

**EVALUACIÓN DEL PROCESO DE RECONSTRUCCIÓN EN LAS ZONAS  
AFECTADAS POR EL TSUNAMI 27F EN TALCAHUANO Y DICHATO**

José Cornejo Morales

Proyecto de Título presentado al

Departamento de Ciencias Geodésicas y Geomática

Universidad de Concepción, Campus Los Ángeles

En cumplimiento del requisito parcial

Para obtener el título de

**Ingeniero Geomático**

Escrito bajo la orientación del profesor

Guido Martin Staub

Aprobado por la comisión

Gustavo Godoy Uribe

Alicia Rivas Medina

Los Ángeles

Diciembre 2016

## Resumen

Chile es un país afectado constantemente por una gran cantidad de desastres naturales, dentro de los cuales los tsunamis son los que provocan graves daños sobre los bienes y servicios, desfavoreciendo así el estado físico de localidades próximas a la costa. En este contexto, el tsunami ocurrido el 27 de febrero del año 2010, afectó a diferentes zonas, entre las cuales las más dañadas en la región del Biobío fue la comuna de Talcahuano y la localidad de Dichato, dando lugar a la participación de las autoridades en contrarrestar estos daños, a través de la reconstrucción de infraestructura residencial. Sin embargo, los esfuerzos en conocer el nivel de reconstrucción que se ha desarrollado, es una necesidad que no ha sido cubierta del todo.

Ante estas consideraciones, nace la motivación de este estudio en el que se estudiará el proceso de reconstrucción de las ciudades de Talcahuano y Dichato desde la ocurrencia del tsunami (2010) hasta la actualidad. Esto se hace por medio de la teledetección, empleando imágenes satelitales publicadas por Google Earth y digitalizando los edificios derribados y reconstruidos a consecuencia del tsunami. Los resultados obtenidos reflejan que Talcahuano y Dichato han sabido contrarrestar el daño que sufrieron ya que la reconstrucción en comparación a lo destruido es de un 86 % para Talcahuano y 94% para Dichato.

Las técnicas empleadas para conocer el proceso de reconstrucción, son técnicas de la teledetección tales como: PanSharpening, desarrollándolas en software de Sistemas de Información Geográfico, Georreferenciación de imágenes satelitales disponibles en Google Earth. Así generar un catastro de los daños ocurridos, mediante un análisis de serie temporal (desde 2010 a la fecha), para cuantificar el grado de reconstrucción.

***Palabras Claves: Desastres Naturales, Teledetección, Catastro y Reconstrucción.***

## **Dedicatoria**

Quiero dedicar esta culminación de estudios a mis padres que se han esforzado demasiado para darme estudio, también a toda mi familia que siempre está para apoyarme y darme buenos consejos de la vida.



## **Agradecimientos**

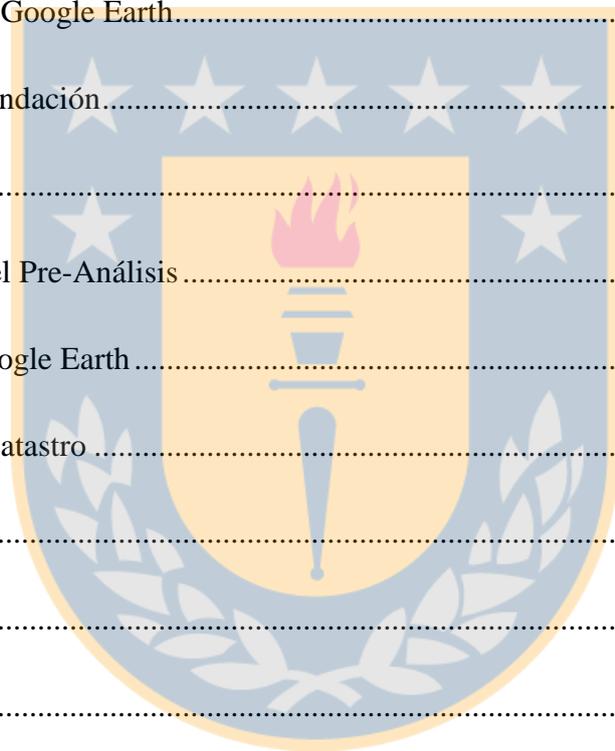
A mi profesor guía que me apoyó y confió en mí para que pudiera llevar a cabo esta tesis, al igual que mis profesores guías. También agradecer a cada profesor de la universidad que me entregaron herramientas en mi formación académica. También agradecer a esta institución por los beneficios que me ha entregado que ayudaron a que mi estadía aquí fuera más grata.



## Índice de Contenidos

Resumen .....	2
Dedicatoria.....	3
Agradecimientos .....	4
Índice de Contenidos .....	5
Lista de Tablas.....	7
Lista de Figuras .....	8
1. Antecedentes Generales .....	10
1.1. Introducción .....	10
1.2. Planteamiento del Problema .....	11
1.3. Objetivos.....	12
1.3.1. Objetivo General.....	12
1.3.2. Objetivos Específicos .....	12
2. Marco Teórico .....	13
2.1. Desastres Naturales .....	13
2.2. Tsunami .....	16
2.2.1. Daños Provocados por Tsunamis .....	17
2.3. Percepción Remota en Desastres Naturales .....	19
2.4. Sistema de Información Geográfico (SIG).....	20
2.4.1. Catastro.....	22

2.4.2.	Fotointerpretación .....	24
3.	Marco Contextual.....	26
4.	Desarrollo del Estudio.....	30
4.1.	Localidades afectadas .....	30
4.2.	Datos de Partida .....	31
4.2.1.	Pre-Análisis .....	31
4.2.2.	Imágenes de Google Earth.....	31
4.2.3.	Zonas de Inundación.....	32
4.3.	Procesamiento.....	34
4.3.1.	Imágenes para el Pre-Análisis.....	34
4.3.2.	Imágenes de Google Earth.....	34
4.4.	Realización del Catastro .....	38
4.5.	Street View.....	42
5.	Resultados .....	44
5.1.	Talcahuano.....	44
5.2.	Dichato.....	54
6.	Conclusiones .....	65
7.	Referencias.....	67
8.	Anexos.....	69



## Lista de Tablas

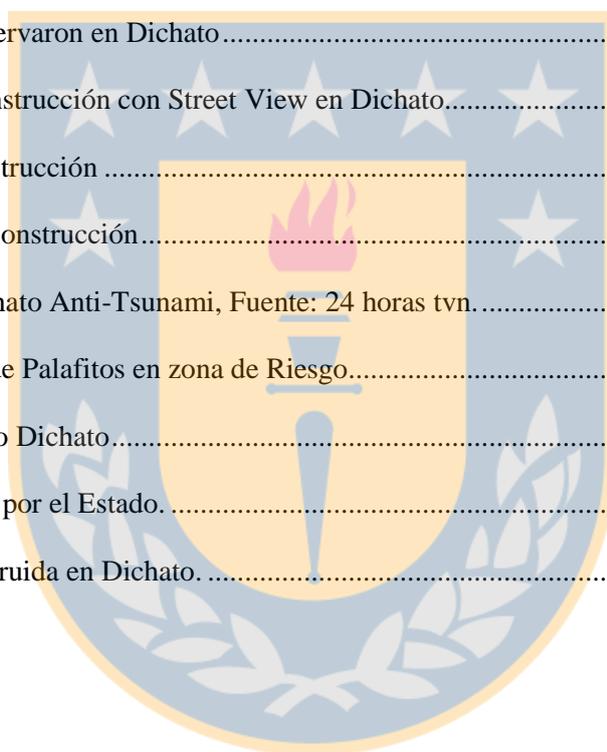
Tabla 1: Escalas de Grados de Tsunami.....	17
Tabla 2: Principales desastres naturales desde 1906 Chile. ....	26
Tabla 3: Cuantificación del daño de Viviendas.....	28
Tabla 4: Fechas de Imágenes seleccionadas para la georreferenciación y posterior creación de mosaicos en Talcahuano.....	35
Tabla 5: Fechas de Imágenes seleccionadas para la georreferenciación y posterior creación de mosaicos en Dichato. ....	35
Tabla 6: Daños provocados por Tsunami en periodo 2010 a 2016 Talahuano . ....	50
Tabla 7: Reconstrucción del año 2010 al 2016 Talcahuano.....	50
Tabla 8: Daños provocados por el Tsunami en periodos 2010 a 2016 Dichato . ....	60
Tabla 9: Reconstrucción del año 2012 al 2016 Dichato . ....	60



## Lista de Figuras

Figura 1: Parámetros Físicos y Geométricos de la Onda de Tsunami.....	16
Figura 2: Fusión de Imágenes .....	22
Figura 3: Tsunamis Registrados hasta el año 2000. ....	27
Figura 4: Ubicación de las localidades de Talcahuano y Dichato.....	30
Figura 5: Inundación Talcahuano Según SERNAGEOMIN año 2010 Causado por Tsunami. .	32
Figura 6: Límite de Inundación observado en Dichato, Elaboración Propia. ....	33
Figura 7: Zona de Inundación Dichato elaboración propia año 2010 Causado por Tsunami. ...	33
Figura 8: Mejoramiento de resolución espacial .....	34
Figura 9: Puntos de Control Añadidos en Google Earth.....	36
Figura 10: Mosaico año 2009 de Talcahuano .....	38
Figura 11: Shape de catastro de lo que existía antes de ocurrir el tsunami en la zona de inundación en Talcahuano, cargado en Google Earth.....	40
Figura 12: Shape de catastro de lo que existía antes de ocurrir el tsunami en la zona de inundación en Dichato, cargado en Google Earth.....	40
Figura 13: Catastro de viviendas y edificaciones antes del Tsunami en Talcahuano.2009.....	41
Figura 14: Catastro de viviendas y edificaciones antes del Tsunami en Dichato, 2006.....	41
Figura 15: Reconstrucción Zona de Riesgo Talcahuano, 2013 .....	42
Figura 16: Viviendas en Zona de Riesgo con medidas de Mitigación Talcahuano, 2013 .....	43
Figura 17: Costanera de Dichato Anti-Tsunami.....	43
Figura 18: Edificios a Base de Palafitos en zona de Riesgo.....	43
Figura 19: Áreas con Cambios en Talcahuano (análisis desde 2009 hasta 2016).....	44
Figura 20: Catastro de daños y posterior demolición provocado por tsunami 2010 en Talcahuano. ....	46
Figura 21: Catastro desde 2010 a 2016 de reconstrucción Talcahuano .....	47
Figura 22: Daños observados en Talcahuano.....	48
Figura 23: Análisis con Street View de la Reconstrucción. ....	49

Figura 24: Porcentaje de destrucción por año en Talcahuano.....	51
Figura 25: Porcentaje de Recuperación.....	52
Figura 26: Reconstrucción en zona de Riesgo y sin Mitigación. ....	52
Figura 27: Análisis en donde existe Reconstrucción.....	53
Figura 28: Casas Entregadas por el Estado. ....	53
Figura 29: Pre-análisis de Dichato .....	54
Figura 30: Catastro de daño y demolición provocados por el tsunami 2010 27 F en Dichato...	56
Figura 31: Catastro de reconstrucción desde año 2012 a 2016 Dichato.....	57
Figura 32: Daños que se observaron en Dichato.....	58
Figura 33: Análisis de Reconstrucción con Street View en Dichato.....	59
Figura 34: Porcentaje de Destrucción .....	61
Figura 35: Porcentaje de Reconstrucción.....	61
Figura 36: Costanera de Dichato Anti-Tsunami, Fuente: 24 horas tvn.....	62
Figura 37: Edificios a Base de Palafitos en zona de Riesgo.....	62
Figura 38: Revestimiento Rio Dichato.....	62
Figura 39: Casas Entregadas por el Estado.....	63
Figura 40: Costanera reconstruida en Dichato. ....	64



# 1. Antecedentes Generales

## 1.1. Introducción

El tsunami ocurrido el año 2010 en Chile, ha ocasionado un sin número de daños, como la pérdida de personas, servicios, infraestructura y modificaciones en la geomorfología de la costa, etc. Ante estas problemáticas, las autoridades gubernamentales elaboraron ciertos protocolos en ayuda y beneficio de las personas afectadas, como por ejemplo: subsidios, construcción de viviendas provisionales, bonos de atención médica, provisiones y preferencias en la obtención de víveres, etc. Esto fue así, mientras terminaba el proceso de reconstrucción de las edificaciones residenciales de las personas afectadas.

No obstante, este proceso puede durar un periodo de tiempo considerable, es por esto que, llevar a cabo un catastro de reconstrucción, permitirá cuantificar el nivel de reconstrucción actual en la zona de estudio afectada, para conocer:

- Los daños perjudiciales ocasionados.
- Las zonas que no se han reconstruido.

Y de esta manera, promover la recuperación de las edificaciones residenciales que aún están afectadas por el tsunami.

Para lograr estos resultados, se han llevado a cabo ciertos procedimientos y análisis de resultados (catastro de la infraestructura residencial de las personas afectadas), generados a partir del procesamiento de imágenes satelitales de alta resolución espacial.

## 1.2. Planteamiento del Problema

Chile ha sido un país afectado por varios desastres naturales, desde 1906 hasta la fecha se cuentan 54 de gran magnitud, que han afectado a diferentes localidades del país. Es por eso que nace la necesidad de estimar el proceso de reconstrucción de éstas. En la región, existen dos localidades, Talcahuano y Dichato que se vieron afectadas directamente por un desastre natural, un terremoto y que posteriormente ocasionó un tsunami el 27 de febrero del año 2010. Han transcurrido ya seis años desde este acontecimiento y no se ha estudiado la zona afectada, lo cual nos hace plantearnos las siguientes preguntas ¿Cuál es la resiliencia de estas localidades? ¿Cuántas viviendas, construcciones e infraestructuras dañadas han sido reconstruidas, ya sea por medio del Gobierno o por algún particular para que las personas puedan volver a vivir con normalidad?

En estas localidades solo se ha hecho estudios que tienen relación con este desastre en los cuales se cuantificó la cantidad de personas, viviendas, infraestructura y embarcaciones afectadas. Por consiguiente, se hace necesario estudiar cómo ha sido el avance de reconstrucción de estas, ya que detrás de cada edificación afectada hay personas que han quedado sin vivienda o negocios, y de qué forma se ha implementado el proceso de reconstrucción.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo General**

- Evaluar el proceso de reconstrucción en las zonas afectadas por el Tsunami del año 2010 en Talcahuano y Dichato a través de herramientas como la teledetección y sistemas de información geográficos.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Hacer un pre-análisis de las zonas afectadas a mediana escala de la ciudad de Talcahuano y la localidad de Dichato dañadas por el Tsunami a través de imágenes satelitales.
- Georreferenciar y procesar imágenes de Google Earth de diferentes años (previas y posteriores al desastre).
- Digitalizar viviendas y edificaciones afectadas, además de las reconstruidas en las zonas de inundación por el tsunami.
- Hacer un catastro temporal de las viviendas e infraestructuras que fueron afectadas dentro la zona de inundación.
- Analizar la reconstrucción a gran escala con los catastros temporales y Street View, de las viviendas y edificaciones que se reconstruyeron al pasar los años.

## 2. Marco Teórico

### 2.1. Desastres Naturales

Los desastres naturales lo define Vargas (2002) como, *“la destrucción parcial o total, transitoria o permanente en el tiempo de un ecosistema. Puede afectar vidas humanas, el medio en donde se desenvuelven las personas y las condiciones de subsistencia”*. Estos se revelan cuando se desencadena una fuerza o energía con un potencial destructor y además haya condiciones de debilidad ante esa fuerza o incapacidad de reponerse de sus efectos.

El riesgo natural lo define Mardones (2001) como *“la probabilidad de ocurrencia en un lugar dado y en un momento determinado de un fenómeno natural potencialmente peligroso para la comunidad y susceptible de causar daño a las personas y a sus bienes”*. Otra definición la brinda Ayala-Carcedo (1993), *“como el producto de la probabilidad de ocurrencia de una amenaza, por la vulnerabilidad en tanto por uno y la exposición”*. Por lo tanto se dice que el riesgo es igual a la amenaza por vulnerabilidad y por la exposición.

La amenaza se define *“como la magnitud y duración de una fuerza o energía potencialmente peligrosa por su capacidad de destruir o desestabilizar un ecosistema o los elementos que los componen, y la probabilidad que esa energía se desencadene”* Vargas (2002) y propone la existencia de tres componentes en la amenaza.

- **Energía Potencial:** magnitud de la actividad o cadena de actividades que podrían desencadenarse.
- **Susceptibilidad:** predisposición de un sistema para generar o liberar la energía potencialmente peligrosa, ante la presencia de detonadores.

- **Detonador o Desencadenante:** Evento externo con capacidad para liberar la Energía Potencial.

Otra definición de amenaza es aportada por Rodríguez (2009) y la define como *“fenómenos potenciales de origen natural o humano, que cuando se producen en determinado tiempo y lugar, provocan traumatismo en las poblaciones. Las amenazas por si solas, no producen desastres, sino cuando se asocian con la vulnerabilidad”*.

Con respecto a la vulnerabilidad, Vargas (2002) la define como “la exposición destructiva ante una determinada amenaza, la incapacidad de reaccionar adecuadamente cuando la amenaza se presenta y la incompetencia para lograr la recuperación de las condiciones normales de vida. El mismo autor propone de qué depende vulnerabilidad:

- **Grado de exposición:** Tiempo y modo de sometimiento de un ecosistema (o sus componentes) a los efectos de una actividad o energía potencialmente peligrosa (cuánta energía potencialmente destructiva recibe y por cuánto tiempo).
- **Protección:** Defensas del ecosistema (y de sus elementos) que reducen o eliminan la afectación que le puede causar una actividad con potencial destructivo. Pueden ser permanentes, habituales y estables u ocasionales, pero en todo caso activas en el momento de exposición la fuerza **desestabilizadora**.
- **Reacción inmediata:** Capacidad del ecosistema (y de sus elementos) para reaccionar, protegerse y evitar el daño en el momento en que se desencadena la energía con potencial destructivo o desestabilizador.
- **Recuperación básica:** Restablecimiento de las condiciones esenciales de subsistencia de todos los componentes de un ecosistema, evitando su muerte o deterioro con posterioridad al evento destructivo. También se le llama **rehabilitación**.

- **Reconstrucción:** Recuperación del equilibrio y las condiciones normales de vida de un ecosistema, por su retorno a la condición previa o, más frecuentemente, a una nueva condición más evolucionada y menos vulnerable.

La administración de desastres naturales de Chile explica que las acciones y tareas pertinentes al marco de una administración de estos eventos son permanentes, y por ello se ha formado un ciclo que consta de cuatro fases que son importantes para abordar los desastres naturales (Staub & Bähr, 2014). La importancia de estas administraciones es poder gestionar una rápida respuesta en la reconstrucción, pensando que eventos similares pueden volver a suceder y las fases que proponen son:

- **Mitigación:** incluye todas las actividades para prevenir una emergencia, reducir la posibilidad que una emergencia ocurre o disminuir los daños de una emergencia inevitable.
- **Preparación:** incluye varias medidas que tienen como objetivo que la sociedad está preparada y puede reaccionar a cualquier desastre.
- **Respuesta:** son todas las acciones que se debe realizar al tiro cuando una emergencia ocurre con el objetivo de rescatar, minimizar el daño y empezar con la Recuperación
- **Recuperación:** consta de todas las actividades necesarias para restablecer una situación normal y mejorada.

## 2.2. Tsunami

Uno de los desastres naturales que provocan daños a personas, viviendas y edificaciones son los tsunamis, estos son olas de gran tamaño que se acercan a la costa a gran velocidad y pueden generar daños en el impacto y por la inundación, estos pueden ser causados por terremotos de gran magnitud, por derrumbes submarinos, erupciones volcánicas submarinas y raramente por algún meteorito que impacta la tierra (Servicio Hidrológico y Oceanográfico de la Armada de Chile).

Los terremotos de subducción con magnitud de momento cercana o superiores a 9.0, denominados mega terremotos por su capacidad destructiva, son los sismos más peligrosos (Madariaga, 1998). Además de la enorme energía liberada, estos eventos son destructivos debido a su capacidad potencial de generar tsunamis (Levin y Nosov, 2009). Los tsunamis poseen propiedades físicas que pueden generar daño a medida que se acercan a la orilla de la costa. Es decir, a menor profundidad el tamaño de la ola del tsunami aumenta (Bryant, 2014).Figura1.

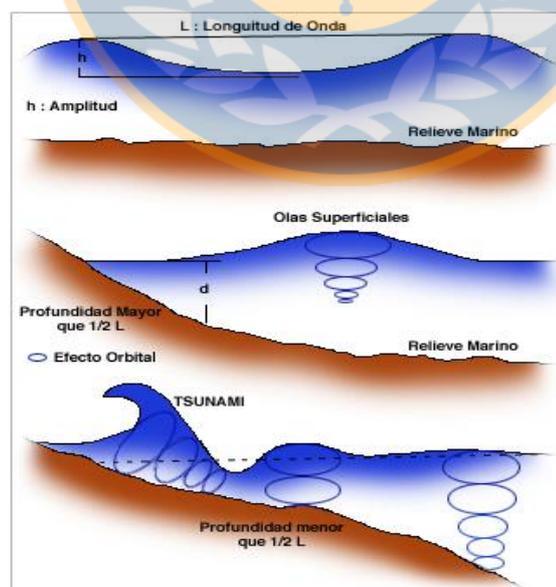


Figura 1: Parámetros Físicos y Geométricos de la Onda de Tsunami, Fuente: Universidad Católica (U.C.) curso de geografía del mar

Los tsunamis presentan su mayor altura al llegar a la orilla. Estos pueden ser devastadores, arrasando con lo que está en su camino, provocando inundación de gran altura y destruyendo construcciones. Sin lugar a dudas, esto es perjudicial para las localidades costeras, puesto que pueden ser considerablemente afectadas, causándoles una destrucción parcial o total de viviendas e infraestructura.

Monge (1993) propone una escala de clasificación de tsunamis que indica el grado de destrucción que puede llegar a generar, las alturas de sus olas y la cota máxima de inundación a la que se puede estar expuesto.

Tabla 1: Escalas de Grados de Tsunami. (Monge, 1993)

Grado <i>tsunami</i> <i>m</i>	Altura de la ola (m)	Cota máxima de inundación <i>r</i> (m)	Descripción de los daños
0	1 - 2	1 - 1.5	No produce daños.
1	2 - 5	2 - 3	Casas inundadas y botes destruidos son arrastrados.
2	5 - 10	4 - 6	Hombres, barcos y casas son barridos.
3	10 - 20	8 - 12	Daños extendidos a lo largo de 400 km de la costa.
4	> 30	16 - 24	Daños extendidos sobre más de 500 km a lo largo de la línea costera.

En Chile este tipo de eventos ocurre frente a las costas producto del hundimiento de la densa placa de Nazca, bajo la menos densa Sudamericana (Cereceda et al., 2011). Esto genera una subducción por parte de la placa Nazca, la que posteriormente ha creado varios Megaterremotos y Tsunamis desde ya hace muchos años.

### 2.2.1. Daños Provocados por Tsunamis

Los daños provocados por Tsunamis pueden clasificarse en tres tipos según (U.C. Curso de Geografía de Mar, s.f.), los cuales vienen a ser determinados dependiendo de la cantidad de agua y lo que arrastran. Estos son:

- **Daños producidos por el momento del flujo:** Se originan cuando la masa de agua del frente del tsunami seguido por una fuerte corriente, impacta la costa. En el impacto el tsunami demuestra su tremenda fuerza destructiva, la cual, se refuerza por la colisión de los objetos arrastrados por la corriente. Las costas en forma de V son en las cuales los daños son más severos.
- **Daños producidos por la inundación:** La inundación provoca que flote todo tipo de material que no esté fuertemente ligado a su base en el terreno, como ocurre con casas de madera que no tienen sólidos cimientos. En estas inundaciones, normalmente personas y animales perecen ahogados; barcos y otras embarcaciones menores atracados en puertos y muelles, pueden ser arrastrados a tierra y depositados posteriormente en áreas distantes a su localización inicial una vez que el flujo ha retrocedido.
- **Daños producidos por socavamiento:** Los daños que ocasiona el socavamiento son observados en las infraestructuras portuarias. Cerca de la costa la corriente del tsunami, remueve el fango y arena del fondo del mar, socavando a veces las fundaciones de las estructuras de muelles y puertos, provocando su caída hacia el mar.

### 2.3. Percepción Remota en Desastres Naturales

La utilización efectiva de los datos provenientes de la percepción remota depende de la habilidad del usuario para interpretar, correcta y consistentemente, las fotografías, imágenes, gráficos o estadísticas que se derivan de las fuentes de la percepción remota (Organización de Estados Americanos [OEA] , 1993).

Según la OEA (1993) los peligros o desastres naturales pueden ser estudiados utilizando sensores remotos, ya que casi la totalidad de los fenómenos o desastres hidrológicos, geológicos y atmosféricos, son eventos o procesos recurrentes que dejan evidencia de su anterior ocurrencia. Tal evidencia puede ser observada, analizada e integrada a un proceso de planificación, con el propósito de ser útil en la reconstrucción de lo que se vio afectado. Los atributos más importantes de la percepción remota que propone la OEA son:

- **Escala:** Dependerá del grado de detalle que se necesite para estudiar el desastre natural y de la necesidad del estudio.
- **Resolución:** Es de gran importancia para poder distinguir objetos, y está determinada por el tamaño del pixel. Entre más pequeño mayor será la resolución.
- **Contraste de las Imágenes:** Es la habilidad del sensor para captar contenido tonal o espectral de la escena. Las diferentes bandas espectrales pueden exhibir contrastes fuertes o débiles según la región del espectro electromagnético cubierta y la superficie observada.
- **Marco de Tiempo:** Las ocurrencias temporales de los eventos naturales también afectaran la utilidad de los datos de percepción remota, los eventos que son estacionales, predecibles o altamente correlacionados con otros eventos,

probablemente se beneficiaran más de las imágenes que aquellos otros que ocurren aleatoriamente como los terremotos o tsunamis.

La elección de los sensores remotos dependerá de diversos factores, como la necesidad del estudio, los recursos disponibles, el nivel de precisión, la ubicación de la zona de estudio y la resolución espacial, espectral y temporal. Otra consideración es que si el fenómeno de estudio es dinámico en el tiempo y duradero, lo que ayudará a tener mejores resultados (Chuvienco E., 1995).

#### **2.4. Sistema de Información Geográfico (SIG)**

Una definición de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) la aporta Selvaraj, Rajasekharan y Guzmán, (2009) y dice que “son herramientas informáticas que se usan para la cartografía, el análisis de datos georreferenciados y que contribuyen en la toma de decisiones. Los SIG integran operaciones comunes de bases de datos, como consultas y análisis estadísticos, con las visualizaciones y análisis geográficos de los beneficios ofrecidos por los mapas. Esto da información sobre la estructura espacio-temporal y las relaciones de las variables, que de otro modo no han sido evidentes en la fuente de datos.”

Además los SIG ayudan a convertir los datos crudos en información significativa para apoyar las decisiones de gestión y en la toma de decisiones ante eventuales riesgos o desastres naturales que puede estar expuesta la población o localidades (Selvaraj, Rajasekharan, & Guzmán, 2009).

Los *softwares* que ayudan a los SIG son variados existen gratuitos y otros comerciales, hay un gran número de programas actualmente para diseñar y desarrollar SIG, de ellos, cabe destacar los programas de libres como: Kosmo, Grass, QGIS y gvSIG. Y los que trabajan bajo licencia como: Geomedia, Smallworld y ArcGIS.

El Software ArcGIS es orientado a los sistemas de información geográfica (SIG). Son varias sus aplicaciones para la captura, edición, análisis, tratamiento, diseño, publicación e impresión de información geográfica. ArcGIS Desktop es una de las herramientas SIG más ampliamente utilizadas, incluyendo herramientas de edición como ArcMap y ArcCatalog.

De todos los procesos que se pueden desarrollar en un SIG para combinar, procesar y analizar datos, dentro de este proyecto cabe mencionar los siguientes:

El método de análisis de imágenes mejora la utilización de los datos a ocupar en los SIG, este método de análisis puede ser por tratamiento visual o digital, la elección del método de análisis dependerá de los medios económicos y humanos disponibles, rapidez y precisión exigida, tipo y continuidad de las tareas y homogeneidad de la superficie analizada.

Una de las utilidades de los SIG es que permiten el mejoramiento de la resolución espacial de imágenes, esta permite percibir objetos que antes no se podían observar dentro de una imagen debido al tamaño de los píxeles, a este proceso se le conoce como fusión de imágenes, utiliza una imagen (Pancromática,PAN) de mayor (Ground Sampling Distance, GSD) para fusionar con una imagen (Multi-Spectral,MS) de menor GSD. El resultado produce una imagen (MS) con la GSD de una imagen pancromática.

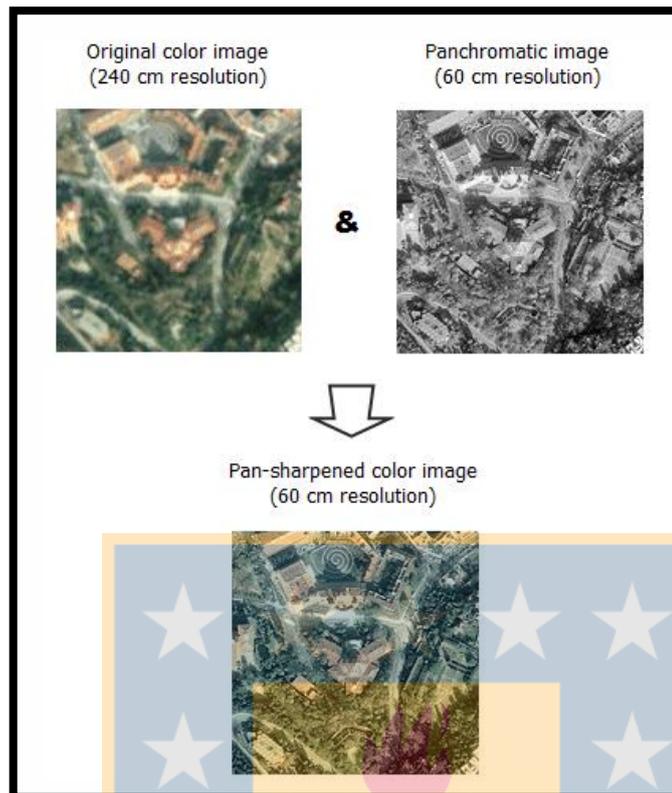


Figura 2: Fusión de Imágenes, Fuente: ArcGIS for Desktop

### 2.4.1. Catastro

El catastro se define “como el registro de bienes o inmuebles, en donde importa la ubicación, el tamaño y el valor patrimonial” (Kaufmann, 2002). Cabe destacar que esta gestión de registro proporciona información territorial de los bienes y ayuda a la toma de decisiones respecto a estas.

El término tradicional de catastro se introduce en la época colonial y se desarrolló en varias etapas. Se comienza a introducir una serie de modificaciones que lo han llevado a una definición de catastro moderno la aporta Ponvert-Delisle, Kelly, & Reyes, (2012) y dice que la primordial diferencia entre catastro y catastro moderno, es que el segundo tiene como característica fundamental que se “realiza mediante técnicas tradicionales que

combinan el levantamiento Aerofotogramétricos y trabajos de campo, cuyo resultado es la representación cartográfica del medio rural o urbano a una escala grande, que permita apreciar los objetos inmobiliarios con suficiente nivel de detalles”.

El catastro moderno debe su gran importancia a los avances tecnológicos y científicos más actuales, entre ellos, las tecnologías geomáticas y en especial la Teledetección, los SIG y los GPS, además, los avances en las TICs, las Telecomunicaciones, y el manejo de las Bases de Datos geográficas, entre otros.

Los catastros modernos *“desempeñan una función de registro sobre cualquier cuestión relacionada con el territorio, obedecen a principios registrales internacionalmente reconocidos y además, se pueden gestionar con la ayuda de tecnologías de la información”* (Kaufmann, 2002).

Uno de los beneficios más importantes de tener un catastro actualizado y moderno es que se puede emplear como herramienta en la toma de decisiones ante cualquier eventualidad, ya sea de origen natural u antrópico. Permitiendo así llevar un registro de las áreas o infraestructuras dañadas y su proceso de reconstrucción a lo largo del tiempo.

## 2.4.2. Fotointerpretación

La fotointerpretación es la capacidad de extraer información relevante de imágenes, considerando criterios visuales que ayudan a esta extracción (Chuvieco, 1995). Y los criterios visuales que propone este autor para la interpretación de imágenes son:

- **Tono:** El tono hace referencia a la intensidad de energía recibida por el sensor para una determinada banda del espectro, el tono se relaciona estrechamente con el comportamiento espectral de las distintas cubiertas, para una banda particular del espectro sobre la que se trabaje.
- **Color:** Varios autores han puesto en manifiesto que el ojo humano es más sensible a las variaciones cromáticas que a la intensidad luminosa si a esto añadimos el aumento de información que supone la mezcla de varias bandas del espectro fácilmente se comprende que el color resulta un elemento básico en la interpretación visual de imágenes.
- **Textura:** Esa cualidad se refiere a la aparente rugosidad o suavidad de una región de la imagen en definitiva, al contraste espacial entre los elementos que la componen.
- **Situación Espacial:** Por situación espacial o contexto espacial se requiere indicar la localización de las cubiertas de interés, así como su relación con los elementos vecinos de la imagen.
- **Periodo de Adquisición:** La mayor parte de los especialistas están de acuerdo en que la observación sistemática de la superficie terrestre es una de las principales ventajas de la teledetección desde el espacio. Las características orbitales del satélite permiten que las imágenes sean adquiridas periódicamente y en condiciones similares de observación, facilitando así cualquier estudio de que requiera de una dimensión temporal.

- **Efecto de la resolución espacial:** hace referencia al tamaño de la mínima unidad discriminable sobre la imagen, este concepto en análisis visual hace relación con el tamaño del pixel, y es de suma importancia para interoperabilidad de la escena.
- **Otro Criterios importantes:** Sombras, Patrón espacial, Contorno, formas y visión estereoscópica.



### 3. Marco Contextual

La cantidad de desastres naturales (erupciones volcánicas, terremotos, tsunamis, inundaciones y remoción de masas) que han ocurrido en Chile desde 1906 son 54, una cifra no menor, considerando la cantidad de población que se ve afectada por estos (Camus, Arenas, & Lagos, 2016), Siendo los terremotos y tsunami los que tienen mayor frecuencia y provocan mayores pérdidas materiales y humanas.

Tabla 2: Principales desastres naturales desde 1906 Chile. (Centro Sismológico Nacional de la Universidad de Chile (n.d.); EM-DAT (2014); INE (2005); Maddison (2010); U.S. Bureau of Labor Statistic (2014); World Bank (2012).)

	Cantidad de eventos	Pérdidas materiales en millones de USD	Fallecidos	Población Afectada
Terremotos y tsunamis	24	69.540	42.026	11.132.251
Inundaciones	19	1.207	1.066	1.342.624
Remociones en Masa	4	10	232	112.811
Erupciones Volcánicas	7	103	110	89.850

El historial sísmico dentro de Chile es numeroso, convirtiendo a nuestro país en una de las regiones de mayor sismicidad en el mundo. Chile registra más de 30 sismos hasta el año 2000 de magnitud superior a 7.5, esta realidad geotectónica convierte a Chile en una zona favorable para la generación de tsunamis. Desde 1562 se posee información de tsunamis de origen cercano a nuestras costas, los cuales han generado daños de diversas magnitudes (Monge, 1993) y tal como se muestra en la Figura 3.

N°	Año	Día/ Mes	Lat S	Lon W	M	Prof (km)	m Ts	Run-up (m)	Fuente	N°	Año	Día/ Mes	Lat S	Lon W	M	Prof (km)	m Ts	Run-up (m)	Fuente
1	1562	28 10	-38,0	-73,5	8,0		3	16	1 2 4	52	1927	21 11	-44,6	-73,0	7,1	33	1	2,8	1 2 3 4
2	1570	08 02	-37,0	-73,0	8,5		3	4	1 2 3 4	53	1928	20 11	-22,5	-70,5	7,1	33	0		3 4
3	1575	16 12	-39,8	-73,2	8,5		3		1 2 3 4	54	1928	01 12	-35,0	-72,0	8,4	25	1		1 2 3 4
4	1604	24 11	-17,9	-70,9	8,4		3		1 2 3	55	1930	28 12	-28,5	-71,0	6,0	33	0	1	3 4
5	1615	16 09	-18,6	-71,0	7,5	40	1	4	1 2 3 4	56	1931	18 03	-32,5	-72,0	7,1	33	0		3 4
6	1633	14 05	-41,8	-74,0			0		2	57	1933	23 02	-20,0	-71,0	7,6	40	0		2 3 4
7	1657	15 03	-37,0	-73,0	8,0		3	8	1 2 3 4	58	1934	04 12	-19,5	-69,5	6,9	130	0		3 4
8	1681	10 03	-18,5	-70,3	7,5		1		3 4	59	1936	13 07	-24,5	-70,0	7,3	60	0	1	2 3 4
9	1687	12 07	-32,8	-70,7	7,3		0		3 4	60	1939	25 01	-36,3	-72,3	8,3	60	0		3 4
10	1715	22 08	-18,5	-70,4	7,5		2		1 2 3 4	61	1939	18 04	-27,0	-70,5	7,4	100	0		3 4
11	1730	08 07	-32,5	-71,5	8,7		4	16	1 2 3 4	62	1940	04 10	-22,0	-71,0	7,3	75	0		2 3 4
12	1737	24 12	-43,0	-74,0	7,5		1		4	63	1940	11 10	-41,5	-74,5	7,0	33	0		3 4
13	1751	25 05	-36,5	-74,0	8,0		3	3,5	1 2 3 4	64	1943	06 04	-30,8	-72,0	8,3	33	1	1	1 2 3 4
14	1811	19 11	-33,0	-71,4			0		2	65	1946	02 08	-26,5	-70,5	7,9	60	0		3 4
15	1819	11 04	-27,0	-71,5	8,5		3		1 2 3 4	66	1948	26 12	-22,5	-69,0	7,0	100	0	0,7	2 3 4
16	1822	19 11	-33,0	-71,6	8,5		2	3,5	1 2 3 4	67	1949	20 04	-38,0	-73,5	7,3	70	0		3 4
17	1835	20 02	-36,8	-73,0	8,2		3	15	1 2 3 4	68	1949	17 12	-54,0	-71,0	7,7	33	1	0,7	1 2 3 4
18	1836	03 07	-22,6	-70,3	7,5		1	2	1 2 3 4	69	1950	30 01	-53,5	-71,5	7,0	33	0		3 4
19	1837	07 11	-42,5	-74,0	8,5		3		1 2	70	1953	06 05	-36,5	-72,5	7,6	60	0		3 4
20	1838	07 05	-36,7	-73,3			0		2	71	1955	19 04	-30,0	-72,0	7,1	33	1	3	1 2 3 4
21	1849	18 11	-30,0	-71,5	6,7		1		4	72	1956	08 01	-19,0	-70,5	7,1	55	0		3 4
22	1849	17 12	-29,9	-71,4	7,5		2	5	1 2 3 4	73	1956	18 12	-25,5	-71,0	7,0	33	0		3 4
23	1851	26 05	-27,0	-71,6	7,2		1	3	1 2 3 4	74	1957	29 07	-23,5	-71,5	7,0	33	0		3 4
24	1859	05 10	-27,0	-70,0	7,7		2		1 2 3 4	75	1960	21 05	-37,5	-73,5	7,3	33	0		2 3 4
25	1868	14 09	-36,7	-73,2			0		2	76	1960	22 05	-39,5	-74,5	8,7	33	4	25	1 2 3 4
26	1868	16 10	-33,1	-71,7			0		2	77	1960	01 11	-38,5	-75,1	7,2	55	0		3 4
27	1868	13 08	-18,6	-71,0	8,5	33	4	15	1 2 3 4	78	1961	18 10	-36,7	-73,0	6,5	15	0		3 4
28	1869	24 08	-18,6	-70,0	6,8		1	2	3 4	79	1965	23 02	-25,7	-70,5	7,0	80	0		3 4
29	1869	24 08	-19,6	-70,2	7,4		1		1 2 3 4	80	1965	22 03	-31,9	-71,5	6,0	58	0		3 4
30	1871	25 03	-35,0	-72,5	7,5		1	1	1 2 4	81	1965	03 10	-42,9	-75,2	6,5	31	0		3 4
31	1871	05 10	-20,1	-71,3	7,5		0		3 4	82	1966	28 12	-25,5	-70,7	7,5	32	0	1	3 4
32	1871	28 12	-41,5	-73,0			0		2	83	1967	15 11	-28,7	-71,2	6,2	15	0		3 4
33	1877	09 05	-21,0	-70,3	8,5		4	21	1 2 3 4	84	1967	20 12	-21,7	-69,5	7,5	0	0,7		4
34	1878	14 02	-36,8	-73,0			0		2	85	1967	21 12	-21,8	-70,0	7,3	33	0	0,7	2 3 4
35	1903	07 12	-28,5	-71,0	6,5	33	0	0,7	3 4	86	1970	14 06	-52,0	-73,8	6,6	10	0		3 4
36	1906	16 08	-33,0	-72,0	8,6	25	2	3,6	1 2 3 4	87	1970	19 06	-22,2	-70,5	7,0	52	0		3 4
37	1906	26 12	-18,0	-71,0	7,0	33	0		3	88	1970	28 11	-20,9	-69,8	6,0	33	0		3 4
38	1909	08 06	-25,0	-73,0	7,6	33	0		3 4	89	1971	08 07	-32,5	-71,2	6,6	58	0	1,2	3 4
39	1911	15 09	-20,0	-72,0	7,3		0		3 4	90	1972	08 06	-30,5	-71,8	6,6	39	0		3 4
40	1913	28 07	-17,0	-74,0	7,0		0		3	91	1972	29 12	-30,6	-71,0	6,0	60	0		3 4
41	1913	06 08	-17,0	-74,1	7,9	33	0		3	92	1973	05 10	-32,9	-71,9	6,5	14	0	0,4	3 4
42	1918	20 05	-28,5	-71,5	7,9	80	0		3 4	93	1974	20 08	-38,1	-73,5	7,0	0			3
43	1918	04 12	-26,0	-71,0	7,5	33	2	5	1 2 3 4	94	1975	13 03	-26,0	-75,0	6,7	0			3 4
44	1920	20 08	-38,0	-73,5	7,0	15	0	1,4	2 3 4	95	1975	10 05	-35,7	-74,6	7,8	0			3
45	1922	06 01	-16,5	-73,0	7,2	33	0		3	96	1983	04 10	-26,5	-70,6	7,4	15	0	0,4	2 3 4
46	1922	07 11	-28,0	-72,0	7,0	33	0		3 4	97	1985	03 03	-33,9	-71,6	7,8	33	0	0,6	2 3 4
47	1922	10 11	-28,5	-70,0	8,3	25	3	9	1 2 3 4	98	1987	05 03	-24,5	-70,2	7,3	62	0	0,2	4
48	1923	17 02	-35,3	-72,4			0		2	99	1988	05 02	-24,8	-70,0	6,7	37	0		4
49	1923	07 05	-28,8	-71,8	7,0	60	1		1 3	100	1995	30 07	-23,4	-70,5	7,8	33	1	3	4
50	1925	15 05	-26,0	-71,5	7,1	50	0		3 4	101	1995	01 11	-28,7	-71,3	6,3	20	0	0,1	4
51	1926	09 12	-28,0	-71,0	6,0	33	0	1,5	3 4	102	1997	15 10	-30,9	-74,4	6,8	74	0		4

Figura 3: Tsunamis Registrados hasta el año 2000. ((1) Monge, 1993 (2) Lorca et al.1994 (3) SHOA 1995 (4) NGDC 2000).

Se observa que Chile es un país que está constantemente afectado por estos desastres naturales y que a lo largo de su historia los registros no son menores, es por eso que anteponerse y tomar medidas preventivas es de vital importancia, ya que estos eventos pueden provocar grandes pérdidas para el país.

Uno de los últimos Tsunamis registrados en Chile, corresponde al ocurrido el 27 de febrero de 2010. Este Tsunami ocasiono pérdidas considerables, tales como: vidas humanas, viviendas e infraestructuras y pérdidas monetarias del área portuaria, entre otras (Contreras & Winckler, 2013). La emergencia vivida tuvo implicancias sustantivas para los hogares en términos de daños sufridos en su patrimonio. Según el primer catastro proporcionado por la Oficina Nacional de Emergencia (ONEMI), al 25 de marzo de 2010 se registraban 370 mil viviendas dañadas o destruidas por el Terremoto y Tsunami, al 27 de agosto del mismo año, en tanto, 285 mil familias se habían inscrito en el registro de damnificados, de las cuales luego se determinó que 220 mil eran elegibles para la obtención de un subsidio de reconstrucción (Contreras & Winckler, 2013). Particularmente dramática fue la situación vivida por quienes residían en zonas patrimoniales y en el borde costero, los que en muchos casos sufrieron la pérdida total de sus viviendas por razones de materialidad de las mismas.

Tabla 3: Cuantificación del daño de Viviendas. (MINVU, 2013)

	Viviendas destruidas	Viviendas daño mayor	Viviendas daño menor	Viviendas totales
Costa	7.931	8.607	15.384	31.922
Adobe urbano	26.038	28.153	14.869	69.060
Adobe rural	24.538	19.783	22.052	66.373
Conj. habitacionales Serviu	5.489	15.015	50.955	71.459
Conj. habitacionales Privados	17.449	37.356	76.433	131.237
<b>TOTAL</b>	<b>81.444</b>	<b>108.914</b>	<b>179.693</b>	<b>370.051</b>

Según el Plan de Reconstrucción desarrollado por el Gobierno (MINVU, 2010), la catástrofe dañó prácticamente a todos los sectores de la economía. El rubro más afectado en estos términos fue el de la industria, seguido por la pesca y el turismo, con

pérdidas equivalentes a US\$ 5.340 millones, todas atribuibles al sector privado. Les siguieron los sectores de vivienda y educación, con US\$ 3.943 y US\$ 3.015 respectivamente. La mayoría de las pérdidas se imputaron al sector público (US\$ 3.258 millones, equivalente a casi un 83% del total de las pérdidas registradas), mientras que en educación los costos tendieron a distribuirse de forma más equitativa entre ambos sectores. Chile es un país que posee políticas para ayudar a las personas necesitadas que sufrieron alguna pérdida de bienes por algún desastre natural, a través de entrega de viviendas, esto en beneficio a la **reconstrucción, mediante subsidios**. Además luego de ocurrido el desastre el Gobierno estudio los daños causados por el desastre natural y crea un Plan de Reconstrucción para las zonas afectadas.

El Plan de Reconstrucción incluyó diversas fuentes de financiamiento, siendo las principales: i) reasignaciones y ahorro por parte del gobierno central; ii) modificaciones legales para aumentar ingresos tributarios; iii) aumento de recaudación tributaria por menor evasión, por crecimiento económico y por elevado precio del cobre; iv) creación del Fondo Nacional de Reconstrucción; v) fondo de la Ley Reservada del Cobre; y vi) venta de activos prescindibles, endeudamiento interno y externo, y uso del Fondo de Estabilización Económica y Social (FEES)(Centro de Políticas Publicas U.C., 2012)

En el ámbito privado, la emergencia fue en **parte importante** cubierta por el sector de las aseguradoras. El monto desembolsado por concepto de siniestros de viviendas, empresas privadas e infraestructura concesionada, de acuerdo a datos de la industria aseguradora, fue de US\$ 6.235 millones. Esta cifra representa un poco menos de la mitad parte del costo económico del terremoto y tsunami, lo que lo convirtió en el desastre natural más costoso para las aseguradoras entre los ocurridos en el mundo el año 2010 (SIGMA 2011).

Chile para estos desastres naturales ha implementado un plan de recuperación para cada zona afectada.

## 4. Desarrollo del Estudio

### 4.1. Localidades afectadas

El área de estudio que se definió son las localidades Talcahuano y Dichato (Figura 4), que pertenecen a la Región de Biobío y se ubican en la zona costera de dicha región. La elección fue debido a que están ubicadas a poca distancia entre ellas y fueron afectadas directamente por el Tsunami del año 2010.

En las dos localidades hubo pérdidas de viviendas e infraestructuras de otras ocupaciones en gran magnitud, evidenciando el poder destructivo de la naturaleza y lo que puede llegar a causar. También se tomó en consideración los datos que se tenían al respecto de estas zonas afectadas. Estos corresponden a imágenes de poco tiempo después de haber ocurrido el evento en Dichato y Talcahuano, implicando que el estudio tenga mayor grado de asertividad respecto a lo que se vio destruido.



Figura 4: Ubicación de las localidades de Talcahuano y Dichato, Fuente: DESDELAVEGARD

## **4.2. Datos de Partida**

### **4.2.1. Pre-Análisis**

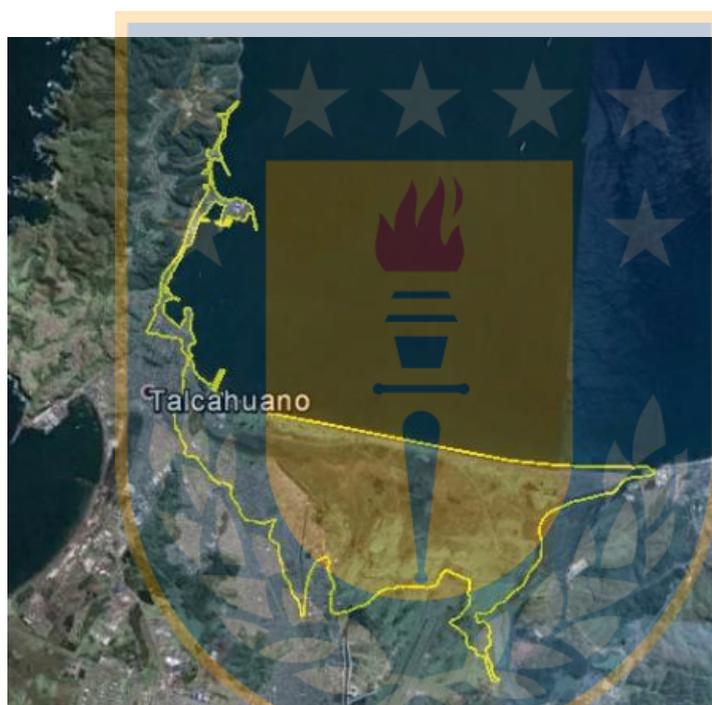
Para la obtención de la información se tuvo en cuenta el objetivo al cual se quería llegar. En primera instancia se necesitaba información a pequeña escala, por lo que se buscó en la página del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) que dispone de variados productos de diversos sensores espaciales GSD. Los sensores de interés son EO-1 y Landsat 8. El primero posee un GSD de 30 metros (MS) y de 10 metros (PAN) mientras que Landsat 8 cuenta con GSD de 30 metros (MS) y de 15 metros (PAN). Con estas resoluciones se puede hacer un estudio a pequeña escala de cómo ha sido el proceso de reconstrucción de infraestructuras de gran tamaño, ya sea carreteras, expansión de población, de terreno etc.

### **4.2.2. Imágenes de Google Earth**

En segunda instancia se requiere un grado de detalle mayor, por lo cual se procedió a obtener imágenes de sensores que proveen a Google Earth Pro referidas al área de estudio, estas imágenes poseen información de tres bandas (Rojo, Verde y Azul (RGB)) y poseen un tamaño de pixel de 40 cm aproximado para Dichato y 60 cm aproximado para Talcahuano. Para visualizar zona reconstruida, fueron adquiridas imágenes que son fotografías de las viviendas y edificaciones, de la herramienta Street View de diferentes años dependiendo la zona, para así corroborar la reconstrucción o que ha pasado en ese lugar.

### 4.2.3. Zonas de Inundación

Talcahuano, es una ciudad importante debido a que es la única ciudad portuaria en la región, es por ello que las entidades gubernamentales (Servicio Nacional de Geología y Minería, SERNAGEOMIN) a través de sus diferentes departamentos, se enfocaron en estudiar y analizar el tsunami ocurrido, para generar un registro de la zona de inundación, la cual es presentada por medio del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA).



*Figura 5: Inundación Talcahuano Según SERNAGEOMIN año 2010 Causado por Tsunami.*

En la localidad de Dichato, no se encontró información gubernamental respecto a la zona de inundación, por lo cual, se estableció el área de inundación a través de la imagen de Google Earth del 4 de marzo del año 2010, en la cual se aprecia a simple vista el rastro que dejó el Tsunami.



Figura 6: Límite de Inundación observado en Dichato, Elaboración Propia.

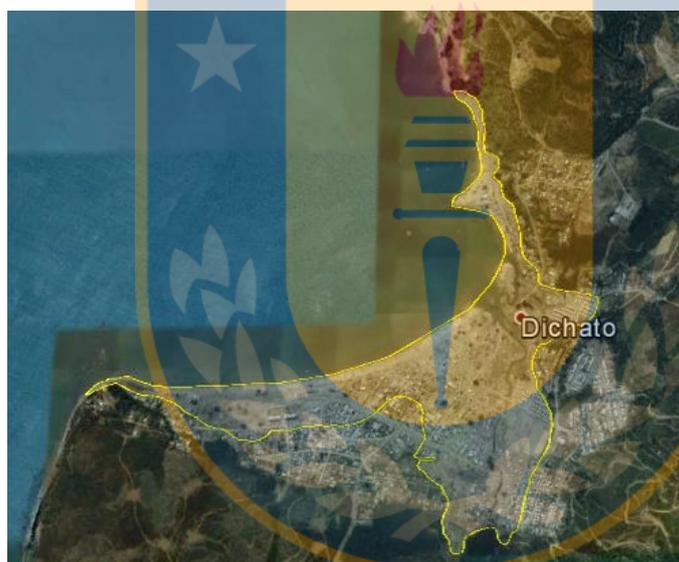


Figura 7: Zona de Inundación Dichato elaboración propia año 2010 Causado por Tsunami.

### 4.3. Procesamiento

#### 4.3.1. Imágenes para el Pre-Análisis

El procedimiento de fusión de imágenes permite mejorar la GSD de una imagen, ya que fusiona una imagen (MS) con una imagen pancromática esto se realizó mediante la herramienta Composite Bands, combina bandas con la finalidad de crear una imagen en color verdadero (RGB) y luego con Create Pan-Sharpened Raster Dataset, esta crea imágenes en color verdadero con ventajas de imágenes (PAN). La ventaja es que permite visualizar una imagen en color verdadero con una GSD mejorada, para así poder detectar edificaciones de gran envergadura, dónde se ha expandido la población o dónde la superficie terrestre cambió, de manera que la imagen se pueda interpretar de mejor forma.



*Figura 8: Mejoramiento de resolución espacial*

#### 4.3.2. Imágenes de Google Earth

La selección de las imágenes en este estudio tiene gran importancia debido a que no todas poseen las mismas características en cuanto a resolución y el sensor que las capturó o el ángulo desde donde se encontraba el sensor. Es por esto que de cada año se seleccionó la que mejor muestra la identificación de viviendas e infraestructuras. Todo

esto para asegurar mejores resultados en la digitalización del catastro, ya que de un mismo año pueden existir distintas imágenes con diferente GSD.

La fecha de adquisición más conveniente para seleccionar imágenes está en estrecha relación con el tipo de fenómeno en estudio (Chuvieco, 1996). Por cada año se seleccionaron 7 imágenes para Talcahuano debido a la gran área de inundación y 2 por año para Dichato, ya que el área era menor, y con estas imágenes fueron confeccionados los mosaicos. Las fechas de las imágenes seleccionadas se muestran en la tabla 4 y 5 para Talcahuano y Dichato:

*Tabla 4: Fechas de Imágenes seleccionadas para la georreferenciación y posterior creación de mosaicos en Talcahuano.*

Fecha de imágenes seleccionadas
09/09/2009
07/08/2010
02/17/2011
08/26/2012
01/11/2013
10/22/2014
06/15/2015
05/14/2016

*Tabla 5: Fechas de Imágenes seleccionadas para la georreferenciación y posterior creación de mosaicos en Dichato.*

Fecha de imágenes seleccionadas
04/25/2006
03/04/2010
08/26/2012
05/05/2013
08/07/2014
06/25/2015
01/25/2016

Además se establecieron puntos de control con coordenadas obtenidas de Google Earth con precisión del centímetro, de acuerdo a la imagen que se requiere georeferenciar, de tal forma que estos se encuentren dispersos en toda la imagen y en forma uniforme. Para la colocación de puntos de control en la georeferenciación del mosaico se basó en construcciones fuera del área de inundación y además de las edificaciones sin daños causados por el terremoto y tsunami que pudieran quedar dentro de la zona inundada por el tsunami.



*Figura 9: Puntos de Control Añadidos en Google Earth*

En ArcCatalog de ArcGIS se permite definir un sistema de referencia a las imágenes de Google Earth, lo cual permite que el trabajo de georreferenciación permanezca en las imágenes luego de quitarlas del programa, para esto es necesario establecer un sistema para todo el trabajo. El sistema de referencia y proyección cartográfica asignado fue WGS-84 UTM Huso 18 Sur, tanto para las imágenes como para las capas vectoriales de los catastros de Talcahuano y Dichato.

Para georeferenciar las imágenes de Google Earth se necesitan establecer puntos de control dentro de la imagen que luego permitan visualizarlos en ArcGIS y con la herramienta de Georeferenciación identificarlos e ingresar sus respectivas coordenadas. Esta herramienta también entrega un error *Root Mean Square* (RMS) que indica la diferencia dónde terminó el punto de partida, frente a la ubicación real especificada (la posición del punto de destino). El error total se calcula mediante la suma cuadrática media de todos los errores residuales. Este valor describe el grado de coherencia de la transformación entre los distintos puntos de control (vínculos) y varío entre los 10 cm y 40 cm dependiendo de la imagen y los puntos de control. Es importante que la georeferenciación sea precisa, ya que a base de estas imágenes referenciadas se creará el catastro.

La generación de Mosaicos permite unir todas las imágenes georeferenciadas de cada año, en una sola imagen ráster (mosaicos de cada localidad en anexo). Las ventajas que posee hacer esto, es que ayuda a generar el catastro a través de los años, permitiendo detectar las destrucciones y la reconstrucción espacialmente permitiendo así cuantificar estas áreas.

Se genera un mosaico base de imágenes de una época (año 2009) en la que el área de estudio no ha sido afectada por algún tipo de desastre natural como el estudiado en este trabajo, a partir del cual se realizaron correcciones de desfase de posición tanto horizontal como vertical de en los mosaicos de años posteriores. Esto debido a que las imágenes de Google Earth son una recolección de distintos sensores por ello tomadas de diferentes ángulos lo que hace que entre cada imagen por año ocurra un desfase.

La georeferenciación de estos mosaicos de años posteriores al tsunami fue a partir de las estructuras que quedaron sin ser afectadas o que estaban fuera del área de

inundación. El análisis de los mosaicos de imágenes georreferenciadas resultantes de los distintos años analizados permite la digitalización y la creación de catastros temporales (anexo), es decir, que de cada año se obtiene un catastro de daño y reconstrucción.



*Figura 10: Mosaico año 2009 de Talcahuano*

#### **4.4. Realización del Catastro**

El catastro base para Talcahuano y Dichato que contiene toda la información de las viviendas e infraestructuras que estaban antes de ocurrir el evento, se creó a partir de una digitalización manual en imágenes georreferenciadas de Google Earth. A partir de la fotointerpretación y en función del tamaño, forma, tonalidad, posición y sombra se identificaron diferentes tipos de construcciones, tales como viviendas, galpones, edificios de varios pisos entre otros. En aquellas imágenes donde la resolución espacial y/o el ruido impedían la correcta identificación, se realizó un proceso de comparación y análisis a partir de imágenes de otros años con mayor resolución. Así, finalmente, se

pudo digitalizar todas las infraestructuras y construcciones dentro de las zonas afectadas.

El catastro de todas las viviendas y edificaciones antes del Tsunami para Talcahuano fue hecho digitalizando en el mosaico con fecha de sus imágenes del 9 de Septiembre del año 2009, y para Dichato fue hecho con el mosaico del 25 de Abril del año 2006 y complementado con el mosaico del año 2010 ya que en ella aparecían nuevas viviendas que antes no estaban digitalizadas, esto con finalidad de tener una base de qué había antes del Tsunami para poder detectar y digitalizar qué fue destruido y cómo fue la reconstrucción anual.

Para Talcahuano se procedió a realizar catastros tanto del daño causado por el tsunami, como para la reconstrucción a partir del año 2010 en adelante debido a que se percibió reconstrucción provisoria. Los catastros luego de haber ocurrido el desastre poseen información de las viviendas y edificaciones reconstruidas, además de las nuevas viviendas construidas, también los catastros tendrán información de los daños detectados y causados por el tsunami, que no son evidentes de inmediato, por ejemplo cuando una casa queda destrozada por el interior pero su reconstrucción se realiza con el pasar de los años.

Para Dichato el catastro de daño comienza el año 2010 y el de reconstrucción el año 2012 debido a la falta de información y que no se percibe reconstrucción provisoria debido a la fecha de la imagen del año 2010 que fue a 5 días de haber ocurrido el suceso.

La verificación del catastro tiene como finalidad comprobar si la georreferenciación estuviera correcta al igual que la digitalización, para esto la capa vectorial de los catastros se cargó en Google Earth Pro y se procedió a verificar que el catastro realizado concordara con las construcciones afectadas por la zona de inundación ya que el catastro se realizó

en *software* ArcGIS. En esta etapa es posible corroborar si el catastro se puede aceptar como confiable y si el resultado del estudio da información veridictiva.



Figura 11: Shape de catastro de lo que existía antes de ocurrir el tsunami en la zona de inundación en Talcahuano, cargado en Google Earth.

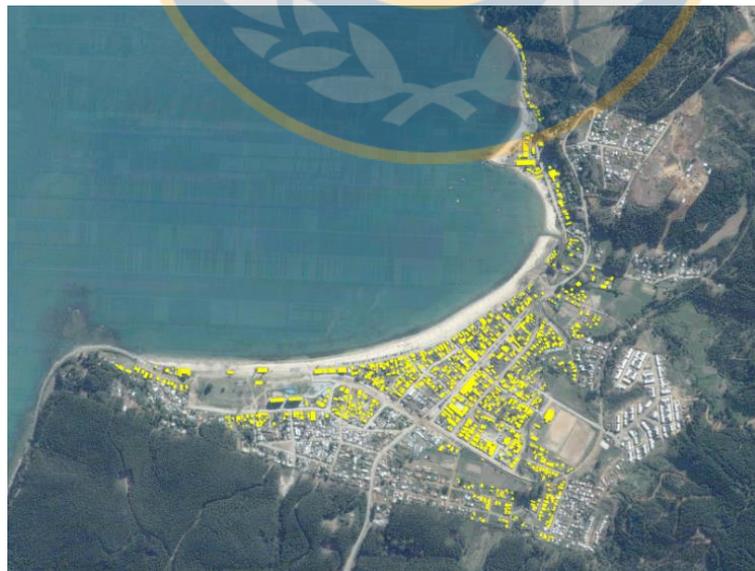
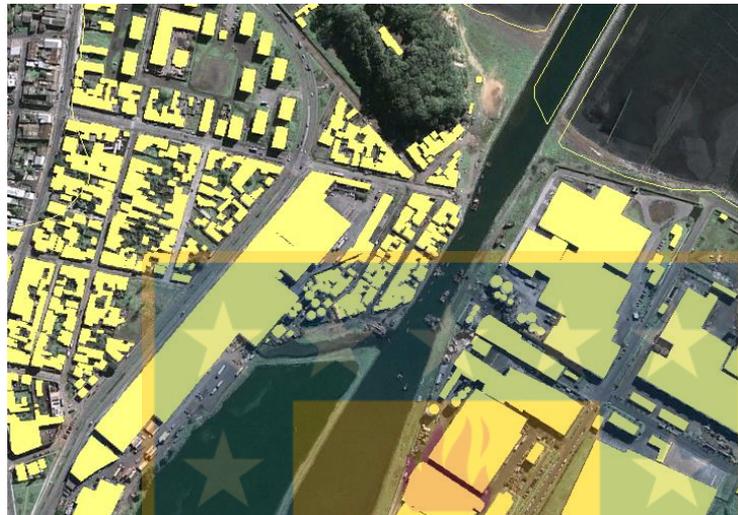


Figura 12: Shape de catastro de lo que existía antes de ocurrir el tsunami en la zona de inundación en Dichato, cargado en Google Earth.

Se observa que la digitalización concordó con las viviendas e infraestructuras, con lo que se acepta el catastro en la parte espacial y geométrica. Es decir, que las viviendas conservan sus propiedades geométricas, referente a las medidas de sus lados o figura, por lo cual es posible cuantificar su superficie.



*Figura 13: Catastro de viviendas y edificaciones antes del Tsunami en Talcahuano.2009*



*Figura 14: Catastro de viviendas y edificaciones antes del Tsunami en Dichato, 2006*

#### 4.5. Street View

La herramienta Street View permite navegar a lugares donde percibió reconstrucción por medio del método del catastro. Además se identificó qué se había reconstruido o estaba en proceso de reconstrucción. Un ejemplo de esto es la zona del puerto de Talcahuano, donde se visualiza que el mercado fue reconstruido luego del tsunami y que al año 2013 estaba en funcionamiento (Figura 23), en cambio en la caleta donde se construyeron restaurantes en ese mismo año aún estaban en proceso de construcción. También ocurre con las casas identificadas en el catastro como reconstruidas y se verifico su reconstrucción por el mismo proceso, cabe destacar que esta herramienta tiene imágenes del año 2013 y 2012 y en algunos lugares del 2015, varía dependiendo del lugar. Entonces hasta estas fechas se puede estimar la reconstrucción por este método.

Además, se puede apreciar que se reconstruyó en zonas donde se vieron afectadas viviendas y edificaciones (Figura 15), sin métodos de mitigación. Por otro lado en las zonas donde el tsunami provocó mayor daño, se ha reconstruido de mejor forma pensando en eventuales desastres futuros (Figuras 16, 17 y 18).

La importancia de esta herramienta es que nos permite conocer como se ha ido reconstruyendo, si se han tomado medidas preventivas o de mitigación de las zonas afectadas.



Figura 15: Reconstrucción Zona de Riesgo Talcahuano, 2013



*Figura 16: Viviendas en Zona de Riesgo con medidas de Mitigación Talcahuano, 2013*



*Figura 17: Costanera de Dichato Anti-Tsunami, Fuente: 24 horas tvn*



*Figura 18: Edificios a Base de Palafitos en zona de Riesgo*

## 5. Resultados

### 5.1. Talcahuano

Los resultados obtenidos para Talcahuano en el pre-análisis se presentan de manera general, es decir, con los resultados a mediana escala se podrá observar cómo ha cambiado la expansión con la creación de viviendas para la población o de superficie costera en el interior del océano.

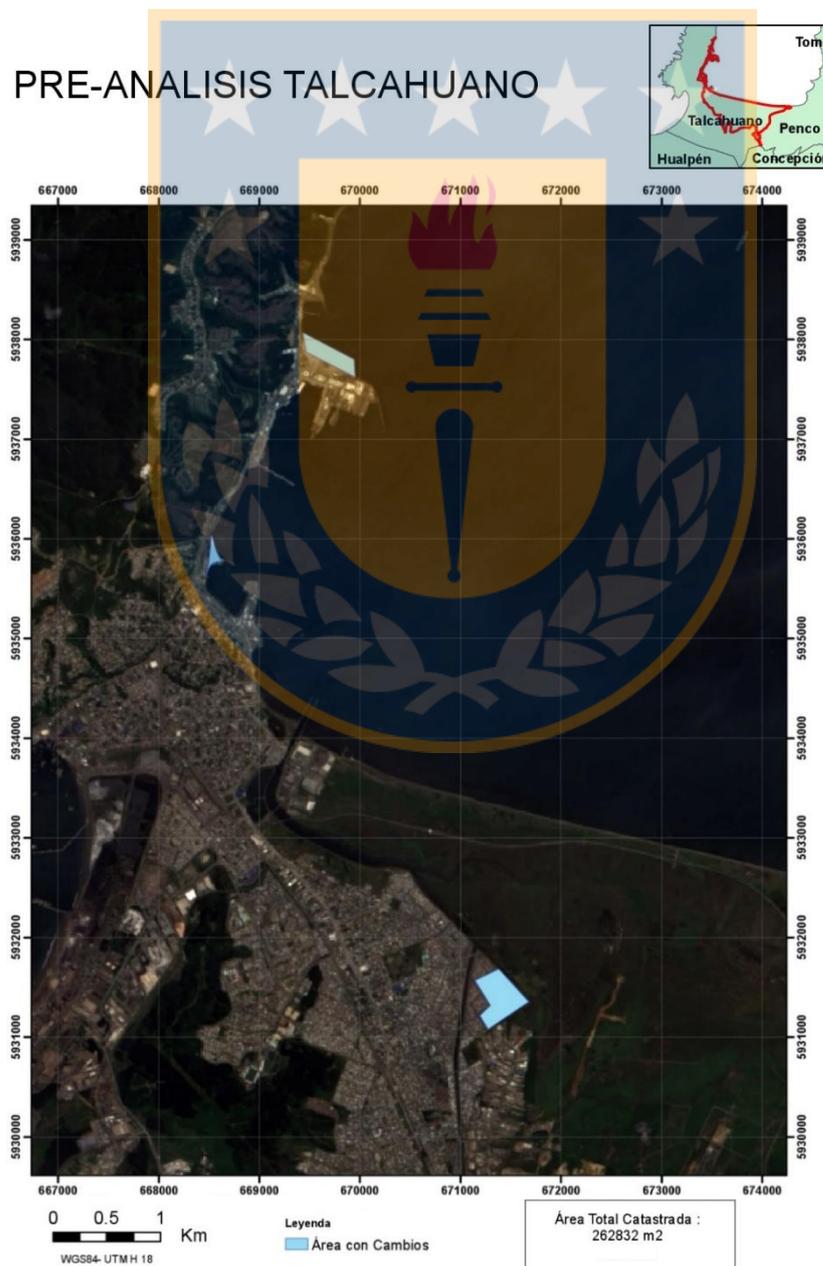
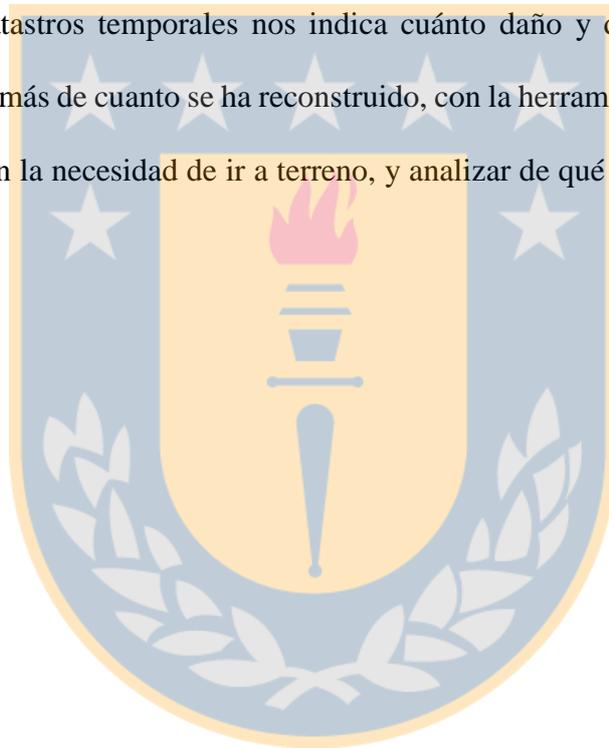


Figura 19: Áreas con Cambios en Talcahuano (análisis desde 2009 hasta 2016)

Este pre-análisis entregó información respecto al lugar dónde han ocurrido mayores cambios de reconstrucción. Lo que se pudo apreciar, es que en la zona del puerto, donde sale señalado como área de cambio Figura 19, la superficie terrestre y el límite de la costa cambió. Se estima que fue como medida preventiva para otros eventuales desastres que podrían ocurrir nuevamente. Otro cambio significativo es en la parte inferior derecha de la Figura 16, donde se comenzó a construir una población en la cual el tsunami no produjo ninguna pérdida de viviendas, lo que es esencial para poder reconstruir en esta zona.

El análisis de los catastros temporales nos indica cuánto daño y demolición ha ocurrido en esta zona y además de cuanto se ha reconstruido, con la herramienta de Street View se podrá verificar, sin la necesidad de ir a terreno, y analizar de qué forma ha sido la reconstrucción.



# CATASTRO DE TALCAHUANO

DAÑOS Y POSTERIOR DEMOLICIÓN PROVOCADOS POR TSUNAMI 2010 27F

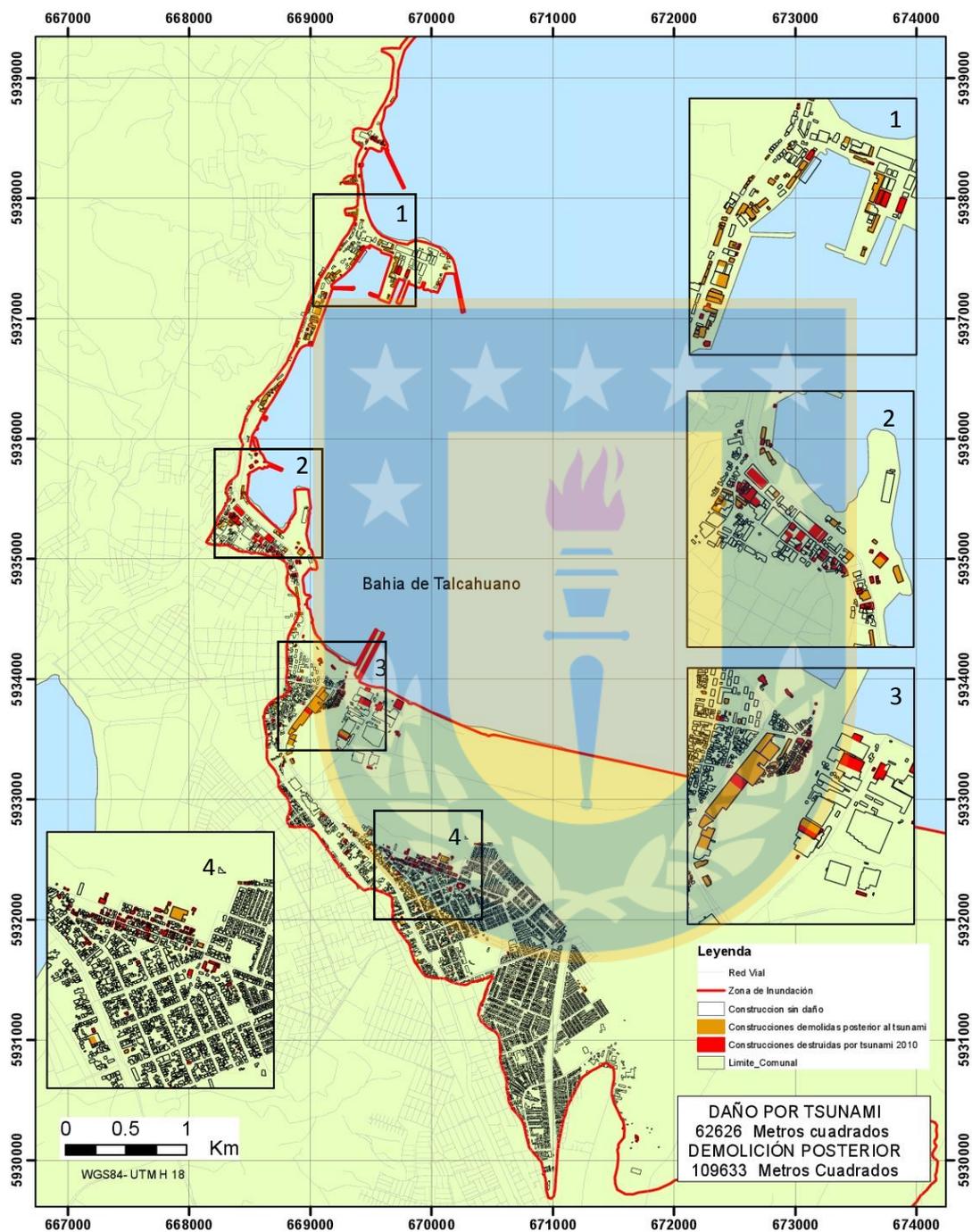


Figura 20: Catastro de daños y posterior demolición provocado por tsunami 2010 en Talcahuano.

# CATASTRO DE TALCAHUANO

## RECONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS Y EDIFICACIONES DESDE 2010 A 2016

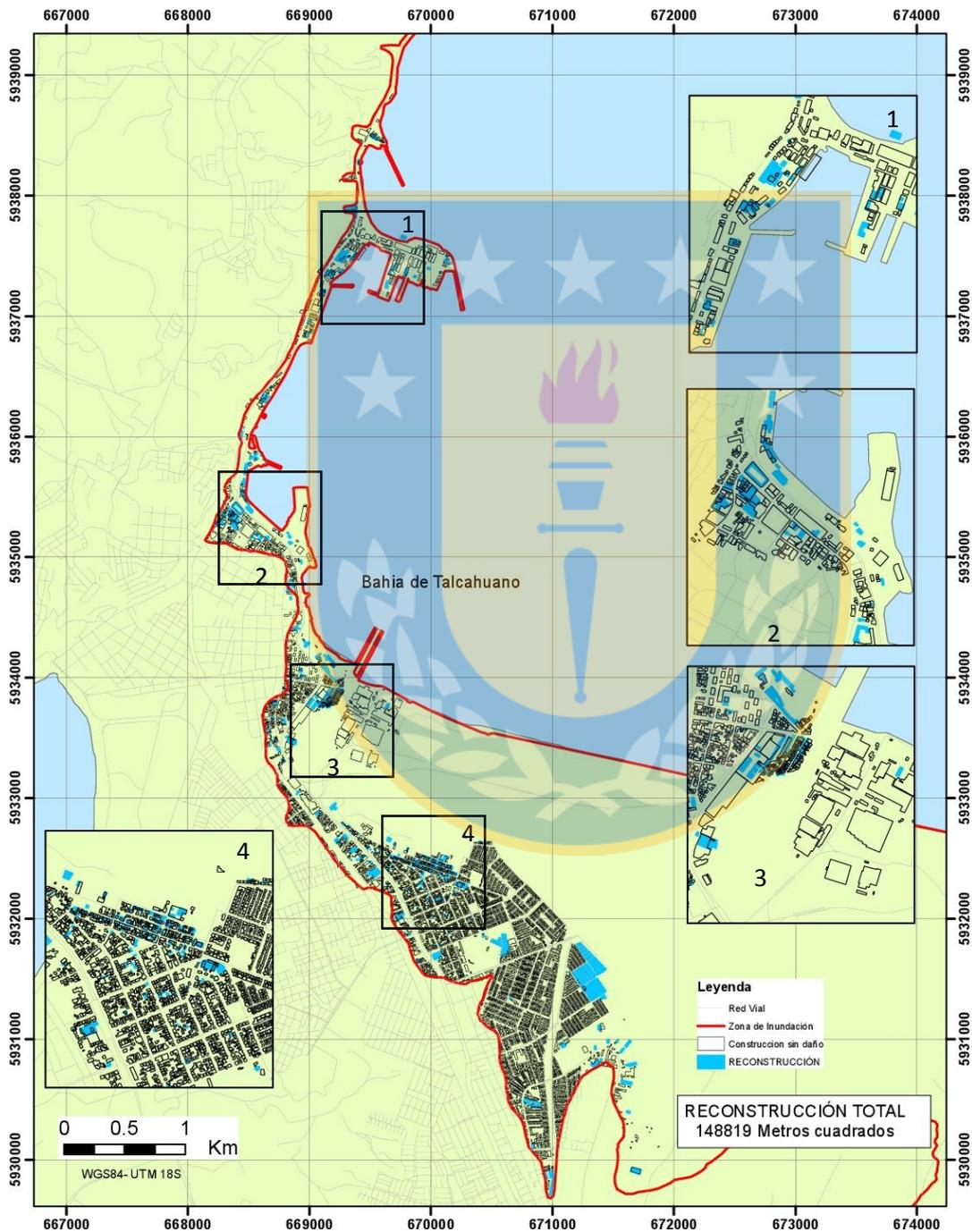
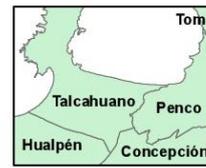


Figura 21: Catastro desde 2010 a 2016 de reconstrucción Talcahuano

# CATASTRO DE TALCAHUANO

DAÑOS Y DEMOLICIÓN PROVOCADOS POR  
TSUNAMI 2010 27F

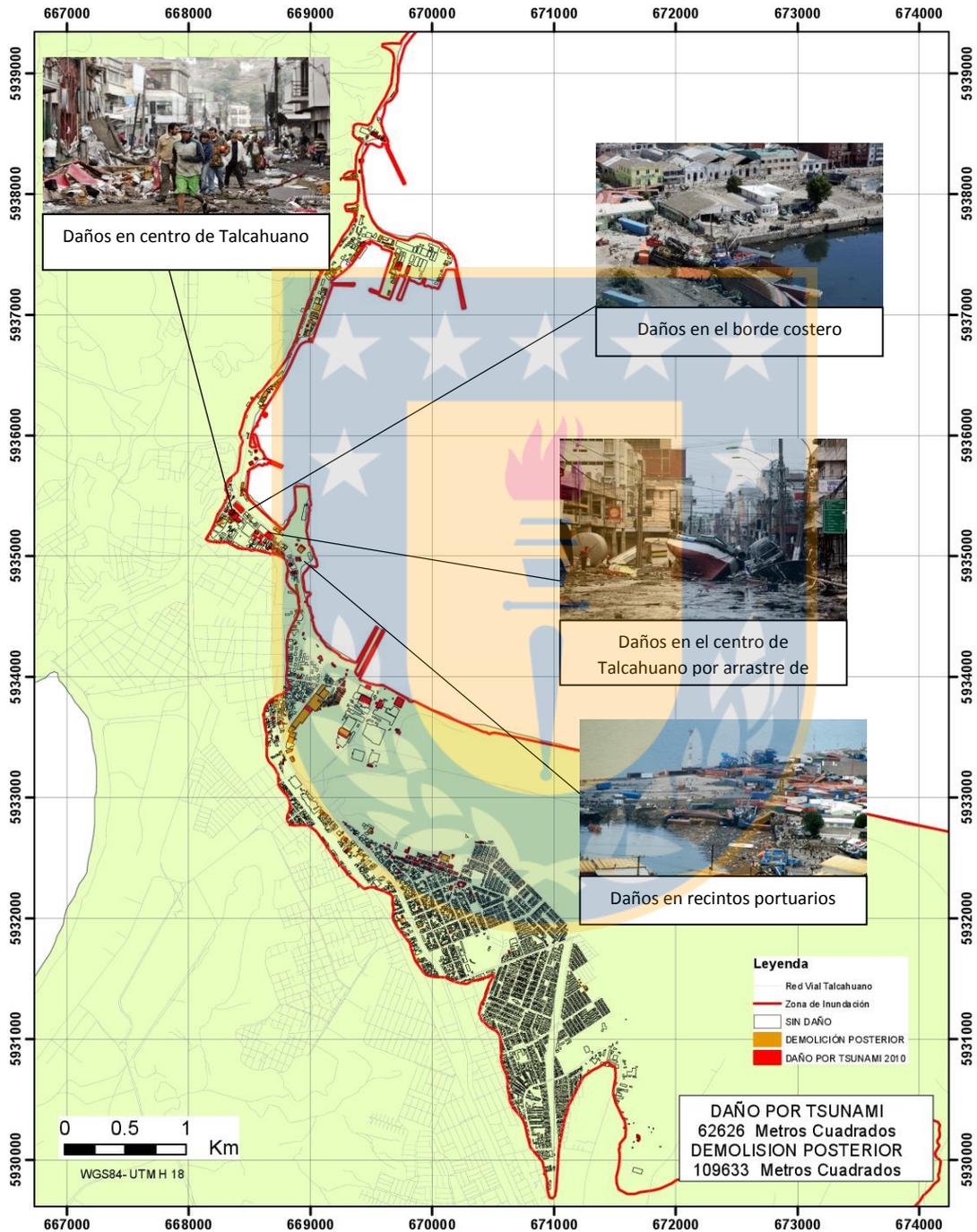


Figura 22: Daños observados en Talcahuano

# CATASTRO DE TALCAHUANO

## RECONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS Y EDIFICACIONES DESDE 2010 A 2016

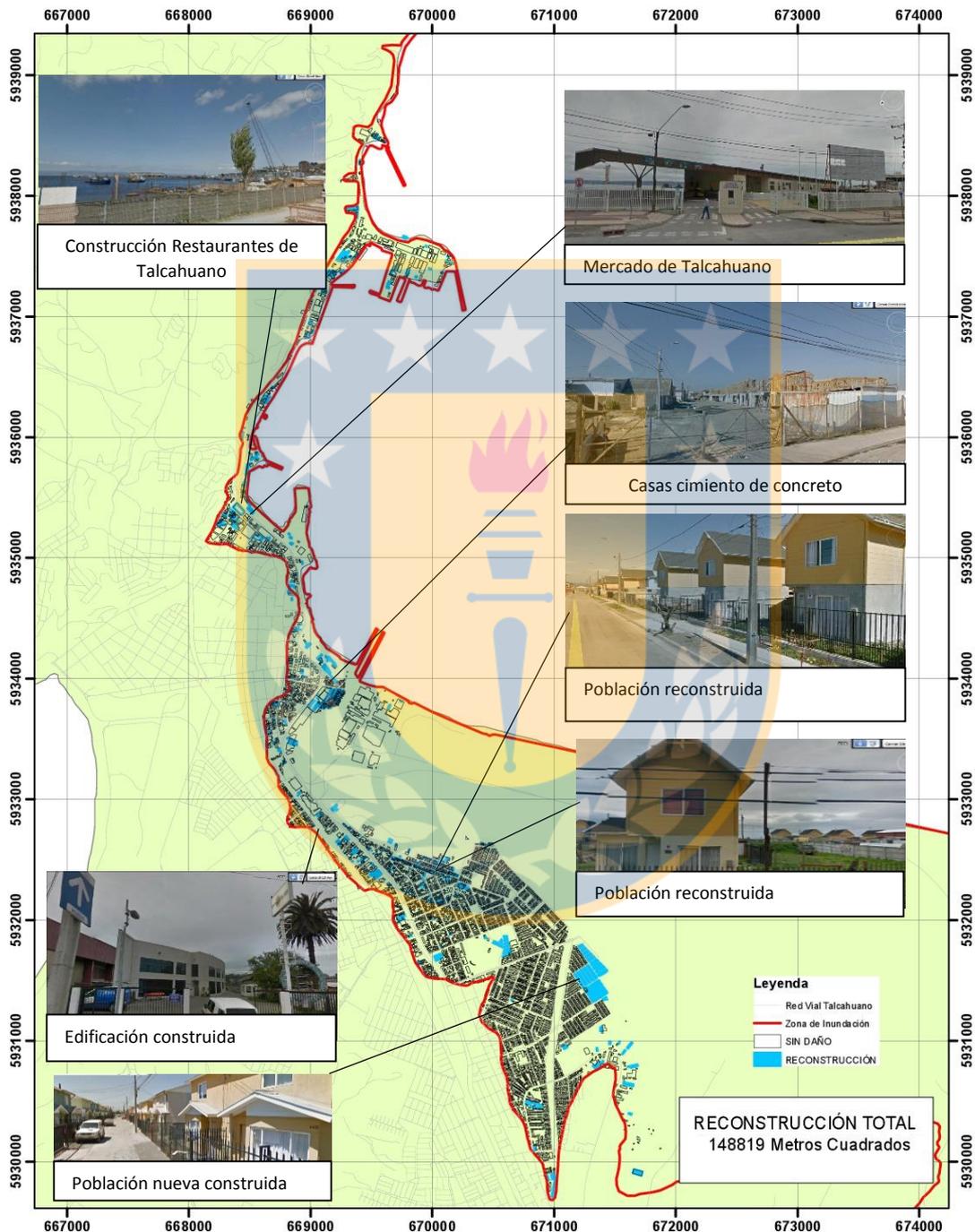


Figura 23: Análisis con Street View de la Reconstrucción.

Los resultados de los catastros temporales se muestran en la Tabla 6. La superficie total afectada es de 1.281.683 metros cuadrados, y la superficie dañada fue de 172.258 metros cuadrados que corresponde a un 13,4%.

Tabla 6: Daños provocados por Tsunami en periodo 2010 a 2016.

Daño y demolición	Área (m <sup>2</sup> )	% Por año acumulado
Demolición 2016	1.154	13,4
Demolición 2015	1.870	13,3
Demolición 2014	5.385	13,2
Demolición 2013	10.533	12,8
Demolición 2012	49.277	12,0
Demolición 2011	41.414	8,1
Tsunami Daño2010	62.626	4,9
<b>Total</b>	<b>172.258</b>	

La reconstrucción total fue de 148.819 metros cuadrados, y el daño fue de 172.258, la reconstrucción respecto al daño fue de un 86,4% Tabla 7.

Tabla 7: Reconstrucción en Talcahuano

Reconstrucción	Área (m <sup>2</sup> )	% Por año acumulado
Año 2016	16.472	86,4
Año 2015	13.221	76,8
Año 2014	25.124	69,2
Año 2013	28.190	54,6
Año 2012	26.609	38,2
Año 2011	19.176	22,8
Año 2010	20.026	11,6
<b>Total</b>	<b>148.819</b>	

Para el análisis de los catastros temporales se obtuvo como resultado que para Talcahuano el porcentaje total de reconstrucción respectó al daño ocurrido en el año 2010 por el Tsunami es de 86,4 %, la superficie total destruida es de 172.258 m<sup>2</sup> , en tanto la

reconstrucción es de  $148.819 m^2$ , dentro de cada año se produjo un daño y reconstrucción por ende se puede estudiar cómo fueron estos a través que pasaba el tiempo.

Los resultados indican que el año donde se produjo la mayor destrucción es el año 2010 debido al Tsunami ocurrido Figura 24, luego el porcentaje de destrucción sube en el año 2012, esto debido a que para reconstruir en la misma parte se necesita demoler lo que ha quedado dañado. Se observa además que en la destrucción a medida que pasan los años desde el 2012 ha ido bajando llegando en el año 2016 a tener un 0.67 % de la destrucción total ocurrida.

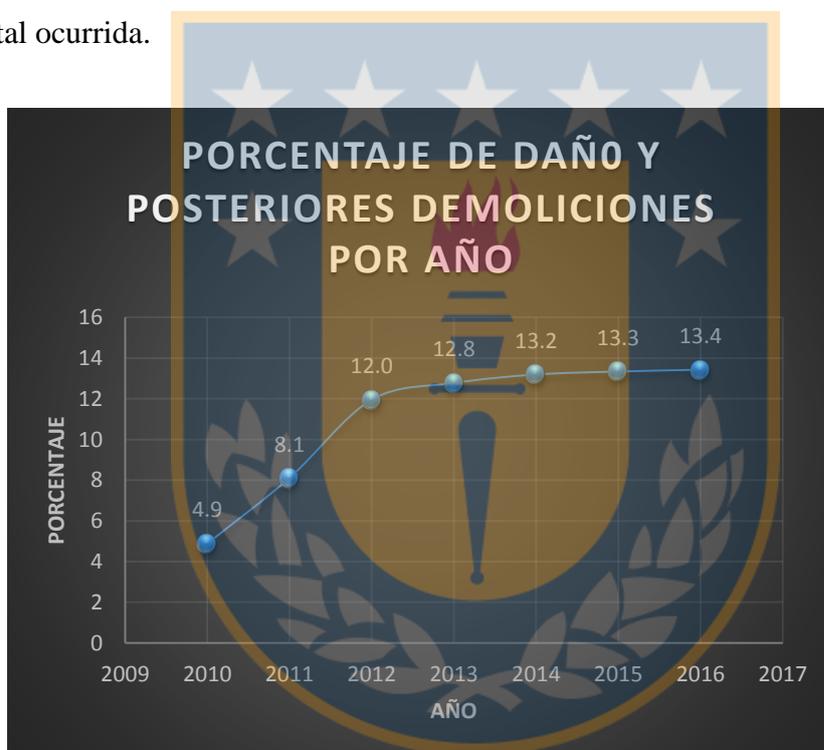


Figura 24: Porcentaje de destrucción por año en Talcahuano.

El año en el cual ocurre el mayor porcentaje de reconstrucción es el año 2013 con un 18%, en el cual empiezan a aparecer nuevas poblaciones que son entregadas a la gente afectada.

El proceso de reconstrucción es largo y duradero eso queda demostrado en la Figura 25 donde se aprecia que la reconstrucción nunca ha decaído siempre hay reconstrucción.



Figura 25: Porcentaje de Recuperación

La forma de reconstrucción es otro aspecto importante debido a que en algunas zonas se detectó, que se volvió a construir donde mismo el desastre los había dejado sin viviendas y el poder destructivo allí fue alto Figura 26.

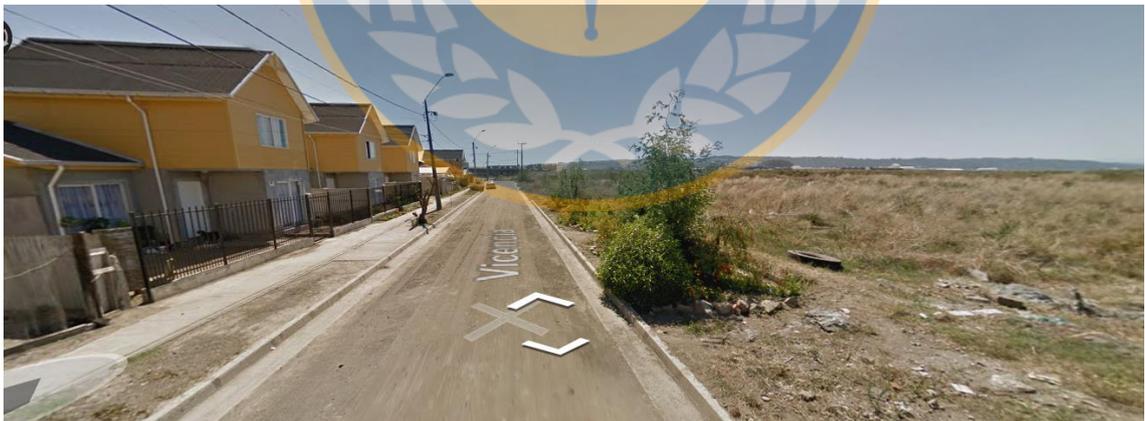


Figura 26: Reconstrucción en zona de Riesgo y sin Mitigación.

Por otro lado se construyó edificios y casas en zonas de riesgo, pero con técnicas de mitigación de Tsunamis, los edificios se pueden utilizar como zona segura ya que algunos de sus pisos están sobre el nivel de inundación.



Figura 27: Análisis en donde existe Reconstrucción

Dentro de los factores intervinientes el gobierno sin duda ha intervenido apoyando a las personas que lo perdieron todo, perdieron sus casas u otros bienes, en esta reconstrucción ha jugado un papel importante y queda demostrado, cuando se navegó a través de Street View, y en las casas que se reconstruyeron se percibe el logo del Estado, por lo cual se puede apreciar su aporte a este proceso.

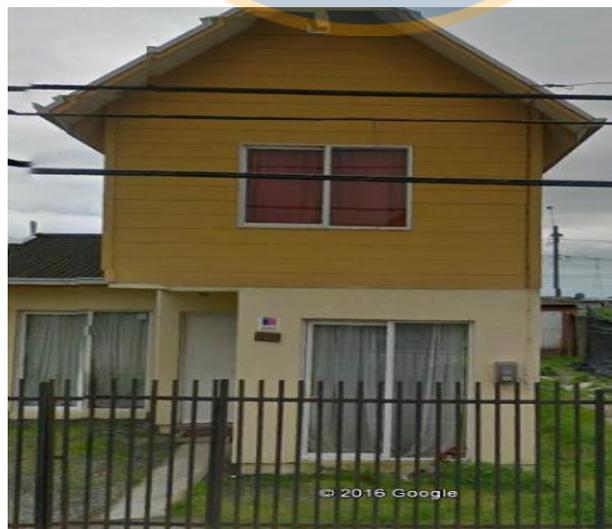


Figura 28: Casas Entregadas por el Estado.

## 5.2. Dichato

En el pre-análisis se van identificando todos los cambios producidos tanto por los daños y la reconstrucción. Se presenta en (figura 29) el mapa de análisis a media escala de Dichato.

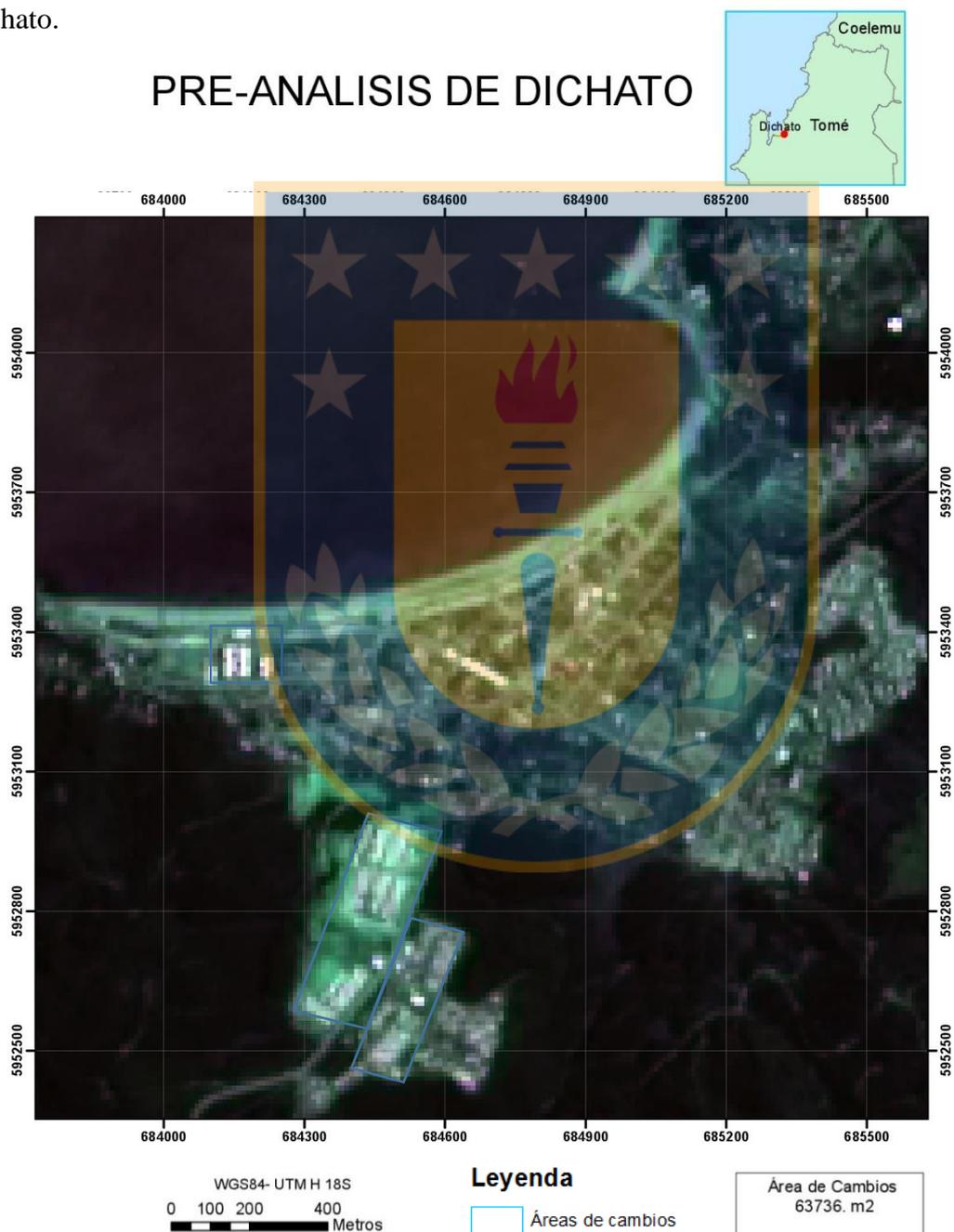


Figura 29: Pre-análisis de Dichato

Se aprecian dos grandes áreas de cambios, una es donde se reconstruyó en la costanera, estos son edificios de más de dos plantas los cuales fueron construidos de la misma forma que los palafitos, esta es una medida de mitigación pensando en un eventual desastre en años próximos. La otra área es la que está a la salida por el sur de Dichato, esto se reconstruyó en cotas seguras en donde el tsunami no dejó daños, para así evitar exposiciones a amenazas como puede ser un tsunami.

El análisis de los catastros temporales de Dichato nos indica cuánto daño y demolición ha ocurrido en esta zona y además de cuánto se ha reconstruido, con la herramienta de Street View se podrá verificar sin la necesidad de ir a terreno si esta reconstrucción ha sido así y de qué forma se ha reconstruido.



# CATASTRO DE DICHATO

## DAÑOS Y POSTERIOR DEMOLICIÓN PROVOCADOS POR TSUNAMI 27 F

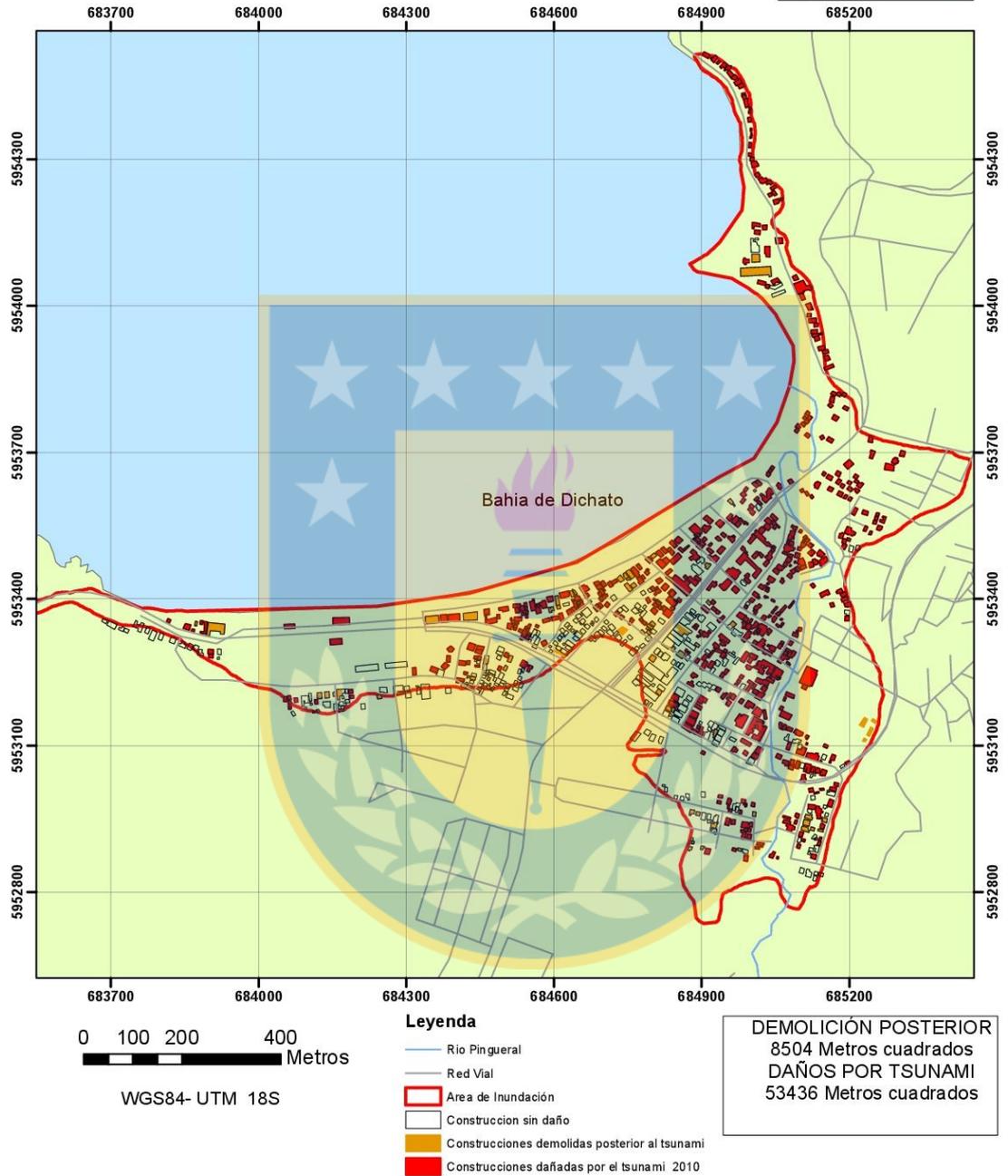


Figura 30: Catastro de daño y demolición provocados por el tsunami 2010 27 F en Dichato

# CATASTRO DE DICHATO

## RECONSTRUCCIÓN DESDE AÑO 2012 A 2016

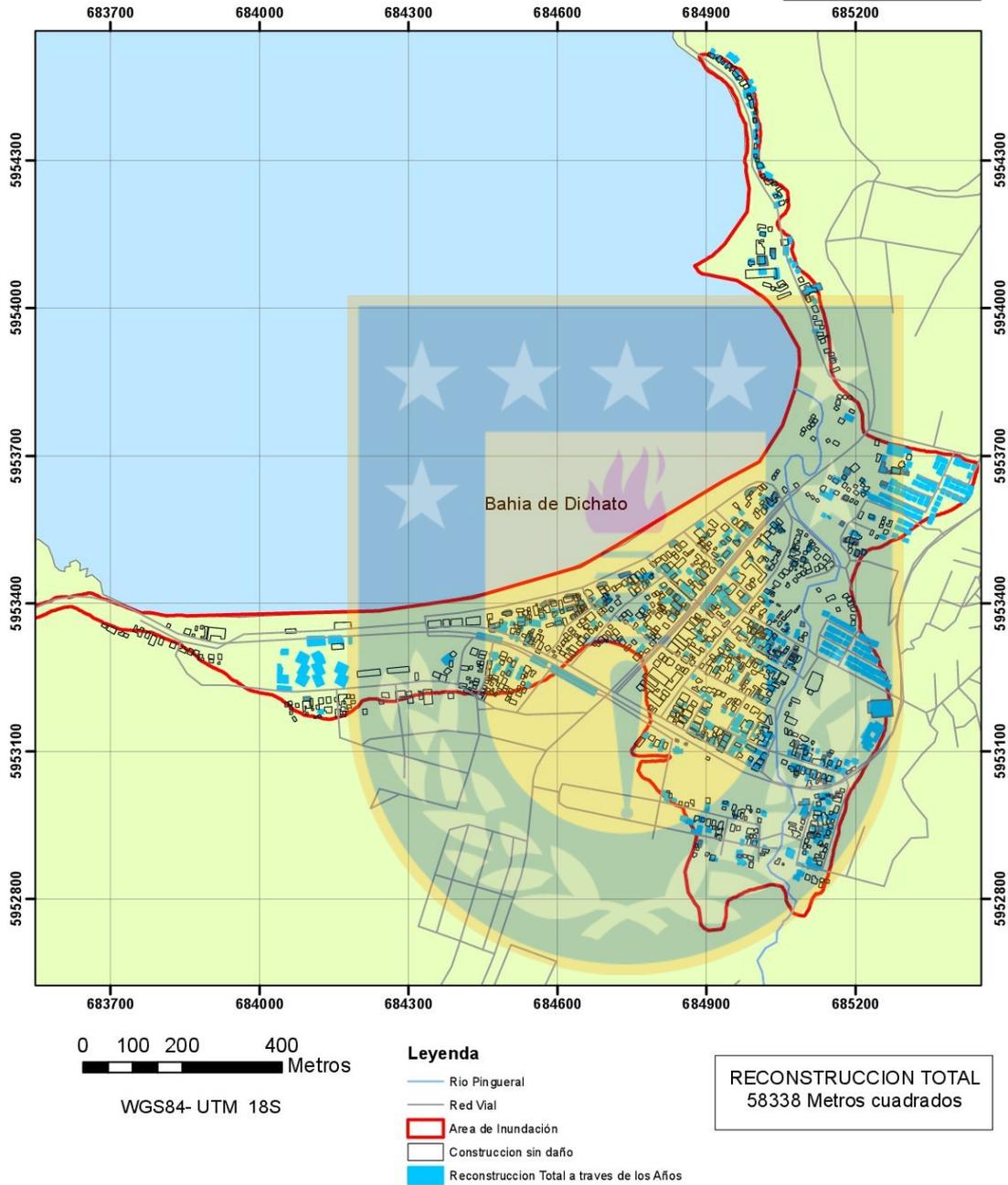


Figura 31: Catastro de reconstrucción desde año 2012 a 2016 Dichato

# CATASTRO DE DICHATO

## DAÑOS Y DEMOLICIÓN PROVOCADOS POR TSUNAMI 27 F

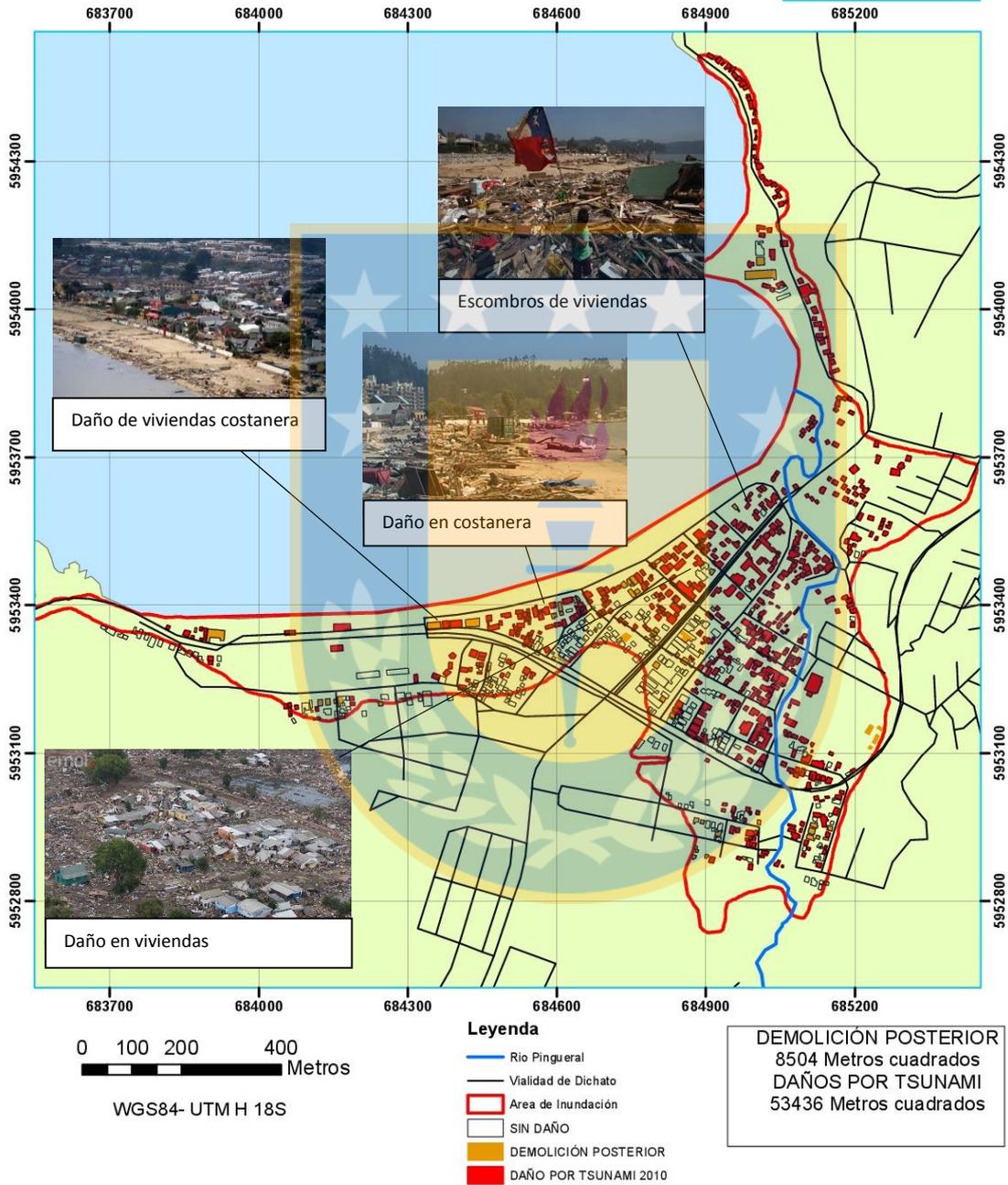


Figura 32: Daños que se observaron en Dichato

# CATASTRO DE DICHATO

## RECONSTRUCCIÓN DESDE EL AÑO 2012 AL 2016

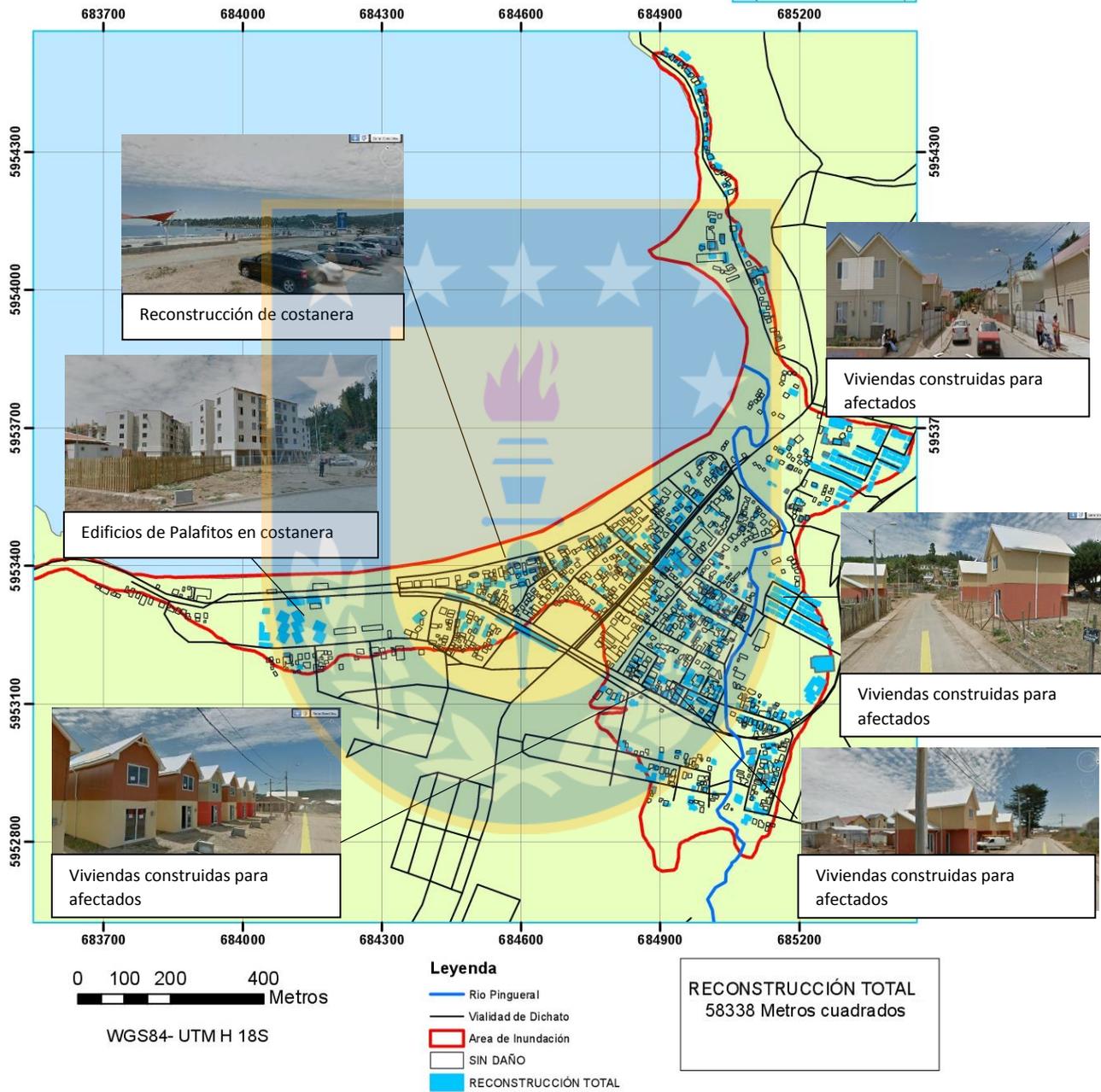


Figura 33: Análisis de Reconstrucción con Street View en Dichato.

Los resultados de los catastros temporales se muestran en la Tabla 8. La superficie total afectada por el tsunami fue de 88.658 y la que presento daños es de 61.960 que corresponde a un 69,9 %.

Tabla 8: Daños provocados por el Tsunami en periodos 2010 a 2016.

Daño	Área (m <sup>2</sup> )	% Por Año
Demolición 2016	140	69,9
Demolición 2015	1.723	69,7
Demolición 2014	62	67,8
Demolición 2013	310	67,7
Demolición 2012	6.269	67,4
Daño Tsunami 2010	53.456	60,3
<b>Total</b>	<b>61.960</b>	

La reconstrucción fue de 58.338 metros cuadrados (Tabla 9), que respecto al daño que fue 61.960 metros cuadrados y que corresponde a un 94,2%.

Tabla 9: Reconstrucción del año 2012 al 2016.

Reconstrucción	Área (m <sup>2</sup> )	% Por año
2016	2.636	94,2
2015	4.920	89,9
2014	10.886	82,0
2013	9.462	64,4
2012	30.434	49,1
<b>Total</b>	<b>58.338</b>	

Para el análisis de los catastros temporales se obtuvo como resultado para Dichato, que el porcentaje total de reconstrucción respecto al daño ocurrido en el año 2010 por el Tsunami es de 94,2 %, la superficie total destruida es de 61.960 m<sup>2</sup> en tanto la superficie reconstruida es de 58.338m<sup>2</sup>, dentro de cada año se produjo un daño producto de demolición y reconstrucción por ende se puede estudiar cómo fueron estos transcurridos los años.



Figura 34: Porcentaje de Destrucción

Los resultados indican que al año 2012 ya se tiene un 96,4% del daño total sufrido, esto quiere decir que el tsunami tuvo gran poder devastador.

Por otro lado en la reconstrucción se tiene que el año 2012 ya se había reconstruido un 49 % lo que indica la preocupación en su población y el gobierno. Además se aprecia que la reconstrucción es de manera duradera en el tiempo. La reconstrucción está latente en la actualidad, esto quiere decir que aún se sigue reconstruyendo al pasar de los años.

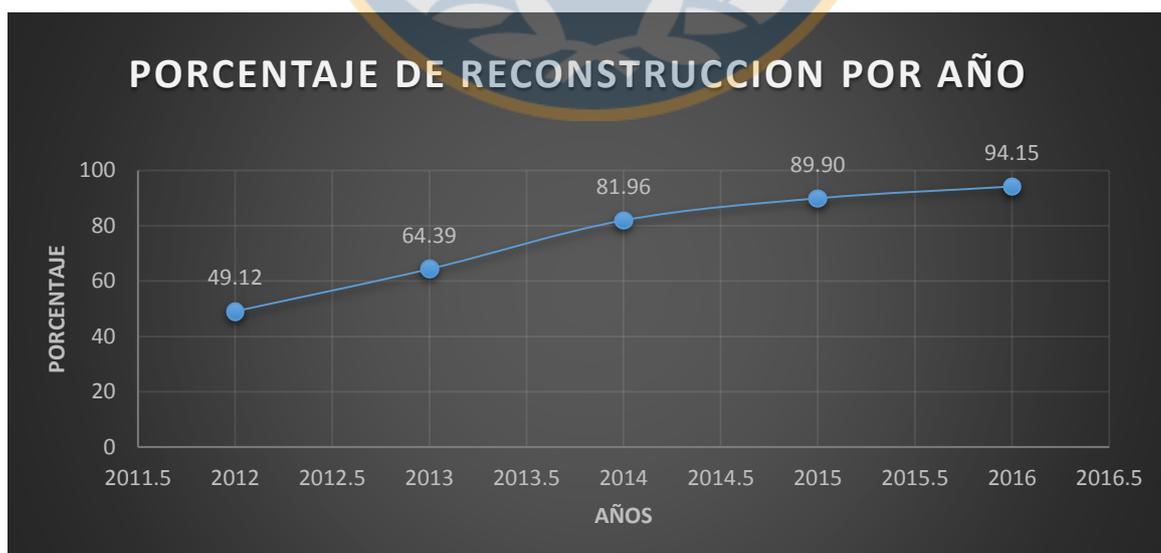


Figura 35: Porcentaje de Reconstrucción

La forma de reconstrucción en Dichato es sin duda importante, desde ocurrido el evento se ha detectado que se empezó a reconstruir en zonas de cota segura, se reconstruyeron viviendas en la zona de riesgo con medidas de mitigación (Figura 37), además se construyen dos barreras de mitigación importantes para esta localidad, una es una costanera con barrera de contención Anti-Tsunami (Figura 36) que detiene la fuerza con la que se proyecta la ola, otro medio de mitigación es el revestimiento en el borde del Rio Pingueral (Figura 38), que es donde se detectó mayor concentración de destrucción.



Figura 36: Costanera de Dichato Anti-Tsunami, Fuente: 24 horas tvn.



Figura 37: Edificios a Base de Palafitos en zona de Riesgo



Figura 38: Revestimiento Rio Dichato

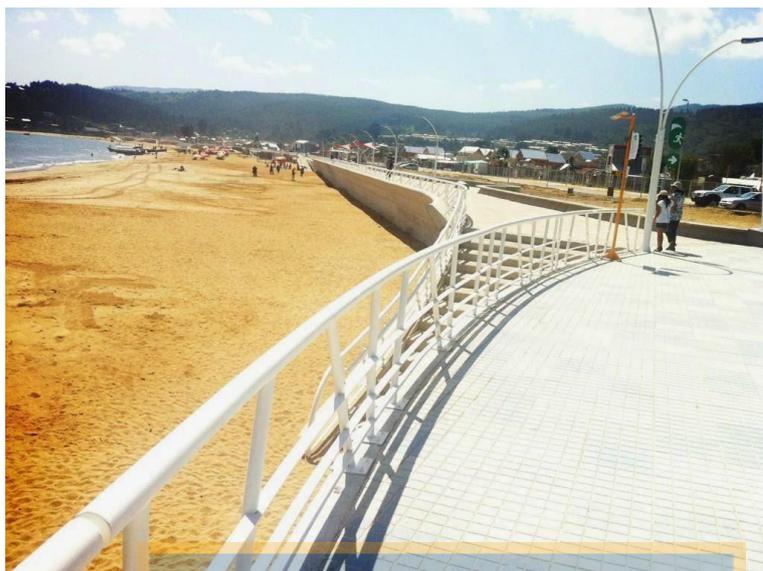
Al igual que en Talcahuano el gobierno se preocupó por Dichato apoyando a las personas que perdieron sus casas u otros bienes. En esta reconstrucción el gobierno ha jugado un papel importante y queda demostrado, ya que en la casa que se reconstruyeron se visualiza logo del Estado, lo que hace notar su aporte a este proceso.



*Figura 39: Casas Entregadas por el Estado.*

Tanto Talcahuano como Dichato se han recuperado en gran parte y han satisfecho sus necesidades, en cuanto a vivienda y edificaciones.

Otro acontecimiento importante en esta localidad fue la expropiación de terreno a la población ubicada cerca de la línea de costa, esto debido a que para reconstruir la costanera se necesitó un espacio mayor al que antes tenía, por el motivo de hacer una barrera anti-tsunami en este sector.



*Figura 40: Costanera reconstruida en Dichato.*

En lo que se aprecia en las Figuras 37 y 39 el Gobierno tuvo gran influencia en la reconstrucción aportando con subsidios para casas de material sólido. En la costanera se implementó un desarrollo de vivienda que posee medidas de mitigación anti-tsunamis, ya que están construidas en palafitos. otro punto importante es que esta localidad ha reconstruido tomando en cuenta la ocurrencia de nuevas amenazas, ya que implementó una costanera con un sistema de mitigación, es decir, una barrera contenedora, lo que hace que un tsunami o las olas al chocar con esta barrera pierda su fuerza y a su vez su poder destructivo.

Además cabe señalar que en donde se detectó la mayor parte de la destrucción por el desastre natural, es decir la población que tenía mayor vulnerabilidad era la que estaba asentada a un costado del Rio Pingueral, entonces se tomaron medidas de mitigación se hicieron unas barreras de contención para los costados del rio, estas fueron hechas de material sólido, y además cambiaron la forma de salida del agua del rio al mar ya no es directa, sino que es a través de curva, lo que ayuda también a mitigar en el caso contrario cuando una ola quiere entrar por el rio hacia arriba.

## 6. Conclusiones

A modo de conclusión se tiene tanto la ciudad Talcahuano como la localidad Dichato que fueron afectadas con un gran grado de destrucción causado por un Tsunami, en Talcahuano la perdida fue de  $172.258 m^2$  de superficie construida y para Dichato la perdida fue de  $61.960 m^2$  de superficie construida. Estas se han sabido recuperar de manera eficiente en este proceso de reconstrucción preocupándose a su vez de la población y de que futuros eventos de estas magnitudes vuelvan a ocurrir, en algunas zonas con un proceso de mitigaciones tales como: barreras o construcciones anti-tsunamis. Todo esto para así poder vivir con tranquilidad ya que existen medidas de mitigación en caso de desastres naturales como tsunamis.

Un proceso importante fue la respuesta, ya que se detectó una rápida reconstrucción provisoria, debido al daño que las construcciones o viviendas sufrieron. Luego de esto la etapa de recuperación se registra a través de los años, detectando nuevas construcciones, edificaciones, etc.

Este estudio también dejó en evidencia que sectores estaban más vulnerables a sufrir daño provocados por tsunami, ya que en estos el grado de destrucción fue mayor, también sirve para detectar zonas de riesgo ya que se evidencia la perdida de viviendas en algunos sectores de la zona de estudio, con la finalidad de crear información para una planificación a futuro, ya que no estamos libres de que vuelvan a ocurrir desastres naturales como este del año 2010.

Esta metodología empleada se puede ocupar para realizar medidas preventivas para futuros desastres y ver las falencias que tenemos dentro de cada ciudad o comunidad

afectada por desastres, además entrega otra vista a lo que realmente se hace en cuanto a reconstrucciones, ya que una cosa es decir que se va hacer y otra es hacerlo.



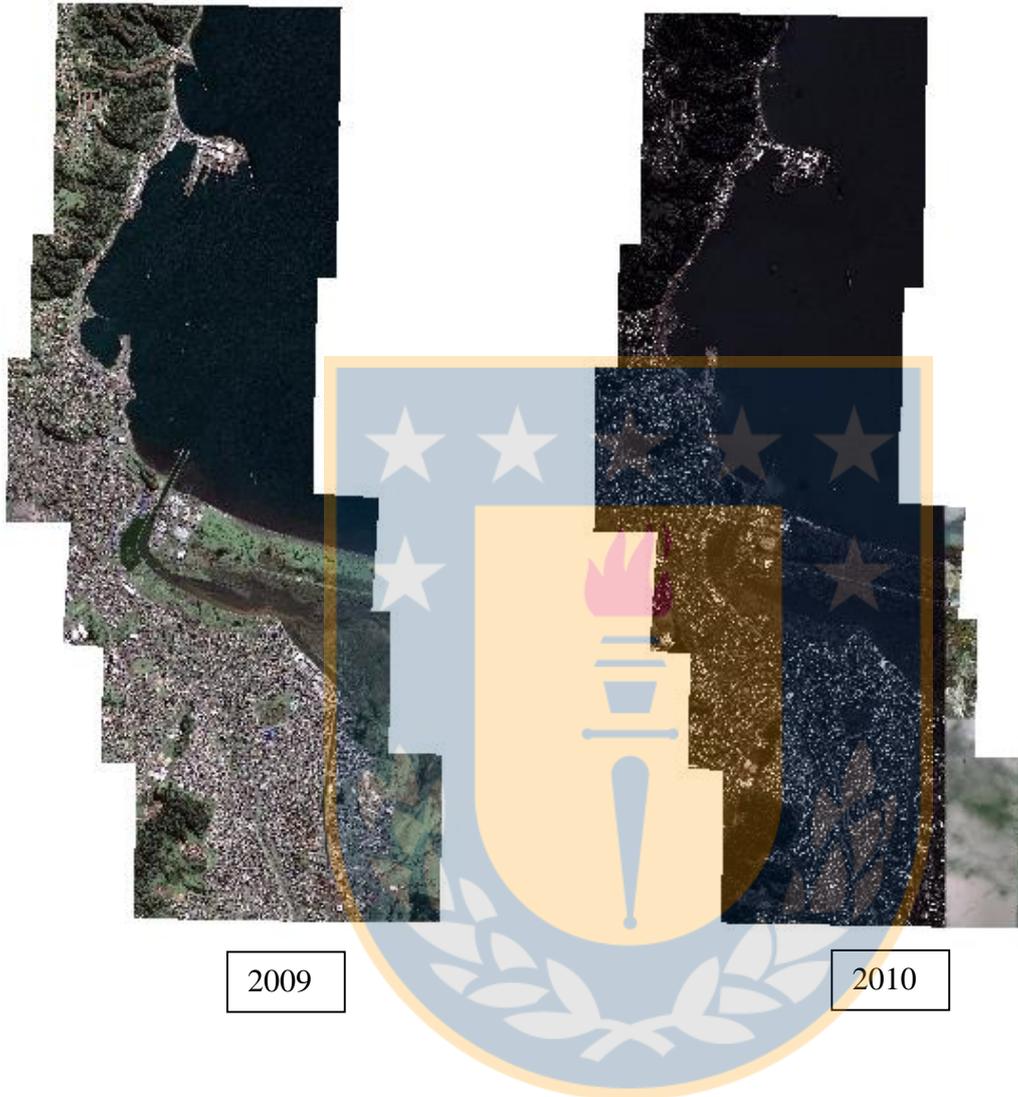
## 7. Referencias

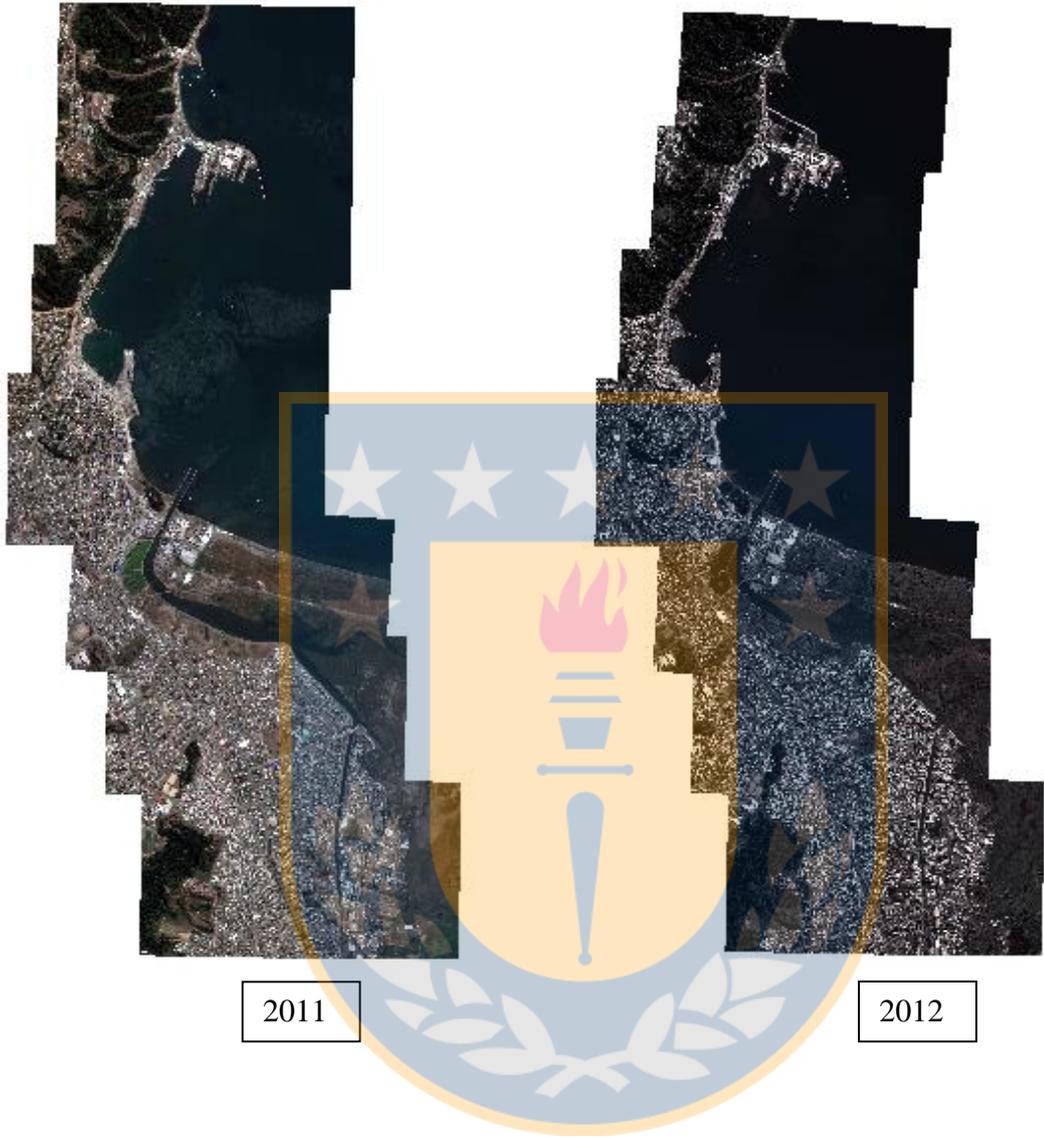
- Ayala-Carcedo, Francisco (1993). "*Estrategias para la reducción de desastres naturales*", Investigación y Ciencia 200: 6-13.
- Ayala-Carcedo et al. (1988). *Riesgos Geológicos*, Madrid; Instituto Geológico y Minero de España.
- Brain, I., & Mora, P. (2012). *Emergencia y reconstrucción: el antes y después del terremoto y tsunami del 27F en Chile*.
- Bryant, E. (2014). *Tsunami: The underrated hazard*. *Tsunami: The Underrated Hazard*, (m), 1–222.
- Camus, P., Arenas, F., & Lagos, M. (2016). *Visión histórica de la respuesta a las amenazas naturales en Chile y oportunidades de gestión del riesgo de desastre* 1, 20, 9–20.
- Cereceda, P., Errázuriz, A.M. y Lagos, M. (2011). *Terremotos y Tsunamis en Chile*. Origo Ediciones, Santiago
- Contreras, M., & Winckler, P. (2013). *Casualties, housing, infrastructure and vessel losses due to the February 27, 2010 Chile tsunami on the central coast of Chile*. *Obras Y Proyectos* 14, 14, 6–19.
- Koshimura, S., & Matsuoka, M. (2010). *Searching Tsunami affected Area by the 2010 Chilean Earthquake Tsunami by Integration of Tsunami Numerical Model and Satellite Images*. *Proceedings of 8th International ...*, 1–5.
- Levin, B. and Nosov, M. (2009). *Physics of Tsunami*. Springer

- Madariaga, R. (1998). *Sismicidad de Chile*. Física de La Tierra, 10, 221–255.
- Mardones, María y Vidal, Claudia. *La zonificación y evaluación de los riesgos naturales de tipo geomorfológico: un instrumento para la planificación urbana en la ciudad de Concepción*. EURE (Santiago). 2001, vol.27, n.81, pp.97-122.
- MINVU (2010). *Plan de Reconstrucción MINVU “Chile Unido Reconstruye Mejor”*. Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Gobierno de Chile, 3era edición
- MONGE, J. (1993): *Estudios de riesgo de tsunami en costas chilenas*. Santiago, Chile. *Jornadas chilenas de Sismología en ingeniería antisísmica*, V.2. 1993, pp. 3-22.
- (OEA), D. de D. R. y M. A. (1993). *Percepcion remota en la evaluacion de peligros naturales*. (pp. 1–9). Washington, D.C, US.
- Ponvert-Delisle, D. R., Kelly, F. S., & Reyes Alonso, I. (2012). *Las técnicas geomáticas aplicadas en la agricultura: El catastro agrícola*. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 21(4), 84–92.
- Rodríguez, Z. (2009). *Plan de gestión de riesgos: una propuesta desde la universidad de carabobo para los municipios en el estado aragua, venezuela*. Comunidad y Salud, 7(1), 46-56.
- Selvaraj, J. J., Rajasekharan, M., & Guzmán, Á. I. (2009). *Aplicaciones de los sistemas de información geográfica y sensores remotos al manejo de pesquerías marinas y desafíos para su desarrollo en Colombia*. Bol. Invest. Mar. Cost., 38(1), 105–120.
- Vargas, J. E. (2002). *Políticas públicas para la reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres naturales y socio-naturales*.

## 8. Anexos

### Mosaicos Talcahuano





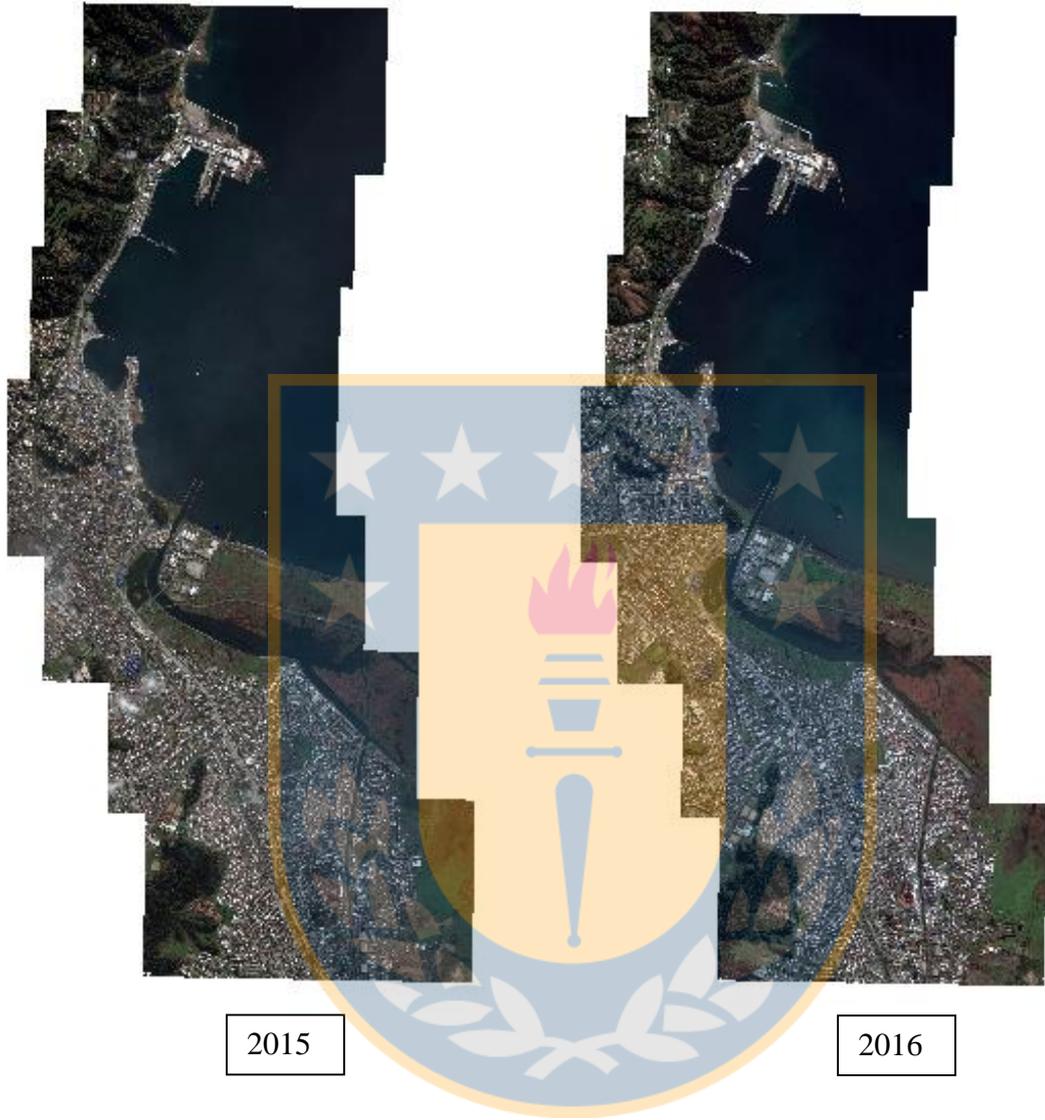
2011

2012

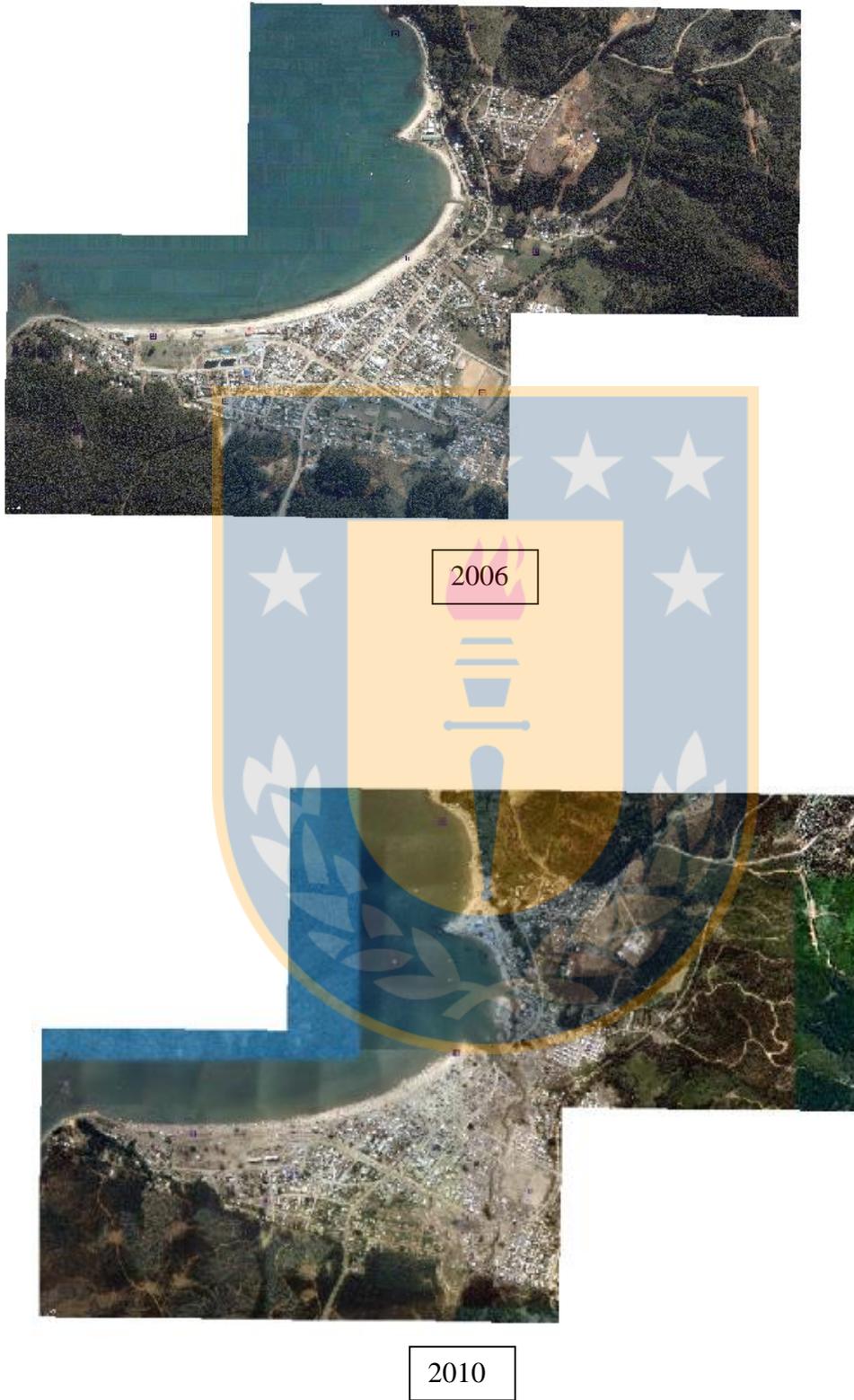


2013

2014

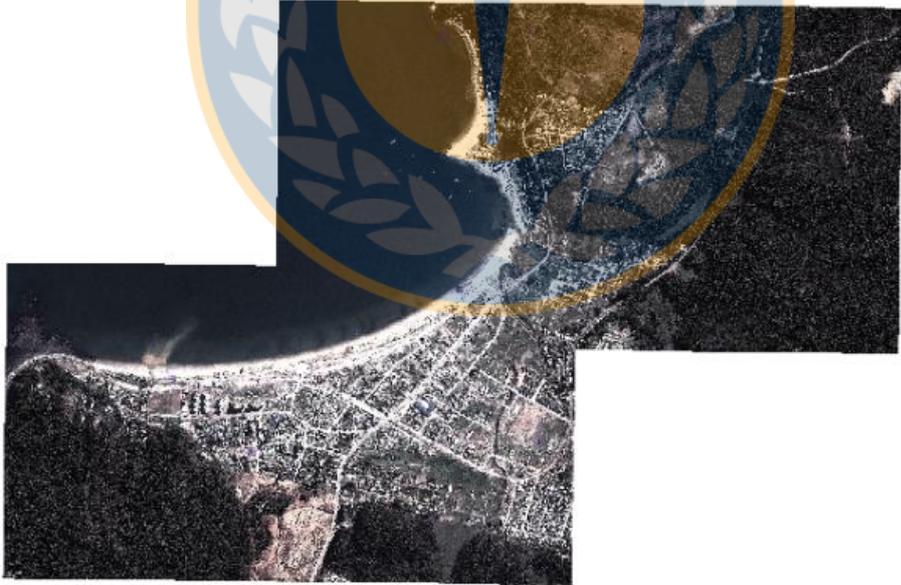


# Mosaicos Dichato





2012



2013



2014

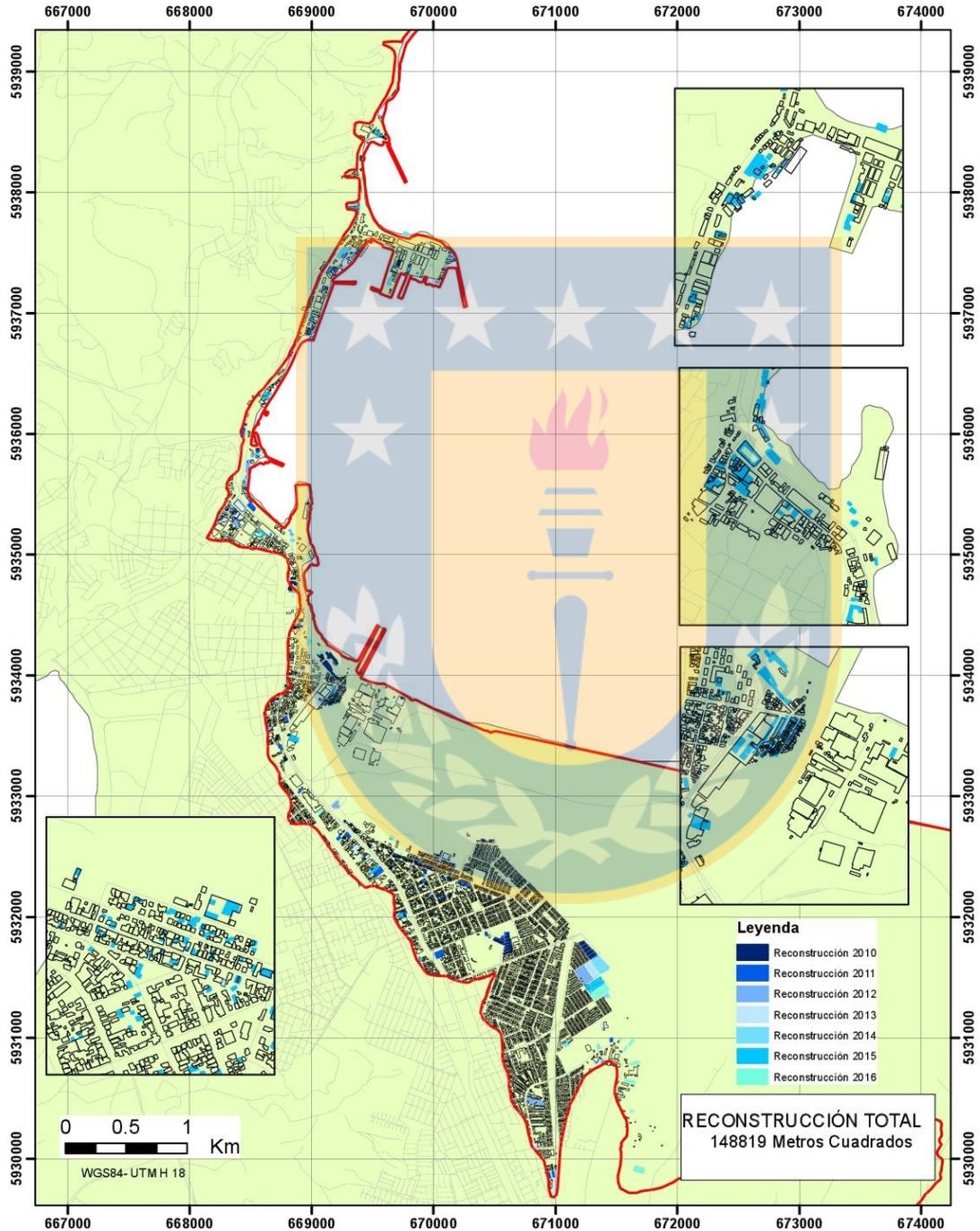


2015



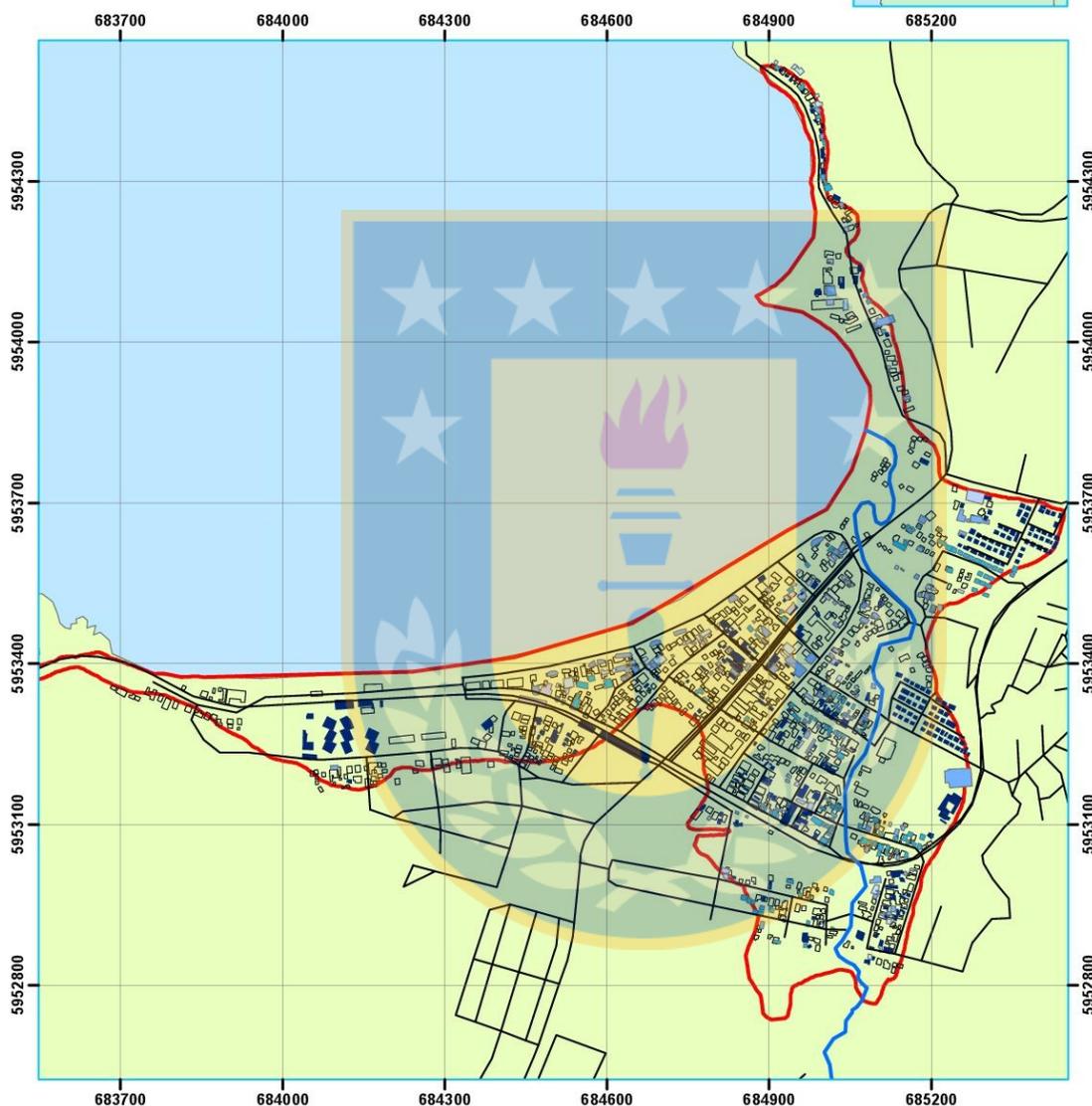
# Catastros Temporales de reconstrucción en Talcahuano

## CATASTRO DE TALCAHUANO RECONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS Y EDIFICACIONES DESDE 2010 A 2016



# Catastros Temporales de reconstrucción en Dichato

## CATASTRO DE DICHATO RECONSTRUCCIÓN DESDE EL AÑO 2012 AL 2016



0 100 200 400 Metros

WGS84- UTM H 18S

### Legenda

- Reconstrucción 2012
- Reconstrucción 2013
- Reconstrucción 2014
- Reconstrucción 2015
- Reconstrucción 2016
- Rio Pingüeral
- Area de Inundación

RECONSTRUCCIÓN TOTAL  
58338 Metros cuadrados