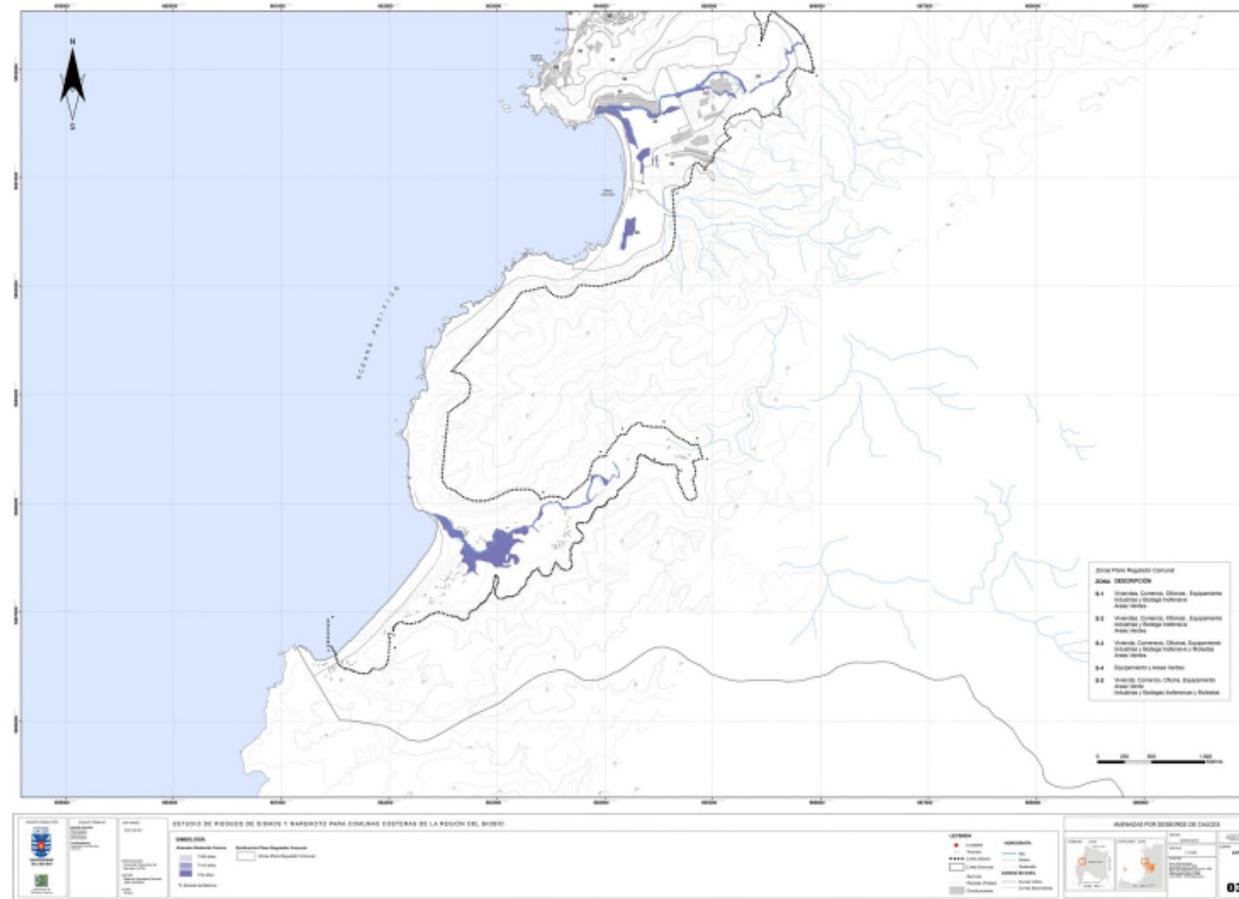


Figura 14. Amenaza de Inundación por desborde de cauce, Sector Chivilingo

Fuente: Estudio UBB, 2010.

3.4 Riesgo de Anegamiento.

Los anegamientos o acumulación de aguas/lluvia sobre la superficie del suelo, están en relación directa con la intensidad de lluvia diaria y con la incapacidad del suelo para infiltrar con la debida velocidad el agua de las lluvias. El artículo 2.1.17 del OGUC, no considera el peligro de anegamiento, como fenómeno que deba incluirse en los instrumentos de planificación, sin embargo estos fenómenos son de alta relevancia en las ciudades costeras como Lota, es por ello que se incluye en este estudio fundado, antecedentes de peligro de anegamiento, razón por la cual no se han incorporado a la Carta de Síntesis de Riesgo y a la Carta de Zonificación.

El proceso de anegamiento obedece a factores naturales y antrópicos, como se expresa en la Tabla 3, particular importancia tiene la litología y constitución del suelo, ya que la velocidad de infiltración de las aguas de lluvia, se relaciona directamente con la permeabilidad. De este modo donde afloran sedimentos o roca permeable o de gran porosidad, el peligro de anegamiento es mínimo, en tanto que la abundancia de limos, arcillas o de rocas impermeables impide o dificulta la infiltración de las aguas/lluvia ocasionando anegamientos.

Tabla 3. Evaluación del peligro de anegamiento.

Evaluación	1	2	3
Factores			
Litología	Arenas medias a gruesas.	Arenas finas	Limos y arcillas
Pendiente	>1°	Entre 1° y 0.1°	< 0.1°
Morfología	Terrazas marinas Cordones litorales Escarpes de erosión.	Terrazas fluviales conos de deyección llanuras litorales.	Llanuras fluviales y fluvio marinas
Obstrucciones naturales o artificiales.	Sin obstrucción	Con obstrucción débil	Con obstrucción total

Fuente: Adaptado de Mardones et al, 2002.

La pendiente topográfica y las condiciones morfológicas, también controlan la acumulación de aguas/luvia. En cuanto a la morfología, las áreas depresionarias actúan como receptoras o nivel de base de las aguas de escurrimiento laminar y lineal, con lo cual la cantidad de agua acumulada en el suelo, es más importante que en los sectores de mayor altura. Todo tipo de obstáculo al drenaje, (de origen natural o antrópico) aumenta las posibilidades de anegamiento. Las obstrucciones de mayor relevancia en el sector estudiado son: los cordones litorales y los terraplenes de camino. Estos últimos son muy importantes en la ruta 160, donde rellenos de hasta 8m obstruyen el drenaje tanto laminar como lineal de laderas y fondos de valle.

Las condiciones pluviométricas son el elemento detonante de los anegamientos; sus efectos dependen de la intensidad diaria. Al analizar los eventos de anegamiento registrados en la comuna por la prensa local y confrontarlos con los montos de precipitaciones diarias, es posible establecer que intensidades de lluvia diaria superior a 60mm generarían negamientos importantes, en la ciudad de Lota.

Para el área urbana de Lota, la agregación de los factores evaluados en la Tabla 3 nos entrega como resultado final que las áreas de anegamiento son reducidas en extensión, no superando un 0,8% del área. Se han evaluado como de alta peligrosidad, aquellos sectores donde la napa freática o la acumulación de aguas/luvia, cubre el suelo con una decena de centímetros de agua durante el período invernal, ejemplo de esto son las zonas bajas asociadas a los humedales de Colcura, Chivilingo y Lota norte.

Con peligrosidad media, aquellos sectores donde las aguas/luvia o la napa solo satura el suelo. Las áreas más expuestas, se localizan en la llanura litoral de Colcura, detrás del cordón litoral que bordea la playa y en los sectores bloqueados por la ruta 160. También está expuesta a anegamientos, la llanura del Este de Playa Blanca, cuyo drenaje es bloqueado por el relleno artificial que ha sido hecho para el emplazamiento de la misma ruta y de la vía férrea (CRN1).

3.5 Riesgo de Avalancha (Remoción en Masa).

Es de vital importancia señalar que la normativa vigente (Art. 2.1.17) no incorpora los riesgos de remoción en masa, sólo especifica “**Zonas propensas a avalanchas, rodados, aluviones o erosiones acentuadas**” que se definen según la RAE como:

Avalancha: Gran masa de nieve que se derrumba de los montes con violencia y estrépito. Masa grande de una materia que se desprende por una vertiente, precipitándose por ella. Avalancha de piedras y nieve. Las avalanchas, son el resultado de una irresistible tensión ejercida sobre una capa de nieve frágil. **Aluvión:** Avenida fuerte de agua. Sedimento arrastrado por las lluvias o las corrientes.

Lo primero que se observa es que en un contexto técnico los procesos de remoción en masa como los deslizamientos y los derrumbes no aparecen señalados en la normativa y que esta se refiere a procesos que ocurren en ambientes de alta montaña, alejados por lo tanto de la realidad dinámica de los ambientes costeros de nuestro territorio. En este vacío normativo se propone entender por Riesgo de Avalancha a los procesos de Remoción en Masa, que sí se desarrollan en ambientes tanto costeros como andinos y que se describen más abajo.

Los procesos de remoción en masa, obedecen a la fuerza de gravedad, en cuya acción tiene importante participación el agua líquida contenida en el suelo y almacenada principalmente por alimentación pluvial. Entre los procesos de remoción en masa más característicos de los ambientes mediterráneos, como el de nuestra región, están los derrumbes y los deslizamientos; estos últimos, consisten en un descenso en masa de materiales rocosos sobre una ladera, a través de un plano de deslizamiento (plano de falla, estratigráfico, contacto litológico, etc.)” (Mardones & Vidal, 2001).

El “**Estudio de Riesgos de Sismos y Maremoto para Comunas Costeras de la Región del Biobío**” también consideró el estudio de los procesos de remoción en masa para las comunas costeras de la región del Biobío y trabajó con las variables que se

presentan en la tabla 4, la aplicación de esta matriz permitió elaborar las cartografías de Remoción en Masa que se muestran en la Figura 15 y 16 respectivamente.

Tabla 4. Resumen Modelación para Amenazas de Remoción en Masa

Características principales de la localidad	Pendiente y exposición	Se presentan laderas en el sector este y sur de la ciudad. En el sector este las laderas se presentan con pendientes superiores a 20°. En el sector sur las laderas presentan orientación oeste y sur con pendientes superiores a 20°
	Vegetación	Zona este con presencia de bosque de pino con cobertura aproximada de 80%.
	Suelos	Presencia suelos con textura: franco arenosa muy fina, arcillosa.
	Geología	Pizarras, filitas y meta areniscas con metamorfismo de bajo gradiente
Resultados	El polígono se encuentra cubierto casi por completo por áreas de niveles alto y medio, ya que la ciudad de Lota está emplazada en casi su totalidad en zonas de laderas con altas pendientes lo cual incide en que existan estos niveles de amenaza.	
Alcance/consideraciones	En la comuna de Lota durante el terreno fue posible identificar una serie de eventos de remoción en masa a causa de la intervención antrópica de las laderas y por consecuencia de la lluvias.	
Fuentes utilizadas	Base 2003 Mideplan actualizado MOP 2009 Catastro Bosque Nativo, CONAF Ortofoto digital con suelos, CIREN Imágenes satelitales Quickbird Lidar 2008-2009, Digimapas Mapa Geológico de Chile, SERNAGEOMIN	

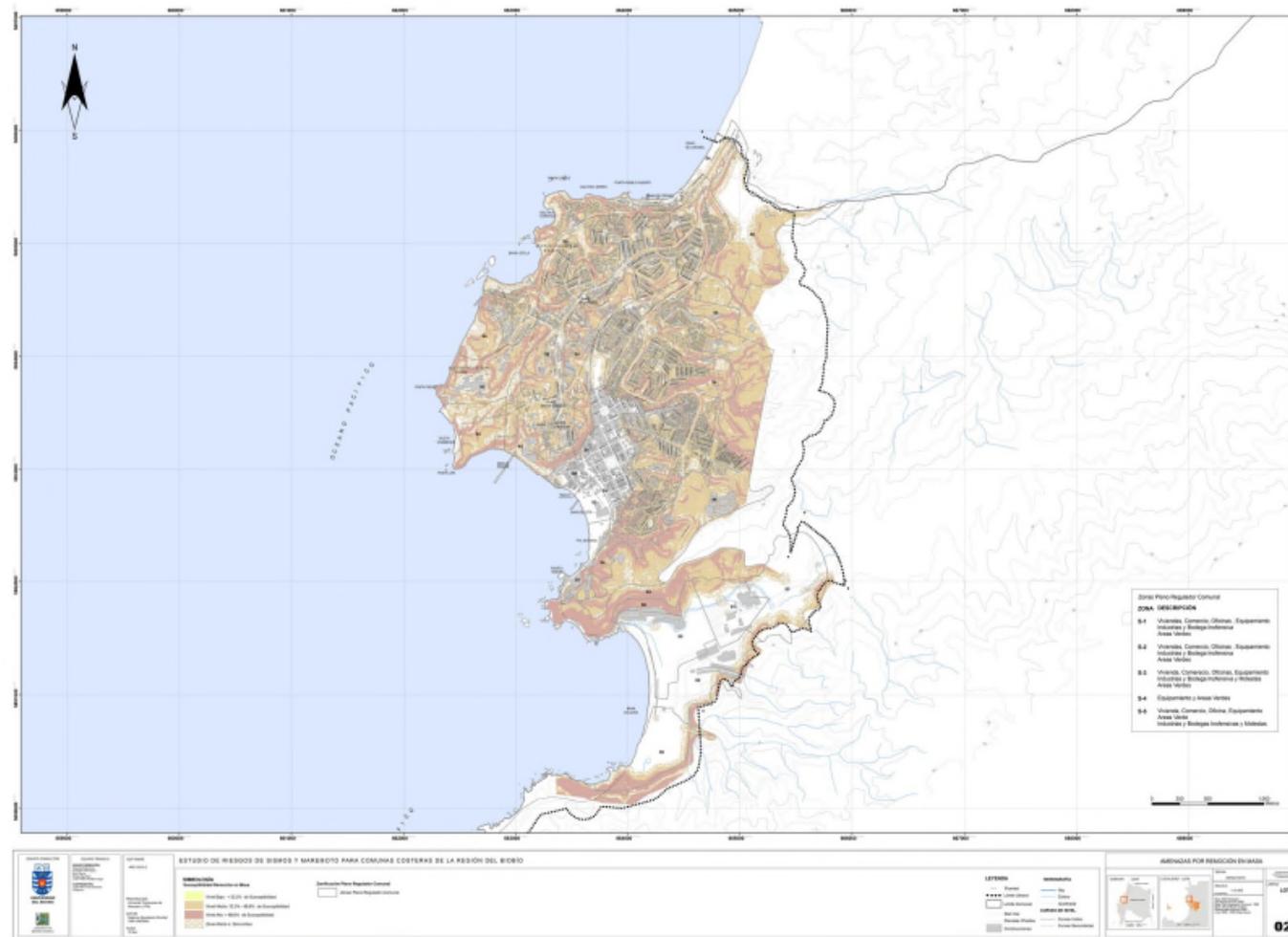


Figura 15. Amenaza de Inundación por Remoción en Masa, Sector Lota - Colcura

Fuente: Estudio UBB, 2010.

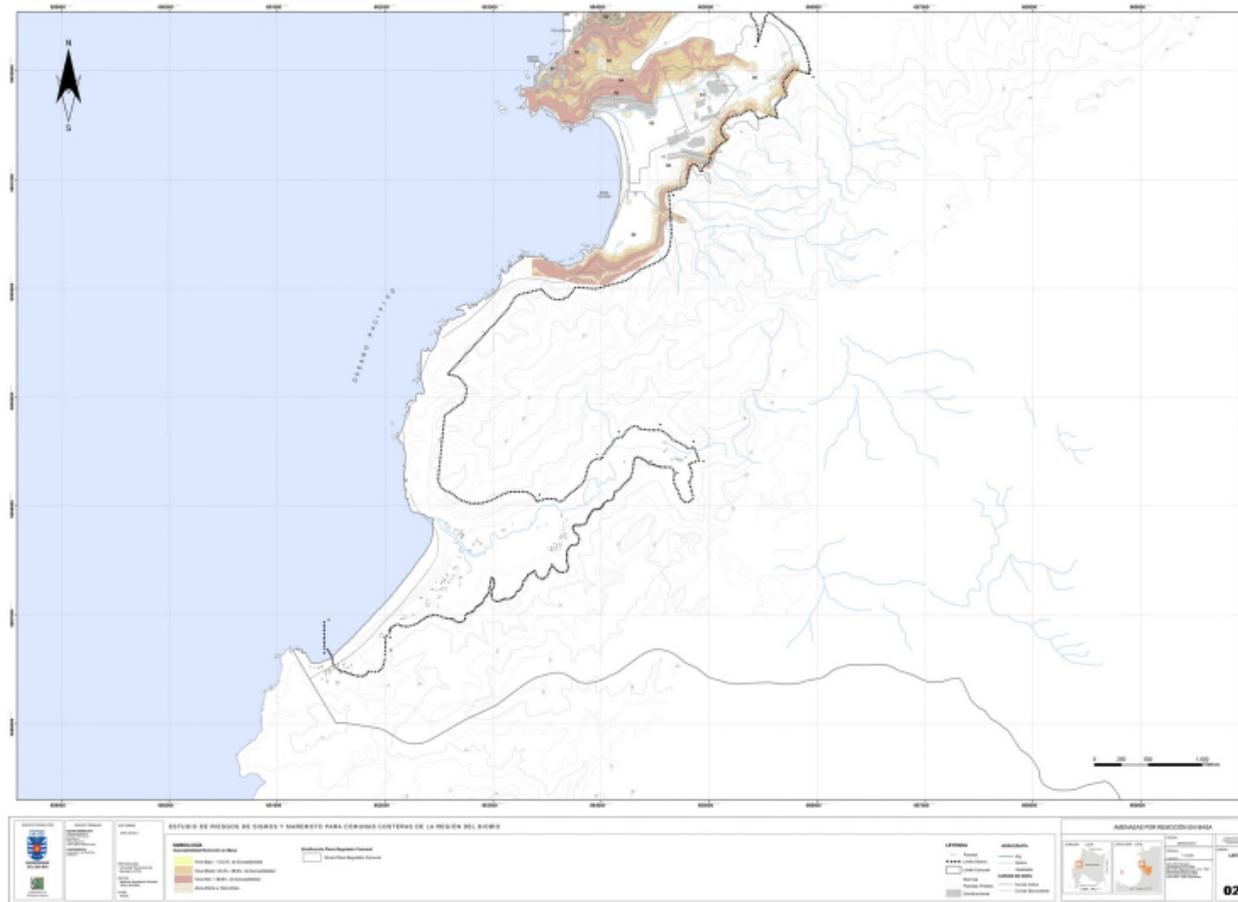


Figura 16. Amenaza de Inundación por Remoción en Masa, Sector Chivilingo

Fuente: Estudio UBB, 2010.

Reconociendo el aporte del estudio de la Universidad del Biobío; el equipo de especialistas que trabajamos en este estudio consideró validar los resultados encontrados por (UBB, 2010), con estudios de campo, medición de pendientes y revisión de procesos desencadenados a partir del sismo del 27/02/2010. Lo que nos permitió construir una matriz de evaluación de peligrosidad de Remoción en Masa (Tabla .5). incorporando factores como las características litológicas o geológicas, condiciones topográficas, orientación de fracturas o lineamientos, cantidad de agua caída en el lugar (precipitaciones), actividad sísmica, tipo de cobertura vegetal, actividad humana y erosión de causa natural o antrópica, entre otras.

Tabla 5. Evaluación de peligro de derrumbe.

EVALUACIÓN	1	2	3
FACTORES	BAJO	MEDIO	ALTO
Pendientes	<20°	20-30°	>30°
Morfología	Terrazas, llanuras, cordones litorales	Escarpes y laderas de mediano vigor,	Escarpes y laderas de gran vigor.
Litología	Sedimentos Cuaternarios	Roca Sedimentaria diaclasada	Roca Metamórfica
Cobertura vegetal	> 75%	75-50%	<50%
Comportamiento del terreno en sismo Mg.8.8 27/02/2010		Grietas	Activación de deslizamientos Colapsos de Viviendas Colapsos de Caminos

Fuente: Elaboración Propia

Debido a que los deslizamientos, provocan grandes pérdidas económicas y consecuencias desfavorables sobre la calidad de vida de las personas, se hace estrictamente necesario conocer cuáles son las áreas donde se pueden detonar estos

procesos y cuales son aquellas más estables, para que también estas zonas sean tomadas en cuenta al momento de planificar la urbanización dentro de la comuna. Sin duda, el hombre es el agente morfogenético más importante en la detonación de los procesos de ladera, ya que generalmente realiza sus intervenciones (construcción de redes viales, habitaciones, infraestructura y en el caso de Lota túneles y pirquenes para la actividad minera) sin valorar la pendiente umbral de manifestación de dichos procesos.

El estudio fundado de riesgos naturales, permite concluir que el peligro de remoción en masa en el área urbana de Lota alcanza un 23% de las áreas más expuestas. Esto se debe a que Lota está inserta en un paisaje dominado por pendientes fuertes que han sido intensamente antropizadas desde la urbanización hasta la deforestación de laderas.

Si bien el terremoto del 27 de febrero de 2010, fue un factor desencadenante para la activación de procesos de remoción en masa en general, en el caso del área urbana de Lota, los procesos de remoción ya tenían una data de aproximadamente dos años; procesos que fueron acelerados con el fenómeno sísmico, y por consecuencia de este mismo, la fractura de algunas laderas producto de la mala localización y poca planificación a la hora de instalar el alcantarillado público en algunas zonas como consecuencia de la densificación urbana (como lo constatado en terreno), además las fracturas, grietas y hundimientos provocados por el colapso de algunos piques de carbón, causando graves daños a la población y pérdidas materiales asociadas a las desfavorables condiciones de las viviendas producto de lo antes mencionado.

Así lo declaran los informes del SERNAGEOMIN correspondientes al 22 de marzo de 2010.. Algunas características e imágenes de los deslizamientos ocurridos en Lota se muestran en las Figuras.17 y.18.

En la carta de riesgos natural (CRN 01 y CRN 02) se grafican las zonas de peligro alto y medio de Remoción en Masa, de estos se consideraron solo las zonas de alto peligro para ser incluidas en la Carta de Síntesis de Riesgos y por ende en los Planos de Zonificación de Lota y Chivilingo. Esta decisión se fundamenta en que el tipo de construcciones que se desarrollan en esta zona y las densidades propuestas garantizan que en las zonas de mediano peligro de remoción en masa no sea necesario presentar estudios específicos y por lo tanto con los mejoramientos de suelo se puede adecuar el terreno sin implicar altos riesgos para la población y sus bienes.

		
		
Coordenadas	37° 07' 03" Latitud Sur	
	73° 04' 45,6" Longitud Oeste.	
Litología	Rocas Metamórficas Serie Oriental	
Plasticidad	Media	
Cobertura Vegetacional	Plantación joven recién cosechada, cobertura media. Se deduce constante cambio en la cobertura vegetal.	
Pendiente	25°	
Causa del movimiento	Soliflucción, meteorización profunda, oxidación. El movimiento también puede ser causado por eventos de precipitaciones.	
Otros Antecedentes	En el lugar, el material rocoso consta de batolito cristalino, metamórfico e ígneo. Presencia de pequeños restos de cuarzo. Existen pequeñas fisuras y lineamientos. Presencia de acumulación de material en patios, sin embargo, existen medidas de control de ladera, que dan cuenta de la existencia de eventos anteriores de deslizamientos.	

Figura 17. Ficha de terreno evaluación de áreas afectadas por derrumbe

		 <p>Ruta Punto, zona de interés.</p>
		
Coordenadas	37° 05'47,8" Latitud Sur.	
	73°09'08,7" Longitud Oeste.	
Litología	Basamento metamórfico serie oriental. Esquistos, micaesquistos, filitas, gneises, metarenitas	
Plasticidad	alta	
Cobertura Vegetacional	Área urbana, solo presencia de vegetación pequeña de raíces cortas (pasto, malezas). No existe vegetación abundante	
Pendiente	40°	
Causa del movimiento	Terremoto desencadena fuertes procesos de deslizamiento producto de la red de alcantarillado producto de la densificación urbana. Zona de solifluxión en la parte baja del corte de ladera.	
Otros Antecedentes	Se visualizan también caídas de material rocoso altamente oxidado. En el corte de ladera se pueden visualizar grietas, fisuras y dirección de las mismas.	

Figura 18. Ficha de terreno evaluación de áreas afectadas por derrumbe.

4. EVALUACION DE RIESGOS ANTRÓPICOS

Los riesgos antrópicos, están asociados al desarrollo tecnológico, donde la responsabilidad del hombre es prácticamente total. Las áreas de mayor riesgo potencial son las ciudades, por ser zonas en donde se concentra la población, el transporte de sustancias peligrosas e industrias (Larraín, 1994).

La comuna de Lota situada en la costa de la Región del Biobío, no es una excepción en especial por ser una zona eminentemente minera, en los últimos años se han instalado también empresas forestales y pesqueras, con lo que ha aumentado el transporte y almacenamiento de sustancias peligrosas. El estudio de Diagnostico encontró los siguientes riesgos (Tabla 6).

Tanto los riesgos asociado a la Infraestructura vial, al transporte ferroviario e incendios forestales, no corresponden a ninguno de los riesgos definidos por la OGUC en el art. 2.1.17; sin embargo se describen en este estudio fundado de riesgos como parte del análisis más completo de los diversos fenómenos que la literatura considera Riesgos Antrópicos, pero que la legislación los deja fuera del ámbito de acción de los instrumentos de planificación territorial, por lo no serán incorporados como áreas de riesgo en la cartografía de síntesis de Riesgos PRC de Lota.

En cambio existen dos tipos de riesgos antrópicos que si estarían en el ámbito de lo señalado en el art. 2.1.17 de la OGUC en el punto cuatro que se refiere a Zonas o terrenos con riesgos generados por la actividad o intervención humana. En la comuna de Lota estos serán el Riesgo de subsidencia, asociado a la presencia de pirquenes y el Riesgo por almacenamiento de sustancias peligrosas y/o contaminantes, Asociado a la existencia de pasivos ambientales. Estos si quedaran definidos en como polígonos de riesgo en el Plano de Zonificación PRCL – 01 y se describirán también en este estudio.

Tabla 6. Riesgos antrópicos.

TIPO RIESGO ANTROPICO	RIESGO ASOCIADO	SECTOR AFECTADO DIRECTAMENTE
Transporte Vial	Volcamiento Derrame carga o sustancia peligrosa Accidentes de tránsito Derrame Volcamiento Explosión	Sector Céntrico: calles Bannen, Carrera, Serrano, Mata, Caupolicán y Prat
Transporte Ferroviario	Volcamiento Derrame de carga o sustancias peligrosas. Accidentes	Poblaciones 9 de Agosto, Río Viejo, Colcura y Bannen
Pasivos Ambientales Almacenamiento de Sustancias Peligrosas	Envenenamiento de la población; Derrame; Volcamiento; Explosión e Incendios.	Sector Industrial ENACAR Población Lota Alto (Calle Cousiño, Loreto Cousiño) Sector Céntrico.
Incendio Forestal	Propagación de Incendios a Viviendas aledañas	Poblaciones: Carrera Pinto, Gabriela Mistral, 9 de Agosto, Cantera, Colcura, Población Agrícola Forestal.
Pirquenés Minas Piques	Explosiones. Daños por Derrumbes.	Poblaciones Lota: Carrera Pinto, Libertad, 11 Septiembre, Benjamín Esquella, Centenario, La Conchilla, Defensa del Niño. Poblaciones Colcura: Escuela Vieja, Sector La Conchilla, Caleta el Morro, Caleros Sur.

Fuente: Datos del autor

4.1 Riesgo asociado a la Infraestructura Vial.

En la Comuna en estudio, son los riesgos por Transporte Vial y Ferroviario los más importantes y se encuentran asociados al transporte de carga pesada y sustancias peligrosas. Esto debido principalmente a la presencia de Industrias Pesqueras y Forestales. Dentro del transporte de distintos materiales el del Cloro y de rollizos de madera son los más riesgosos por la características de la carga, la magnitud de los accidentes que provoca, y en el caso de rollizo de madera se agrega la cantidad y frecuencia de salida de camiones.

El intenso movimiento de camiones madereros y de carga en general, que se desplazan por la red vial comunal, produce constantes riesgos sobre la población local, expresados en accidentes, choques y atropellos, especialmente cuando transitan por la única vía urbana de entrada y salida a Lota.

Según Conaset (2009) la Comuna de Lota en ocho años (período 2000 – 2007) presentó 397 siniestros de tránsito, con un promedio aproximado de 49 accidentes viales por año. Durante el año 2007 hubo 25 atropellos con 3 víctimas fatales, ocupando la Comuna de Lota el décimo lugar en este tipo de accidentes en la Región del Biobío (CONASET, 2007). Mientras que datos correspondientes al año 2003, en la Comuna de Lota se registraron solamente 3 choques, con lo que la comuna ocupó el lugar 18 de las 22 comunas de la Región del Biobío (CONASET, 2003). En este mismo estudio, la Ruta 160 aparece en el sexto lugar de las Rutas chilenas de mayor cantidad de choques, con 21 accidentes, la gran mayoría de ellos fuera del radio urbano (el análisis está basado en 38 rutas que presentaron una frecuencia de 5 accidentes como mínimo). La frecuencia de accidentes es alta para esta ruta y su importancia radica en que este eje vial cruza la ciudad de Lota, con lo que el riesgo de accidente se ve incrementado.

Los principales factores de peligrosidad de éste riesgo lo constituyen: el transporte de sustancias y materiales peligrosos, tanto en carretera como en la principales vías de la ciudad mala estivación de la carga; singularidades de la carretera (curvas cerradas); negligencia de los conductores que transportan carga peligrosa (exceso de velocidad); mala o insuficiente señalización del producto transportado.

La insuficiencia de las vías de comunicación es otro factor de riesgo a considerar, dado que son vías únicas en donde se produce un tránsito mixto, es decir vehículos de grandes dimensiones transportando carga pesada y vehículos livianos privados y de locomoción colectiva. Por tanto, el transporte de carga afecta a casi toda la población, irrumpiendo calles de mayor circulación y sectores residenciales. Los riesgos asociados al transporte son: atropellos, derrame de carga y volcamientos.



Figura N° 14. Accidente en Ruta a Chivilingo

En la periferia la Carretera 160 que atraviesa toda la Comuna, es la que presenta mayor riesgo pues por ella se transporta gran cantidad de sustancias y materiales peligrosos, tanto los que entran a Lota como los que siguen en dirección sur. Un 31% de los camiones que pasa por la Carretera 160 con carga peligrosa, tiene como destino la ciudad de Lota y un 29% y un 12%, siguen en dirección sur con destino Arauco y Cañete, respectivamente.

TABLA 7. Riesgo por transporte de principales sustancias y materiales peligrosos en la comuna de Lota.

CARGA	CALLES QUE ATRAVIESA	RIESGO	EFEECTO
Rollizo	Ruta 160	Atropellos, Volcamiento, *Caída de rollizos y madera Aserrada.	Daño directo población. Accidentes de Tránsito.
Chips	Ruta 160	*Derrame	Pérdida de adherencia en la vía . Accidentes de Tránsito.
Aceite de Pescado	Matta, Galvarino, Serrano, Bannen, Ruta 160	Derrame	Pérdida de adherencia en la vía . Accidentes de Tránsito.
Petróleo Diesel y Gasolina	Ruta 160, Carlos Cousiño, Bannen, Carrera, Caupolicán, Serrano, Prat y Matta.	*Derrame(filtración a cursos agua superficiales y subterráneos)	Intoxicación población
Asfalto	Ruta 160	*Derrame (filtración a cursos agua superficiales y subterráneos)	Pérdida de adherencia en la vía. Accidentes de Tránsito. Intoxicación población

La vía principal de Lota corresponde a la Ruta 160 Concepción - Arauco, por ello esta vía sostiene el tráfico vehicular de todo tipo, incluyendo transporte de carga. Existe en consecuencia un potencial peligro de caída de cargas que involucra el riesgo para la población. El Plan Regulador Comunal propone mantener un ancho de vía de 30 metros entre Líneas Oficiales, considerado suficiente para mantener tránsito que minimice la ocurrencia de accidentes. Se considera además una medida importante de mitigación la puesta en utilización del Bypass de Lota que minimizará el transporte de camiones por la zona urbana disminuyendo así los peligros de accidentes.

4.2 Riesgo asociado al Transporte Ferroviario.

En cuanto al transporte ferroviario los factores de peligrosidad lo constituyen: Inseguridad y deterioro de las vías pudiendo dar lugar a un descarrilamiento; debido al robo de pernos, que fijan los rieles a los durmientes y debido a la evacuación de aguas servidas en dirección a la línea del Ferrocarril, por lo que se produce una filtración de agua que socava el terreno alrededor o cercano a Línea FFCC. Otros factores de peligrosidad lo constituyen la presencia de curvas en el trazado que puede incidir en el descarrilamiento; carencia de cruces peatonales y señalización de los mismos, lo que puede dar lugar a accidentes.

4.3. Riesgos por Incendios Forestales.

Derivados de acciones humanas se concentran en las plantaciones forestales, las que ocupan extensas áreas en el entorno urbano e incluso algunas alcanzan áreas residenciales. Casi dos tercios del territorio comunal se encuentran cubierto por una masa de plantaciones forestales, restos de nativos, arbustos altos con distintos grados de combustibilidad, y por tanto vulnerables a la propagación de incendios forestales, especialmente en períodos de verano secos y fuertes vientos del sur. Los sectores rurales poseen el mayor porcentaje de tal masa vegetal y por lo tanto, son los más afectados.

En las figuras 19 y 20 se muestra el número de incendios y la superficie forestal afectada entre los años 2004 y 2008 en la Comuna de Lota. Como se aprecia en la tabla y figuras, el número de incendios ha ido aumentando a través de los años, así como también la superficie forestal afectada. Sin lugar a dudas que las empresas forestales son las más afectadas por este tipo de riesgo, el que cobra importancia urbana por las cercanías de las plantaciones forestales a la ciudad.

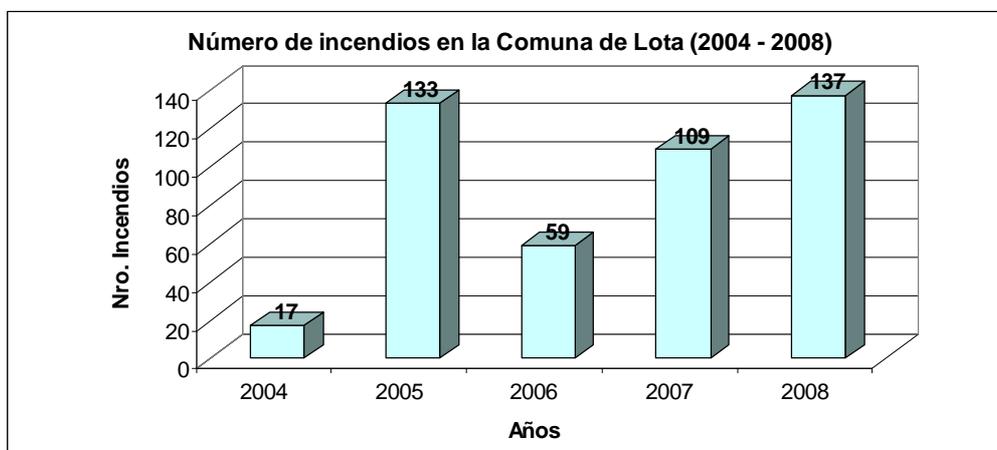


Figura 19. Número de incendios forestales en Comuna de Lota (2004 y 2008)

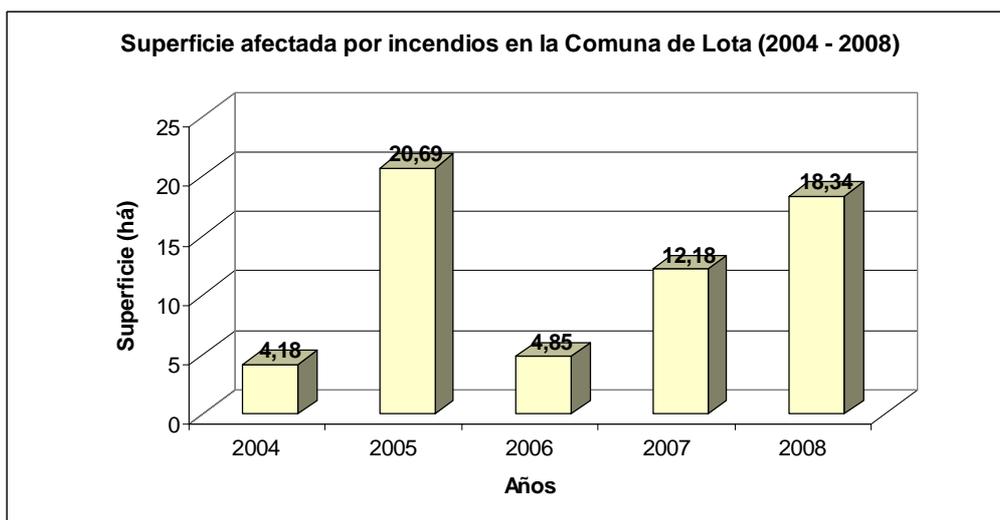


Figura 20. Superficie forestal afectada por incendios forestales en Lota (2004 y 2008)

4.4 Riesgo por Almacenamiento de Sustancias Peligrosas y/o Contaminantes.

(Asociado a la existencia de pasivos ambientales).

Los pasivos ambientales son definidos como “el conjunto de los daños ambientales, en términos de contaminación del agua, del suelo, del aire, del deterioro de los recursos y de los ecosistemas, producidos por una empresa, durante su funcionamiento ordinario o por accidentes imprevistos, a lo largo de su historia.”

Se consideran riesgos antrópicos porque es un riesgo generado por la actividad o intervención humana. Se localizan en su mayoría en el área urbana, especialmente en la franja costera. (Figura 21). Allí concurre una serie de actividades antrópicas que genera conflictos, impactos y degradación del entorno y del medio ambiente en general, produciendo efectos nocivos sobre las comunidades. Se detectaron tres grandes zonas de almacenamiento de sustancias peligrosas en la zona Portuaria de Lota y en la macrozona industrial de Colcura, todas ellas graficadas en la carta CRA - 1 de Riesgos Antrópicos. Los riesgos asociados son Derrame, Volcamiento, Explosión, Incendio y Envenenamiento de la Población.

Una de los hitos más importantes, es la acumulación de tosca, producto de desecho de la actividad minera del carbón, que está acumulada en el sector denominado Industrial. El riesgo ligado al almacenamiento de Tosca es el incendio ya que este material es inflamable y auto comburente. En cuanto a los explosivos la gravedad del riesgo es claro, sin embargo el almacenamiento de éste producto hoy en día es limitado y en vías de eliminación a causa del cierre de la planta de producción de carbón. Dada las características inflamables y explosivas de las sustancias y materiales almacenados se puede señalar que estamos en presencia de riesgos potenciadores entre sí. Los sectores más afectados serían: sector industrial ENACAR localizado más específicamente en la costa, entre las poblaciones Caleta El Blanco y Camilo Escalona por el Norte y Parque Isidora Cousiño por el Sur.

Para el Ministerio del Medio Ambiente, existe una gran cantidad de pasivos ambientales a lo largo del país, ya sea por presencia de materiales tóxicos o de residuos sólidos no gestionados adecuadamente. En este sentido, la gestión del Ministerio, está orientada a reducir los riesgos asociados a la salud de la población y al medio ambiente a través de un sistema coordinado, sustentable y a un costo eficiente. Para enfrentar este desafío se están priorizando los sitios más cercanos a la población, para así desarrollar una evaluación de riesgos adecuada. Con ello, se pretende focalizar las medidas a implementar en cada sitio y de esta forma recuperar los sitios de manera sustentable y oportuna.



Figura 21. Sector de Acumulación de Tosca en Lota.

Fuente: Imagen Google Earth

Tabla 8. Catastro de Sitios con Presencia de Pasivos Ambientales Comuna de Lota.

Coordenadas Ajustadas por consultora marzo 2013		Número registrado en catastro (MMA)	Nombre Empresa	Actividades Potencialmente Contaminantes	Contaminantes	Glosa Ciiu	Clase Ciiu	Dirección	Observaciones	Origen de datos
Este	Norte					(Ciiu: Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas)	(Se refiere a la localización de los depósitos de material potencialmente contaminante)			
664785	5894743	81	Gustavo Delgado Opazo	Sociedad Agrícola y Ganadera Pailam	Escombros, tierra y maleza	Sin información	Sin información	Parque Industrial costado Pique Carlos	2 años	SERNAGEOM IN Oficio 082 M.A.
662893	5894284	82	Chiflón del Diablo	Minería	Sin información	1010	Extracción y aglomeración de hulla (carbón de piedra)	Sin información	14 años	De la empresa
662719	5893516	83	ENACAR	Extracción Minera	Azufre	1010	Extracción y aglomeración de hulla (carbón de piedra)	Costa Lota al Norte del Parque Lota	Sin información	Sin información
662991	5894075	84	Pique Carlos Cousiño	Minería	Azufre	1010	Extracción y aglomeración de hulla (carbón de piedra)	Camino a Pique Carlos Cousiño	Botadero de estéril del pique Carlos Cousiño	Informe Externo E400 Proyecto Focigam
662828	5894270	85	Estéril Mina Lota	Minería carbón	Azufre	1010	Extracción y aglomeración de hulla (carbón de piedra)	Km 540 ruta 5 sur, Mulchén (Nota 1)	3 años	De la empresa

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente (MMA). Seremi Biobío.

Nota 1.- Dirección del nº 85 corresponde al sitio de acumulación que tiene la empresa en la Comuna de Mulchén.

4.5 Riesgo de Subsistencia, asociado a la Presencia de Pirquenes.

La Real Academia de la Lengua Española, define subsidencia como “Hundimiento paulatino del suelo, originado por las cavidades subterráneas producidas por las extracciones mineras”. La subsidencia es un fenómeno geológico que no suele ocasionar víctimas mortales, aunque los daños materiales que causa pueden llegar a ser cuantiosos; es de gran importancia en zonas urbanas, donde los perjuicios ocasionados pueden llegar a ser ilimitados, suponiendo un riesgo importante para edificaciones, canales, conducciones, vías de comunicación, así como todo tipo de construcciones asentadas sobre el terreno que se deforma.

La subsidencia del terreno, afecta a amplias zonas del territorio causando importantes daños económicos y una gran alarma social. La subsidencia del terreno puede deberse a numerosas causas como la disolución de materiales profundos, la construcción de obras subterráneas o de galerías mineras, la erosión del terreno en profundidad, el flujo lateral del suelo, la compactación de los materiales que constituyen el terreno o la actividad tectónica. Todas estas causas se manifiestan en la superficie del terreno mediante deformaciones verticales que pueden variar desde pocos milímetros hasta varios metros durante periodos que varían desde minutos hasta años.

Este hecho explica la ocurrencia de constantes derrumbes en la vialidad comunal. Factores relevantes, son también la tala rasa de bosques y la ruptura de canales de drenaje, ya que esto contribuye a la saturación del suelo y a la disminución de su coherencia. Finalmente, los terremotos a través de sus vibraciones y las marejadas de temporal por la erosión basal que producen en los acantilados, pueden ser detonante para la ocurrencia de grandes derrumbes. Las explosiones desarrolladas para la extracción de carbón han activado históricamente y particularmente en la actualidad una serie de desprendimientos de terreno, asociado a la explotación de pirquenes, derrumbes e inestabilidad de los suelos en las poblaciones de Lota.

El SERNAGEOMIN se encuentra desarrollando estudios específicos en las localidades urbanas más afectadas como la Población el Morro, se ha considerado en la planimetría todo el sector señalado por las autoridades técnicas y locales como área de explotación minera actual y altamente amenazada por la ocurrencia de procesos de subsidencia.

Las áreas más susceptibles a la ocurrencia de estos procesos son el Sector La Conchilla y Caleta el Morro y una tercera zona que se ubica frente a la población Caleros Sur, en donde se concentran aproximadamente cuatro pirquenes.

5. ZONAS NO EDIFICABLES

La circular 227 señala que: “Las zonas no edificables son aquellas 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 Construcción y corresponden a aquellas franjas o radios de protección de obras de infraestructura peligrosa, tales como aeropuertos, helipuertos, torres de alta tensión, embalses acueductos, oleoductos, gaseoductos u otras similares establecidas en el ordenamiento vigente”.

Por lo tanto el Plan Regulador Comunal, no tiene competencias para establecer Zonas no Edificables, solo puede reconocer las establecidas por el ordenamiento jurídico vigente. Bajo estos precedentes el Área urbana de la comuna de Lota presenta las siguientes Zonas no Edificables:

5.1 Zonas no edificables por presencia de Líneas de Alta Tensión:

En la comuna de Lota existen dos líneas de alta tensión, pertenecientes a ENDESA Y ENACAR. Ambas líneas transportan 66 kv de energía. Según estudios realizados, se estima que el efecto fisiológico a causa de la exposición a líneas de alta tensión, comienza a producirse bajo líneas de tensión sobre los 400 kv. Los daños a la

población producto a la exposición a líneas de alta tensión, pueden ser clasificados en directos e indirectos. Esta situación es más preocupante aún, si consideramos que dichos sectores están constituidos por viviendas de madera, frágiles y deterioradas, a esto se une poblaciones económicamente vulnerables, con mínima capacidad de respuesta en caso de emergencia.

Como se puede ver en la Carta de Riesgos la línea de ENACAR cruza de este a oeste la ciudad pasando principalmente por sobre las poblaciones: Caleros Sur y Purcel. La Línea de ENDESA atraviesa de Norte a Sur a Lota: Siendo Carrera Pinto, la población más expuesta a este peligro por su cercanía.

Según lo establecido en la circular 230 en las áreas que existan tendidos de redes eléctricas de alta tensión no se autorizarán construcciones de ningún tipo debajo de éstas ni dentro de la franja de servidumbre de las mismas. Las construcciones que se emplacen en las proximidades de las líneas eléctricas aéreas deberán cumplir con las fajas de protección y cuando éstos se emplacen en áreas urbanas, las fajas de protección sólo podrán destinarse a áreas verdes o libres y vialidad. Se debe considerar las siguientes fajas de protección, cuyas dimensiones dependen de la tensión de la red, medida en Kilovoltios (Tabla 9).

Tabla 9. Franjas de protección según tensión

FAJA PROTECCION SEGÚN TENSION	
TENSION (KV)	DISTANCIA MINIMA A CADA COSTADO DEL EJE DE LA LINEA (m)
66	7
110	10
154	15
220	20
500	27

Fuente: Circular 230.

Existe una distancia de seguridad y una franja de servidumbre; ambas están definidas en la Norma NSEG E.n.71: Electricidad. Instalaciones de corrientes fuertes. El artículo 109.2, de la norma indicada señala que: La distancia entre la parte más saliente de un edificio o construcción a un plano vertical que contenga el conductor más próximo no será inferior a:

1,30 metros para líneas Categoría A.

2 metros para líneas Categoría B y

2,5 metros más 1 cm por KV de tensión nominal sobre 26 KV para líneas Categoría C.

Estas distancias pueden aumentar si hay árboles en las cercanías.

El Artículo 94, define esas categorías como:

- Categoría A: Líneas aéreas en baja tensión, cuyo voltaje entre conductores no exceda de 1.000 Volt.
- Categoría B: Líneas aéreas de alta tensión, cuyo voltaje entre conductores no exceda de 25.000 Volt.
- Categoría C: Líneas aéreas de alta tensión, cuyo voltaje entre conductores sea superior a 25.000 Volt.
- Por otra parte, la franja de servidumbre se determina por contrato con el afectado, siendo la mínima igual a la distancia de seguridad.

5.2 Zonas no edificables, por presencia de Gaseoducto.

Uno de los peligros antrópicos existentes en las ciudades actuales se asocian a las redes o ductos que transportan sustancias peligrosas como el gas. El gaseoducto que pasa por el área urbana de Lota, se constituye en peligroso por la posibilidad de ruptura de cañerías, lo que podría implicar fugas de gas, generando una alta probabilidad de incendios o daño a la población por la contaminación.

Por ello la norma indica que se mantendrá una franja de protección de estos ductos, la cual está estipulada en el Reglamento de seguridad para el transporte y distribución de gas de red, del Ministerio de Economía, Decreto N° 280, publicado el 7 de abril de 2010: en el Artículo 16°. De las redes de transporte y de distribución que operen a presiones menores o iguales a 1 MPa.

16.1 La distancia mínima desde las tuberías de las redes de transporte o de distribución de gas a los edificios, exceptuando los empalmes, deberá ser de un (1) metro. Si lo anterior no fuere físicamente posible, tal distancia podrá ser reducida, siempre y cuando se utilicen sistemas de protección para las tuberías. El diseño de tales sistemas de protección, así como las distancias mínimas a edificios a considerar en estos casos, deberá ser justificado a través de un estudio, el cual deberá ser presentado previamente a la Superintendencia. En todo caso, las distancias mínimas a edificios no deberán ser inferiores a 30 cm.

16.2 Los empalmes que se conecten a instalaciones interiores de gas que operen a presiones iguales o inferiores a 5 kPa (0,05 bar o 0,73 lb/pulg²), deberán contar con un dispositivo de bloqueo automático que actúe cuando la presión de suministro descienda de los valores mínimos establecidos por la empresa distribuidora de gas.

El Gaseoducto que pasa por el área urbana de Lota corresponde al transporte de Gas en tuberías de acero que van a 80 cm. de la superficie y se encuentran debidamente señalizadas. La medida de mitigación se refiere al cumplimiento de la norma que indica que se mantendrá una franja de protección de estos ductos.

5.3 Zonas no edificables, por Línea Férrea.

La faja vía se define como la franja de terreno que contiene a la línea férrea y a los elementos anexos que la constituyen. Dicha faja se encuentra inscrita en el Conservador de Bienes Raíces respectivo a cada sector y su ancho es variable

pudiendo oscilar entre los 8 y los 50 metros dependiendo del sector que se quiera consultar. Los requisitos mínimos que deben cumplir las vías férreas de EFE, ya sea por cada uno de los elementos individuales que la constituyen como en su conjunto para que los móviles ferroviarios puedan circular en condiciones seguras se establecen en la serie de normas Técnicas y de Seguridad para la Vía NTF- 11.000 y NSF-11.000 .

La construcción y edificación y el establecimiento de instalaciones y en su caso, los usos, en el suelo inmediato a las vías férreas, están sujetas a las limitaciones que por razones de seguridad o de conservación de las vías se establecen en la legislación de ferrocarriles.

Se establece por razones de ordenación urbana, la inedificabilidad en toda la franja colindante por uno y otro lado del ferrocarril, en una anchura de --- metros contados desde el eje de la vía férrea, salvo para edificios o instalaciones a servicio directo de la red ferroviaria que requieran, por exigencias del servicio ferroviario, una ubicación más próxima a la vía. En Lota estas zonas corresponden a la zona ocupada por las instalaciones y vías férreas del Ferrocarril del Sur y en ella se permitirán las Construcciones de instalaciones y edificios autorizados por el Servicio respectivo.

6. MEDIDAS DE MITIGACIÓN

6.1 Medidas de mitigación frente a Riesgos Naturales.

6.1.1 Medidas de mitigación para el riesgo de Inundación Por Tsunami.

Si bien la comuna está expuesta al peligro de tsunami, las zonas con incidencia directa son pocas, teniendo un impacto importante pero limitado. En este contexto las medidas de mitigación se asocian a los usos de suelo permitidos en la nueva zonificación, fundamentalmente se está proponiendo permitir un uso residencial de baja densidad, en especial en las zonas de Caletas de Pescadores.

En el caso de los otros sectores las mitigaciones se proponen mediante los usos de suelo permitidos como Parques Urbanos, Áreas Verdes y Equipamientos Deportivos. Todos ellos que incluyan franjas arborizadas de mitigación, en especial en el caso de Colcura y Chivilingo donde las bahías son más abiertas y presentan mayor amenaza de tsunami. En el caso de Colcura se recomienda toda una franja de protección que consiste en designar una zona de área verde de 50 m de distancia en ambas riberas. y en potenciar la Costanera con Arborizaciones de Protección.

6.1.2 Medidas de mitigación para riesgo de Inundación Fluvial.

En general no se observan inundaciones por desborde de cauces en la ciudad de Lota. Sin embargo, se detectaron anegamientos e inundaciones por desborde frecuente del Río Colcura, este cauce se encuentra precariamente encauzado en algunos tramos, aquí se recomienda el mejoramiento del pretil para evitar el desborde del cauce. También se propone una zona de áreas verdes de 50 metros en ambos lados de los esteros Playa Blanca, Colcura y Chivilingo en su sección superior, que se encuentra en la zona urbana actual, en esta zona se norma un uso de suelo ZAV que corresponde a áreas verdes. En el resto de los sectores urbanizados se debe contemplar las obras de drenaje según el Plan Maestro de Aguas Lluvias de Coronel-Lota.

6.1.3 Medidas de mitigación para riesgo de Remoción en Masa.

En la zona existen condiciones morfológicas que generan la posibilidad que se produzcan deslizamientos o derrumbes. Se aplica para estas zonas el artículo 2.1.17 de al OGUC. El Área Urbana de Lota se encuentra cubierto casi por completo por áreas de niveles alto y medio de posibles eventos de remoción en masa desencadenados tanto por sismos, como por lluvias, ya que la ciudad de Lota está emplazada en casi su totalidad en zonas de laderas con altas pendientes lo cual incide en que existan estos niveles de amenaza.

Algunas de las medidas de mitigación que se sugieren son:

- En el caso de que las urbanizaciones se lleven a cabo en laderas deben comprometer un cuidadoso diseño de obras de drenaje y recolección de aguas lluvias, las que debidamente saneadas y filtradas, pueden ser conducidas a las quebradas naturales. También el grado de urbanización debe ser completo, es decir, calzadas y aceras pavimentadas, protección de taludes y áreas verdes.
- Realizar medidas estabilizadores como el drenaje, la cual es la más recomendable. Estas medidas, tienen como finalidad eliminar o por lo menos disminuir el agua existente en el talud, y por ende, disminuye las presiones intersticiales que actúan como un importante factor desestabilizador en las superficies de ruptura y grietas de tracción. Zonificar áreas próximas a pendientes elevadas de terrenos o en pendientes peligrosas, tales como, terrenos propensos a avalanchas, rodadas, aluviones, aludes o erosiones acentuadas.
- Se deben realizar acciones de mantención y protección de las quebradas y laderas tanto por razones de riesgo como también por la seguridad de las edificaciones que se puedan localizar en esos sectores. Siempre es recomendable mantener las quebradas y laderas como área de protección con vegetación.
- Construcción de obras en taludes que presentan niveles de amenaza alto, como por ejemplo: mallas de guiado de piedras, siembre de taludes, hormigón proyectado, construcción de muros, anclajes, pilotes y muros pantallas, dependiendo de las características del talud o la zona de amenaza.

En los sectores que presentan grietas monitorear su movimiento mediante estacas y avisar a la población cercana al lugar.

6.2. Medidas de mitigación para Riesgos Antrópicos.

6.2.2 Medidas de mitigación para Riesgo por Subsistencia.

Los pirquenes corresponden a antiguas áreas de extracción clandestinas, actualmente se encuentran cerrados, la no oficialidad de la actividad dificulta su localización. El principal riesgo asociado a la presencia de pirquenes es la ocurrencia de derrumbes

dada la profundidad de las galerías (100m. de largo y 200 m. de profundidad aproximadamente) y accidentes por falta de señalizaciones y de un adecuado sellado o clausura del pirquén.

En el área de estudio se identifican tres zonas de localización, identificados en la Carta de Riesgos Antrópicos (CRA – 1), dos pirquenes de menor tamaño ubicados en Sector La Conchilla y Caleta el Morro y una tercera zona que se ubica frente a la población Caleros Sur, en donde se concentran aproximadamente cuatro pirquenes de dimensiones mayores a los anteriores, esto es preocupante dado que se ubican en terrenos con presencia de corte terrenos en pendiente alta, lo que puede dar lugar a procesos de remoción en masa, a lo que se agrega la presencia de viviendas vulnerables.

Las medidas de mitigación aquí se asocian a destacar como un riesgo antrópico este peligro en el Plano de Zonificación, lo que a través de la ordenanza general de urbanismo y construcción se exige. En caso de sismo estas zonas son las más susceptibles a hundimientos debido a la magnitud de la energía liberada por el sismo, por ello se recomienda excluir estas áreas a nuevas edificaciones.

6.2.3 Medidas de mitigación para riesgo de Almacenamiento de Sustancias Peligrosas y/o Contaminantes.

Más que medidas de mitigación lo que ha venido desarrollando el Ministerio de Medio Ambiente en este aspecto son las siguientes son las líneas de acción en relación a valorizar adecuadamente esta fenómeno que constituye un alto peligro para la comunidad.

- Levantamiento de información, identificación y priorización: Estudios, catastro y áreas más vulnerables.
- Investigación confirmatoria: Descarte e identificación de sitios con sospecha de presencia de contaminantes.
- Programa de Evaluación y Manejo de Riesgos Ambientales.

- Formulación de Planes de Gestión.

En el Caso de la Comuna de Lota se está recién comenzando con el proceso de levantamiento de datos presentando las características señaladas en la tabla 7.

7. AREAS DE PROTECCION AMBIENTAL

La Comuna de Lota, hasta la fecha de este estudio, no cuenta con áreas legalmente protegidas bajo ninguna de las formas que establece la ley, Sin embargo por ser una comuna de borde costero cabe reconocer en ella las áreas protegidas que define la ley según el D.F.L. N° 340 del año 1960. Que señala la protección de los Bordes costeros marítimos, lacustres y fluviales.

8. CONCLUSIONES.

8.1 Síntesis de riesgos para el área urbana de Lota

La Comuna de Lota tiene condiciones geográficas, físicas, geológicas y geomorfológicas que hacen que en ella confluyan factores que potencian los peligros naturales de remoción en masa, inundación fluvial e inundación por tsunami y el desarrollo de su economía asociada a la minería el carbón es también responsable de la existencia de riesgos Antrópicos.

Los riesgos naturales que presenta la comuna, según el Estudio Fundado de Riesgos y que corresponden a los señalados en al artículo 2.1.17 de la OGUC son los riesgos naturales de inundación fluvial, inundación por tsunami y de remoción en masa; más los riesgos antrópicos referidos al almacenamiento de sustancias peligrosa denominadas por el Ministerio de Medio Ambiente como pasivos ambientales y las áreas con riesgo de subsidencia, todos estas zonas se encuentran graficadas como polígonos de riesgo, superpuestas a las distintas zonas del plano de zonificación de usos de suelo del Plan Regulador de Lota.

En este contexto de peligrosidad tanto de fenómenos naturales como antrópicos, las propuestas de ordenamiento y planificación urbana para la comuna son las siguientes:

- ✓ Se consideró en toda la adecuación del estudio los aportes hechos por **“Estudio de Riesgos de Sismos y Maremoto para Comunas Costeras de la Región del Biobío**. Universidad del Biobío en el año 2010.
- ✓ Fueron para el Caso de Lota también de consulta obligada los aportes e informes técnicos del SERNAGEOMIN, todos los que fueron considerados en los resultados de este estudio.
- ✓ Planos de riesgos naturales (CRN-1 y CRN-2) y antrópicos (CRA-1 y CRA-2) a escala 1:5000 de las localidades urbanas de Lota y Chivilingo.
- ✓ Planos síntesis de áreas de riesgos naturales y riesgos antrópicos (CRS-1 y CRS-2) a escala 1:5000 de las localidades urbanas de Lota y Chivilingo.
- ✓ Una Ordenanza Local que modifica completamente la ordenanza propuesta por el Plan Regulador Vigente, que da cuenta de la existencia de riesgos naturales en el área, ajusta los usos de suelo y agrega condiciones especiales a aquellas zonas afectas a riesgos.
- ✓ Plano de Zonificación de Usos de Suelo a escala 1:5000 de las localidades urbanas de Lota y Chivilingo que incorpora las áreas de riesgos naturales sobre la zonificación.
- ✓ Memoria explicativa que incluye como anexo importante el Estudio de Riesgos y Protección Ambiental, que corresponde a la verificación y complementación de los estudios existentes antes señalados.

- ✓ Desde el punto de vista de los peligros antrópicos, se reconoce como uno de los más complejos, aquellas zonas identificadas como de almacenamiento de sustancias peligrosas, en estas áreas se propone usos alternativos toda vez que no existe certeza de los niveles de peligrosidad de las sustancias allí almacenadas.

Teniendo presente los documentos señalados anteriormente y habiendo participado en la elaboración y levantamiento de los estudios respectivos y considerando que la propuesta de modificación responde a criterios y patrones señalados en la legislación vigente, en la medida que estas propuestas contribuyen a garantizar la seguridad de la población localizada en estos centros urbanos y tienden a mitigar y o disminuir los impactos de futuras catástrofes. Quien suscribe avala el Proyecto del Plan Regulador de Lota.

DR. JORGE QUEZADA FLORY
GEOLOGO

9. BIBLIOGRAFÍA

- Aburto, H., Gutiérrez, M. 1999. Historia de Coronel. 80 p. J&M Comunicaciones, Punto Publicidad. Coronel, Chile.
- Ayala y Carcedo, 1993. Estrategias para la reducción de desastres naturales. Investigación y Ciencia, nº 200, Barcelona, España.
- Barrientos, S. 1994. Large Events, Seismic Gaps and Stress Diffusion in Central Chile, Tectonics of the Southern Central Andes, Ed. Springer Verlag Berlin Heidelberg.
- Belmonte, A. & Comte, D. 1997. Análisis del Contacto Sismogénico Inter-Placa a lo largo de Chile, Tesis U. de Chile.
- CONASET. 2003. Los choques durante el 2003. Secretaría Ejecutiva Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito, 19 pp.
- CONASET. 2007. Atropellos en Chile, año 2007. Secretaría Ejecutiva Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito, 22 pp.
- CONASET. 2009. Evolución de Siniestros de tránsito asociada a las regiones, provincias y comunas de Chile desde 2000 al 2007. http://www.conaset.cl/portal/portal/default/estadísticas_comunas
- Crisafulli, F. & Villafañe, E. 2002. Espectros de Respuesta y de Diseño, Guía de Estudio, Ingeniería Sismoresistente, Facultad de Ingeniería, U. Nacional de Cuyo.
- Eisenberg, A. 2000. Riesgo Sísmico en Área de Complejo Portuario de Mejillones Geotectónica y Espectros de Diseño, Informe GEOEXPLORACIONES S.A., Octubre 2000.
- Ferrando 2004. Los riesgos geográficos y su impacto en la sociedad: amenazas y desastres." En: Revista de Urbanismo, Nº 10, Santiago de Chile, publicación electrónica editada por el Departamento de Urbanismo, F.A.U. de la Universidad de Chile, junio 2004, I.S.S.N. 0717-5051.

- Juárez, Iñiguez, Sánchez. 2006. Niveles de riesgo social frente a desastres naturales, en la rivera mexicana. En revista investigaciones geográficas, nº 061. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Madariaga, R. 1998. Sismicidad en Chile, Física de la Tierra, Sismicidad y Sismotectónica de Centro y Sudamérica, 10, Eds. E. Buforn y A. Udías.
- Montenegro, S; Villagrán, Arturo; Araya P. 2005. Pasivos ambientales en la legislación chilena, la ineficacia del sistema de responsabilidad por daños al medio ambiente. Facultad de Derecho; Cátedra de Derecho Medioambiental, ediciones Universidad de Chile, Chile.
- Larraín y Simpson-Housley. 1994. Percepción y prevención de catástrofes naturales en Chile. Santiago, ediciones Universidad Católica de Chile.
- Mardones y Vidal. 2001. La zonificación y evaluación de los riesgos naturales de tipo geomorfológico: un instrumento para la planificación urbana en la ciudad de concepción. En revista Eure, Santiago, Chile.
- Martin, A. 1990. Hacia una nueva Regionalización y Cálculo de Peligro Sísmico en Chile, Memoria para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad de Chile.
- Nova, L. 2010. Determinación de áreas de peligrosidad de eventos de remoción en masa, a partir de la selección de un modelado en SIG para la Comuna de Lota, Región del Biobío. Informe Curso Evaluación de Riesgos Naturales. Departamento de Geografía Universidad de Concepción. Inédito.
- Oficina nacional de emergencias ministerio del interior, ONEMI. 2005. Variables de Riesgo en Chile.
- Susa, D.L. y Comte, D. 2004. Evaluación del Peligro Sísmico Asociado a Sismos de Tipo Interplaca en Chile y Sur de Perú Utilizando una Distribución Bi-Paramétrica de Weibull”, Tesis, Dpto. Ing. Civil, U. de Chile.
- Universidad del Biobío. 2010. Estudio de Riesgos de Sismos y Maremoto para Comunas Costeras de la Región del Biobío.
- Youngs, R.R., S.J. Chiou, W.J., Silva, J.R. Humphrey. 1997. Strong Ground Motion Attenuation Relationships for Subduction Zone Earthquakes, Seismological Research Letters, Vol. 68, 1, Seismological Society of America.