

UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

Profesor Patrocinante: Carmen González Labbé

**“CATASTRO DE TALUDES DEL
SECTOR SUR DE LA COMUNA DE
CHIGUAYANTE”**

PROYECTO DE TÍTULO PRESENTADO EN CONFORMIDAD A LOS REQUISITOS PARA
OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

RONALD KURZ MUNDACA

CONCEPCIÓN, NOVIEMBRE DE 2019

Contenido

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES..... 5

1.1 Objetivos 5

1.2 Identificación y justificación del problema 6

1.3 Alcances del tema 6

CAPÍTULO 2: MARCO CONCEPTUAL 7

2.1 Conceptos Clave 7

2.2 Factores Desencadenantes y Condicionantes 8

2.3 Tipos de movimientos..... 9

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN..... 10

3.1 Métodos de Recolección de la Información. 11

3.2 Métodos de Análisis de la Información 11

3.3 Determinación de la zona de estudio 14

3.4 Criterios selección taludes..... 15

3.5 Almacenamiento información 15

CAPITULO 4: ANÁLISIS Y RESULTADOS 17

CAPÍTULO 5: DISCUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 34

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES 35

REFERENCIAS..... 36

CATASTRO DE LOS PRINCIPALES TALUDES URBANOS DEL SECTOR SUR DE LA COMUNA DE CHIGUAYANTE

Autor: Ronald Kurz Mundaca

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Bío - Bío

Correo electrónico: rkurz@egresados.ubiobio.com

Profesor Patrocinante: Carmen González Labbé

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Bío - Bío

Correo Electrónico: cgonzal@ubiobio.cl

Resumen

La comuna de Chiguayante se sitúa a orillas del Río Biobío, limita al este con la cordillera de la costa (Cerro Manquimávida) mientras que al sur con la comuna de Hualqui. El Aumento de la población urbana ha llevado al emplazamiento de viviendas en cercanías de grandes taludes naturales, exponiéndolas a una mayor susceptibilidad de ser afectadas por eventos de remoción en masa.

La comuna cuenta con antecedentes de estos fenómenos, como el ocurrido el año 2006 en el sector Valle de la piedra I donde fallecieron 10 personas producto de un deslizamiento ocurrido luego de intensas precipitaciones.

A raíz de lo anterior surge la necesidad de un levantamiento de información que establezca la susceptibilidad que estos taludes tendrán a un evento de deslizamiento y que permita la toma de decisiones por parte de vecinos y autoridades de la comuna

Para llevar a cabo el catastro se realizó una clasificación UCSC a cada talud, junto con una topografía y un análisis visual que contempla aspectos como: erosión, vegetación, intervenciones. Además de un análisis de estabilidad a partir de la geometría y características de un talud en

particular. El análisis de la información será realizado utilizando la metodología del árbol de problemas y objetivos, con el fin de dilucidar de mejor manera las principales causas de la susceptibilidad a remoción en masa de cada talud.

Datos obtenidos dejan en evidencia un avance progresivo de la erosión hídrica junto con una falta de intervenciones en los taludes con un mayor grado de deterioro, del mismo modo se aprecia una falta de información por parte de vecinos referente a la mantención de sus taludes.

Palabras claves: Taludes, erosión hídrica, remoción en masa

4719 Palabras Texto + Figuras/Tablas*250 + XX Figuras/Tablas*500 = ZZ Palabras Totales

CADASTRE OF THE MAIN URBAN SLOPES IN THE SOUTH AREA OF THE COMMUNE OF CHIGUAYANTE

Author: Ronald Kurz Mundaca

Department of Civil and Environmental Engineering, Universidad del Bío - Bío

Email: rkurz@egresados.ubiobio.com

Sponsor Teacher: Carmen González Labbé

Department of Civil and Environmental Engineering, Universidad del Bío - Bío

Email: cgonzal@ubiobio.cl

Abstrac

The commune of Chiguayante is located on the banks of the Biobío River, it borders to the east with the coastal mountain range (Cerro Manquimávida) while to the south with the commune of Hualqui. The increase in the urban population has led to the location of homes near large natural slopes, exposing them to a greater susceptibility to be affected by mass removal events.

The commune has a precedent of these phenomena, such as the one that occurred in 2006 in the Valle de la Piedra sector where 10 people died due to a landslide that occurred after heavy rainfall. As a result of the previous fact, there is a need for a compilation of information that establishes the susceptibility that these slopes will have to a landslide event and that allows decision making by neighbors and communal authorities.

To carry out the cadastre, a UCSC classification was carried out on each slope, together with a topography and a visual analysis that includes aspects such as: erosion, vegetation, interventions. In addition, a stability analysis based on the geometry and characteristics of a particular slope. The analysis of the information will be carried out using the methodology of the tree, of problems and

objectives in order to elucidate in the best way the main causes of the susceptibility to mass removal of each slope. Data obtained show a progressive progress in water erosion along with a lack of interventions in the slopes with a greater degree of deterioration, in the same way there is a lack of information from neighbors regarding the maintenance of their slopes.

Keywords: Slopes, water erosion, mass removal

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES

Chiguayante es una de las comunas de la Provincia de Concepción, se encuentra ubicada a orillas del Río Biobío y está limitada al este por la cordillera de la costa. Posee una población que bordea los 82.000 habitantes (INE, 2017) contenidos en una superficie de 1400 hectáreas. Al encontrarse situada bajo los cordones montañosos del cerro Mánquimavida, la localidad se encuentra permanentemente expuesta a fenómenos de remoción en masa.

Los procesos de remoción en masa se definen como aquellos movimientos ladera debajo de una masa de roca, de detritos o suelos por efecto de la gravedad (Cruden, 1991). Uno de estos factores actúa como detonante del proceso de remoción y entre los más comunes, están los movimientos sísmicos y las precipitaciones intensas (Wieczorek, 1996).

Mirando hacia el futuro, el cambio climático conllevará una mayor intensidad en eventos climáticos extremos, como ciclones, lluvias intensas y vientos fuertes (Reporte IPCC, 2019), cuyos fenómenos son conocidos por influir directamente en la ocurrencia de deslizamientos

En la actualidad hay registros sobre la ocurrencia de remociones en masa dentro de la zona urbana de Chiguayante donde se destacan dos tipos de movimientos: Desplazamientos rotacionales y flujos de detritos (material fino). Sobre todo, en quebradas de altas pendientes y compuestas de granito meteorizado (SERNAGEOMIN, 2010)

A raíz de lo anterior, y por medio del catastro se busca el levantamiento de información que permita la correcta toma de medidas que apunten a mitigar el riesgo de remociones en masa

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General

Generar un levantamiento de información de taludes pertenecientes al sector sur de la comuna de chiguayante a partir de una caracterización visual, un levantamiento topográfico realizado con estación total y una clasificación de suelo (USCS) realizada en laboratorio

1.1.2 Objetivos Específicos

- Identificar los factores que afecta la estabilidad de los taludes catastrados.
- Recomendar medidas de prevención ante los riesgos a los cuales se expone la población según el estado actual de los taludes catastrados
- Elaborar un registro disponible y actualizable de los datos relevantes obtenidos mediante el catastro

1.2 Identificación y justificación del problema

La escasez de terrenos planos ha obligado a emplazar viviendas en cercanías del cordón montañoso de la comuna, lo que ha significado un aumento en la posibilidad de ser afectados por fenómenos de remoción en masa. Históricamente la comuna se ha visto afectada por deslizamientos de tierra, siendo el más recordado el ocurrido en el año 2006, donde fallecieron 10 personas. (ONEMI, 2006) La comuna descansa sobre depósitos fluviales de arena (SERNAGEOMIN, 2012), los cuales poseen una gran susceptibilidad a ser afectados por la acción de las precipitaciones (Tayupanta,1993).

El levantamiento de información hecho a partir del catastro permitirá identificar el o los factores críticos que afectan a la estabilidad de los taludes catastrados, para así poder proponer medidas puntuales que apunten a mitigar el riesgo presente en cada uno (taludes)

De acuerdo a una revisión de la literatura y estudios disponibles, no se identifica un catastro técnico de los principales taludes existentes en la comuna de Chiguayante. Por tanto, existe una falta de conocimiento respecto a sus riesgos, factores determinantes y potenciales soluciones que permitan a las autoridades y/o población de gestionar o mitigar de manera efectiva los riesgos asociados

1.3 Alcances del tema

La toma de datos se concentrará en el sector sur de Chiguayante, correspondiente a la población, Valle de la piedra I y II, Valle el sol, Villa Lican Rayén, Todas pertenecientes al sector sur de la comuna de chiguayante

Se evaluarán en total 7 taludes, el catastro contempla para cada talud: una caracterización visual, clasificación USCS y un levantamiento topográfico con estación total para 3 de los 7 taludes.

Dentro de los materiales para llevar a cabo el catastro se cuenta con:

- Huinchas
- Estación total modelo TOPCON
- Dron modelo Dji Spark

CAPÍTULO 2: MARCO CONCEPTUAL

Para el óptimo levantamiento de información y posterior análisis de los datos obtenidos en terreno, toma importancia conocer cuáles son los factores que afectan directa o indirectamente en la ocurrencia de deslizamientos, con el fin de poder explicar cuál es la mecánica de ocurrencia de las remociones en masa en la comuna de Chiguayante. También, se revisarán los tipos de movimientos que provee la literatura para entender el origen de los modos de falla que se observarán durante el catastro

2.1 Conceptos Clave

2.1.1 Talud

Un talud es toda superficie inclinada con respecto a la horizontal, que han de adoptar permanentemente las estructuras de tierra. Dependiendo si su origen es producto de la acción de agentes naturales o debido a la intervención humana, éstos se clasifican en taludes naturales o artificiales, en la siguiente figura se pueden visualizar los distintos componentes tanto para un talud natural como uno artificial.

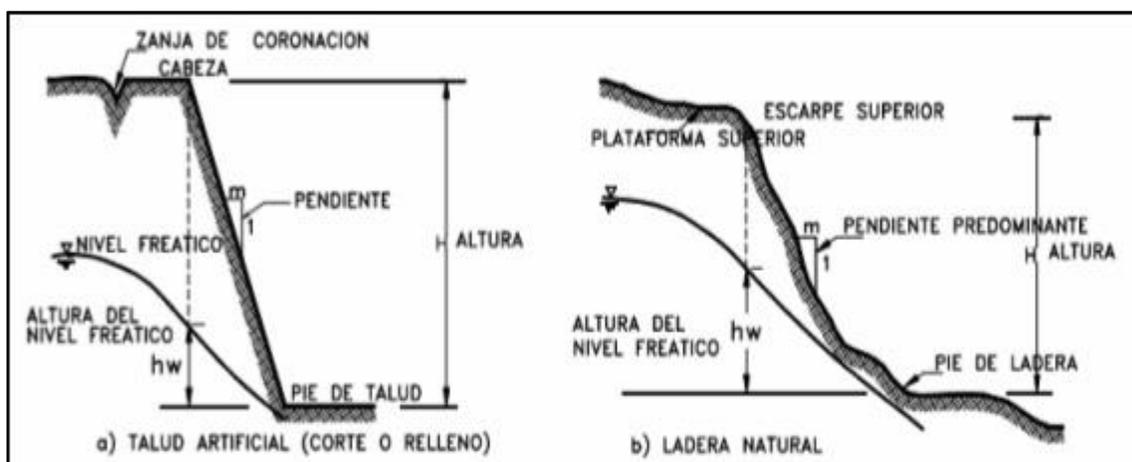


Figura 1. Laderas artificiales y naturales junto con sus respectivas partes

Fuente: Suarez, 1998

2.1.2 Catastro

La acción de catastrar corresponde a realizar un levantamiento de información de distinta índole, para luego proceder a un análisis y almacenamiento de esta.

2.1.3 Remoción en masa

Los fenómenos de remoción en masa son procesos de transporte de material definidos como procesos de “movilización lenta o rápida de determinado volumen de suelo, roca o ambos, en diversas proporciones, generados por una serie de factores” (Hauser, 1993). Estos movimientos tienen carácter descendente ya que están fundamentalmente controlados por la gravedad (Cruden, 1991).

2.1.4 Erosión

La erosión es el desgaste o denudación de suelos y rocas que producen distintos procesos en la superficie de la Tierra. La erosión implica movimiento, transporte del material, en contraste con la alteración y disgregación de las rocas, fenómeno conocido como meteorización y es uno de los principales factores del ciclo geográfico. Entre los agentes erosivos están la circulación de agua o hielo, el viento, o los cambios térmicos. La erosión produce el relieve de los valles, gargantas, cañones, cavernas y mesas, y puede ser incrementada por actividades humanas.

2.1.5 Geomorfología

Es la ciencia que estudia las formas de la corteza terrestre. Con este nombre se suele designar la ciencia que estudia el origen y la evolución de la tierra firme

2.2 Factores Desencadenantes y Condicionantes

Si bien se han identificado los principales factores que influyen en la ocurrencia de deslizamientos, la mayoría de estos obedecen a condiciones locales como por ejemplo la topografía, o en ocasiones a factores externos, Como un gran terremoto o una obra de vialidad que requiera grandes cortes de terreno. Dentro de los factores existen algunos más preponderantes que otros, pero durante la ocurrencia de un evento de remoción en masa dichos factores se combinan produciendo cuantiosas pérdidas en infraestructura además de vidas humanas.

En la siguiente figura se pueden apreciar los diversos agentes que influyen en la ocurrencia de remociones en masa,

AGENTES	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS
Condicionantes (dependen de las características de la ladera)	Morfología y Topografía	El relieve influye en la estabilidad, a mayor pendiente y altura aumenta el efecto gravitacional.
	Geología y características de los suelos superficiales	El tipo de roca, grado de alteración y meteorización, presencia de discontinuidades (grietas, fracturas, fallas), planos estratigráficos, porosidad, permeabilidad, propiedades físicas y mecánicas (resistencia y deformación), y estado de esfuerzos.
	Condiciones hidrogeológicas	El agua en el interior del terreno disminuye la resistencia cortante al aumentar la presión intersticial, además incrementa el peso volumétrico del terreno con el consiguiente aumento en los esfuerzos actuantes.
	Vegetación	Las raíces fijan los suelos superficiales a los estratos de roca más resistentes ubicados a mayor profundidad, absorben el agua contenida en el suelo y atenúan la erosión superficial al mitigar el impacto de las gotas de lluvia y reducir la velocidad de escurrimiento.
Desencadenantes (factores externos responsables de la inestabilidad)	Lluvias	Su efecto depende de la intensidad, duración y distribución de la lluvia; puede ocasionar disolución de cementantes y rotura de capilaridad, además influye directamente en factores condicionantes como la meteorización y el nivel de agua subterránea.
	Terremotos	Las vibraciones sísmicas originan fluctuaciones en el estado de esfuerzos en el interior del terreno y pueden originar todo tipo de movimientos (caídos, deslizamientos, flujos, avalanchas, etcétera), dependiendo además de la magnitud del sismo y la distancia al epicentro.
	Vulcanismo	Las erupciones volcánicas pueden originar deslizamientos o avalanchas de derrubios de gran magnitud y velocidad en las laderas de los conos volcánicos; además que el deshielo de las partes altas puede originar flujos rápidos.
	Congelación y deshielo	Factores climáticos que afectan principalmente a regiones frías; este fenómeno produce expansiones, contracciones e infiltración de agua en fisuras y grietas.
	Erosión y socavación	Incluye la acción erosiva de ríos y oleaje, produciendo los siguientes efectos: - Socavación del material en el pie de la ladera que modifica el estado tensional y aumenta las fuerzas cortantes actuantes. - El deslizamiento puede embalsar un río y después romper subitamente.
Actividad humana	Influye en la estabilidad al cambiar la geometría de la ladera por excavaciones, construcción de caminos y presas, sobrecargas debido a estructuras, terraplenes o rellenos, voladuras, etc.; además, estas obras en general cambian las condiciones hidrogeológicas al alterar el drenaje superficial afectando el nivel freático y el flujo natural de escurrimiento. También se incluye la deforestación como una de las actividades humanas que más influencia negativa tiene en la estabilidad de una ladera.	

Figura 2. Factores que intervienen en la estabilidad de taludes

Fuente: Revista elementos N°84, Vol. 18.

2.3 Tipos de movimientos

Las clasificaciones de movimientos de ladera más aceptadas se basan en las características cinemáticas de los movimientos, es decir, en las formas de propagarse que tiene el material, ya sea suelo o roca. Para identificar dicho mecanismo actuante es necesario acudir a detalladas observaciones geomorfológicas, geométricas y al análisis de los desplazamientos en superficie y en profundidad. Solo en situaciones particulares se cuenta con tal nivel de información y la identificación del mecanismo se realiza casi exclusivamente a partir de la forma de la masa movida. Ésta, no siempre permitirá una adecuada diagnosis por cuanto que mecanismos distintos pueden generar formas parecidas. Todas las clasificaciones coinciden en la existencia de, al menos, cinco mecanismos principales, que son: desprendimientos, vuelcos, deslizamientos, expansiones laterales y flujos. (ver Anexo A).

Como se mencionó en el acápite anterior, informe de Sernageomin menciona la susceptibilidad posee la comuna a los movimientos del tipo rotacional y aluviones (flujos), donde se destaca el ocurrido el año 2006 donde perdieron la vida 10 personas



Figura 3. Aluvión que afectó a viviendas del sector Valle de la piedra I

Fuente: Registro fotográfico Cuerpo de Bomberos de Chiguayante.

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Los taludes seleccionados para la realización del catastro se concentran principalmente en el sector sur de la comuna de Chiguayante, puesto que históricamente y por información de la municipalidad corresponde a la zona que más se ve afectada por deslizamientos en época de invierno (Peña, 1995) ocasionalmente, por intensos periodos lluviosos en cortos periodos de tiempo. Como el ocurrido en el año 2006 donde el temporal alcanzó la cifra de 400 mm caídos en un periodo de 48 horas (ONEMI, 2006), La zona de estudio está compuesta por Villa Pradera I y II, Villa Licán Rayen, Villa Blestgana y Valle el Sol.

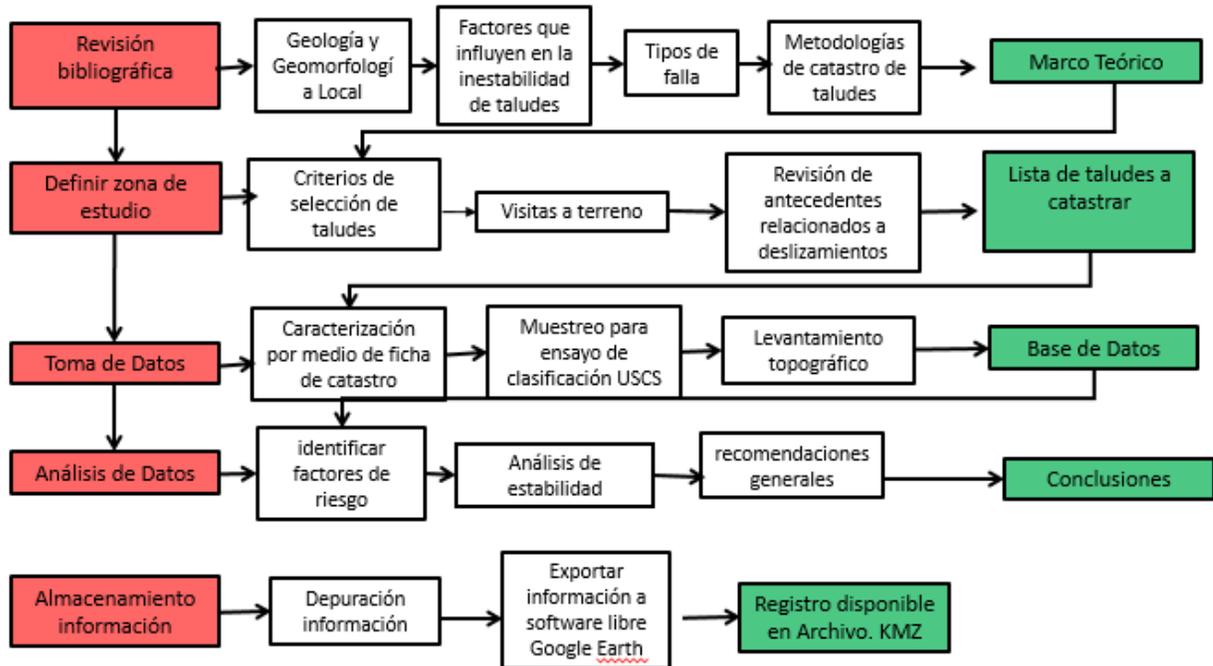


Figura 4. Metodología empleada en el proyecto de título

Fuente: Elaboración propia

3.1 Métodos de Recolección de la Información.

El propósito del catastro es el levantamiento de información que permita una óptima toma de medidas correctivas de los riesgos detectados en cada talud catastrado, es por ello que la toma de datos toma tal relevancia. La información será obtenida a partir de un ensayo de clasificación USCS (Unified Soil Classification System) para los 7 taludes, un levantamiento topográfico con estación total para un talud en particular y una caracterización visual para todos los taludes, el detalle y desglose de la ficha se encuentran en el Anexos A

3.2 Métodos de Análisis de la Información

El segundo aspecto a considerar luego de la captura de datos es el procesamiento y análisis de estos, cuyo fin es identificar los factores que contribuyen directamente a la probabilidad de ocurrencia de una remoción en masa.

3.2.1 Análisis mediante árbol de causa y efectos

Él método consiste en la identificación de un problema central, el cual irá acompañado de dos ramificaciones, una donde se estudiarán los efectos que se aprecian del problema en cuestión

(cárcavas, surcos, falta de vegetación) y, en segundo lugar, una ramificación que derive en las causas asociadas a los efectos apreciados

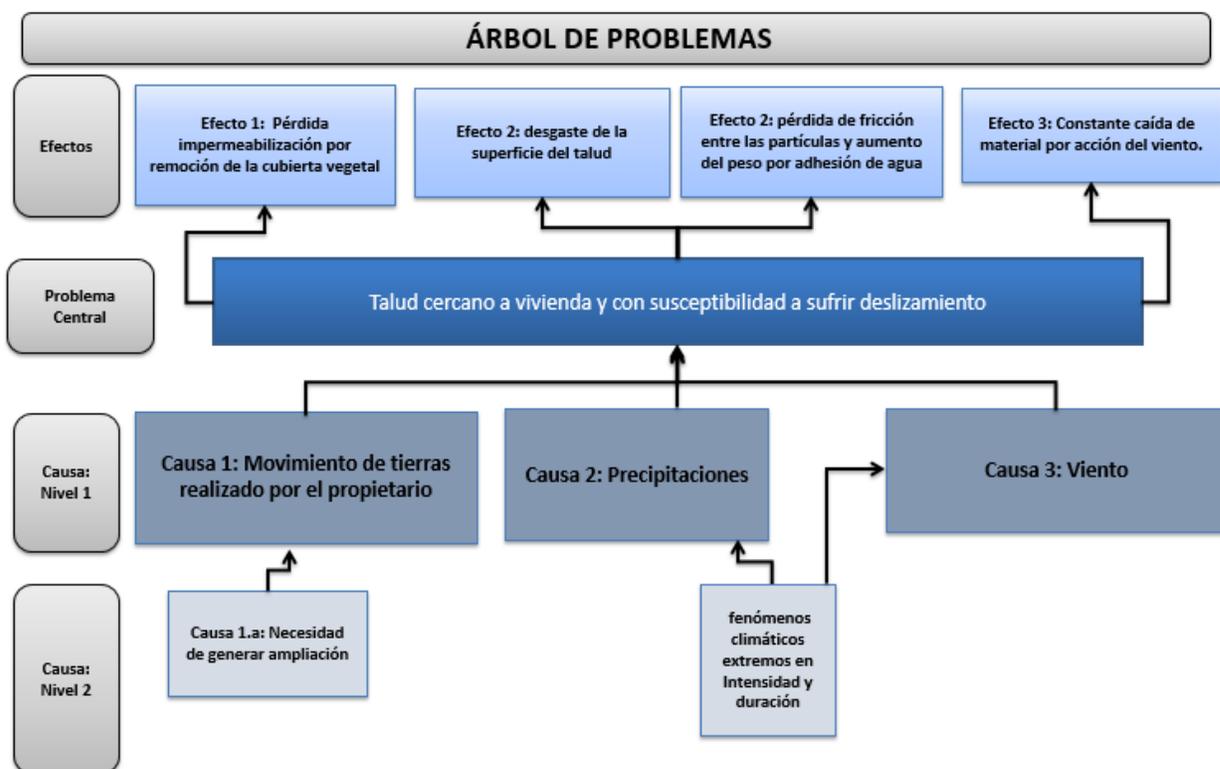


Figura 5. Ejemplo de un esquema Causa efecto, representado por medio de un árbol de problemas.

Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Método equilibrio límite

Es importante destacar que los expertos de la época desarrollaron métodos de cálculo, basados en la aplicación de las leyes básicas de la estática para determinar el estado de equilibrio de una masa de terreno potencialmente inestable, Como el nombre lo señala estos métodos se basan netamente en el equilibrio de fuerzas y momentos obtenidos a partir de los pesos involucrados en la modelación de la superficie de falla del talud. Respecto de una superficie de falla. Para comenzar, se deben plantear las ecuaciones de equilibrio entre las fuerzas que tienden a provocar el deslizamiento y las resistentes (Fuerza de fricción o cohesión) que se contraponen a la componente de Peso. Los análisis proporcionan el valor del FS del talud para la superficie analizada. Una vez evaluado el FS de la superficie supuesta, es necesario analizar otras superficies de rotura, cinemáticamente posibles, hasta encontrar aquella que tenga el menor FS. El modelo de las fuerzas

que actúan queda representado en la Figura N°00. No obstante, el método asume la ausencia de deformaciones y FS constante en toda la superficie de falla.

En general, este tipo de método considera las siguientes hipótesis:

- El FS asociado a un determinado talud, es constante para toda la superficie de falla,
- La resistencia al corte del suelo estudiado satisface el criterio de Mohr - Coulomb
- Al momento de la falla la resistencia al corte del suelo se desarrolla con una magnitud constante en toda la superficie de rotura.

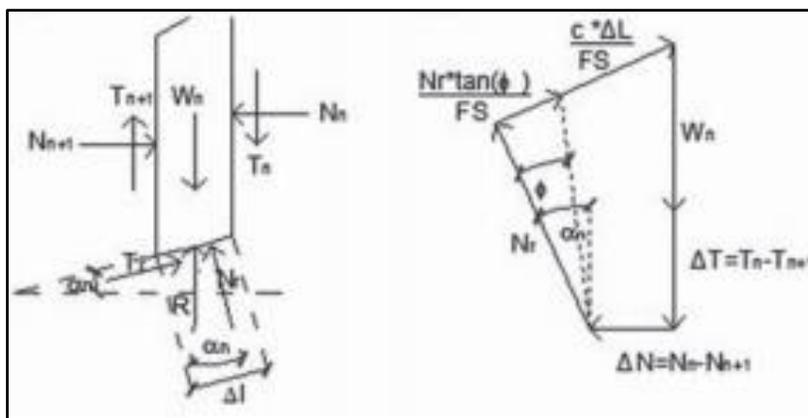


Figura 6. Esquema de las fuerzas que actúan sobre la partícula de suelo

Fuente: Sanhueza et al, 2011

Para la obtención de la superficie, se importaron los puntos tomados del levantamiento topográfico al software Civil 3d. Luego se tomó un alineamiento vertical representativo, para finalmente generar un Archivo con extensión DXF que contiene el perfil del talud a analizar.

Una vez obtenida la sección DXF se procederá a importarla al software GEOSLOPE, donde se realizó el análisis de estabilidad utilizando el método de Bishop

Al no contar con los parámetros geotécnicos pertinentes que permitan realizar un análisis de estabilidad, se utilizarán valores referenciales para proceder (Tabla N° 1)

Tabla 1. Valores de Referencia para Distintos Tipos de Suelo (Geodata, 2013)

Tipo de suelo	Cohesión (Kg/cm ²)	Ángulo fricción (Rango)
Arena limosa compactada (SM)	0,2-0,5	30-37
Arenas limpias (SP)	0	30-39
Grava bien graduada (GW)	0	33-42
Arcillas de alta plasticidad (CH)	0,25-1,2	17-31
Limos de alta plasticidad (MH)	0,2-0,7	23-33

Fuente: Geodata, 2013

además, se fijará el valor del ángulo de fricción y se analizarán 3 casos distintos variando los valores de cohesión con el fin de observar el comportamiento del factor de seguridad mínimo. En la siguiente imagen se puede apreciar la superficie de falla asociada al mínimo factor de seguridad encontrado por el software

Tabla 2. Parámetros Utilizados en el análisis de estabilidad. Elaboración propia.

Parámetro	Magnitud
Ángulo Fricción	30
Cohesión	0,1/ 0,15 / 0,2 (kg/cm ²)
Peso específico natural	1800 kg/cm ³
Peso específico saturado	2100 kg/cm ³
Kv	0,005
Kh	0,2

Fuente: Elaboración propia

3.3 Determinación de la zona de estudio

En relación a la delimitación de la zona de estudio, Se hace un barrido de diversos antecedentes noticiosos con el fin de identificar zonas de recurrencia de deslizamientos, Luego de identificar sectores críticos o recurrentes nombrados en noticias se pasa a la revisión de imágenes satelitales usando el software de licencia libre Google Earth, con él se identificaron de manera previa posibles taludes urbanos que podrían afectar a vivienda. Antecedentes entregados por personal de la Municipalidad de Chiguayante coinciden con las zonas identificadas a partir del barrido de archivos de prensa

La ubicación de los taludes estudiados es registrada y guardada en el Software junto con información de interés del talud. Dicha información podrá ser actualizada.

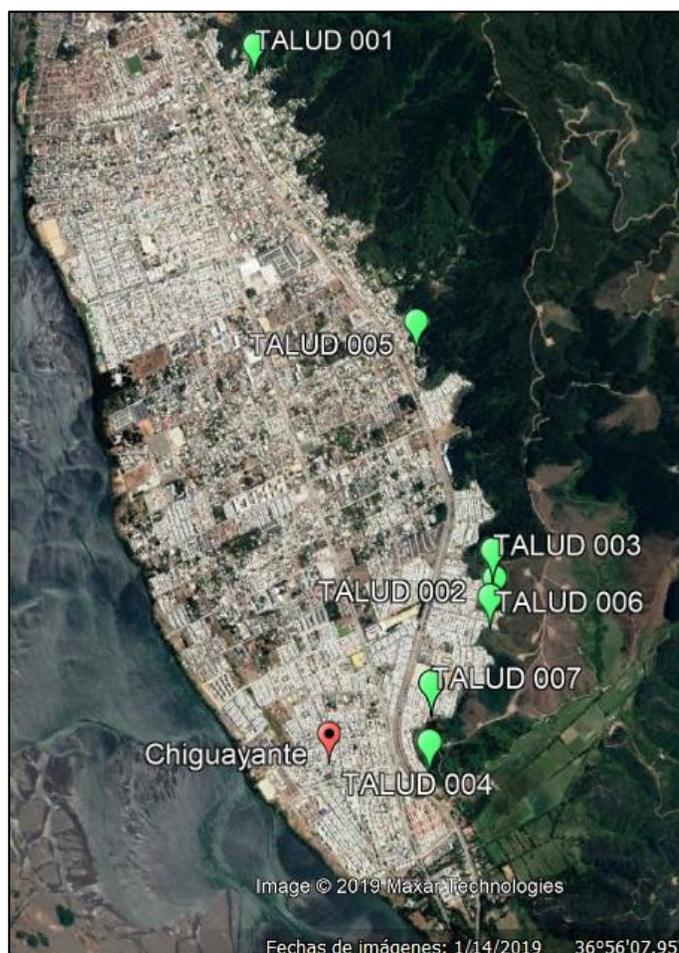


Figura 7. Ubicación taludes catastrados.

Fuente: Google Earth

3.4 Criterios selección taludes

Los taludes a elegir para el estudio deben cumplir con:

- Presentar cercanía con asentamientos urbanos.
- Tener libre acceso al talud, de no ser el caso, contar con el permiso de los dueños y propietarios para la realización del levantamiento de información
- Que la toma de muestras y datos no conlleve un riesgo para la integridad física.

3.5 Almacenamiento información

Dentro de las motivaciones del presente proyecto de título, se encuentra la intención de contribuir a la sociedad a través de la prevención de riesgos geológicos, y desde esta consigna, se buscó la

forma de dar a conocer el registro de datos recolectados, de manera que pueda ser utilizado por las entidades encargadas de tomar las medidas correctivas o preventivas necesarias, y posterior a ello, puedan editar la información según el cambio de las condiciones de cada talud en el tiempo. De esta forma, se ha elegido el programa computacional Google Earth, que permite seleccionar áreas libremente a través de polígonos, el que permite añadir todo tipo de información que el operador estime conveniente, a través de texto e imágenes, para luego crear un archivo con formato Keyhole Markup Language Zipped abreviado. kmz que puede ser compartido entre usuarios.

A continuación, en la Figura 9 se presenta una imagen rescatada de la plataforma Google Earth, en la cual se observa un polígono irregular de color violeta que representa el área comprendida del talud, y un cuadro de texto que muestra la información almacenada en él. La totalidad de la información almacenada en el archivo resultante, se encuentra disponible en el disco compacto que almacena todos los contenidos del presente proyecto de título.



Figura 8. Imagen referencial de registro de datos.

Fuente: Google Earth

CAPITULO 4: ANÁLISIS Y RESULTADOS

El levantamiento de información realizado para cada caso en particular será presentado de manera condensada en una tabla de resumen que refleje los principales datos obtenidos, del mismo modo se expondrán los árboles de problemas y objetivos para cada talud en específico.

Talud 1

Talud originado a partir de un corte realizado por el propietario, con el fin de ganar superficie útil para ampliar su vivienda, producto del movimiento de tierras la cara se encuentra descubierta y con una gran pendiente (ver figura), Además de la información recabada se realizará un análisis de estabilidad



Figura 9. Fotografía aérea del talud.

Fuente: Elaboración propia

4.1 Análisis estabilidad

Como se mencionó en el acápite 3.2.2, se utilizará el método de Bishop para encontrar el factor de seguridad mínimo para el talud, variando los valores de la cohesión. La superficie y factores obtenidos son los que se muestran a continuación.

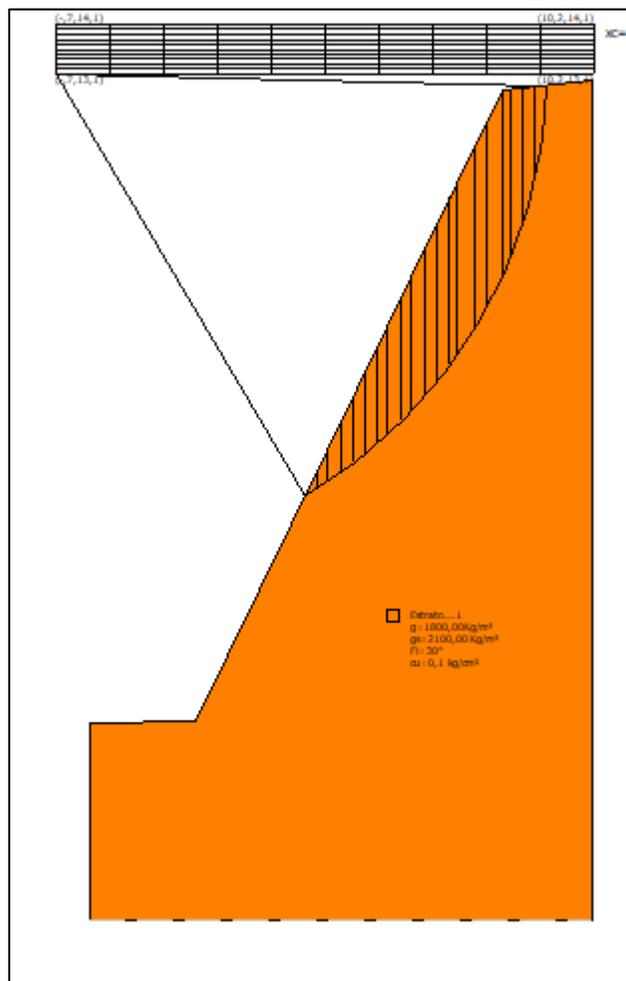


Figura 10. Superficie de Falla de Asociada al Factor de Seguridad Mínimo (Geoslope)

Una vez finalizado el análisis y las distintas iteraciones realizadas, los factores de seguridad obtenidos fueron los siguientes.

Tabla 3. Factores de Seguridad obtenidos. Elaboración propia.

Cohesión (kg/cm ²)	FS mínimo
0,1	0,76
0,15	1
0,2	1,22

Luego de realizado el catastro fueron seleccionados los datos más importantes registrados en la ficha para ser condensados en la siguiente habla de resumen.

Tabla 4. Resumen Información Talud N°1.

UBICACIÓN	Villa Blestgana, Chiguayante
DISTANCIA ASENTAMIENTO URBANO	4 metros
ÁNGULO ELEVACIÓN TALUD	70°
CUBIERTA VEGETAL	0%
CLASIFICACIÓN USCS	SM (Arena limosa)
% FINOS	24%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	7%
ALTURA TALUD	14 metros
INTERVENCIONES	NO

Fuente: Elaboración propia

4.2 Árbol de problemas y objetivos del talud 1

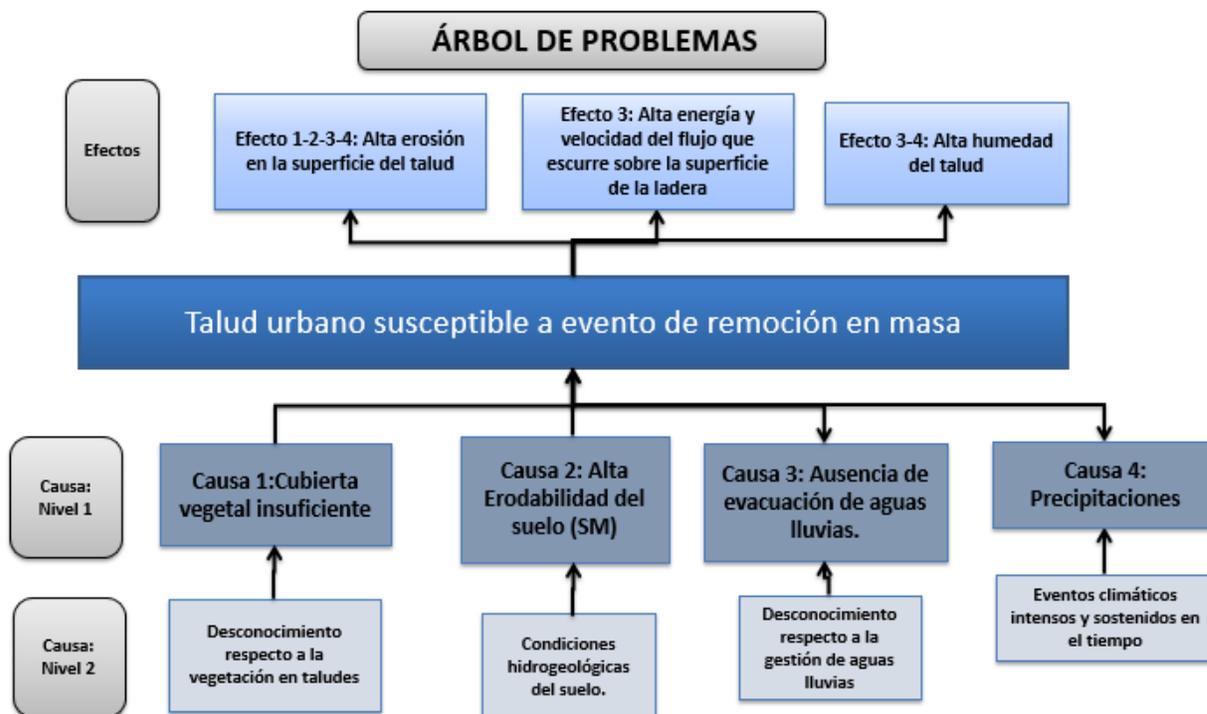


Figura 11. Árbol de problemas para el talud número 1

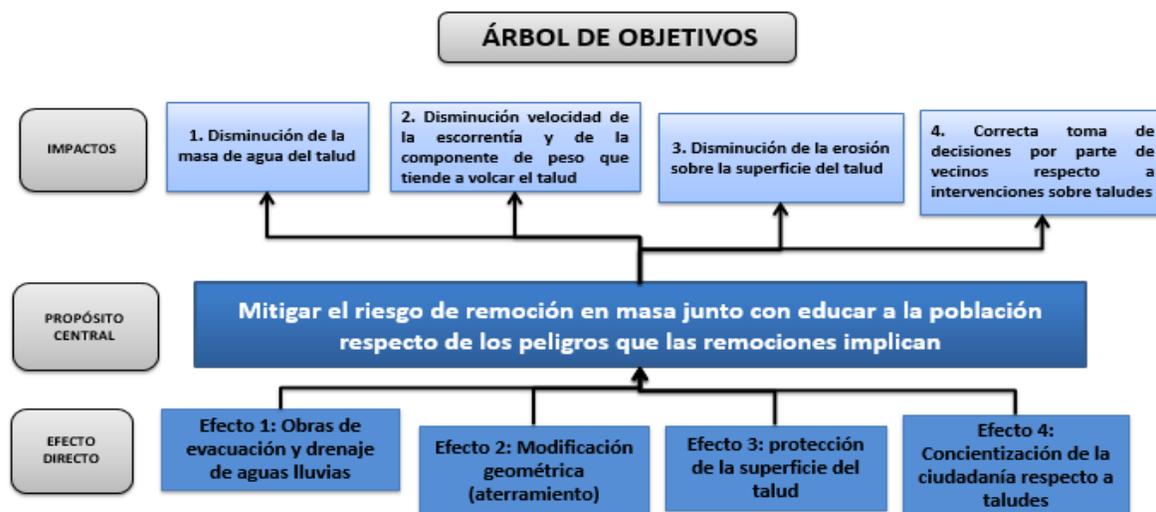


Figura 12. Árbol de Objetivos para el talud número 1

Talud 2

Talud se encuentra fuertemente erosionado a raíz de la cosecha de pinos anticipada realizada por petición de los vecinos aledaños al talud, la principal razón entregada por los habitantes del sector es que los fuertes vientos inclinaban los árboles hasta el punto de tocar el techo de sus viviendas. Como parte de un plan de recuperación de especies nativas, CONAF en colaboración con vecinos del sector plantaron una gran cantidad de especies nativas.’.



Figura 13. Fotografía aérea talud número 2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Resumen Información Talud N°2.

UBICACIÓN	Villa La Pradera 2
DISTANCIA ASENTAMIENTO	2 metros
ÁNGULO ELEVACIÓN TALUD	40°
CUBIERTA VEGETAL	25%
CLASIFICACIÓN USCS	SM (Arena limosa)
% FINOS	35%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	5%
ALTURA TALUD	5 metros
INTERVENCIONES	Plantación nativos

4.3 Árboles de problemas y objetivos del talud 2

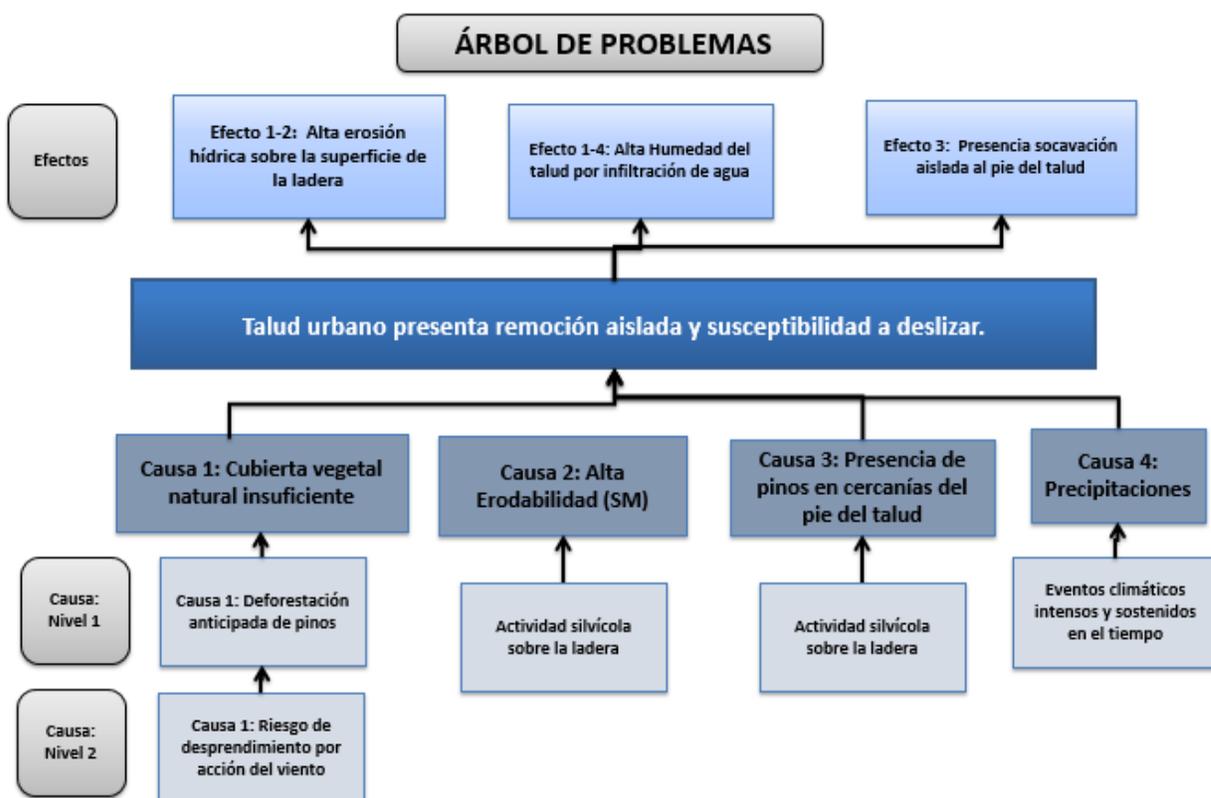


Figura 14. Árbol de Problemas para el talud número 2



Figura 15. Árbol de objetivos para el talud número 2

Talud 3

Talud se encuentra aledaño a un grupo de viviendas, vecinos comentan que en meses de invierno se acumula material hacía el pie del talud, durante las visitas a terreno se pudo constatar la falta de intervenciones (ver figura 15) en cuanto a la redistribución de las aguas lluvias



Figura 16. Talud 3 en terreno.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Resumen Información Talud N°3.

UBICACIÓN	Valle El Sol
DISTANCIA ASENTAMIENTO	Pie del talud choca con casas
ÁNGULO ELEVACIÓN TALUD	40°
CUBIERTA VEGETAL	90%
CLASIFICACIÓN USCS	SM (Arena limosa)
% FINOS	33%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	7%
ALTURA TALUD	3,7 metros
INTERVENCIONES	Pandereta.

4.3 Árboles de problemas y objetivos del talud 3

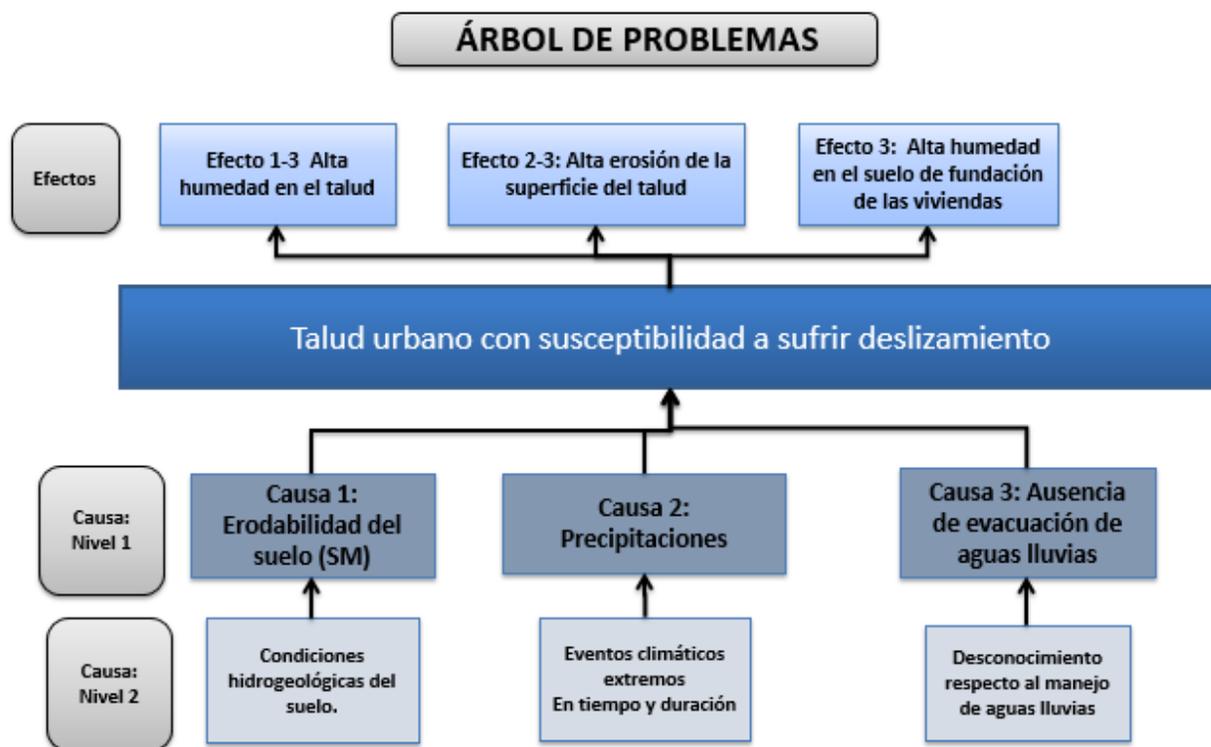


Figura 17. Árbol de Problemas para el talud número 3



Figura 18. Árbol de objetivos para el talud número 3

Talud 4

Talud de gran altura y pendiente se encuentra ubicado en el sector de valle el sol. La ladera colinda con una multi ancha. Sobre el espacio deportivo se halla una gran cárcava la cual se puede apreciar en la figura 18, adicionalmente se puede distinguir el deterioro de la superficie producto de la falta de vegetación. En cuanto a las obras de mitigación presentes, solo se constató la presencia de un canal de evacuación hacia el pie del talud.

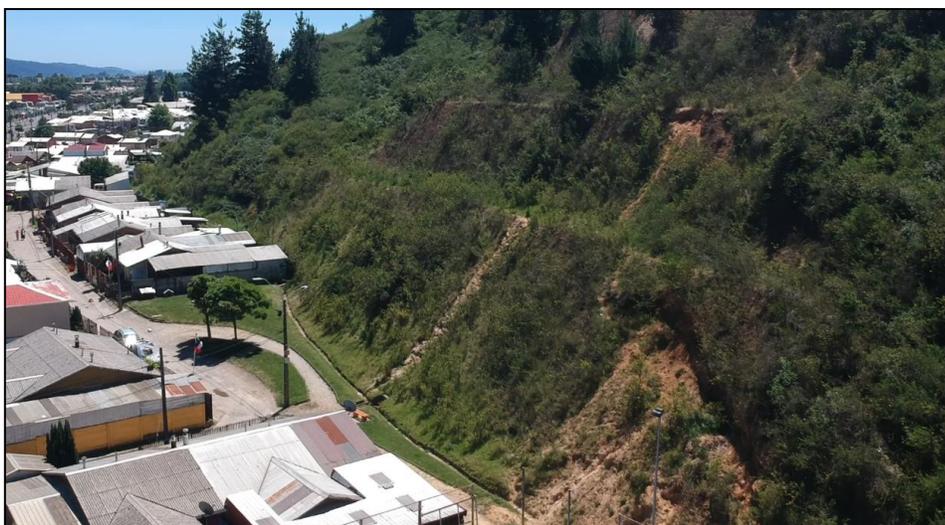


Figura 19. Fotografía aérea del talud 4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Resumen Información Talud N°4.

UBICACIÓN	Valle el Sol
DISTANCIA ASENTAMIENTO URBANO	Pie del talud choca con casas
ÁNGULO ELEVACIÓN TALUD	38°
CUBIERTA VEGETAL	80%
CLASIFICACIÓN USCS	SM (Arena limosa)
% FINOS	13%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	6%
ALTURA TALUD	11,3 metros
INTERVENCIONES	Canal de evacuación

4.4 Árbol de problemas y objetivos talud 4

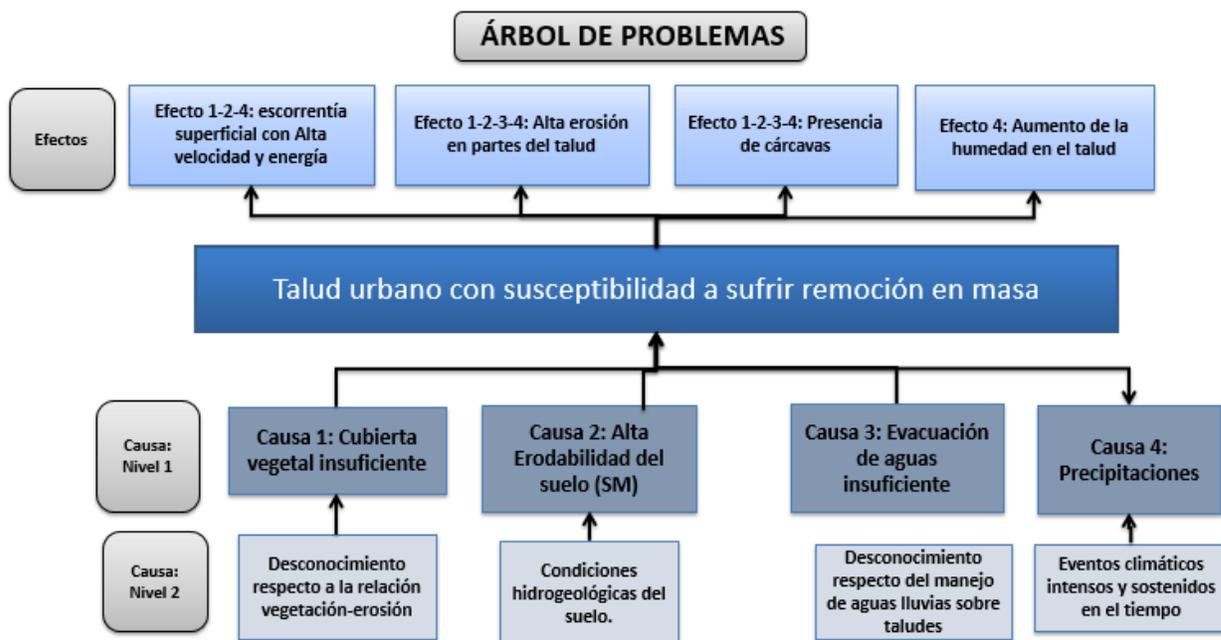


Figura 20. Árbol de problemas para el talud número 4



Figura 21. Árbol de objetivos para el talud número 4

Talud 5

Talud generado a partir movimientos de tierra realizado por el propietario. En la actualidad se encuentra desprovisto de cubierta vegetal con el fin de dar seguridad ante algún incendio forestal, ya que en verano las casas emplazadas en cercanías a grandes taludes forestales se exponen a un riesgo mayor a ser afectadas por estos siniestros. En cuanto a obras de mitigación encontradas, se encuentra un murete hecho a partir de neumáticos

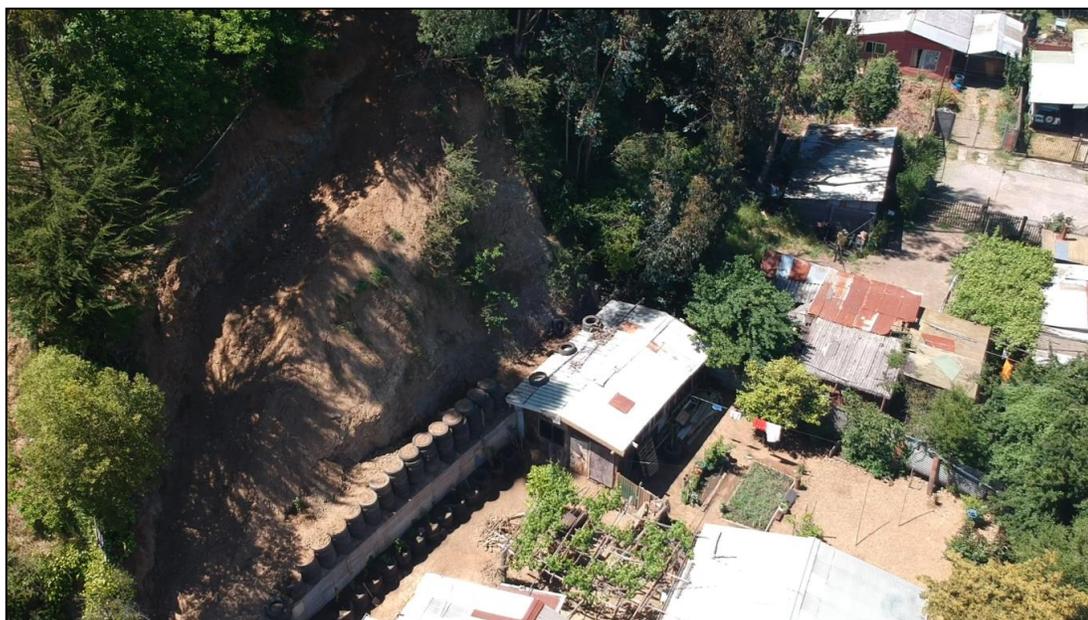


Figura 22. Fotografía aérea talud número 5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Resumen Información Talud N°5.

UBICACIÓN	Villa Lican rayen
DISTANCIA ASENTAMIENTO URBANO	Pie del talud colinda con casas
ÁNGULO ELEVACIÓN TALUD	60°
CUBIERTA VEGETAL	0%
CLASIFICACIÓN USCS	SM (Arena limosa)
% FINOS	38%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	5%
ALTURA TALUD	12 metros
INTERVENCIONES	Murete de neumáticos

4.6 Árbol de problemas y objetivos talud 5

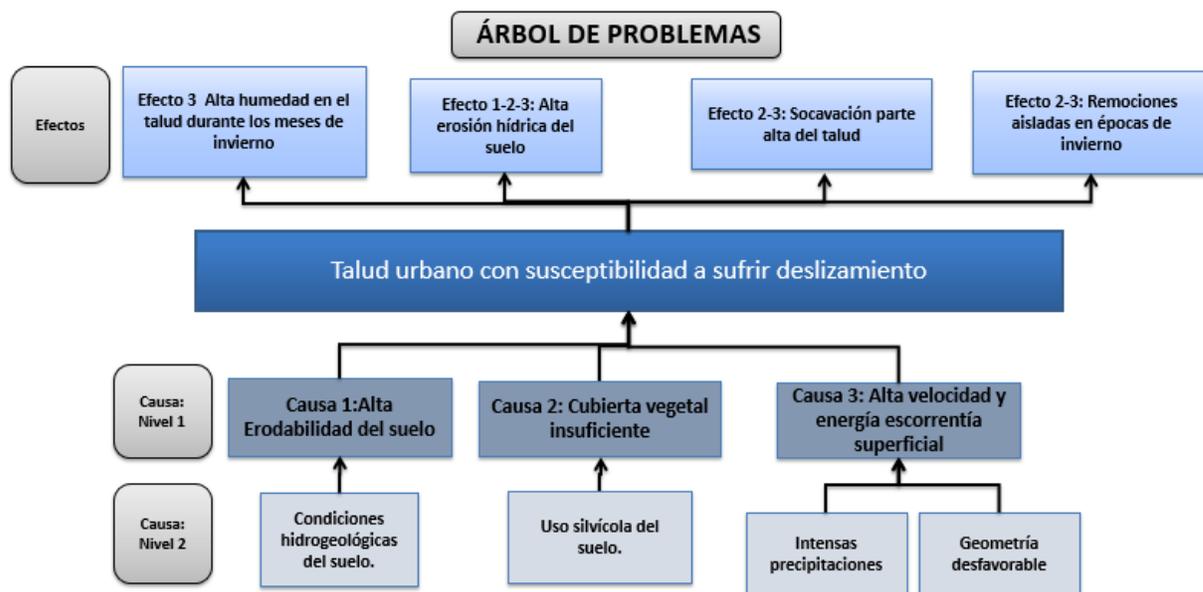


Figura 23. Árbol de problemas para el talud número 5

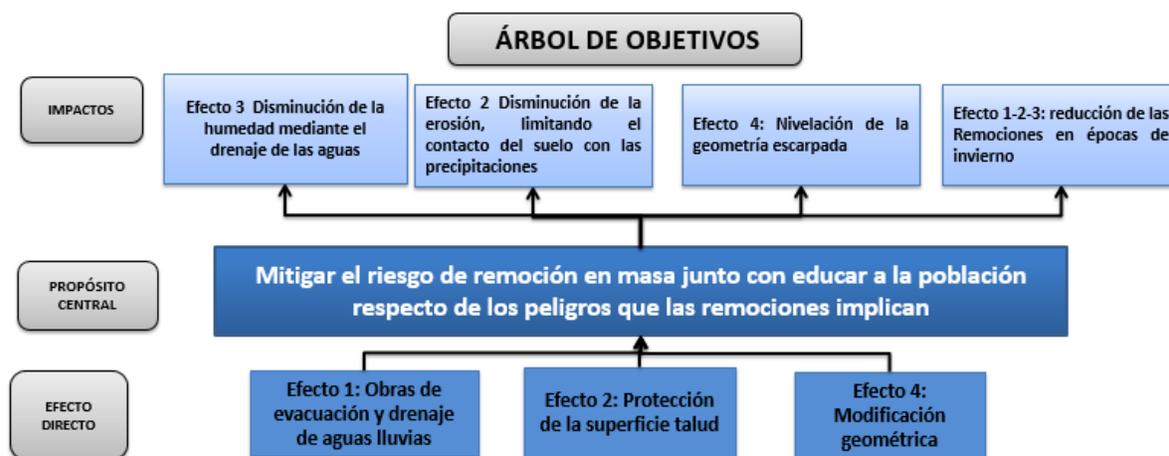


Figura 24. Árbol de problemas para el talud número 5

Talud 6

Ubicado en la Villa Lican Rayén, durante las visitas a terreno se constató una gran presencia de vegetación (ver figura), vecinos indican que durante los meses de invierno el talud se encuentra densamente vegetado, pero que a medida que avanzan las estaciones los procesos erosivos se van atenuando. Durante meses de invierno vecinos reportan la caída de material desde lo alto de la montaña



Figura 25. Fotografía aérea talud 7

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Resumen Información Talud N°6.

UBICACIÓN	Villa Lican rayen
DISTANCIA ASENTAMIENTO URBANO	Pie del talud colinda con casas
ÁNGULO ELEVACIÓN TALUD	40°
CUBIERTA VEGETAL	90%
CLASIFICACIÓN USCS	SM (Arena limosa)
% FINOS	40%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	Pendiente
ALTURA TALUD	Pendiente
INTERVENCIONES	NO

4.7 Árbol de problemas y objetivos talud 6

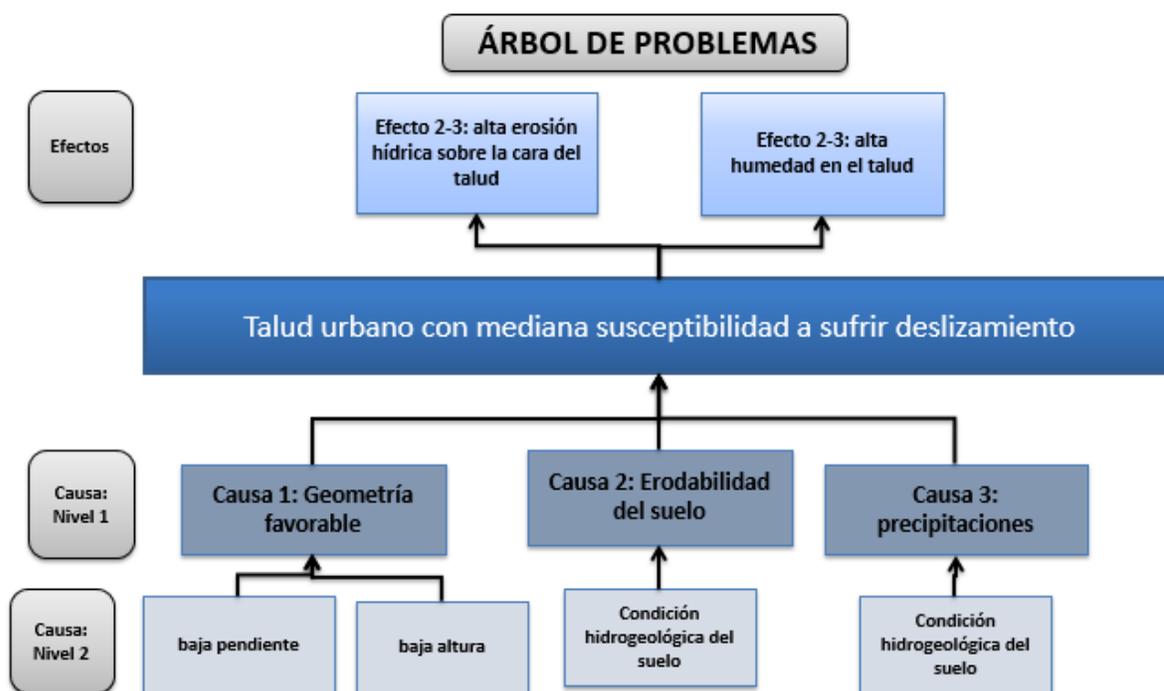


Figura 26. Árbol de problemas para el talud número 6



Figura 27. Árbol de objetivos para el talud número 6

Talud 7

Dispuesto sobre un espacio de uso recreativo (plaza de juegos) se encuentra altamente erosionado (ver figura 21) y desprotegido, debido a su geometría, las precipitaciones escurren por la superficie socavando y arrastrando suelo fino, hasta obstruir el canal de aguas lluvias. Hay presencia de canaletas de redistribución de las aguas lluvias.



9

Figura 28. Fotografía aérea talud 7

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Resumen Información Talud N°7.

UBICACIÓN	Valle el sol
DISTANCIA ASENTAMIENTO URBANO	4- 5 metros
ÁNGULO ELEVACIÓN TALUD	50°
CUBIERTA VEGETAL	10%
CLASIFICACIÓN USCS	SP-SM (Arena limosa)
% FINOS	27%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	Pendiente
ALTURA TALUD	7 metros
INTERVENCIONES	Canaleta

4.7 Árbol de problemas y objetivos talud 7

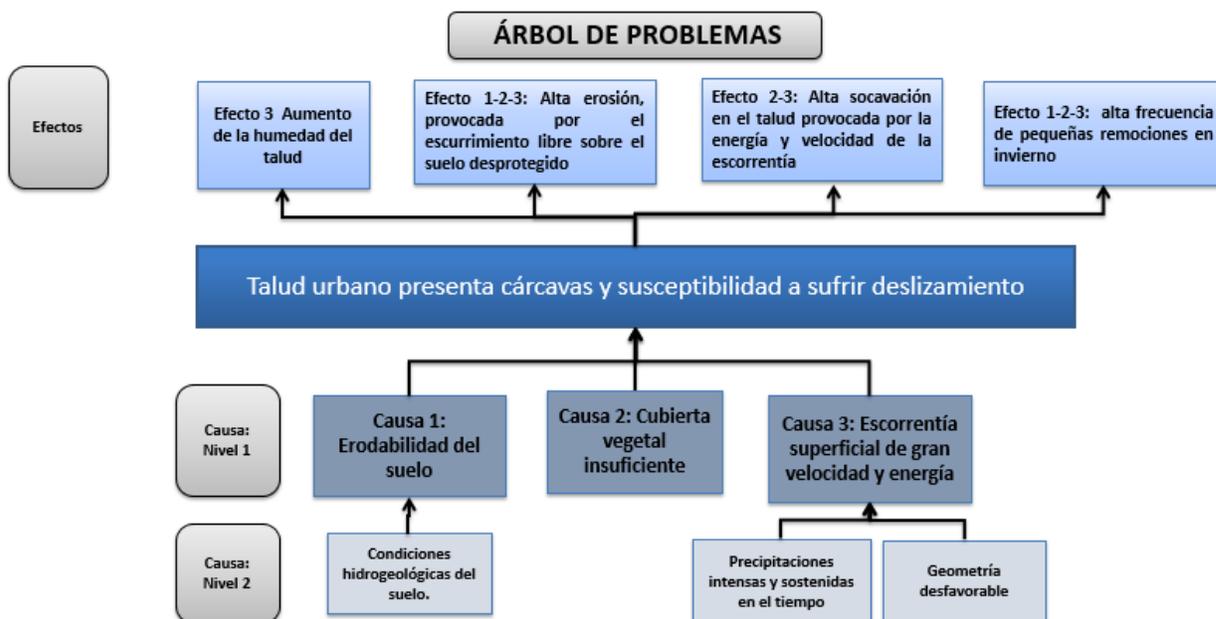


Figura 29. Árbol de problemas para el talud número 7

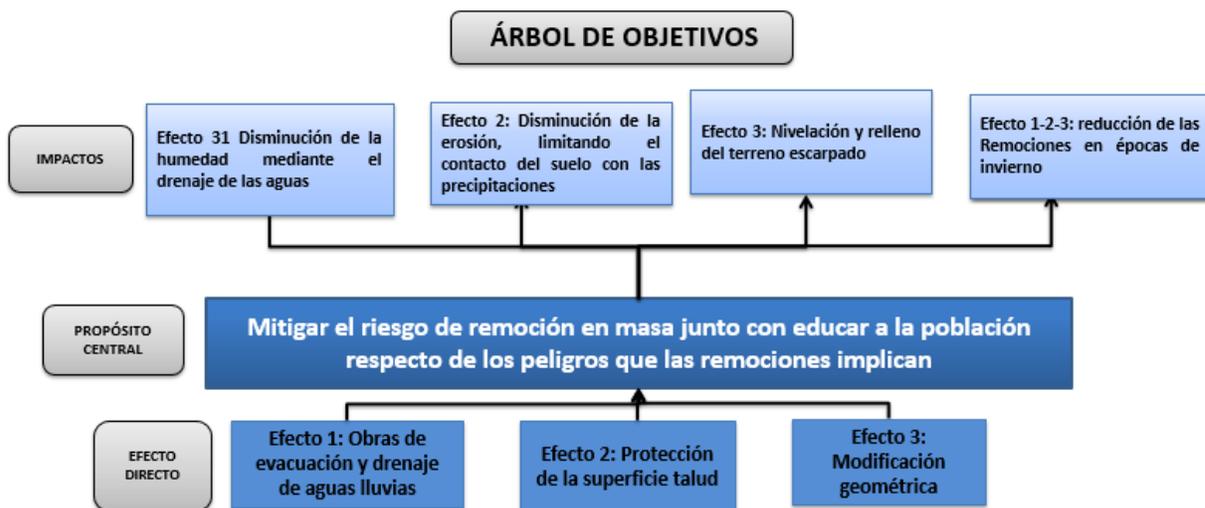


Figura 30. Árbol de objetivos para el talud número 7

Principales parámetros obtenidos quedan reflejados en la siguiente tabla de resumen

Tabla 10. Resumen Información de cada Talud

TALUD	INTERVENCION	SUELO	VEGETACIÓN	ÁNGULO	% FINOS
1	NP	SM	0%	70°	24
2	NP	SM	25%	40°	35
3	NP	SM	90%	40°	33
4	SI	SM	80%	38°	13
5	SI	SM	0%	60°	38
6	NP	SM	100%	40°	40
7	SI	SP-SM	10%	50°	27

CAPÍTULO 5: DISCUSIONES Y RECOMENDACIONES

Existe incertidumbre en los resultados obtenidos del análisis de estabilidad, debido a la incerteza presente en los parámetros ingresados al software GeoSlope, como: el tipo de suelo, su resistencia al corte, densidad, nivel freático, los cuales fueron extraídos desde bases de datos geotécnicos pero que en algunos casos no son representativos de la realidad. Por consiguiente, se recomienda la realización de ensayos geotécnicos anexos para llevar a cabo un análisis de estabilidad con los parámetros reales del suelo del talud.

La heterogeneidad del suelo es un factor importante a considerar, debido a que los softwares que realizan análisis de estabilidad emplean el supuesto de homogeneidad de los estratos, lo cual genera un cierto grado de incerteza en los cálculos y en el comportamiento del talud. Para poder aminorar esto se recomienda un mayor número de prospecciones (calicatas y sondajes)

La seguridad y accesibilidad de los taludes son parte fundamental del correcto desarrollo del catastro. En varios casos la pendiente y altura fueron obstáculos en la toma de datos, sobre todo en el levantamiento topográfico. Es por esto, que se recomienda emplear la tecnología dron, ya que optimiza los tiempos y no posee limitantes en cuanto a topografías irregulares. Tener registro de los perfiles topográficos, abre las puertas a poder realizar un mayor número de análisis de estabilidad, lo que brindaría una mayor robustez a futuros catastros.

La educación resulta un eje importante, puesto que se constataron malas intervenciones producto de la falta de conocimiento respecto a taludes. Para zonas como la comuna de Chiguayante debe existir una mayor entrega de información parte de entidades gubernamentales para la correcta gestión de taludes urbanos, con el fin de evitar intervenciones que aumenten la posibilidad de remociones en masa.

El Análisis causa-efecto utilizado para el análisis de resultados caso a caso, permitió hilvanar y condensar de manera eficaz la información referida a cada talud. identificando el problema central en cada caso y para luego dar paso a las recomendaciones necesarias para suplir la problemática central.

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES

Los principales factores críticos hallados en el catastro son las precipitaciones a través de la erosión hídrica la cual se manifiesta en surcos y grandes cárcavas. Además, la infiltración de estas, puede llevar al talud a un estado saturado lo que implica un aumento de la masa del talud y la disminución de la fricción entre las partículas.

Las medidas de mitigación que se deben tomar en el corto plazo son evacuaciones y drenajes de las aguas lluvias con el fin de mitigar la erosión y el escurrimiento superficial (las actuales son deficientes). Además, se deben incorporar medidas de protección (Hidrosiembra), con el fin de aminorar el impacto y avance progresivo de la erosión

Registro de la información en software Google Earth permite que el levantamiento de información pueda continuar con nuevos taludes urbanos de la comuna de Chiguayante, además de tener la opción de añadir nuevos taludes que puedan anexarse al estudio ya realizado.

Hay una falta de intervenciones en taludes urbanos dispuestos sobre espacios públicos, lo cual se ve reflejado en el deteriorado estado en el que se encuentran (talud 7 y 4), principalmente por efectos de la erosión hídrica, Dichos efectos tienen un avance progresivo con el paso del tiempo, lo que sugiere que en algún momento la acumulación de cárcavas y grietas de tracción podrían desencadenar una remoción en masa

REFERENCIAS

1. Instituto Nacional de Estadísticas (INE), Resultados Censo 2017, <http://ine-chile.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=c2155cac57d04032bf6ca5f151cddd6d>. Visitado 2 de diciembre 2019.
2. Cruden, David. (1991). A simple definition of a landslide. Bulletin of the International Association of Engineering Geology - Bulletin de l'Association Internationale de Géologie de l'Ingénieur. 43. 10.1007/BF02590167.
3. Wieczorek, G.F. (1996) Landslide Triggering Mechanisms. In: Turner, A.K. and Schuster, R.L., Eds., Landslides: Investigation and Mitigation, Transportation Research Board, National Research Council, Special Report, Washington DC, 76-90.
4. Oppenheimer, M., B.C. Glavovic , J. Hinkel, R. van de Wal, A.K. Magnan, A. Abd-Elgawad, R. Cai, M. Cifuentes-Jara, R.M. DeConto, T. Ghosh, J. Hay, F. Isla, B. Marzeion, B. Meyssignac, and Z. Sebesvari, 2019: Sea Level Rise and Implications for Low-Lying Islands, Coasts and Communities. In: *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer
5. IPCC Chile, Comunicado de prensa: “La tierra es un recurso decisivo, según un informe del IPCC Se encuentra sujeta a la presión del ser humano y del cambio climático, pero es parte de la solución”. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/08/2019-PRESS-IPCC-50th-IPCC-Session_es.pdf. Visitado 20 noviembre de 2019.
6. Falcón, M.F.; Ramírez, P.; Arenas, M.; Creixell, C.; Huerta, S.; Marín, M. F. 2010. Evaluación preliminar de peligros geológicos: Área de Concepción-Talcahuano-Hualpén-Chiguayante, Región del Biobío. Mapa 12-1: Peligro de remociones en masa. In Geología para la reconstrucción y la gestión del riesgo, 1. Servicio Nacional de Geología y Minería, Informe Registrado IR-10-43: 12 p., 21 mapas diferentes escalas. Santiago.
7. ONEMI, “Informe Sistema Frontal 10 al 13 de Julio 2006”. http://repositoriodigitalonemi.cl/web/bitstream/handle/2012/391/CONSOLIDADO%202006%20definitivo_.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Visitado 20 noviembre de 2019

8. Tayupanta (1993). La Erosión Hídrica, *proceso, factores y formas*, instituto nacional autónomo de estudios agropecuarios, Ecuador.
9. Falcón, M.F.; Ramírez, P.; Arenas, M.; Creixell, C.; Huerta, S.; Marín, M. F. 2010. Evaluación preliminar de peligros geológicos: Área de Concepción-Talcahuano-Hualpén-Chiguayante, Región del Biobío. Mapa 12-1: Peligro de remociones en masa. In Geología para la reconstrucción y la gestión del riesgo, 1. Servicio Nacional de Geología y Minería, Informe Registrado IR-10-43: 12 p., 21 mapas diferentes escalas. Santiago.
10. Fernando Peña. *Geomorfología de la ribera norte del río Biobío en su curso inferior. Limitaciones y potencialidades del área* .EULA. (1995)
11. Murat Ercanoglu & Candan Gokceoglu. Use of fuzzy relations to produce landslide susceptibility map of a landslide prone area (West Black Sea Region, Turkey) (2004)
12. K.Y. Choi, Raymond W.M. Cheung. Landslide disaster prevention and mitigation through works in Hong Kong. (2013)
13. Lambe & Whitman. *Mecánica de suelos*. (1972)
14. Luis González de vallejo. *Ingeniería geológica*. (2002)
15. Donald Gray & Andrew Leisler. Biotechnical slope protection and erosion control. (1982)
16. IGME. *Manual de taludes*. (1987)
17. Suárez, J., *Deslizamiento y estabilidad de Taludes en zonas tropicales.*, Instituto de Investigación sobre erosión y deslizamientos, 1998.
18. Duque Escobar, GEOMECÁNICA. Universidad Nacional de Colombia (2016)

Contenido ANEXO A

2. FACTORES DESENCADENANTES Y CONDICIONANTES	2
2.2.2 Geología y Geotecnia	2
2.2.3 Vegetación	2
2.2.4. Precipitaciones	3
2.2.5 Sismos	4
4. GEOMORFOLOGÍA LOCAL	9
4.2.1 Cordones metamórficos	9
4.2.2 Cordones graníticos	9
4.2.3. Terraza superior	10
4.2.4. Terraza inferior	10
4.2.5. Valles y llanuras locales	10
3. ELEMENTOS DEL CATASTRO	4
3.1 Ficha de catastro	4
3.1.1 Altura máxima, altura media y ancho	7
3.1.2 Pendiente media	7
3.1.3 Aterrazamiento y n° de terrazas	7
3.1.4 Distancia Vivienda-talud.....	7
3.1.5 Orientación.....	7
3.1.6 Vegetación	8
3.1.7 Observación del viento	8
3.1.8 Estado de obras realizadas	8
3.1.9 Nivel de deterioro e inestabilidad.....	8
3.1.10 Grado de erosión.....	8
3.1.11 Observaciones generales	9

2. FACTORES DESENCADENANTES Y CONDICIONANTES

2.2.2 Geología y Geotecnia

La Composición y granulometría del material adquiere importancia al ser los parámetros más relevantes que influyen en las propiedades de resistencia al corte y estabilidad.

La plasticidad y humedad de un suelo influirá directamente en su grado de cohesión. Si un suelo fino tiene alta cohesión (como es el caso de arcillas), la presencia de niveles de poco espesor podría generar superficies potenciales de deslizamientos para el material que lo sobreyace. En tanto, un suelo grueso arenoso presenta cohesión dependiendo de la humedad a la que se encuentre, variando sus propiedades de resistencia en función de esta condición. La permeabilidad influye directamente en la condición de saturación del suelo, donde una saturación del 100% representa la condición más desfavorable, debido al peso de agua que se añade a la ladera, esta permeabilidad variará dependiendo de la condición local del suelo junto con la granulometría. El parámetro de densidad del suelo es relevante para la determinación de la resistencia al cizalle del material, donde un suelo denso presentará resistencias (máximas) mayores a las alcanzadas por los suelos sueltos (Lambe & Whitman, 1972).

2.2.3 Vegetación

Gray y Leisler (1982) plantean los siguientes aspectos de la vegetación dentro de la estabilidad de taludes.

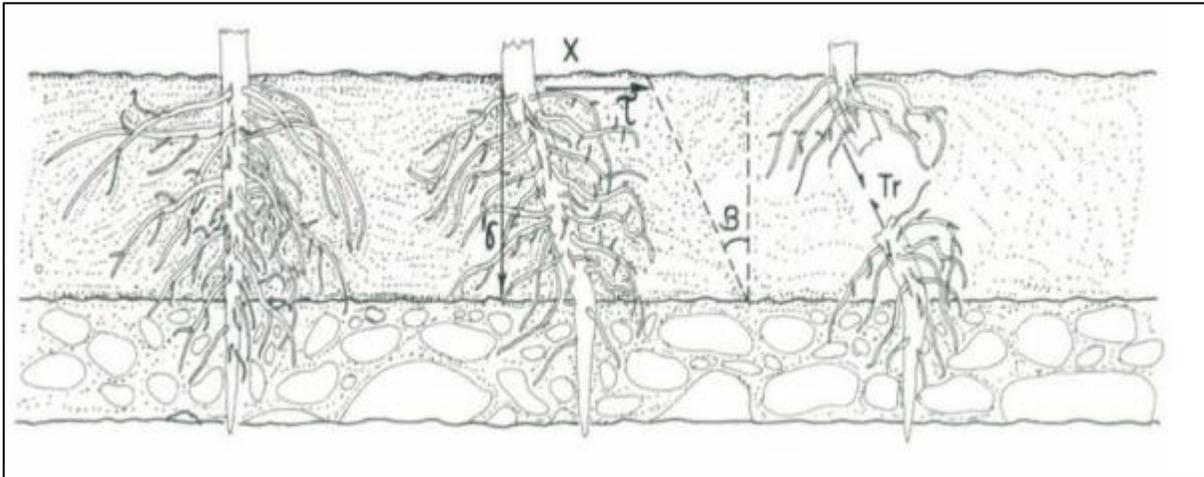
Interceptación, el follaje y los residuos de las plantas absorben la energía de la lluvia y previenen la compactación del suelo por el impacto de sus gotas directamente sobre la superficie.

Retención, Mecánicamente el sistema de raíces de la vegetación amarra conjuntos de partículas de suelo además de retener sedimentos durante la ocurrencia de un flujo o deslizamiento.

Infiltración: las raíces y los residuos de las plantas ayudan a mantener la porosidad y permeabilidad del suelo, mediante los canales que se forman con el enraizamiento de la vegetación.

Transpiración: el agotamiento de la humedad del suelo por las plantas retrasa la saturación y con ello la aparición de escorrentía superficial.

De lo anterior, tenemos un aporte a la resistencia al corte a través de las raíces de la vegetación y además tenemos una regulación del contenido de humedad del suelo subyacente a la vegetación, a través de la evotranspiración, a partir de la siguiente figura se puede apreciar un esquema de como la vegetación generan un aporte a la resistencia al corte del suelo, mediante una trabazón de la raíz con el suelo.

Figura A1. Raíces y su aporte a la resistencia al corte

Fuente: León (1997)

2.2.4. Precipitaciones

González (2002) señala que la precipitación como factor desencadenante de eventos de deslizamiento se relacionan con su intensidad, duración y distribución, es decir, precipitaciones más cortas e intensas y precipitaciones largas, pero de poca intensidad tenderán a provocar eventos de remociones en masa en lugares donde se den las condiciones para aquello.

La lluvia tiene dos grandes maneras de incidir cómo factor desencadenante, la primera es por vía de la saturación, puesto que el peso de la masa de agua reduce los esfuerzos resistidos por el esqueleto mineral del suelo (matriz sólida), provocando una baja en los parámetros de resistencia al corte del suelo (Terzaghi, 1923)

En segundo lugar, se encuentra La erosión hídrica la cual es ocasionada por acción de fuerzas hidráulicas, las cuales actúan sobre las partículas de suelo produciendo su desprendimiento y posterior transporte. La erosión comprende el desprendimiento, transporte y posterior depósito de materiales de suelo o roca por acción de la fuerza del agua en movimiento. El proceso puede ser analizado iniciando por el despegue o destrabazón de las partículas de suelo, debido al impacto de las gotas de lluvia. Adicionalmente, ocurre el proceso de flujo superficial en el cual las partículas removidas son incorporadas a la corriente y transportadas talud abajo. Si la “velocidad” de escorrentía es superior a la velocidad máxima erosionante, se produce erosión superficial. La velocidad de escorrentía depende de la pendiente, la intensidad de la lluvia, la cantidad de agua presente y la rugosidad de la superficie vegetal (Suarez, 1998). Uno de los factores que determina la susceptibilidad de un cierto tipo de suelo a la erosión es la Erodabilidad, dicho concepto no está ligado a la vegetación ni precipitaciones. Sino, a las propiedades intrínsecas del suelo.

Los diversos tipos de erosión y sus efectos se encuentran condensados en la siguiente figura:

Figura A2. Distintos tipos de erosión acciones y efectos

TIPO	ACCIÓN	EFECTOS
EROSIÓN HÍDRICA: La acción de las aguas lluvias y de escorrentía con la contribución los agentes climáticos, sobre superficies inclinadas. NOTA: La acción es estimulada en laderas (naturales) y taludes (construidos)	Saltación pluvial: Desalojo y dispersión por gotas de lluvia.	<ul style="list-style-type: none"> ● Impacto de la gota de agua. ● Reducción de la capa de infiltración. ● Destrucción de los poros y de las fisuras del suelo expuesto
	ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL DIFUSO	
	Erosión laminar: Arrastre uniforme de capas de suelo en distancias cortas.	<ul style="list-style-type: none"> ● Escurrimiento de suelos limosos y arenosos. ● Es fuente importante de sedimentos.
	ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL CONCENTRADO	
	Surcos de erosión: El escurrimiento concentrado forma pequeños canales paralelos.	<ul style="list-style-type: none"> ● Destrucción de taludes y laderas. ● Alto aporte de sedimentos. ● Los canales se borran con perfilado y labranza.
	Cárcavas: Son zanjas profundas y amplias, de gran tamaño, difíciles de controlar.	<ul style="list-style-type: none"> ● Acentuar el relieve promoviendo otras formas de inestabilidad. ● Fuente importante de sedimentos. ● Corrección de alto costo.
EROSIÓN INTERNA: Por flujo subterráneo.	ESCURRIMIENTO SUBSUPERFICIAL	
	Tubificación y cavernas: Debilitamiento interno.	<ul style="list-style-type: none"> ● Puede originar manantiales, cárcavas y hundimientos.
EROSIÓN FLUVIAL	Socavación de fondo	<ul style="list-style-type: none"> ● Profundiza el fondo de los cauces naturales. ● Desestabiliza las laderas. ● Progreso remontante.
	Socavación lateral	<ul style="list-style-type: none"> ● Elimina el soporte de laderas. ● Amplia el lecho del cauce.

Fuente: Duque Escobar, 2016

2.2.5 Sismos

Los sismos son otros grandes factores desencadenantes de remociones en masa en diversos escenarios geológicos y topográficos. Las aceleraciones sísmicas generan un cambio temporal en el régimen de esfuerzos al que está sometido la ladera, tanto normales como de corte, pudiendo producir su inestabilidad. Chile se encuentra ubicado en una importante zona de subducción (Choque entre las placas de Nazca y sudamericana), lo cual lo hace susceptible a eventos sísmicos de gran magnitud como el ocurrido en Valdivia en el año 1960. En el contexto regional, hay eventos registrados en la comuna desencadenados por el terremoto ocurrido el 2010. (Sernageomin, 2011)

Keefer (1984) ha realizado estudios a partir de sismos ocurridos principalmente en Los Ángeles, EEUU., estableciendo que los tipos de remociones más abundantes generados por terremotos corresponderían a caídas de rocas, deslizamientos desagregados (*disrupted landslides*) de suelos con pendientes de laderas $>15^\circ$ y deslizamientos de roca con pendientes de laderas $\geq 40^\circ$, y secundariamente derrumbes en suelo, deslizamientos en bloques de suelo y avalanchas de tierra.

3. ELEMENTOS DEL CATASTRO

3.1 Ficha de catastro

Figura 9: Ficha de Catastro Visual (Machuca, 2013)

Identificación	<i>Talud 01</i>		N° visita	
Monitor	<i>Ronald Kurz Mundaca.</i>		Fecha	<i>09/09/19</i>
Hora inicio	<i>11:00</i>		Hora término	<i>11:30</i>
Ubicación				
Geometría			Plano de ubicación	
Altura máx. (m)				
Altura media (m)				
Ancho (m)				
Pendiente media (°)				
Aterrazamiento	Si	No		
N° de terrazas				
Dist. Vivienda - talud (m)				
Clasificación de suelo				
Orientación				
Afloramiento de agua				
Si	No			
Vegetación cara del talud			Fotografía del talud	
No presenta				
Leve				
Moderada				
Alta				
Inclinación de árboles				
Si	No			
Observación del viento				
Intensidad		Hora		
Leve				
Moderada				
Alto				
Estado de obras realizadas				
Obras	Condición	Observaciones: Mejoramiento, mantención, nada.		
Muro de Contención				
Perfilado				
Control de erosión				
Otras				
Ninguna				

Nivel de deterioro e inestabilidad						
Surquillos		Cárcavas		Desprendimientos		Grietas de tracción en la corona
Derrumbes	Si	No				
Detalles de surquillos preponderantes						
Número	1	2	3	4	5	
Longitud (m)						
Ancho (m)						
Profundidad (m)						
Detalles deterioro de cárcavas preponderantes				Grietas de tracción en corona		
Número	1	2	3	1	2	
Longitud (m)						
Ancho (m)						
Profundidad (m)						
Grado de erosión						
No presenta		Leve		Moderada		Alta
Observaciones generales						

La ficha catastro es una herramienta que dispondrá el inspector de la visita a terreno, en esta se reúnen aspectos geotécnicos, hidrológicos y topográficos, además de descripciones físicas y cualitativas que permitan interpretar las condiciones actuales de cada talud.

A continuación, se desglosará cada detalle de la ficha, señalando los métodos empleados en la obtención de cada ítem.

3.1.1 Altura máxima, altura media y ancho

Idealmente, estos datos serán medidos a través de topografía debido al nivel de exactitud que esta ofrece. La altura máxima es el punto más alto del talud en relación a la superficie plana encontrada al pie de este. Por otro lado, la altura media corresponde al promedio de las diferentes alturas encontradas a lo largo de todo el ancho del talud. Y el ancho se entiende como la longitud transversal al talud, que limita con lo que se considera como perímetro de interés de estudio. En caso de no contar con topografía de precisión, corresponde buscar métodos alternativos, como huinchas de medir u otro similar.

3.1.2 Pendiente media

Esta medida también se obtiene a través de la topografía, utilizando el programa computacional Civil 3D de Autodesk, se puede obtener un perfil representativo del talud, del cual se pueden obtener infinitas pendientes que tenderán a converger en una pendiente media que será útil conocer para emplearla en programas de análisis de estabilidad u otros fines. En el caso particular del presente proyecto de título, no se pudo acceder al levantamiento topográfico en la totalidad de los taludes, por lo que se empleó una aplicación móvil (Brújula) que cumple esta función con alta precisión.

3.1.3 Aterrazamiento y n° de terrazas

Las terrazas son una alternativa de solución en los taludes cuando se considera que hay un riesgo de inestabilidad, que consisten en un mejoramiento de las características geométricas del talud, que consiguen disminuir el ángulo y el peso sobre la superficie de falla y además mejora el manejo de agua cuando se añaden canaletas al diseño. De aquí resulta la importancia de registrar su existencia en la ficha.

3.1.4 Distancia Vivienda-talud

Distancia en metros comprendida entre el pie del talud y la casa adyacente, pudiendo medirse con el uso de topografía o herramientas de medición manual, con el propósito de evaluar la vulnerabilidad de la vivienda ante eventos catastróficos.

3.1.5 Orientación

La orientación del talud indica hacia cual dirección está mirando el escarpe y se mide ya sea con una brújula de bolsillo o aplicaciones móviles. Su importancia está relacionada con la dirección del viento, su exposición al sol y por, sobre todo, en esta región del planeta las lluvias tienen una dirección típica, que podría afectar a unos taludes más que a otros en relación al impacto por gotas.

3.1.6 Vegetación

La importancia de la vegetación en los taludes está explicada en el marco conceptual del informe de tesis. Para medir su abundancia, se selecciona el área total de interés y se estima el porcentaje en que está compuesto por vegetación según la siguiente tabla:

Tabla A1. Calificación según cubierta de vegetación.

Fuente: Elaboración propia

Superficie	Grado
-	No presenta
0-25%	Leve
25%-60%	Moderada
>60%	Alta

3.1.7 Observación del viento

La erosión eólica es el desgaste de las rocas o la remoción del suelo debido a la acción del viento, y es un fenómeno muy presente sobre todo en zonas costeras. Su medición fue subjetiva por parte del inspector en terreno, separándolo en tres niveles de intensidad; leve, moderada e intensa, y finalmente se registró la hora de la medición.

3.1.8 Estado de obras realizadas

En este apartado, se dio cuenta de las obras de ingeniería realizadas, evaluando su condición actual (si se encuentra en pie, estado de grietas, desgaste, vida útil, etc) y un espacio para realizar observaciones, como el material del cual está compuesto y si requiere intervención.

3.1.9 Nivel de deterioro e inestabilidad

Esta sección solo requiere marcar con una x si se observa cada ítem en terreno.

3.1.10 Grado de erosión

Antes de finalizar el catastro, esta sección se utilizó para entregar una evaluación general y subjetiva según la percepción de daño en el talud catastrado, dado que muchas veces la ausencia de morfologías propias de la erosión, no indica que no haya problemas de desgaste de la superficie del talud.

3.1.11 Observaciones generales

Apartado destinado a escribir todos los detalles pasados por alto de la ficha catastro y que el inspector en terreno estima conveniente incluir. Dentro de estas características, se pueden mencionar las propiedades cualitativas del suelo, color, textura, presencia de rocas, discontinuidades y flujos de agua. Por otro lado, se puede incluir algún tipo de intervención requerida y descripciones adicionales del terreno que permitan un mejor entendimiento del área en estudio.

3.2 Clasificación de suelo

Corresponde a la clasificación Unified Soil Classification System (USCS) que se realiza en laboratorio. Para tomar las muestras de suelo del presente proyecto de título, se realizó una inspección general del terreno, tomando una muestra representativa en la mitad de la longitud del talud, a una profundidad mayor a 20 centímetros, libre de suelo orgánico, limpia y que aparentemente se vea homogénea. Sin embargo, en el Capítulo 6 del informe de tesis, en el apartado de discusiones, se señala que idealmente se deben tomar varias muestras, a distintas alturas del talud y diferentes profundidades.

3.3 Levantamiento topográfico

Se hará uso de una estación total marca TOPCON modelo 3005L. Se tomarán los puntos pertinentes para caracterizar geoméricamente el talud, priorizando la seguridad y accesibilidad. Una vez realizado el levantamiento topográfico se procederá a exportar la información a el software de uso libre de la familia Autodesk, CIVIL3D.

4. GEOMORFOLOGÍA LOCAL

4.2.1 Cordones metamórficos

Se encuentran localizados al este del sector Mánquimavida y La leonera, presentan pendientes regulares de entre 10° y 20° y una altura promedio de 230 msnm. Además de estar afectos a la acción de la erosión hídrica y deslizamientos de tierra.

4.2.2 Cordones graníticos

Constituidos por granito, tunalita y diorita, materialmente que se encuentra severamente meteorizado, sobre este se encuentra una capa de suelo disectado (presencia de agrietamiento y cárcavas) a raíz de la fuerte erosión hídrica que aqueja las laderas.

4.2.3. Terraza superior

Alcanza una altura máxima de 24 msnm entre los sectores de Chiguayante y Hualqui. Se encuentra en contacto permanente con las laderas graníticas y metamórficas antes mencionadas. Está conformada principalmente de sedimentos de arenas negras finas a gruesas (mala selección granulométrica). Es aquí donde yacen los primeros asentamientos urbanos que tuvo la comuna, puesto que estos fueron ubicándose en cercanía del río.

4.2.4. Terraza inferior

Posee una altura de 10 msnm y su máximo desarrollo lo alcanza en la comuna de Hualqui, está compuesta por arenas negras, pero además presenta abundante material limoso. Su uso esencialmente agrícola ha ido cambiando gradualmente a habitacional, aunque se advierte números eventos de inundación, producto de grandes crecidas del Río Bío-Bío.

4.2.5. Valles y llanuras locales

Los principales valles y llanuras locales son las originadas por el Estero leonera. Las extensas llanuras aluviales del sector leonera, están compuestas principalmente de limo y arcilla que sumado a su baja pendiente (inferior a 3) hacen que sea una zona estacionalmente anegadiza

Contenido

Figura B1. Ficha catastro talud 1	3
Figura B2. Ficha catastro talud 2	5
Figura B3. Ficha catastro talud 3	7
Figura B5. Ficha catastro talud 5	11
Figura B6. Ficha catastro talud 6	13
B2. RESULTADO ENSAYOS LABORATORIO.....	17
Talud 1	17
Talud 2	18
Talud 3.	19
Talud 4.	20
Talud 5	21
Talud 6.	22
Talud 7	23

Figura B1. Ficha catastro talud 1

Identificación	<i>Talud 01</i>		N° visita	
Monitor	<i>Ronald Kurz Mundaca</i>		Fecha	<i>09/09/19</i>
Hora inicio	<i>11:00</i>		Hora término	<i>11:30</i>
Ubicación				
Geometría			Plano de ubicación	
Altura máx. (m)	14			
Altura media (m)	14			
Ancho (m)	4,5			
Pendiente media (°)	70°			
Aterrazamiento	Si	No		
N° de terrazas	-			
Dist. Vivienda - talud (m)	3			
Clasificación de suelo	SM			
Orientación	S-E			
Afloramiento de agua				
Si	No			
Vegetación cara del talud			Fotografía del talud	
No presenta				
Leve	x			
Moderada				
Alta				
Inclinación de árboles				
Si	No			
Observación del viento				
Intensidad		Hora		
Leve				
Moderada	x	11:10		
Alto				
Estado de obras realizadas				
Obras	Condición	Observaciones: Mejoramiento, mantención, nada.		
Muro de Contención				
Perfilado				
Control de erosión				
Otras				
Ninguna	x			

Nivel de deterioro e inestabilidad								
Surquillos	x	Cárcavas	x	Desprendimientos	x	Grietas de tracción en la corona	x	
Derrumbes		Si	No					
Detalles de surquillos preponderantes								
Número	1		2		3		4	
Longitud (m)								
Ancho (m)								
Profundidad (m)								
Detalles deterioro de cárcavas preponderantes					Grietas de tracción en corona			
Número	1		2		3		1	
Longitud (m)								
Ancho (m)								
Profundidad (m)								
Grado de erosión								
No presenta		Leve	x	Moderada		Alta		
Observaciones generales								
<p>Talud surge a partir de corte realizado por iniciativa del propietario, cuyo objetivo era aumentar la superficie útil de su terreno y eliminar la vegetación que a su juicio corría riesgo de caer sobre su vivienda.</p> <p>La ladera en la cual se encuentra ubicado el talud, es compartida con un vecino del propietario. Dicho cerro se encuentra protegido por vegetación.</p>								

Figura B2. Ficha catastro talud 2

Identificación	<i>Talud 02</i>		N° visita			
Monitor	<i>Ronald Kurz Mundaca</i>		Fecha	<i>09/09/19</i>		
Hora inicio	<i>11:30</i>		Hora término	<i>12:00</i>		
Ubicación						
Geometría			Plano de ubicación			
Altura máx. (m)	5					
Altura media (m)	5					
Ancho (m)	62					
Pendiente media (°)	42°					
Aterrazamiento	Si	No				
N° de terrazas	-					
Dist. Vivienda - talud (m)	1,5					
Clasificación de suelo	SM					
Orientación	N					
Afloramiento de agua						
Si	No					
Vegetación cara del talud			Fotografía del talud			
No presenta						
Leve	x					
Moderada						
Alta						
Inclinación de árboles						
Si	No					
Observación del viento						
Intensidad		Hora				
Leve						
Moderada						
Alto	x	11:40				
Estado de obras realizadas						
Obras	Condición	Observaciones: Mejoramiento, mantención, nada.				
Muro de Contención						
Perfilado						
Control de erosión						
Otras						
Ninguna	x					

Nivel de deterioro e inestabilidad							
Surquillos	x	Cárcavas		Desprendimientos		Grietas de tracción en la corona	
Derrumbes		Si	No				
Detalles de surquillos preponderantes							
Número		1	2	3	4	5	
Longitud (m)							
Ancho (m)							
Profundidad (m)							
Detalles deterioro de cárcavas preponderantes					Grietas de tracción en corona		
Número		1	2	3	1	2	
Longitud (m)							
Ancho (m)							
Profundidad (m)							
Grado de erosión							
No presenta		Leve		Moderada	x	Alta	
Observaciones generales							
<p>La topografía realizada en este talud solo representa una parte del mismo. Históricamente, la mayor parte de la superficie de la ladera fue destinada para uso silvícola, por ende, se presume de una mala calidad del suelo. Recientemente, vecinos alertaron la ocurrencia de desprendimientos causados por el volcamiento de pinos situados al borde del talud, a raíz de esta situación, se procede al corte anticipado de los pinos, lo que tuvo como consecuencia un suelo susceptible a la erosión hídrica.</p>							

Figura B3. Ficha catastro talud 3

Identificación	<i>Talud 03</i>		N° visita	
Monitor	<i>Ronald Kurz Mundaca</i>		Fecha	<i>09/09/19</i>
Hora inicio	<i>12:15</i>		Hora término	<i>12:40</i>
Ubicación				
Geometría			Plano de ubicación	
Altura máx. (m)	3,7			
Altura media (m)	3,7			
Ancho (m)	35			
Pendiente media (°)	40°			
Aterrazamiento	Si	No		
N° de terrazas	-			
Dist. Vivienda - talud (m)	0			
Clasificación de suelo	SM			
Orientación	S-O			
Afloramiento de agua				
Si	No			
Vegetación cara del talud			Fotografía del talud	
No presenta				
Leve				
Moderada				
Alta	x			
Inclinación de árboles				
Si	No			
Observación del viento				
Intensidad		Hora		
Leve				
Moderada	x			
Alto				
Estado de obras realizadas				
Obras	Condición	Observaciones: Mejoramiento, mantención, nada.		
Muro de Contención				
Perfilado				
Control de erosión				
Otras	x	Pandereta		
Ninguna				

Nivel de deterioro e inestabilidad						
Surquillos		Cárcavas		Desprendimientos		Grietas de tracción en la corona
Derrumbes		Si	No			
Detalles de surquillos preponderantes						
Número		1	2	3	4	5
Longitud (m)						
Ancho (m)						
Profundidad (m)						
Detalles deterioro de cárcavas preponderantes					Grietas de tracción en corona	
Número		1	2	3	1	2
Longitud (m)						
Ancho (m)						
Profundidad (m)						
Grado de erosión						
No presenta		Leve	x	Moderada	x	Alta
Observaciones generales						
Pie del talud colinda con viviendas, única intervención existente corresponde a una pandereta.						

Figura B4. Ficha catastro talud 4

Identificación	<i>Talud 04</i>		N° visita	
Monitor	<i>Ronald Kurz Mundaca</i>		Fecha	<i>09/09/19</i>
Hora inicio	<i>12:40</i>		Hora término	<i>13:00</i>
Ubicación				
Geometría			Plano de ubicación	
Altura máx. (m)	11,3			
Altura media (m)	11,3			
Ancho (m)	62			
Pendiente media (°)	38°			
Aterrazamiento	Si	No		
N° de terrazas	-			
Dist. Vivienda - talud (m)	0			
Clasificación de suelo	SM			
Orientación	S-O			
Afloramiento de agua				
Si	No			
Vegetación cara del talud			Fotografía del talud	
No presenta				
Leve				
Moderada	<i>x</i>			
Alta				
Inclinación de árboles				
Si	No			
Observación del viento				
Intensidad		Hora		
Leve				
Moderada	<i>x</i>			
Alto				
Estado de obras realizadas				
Obras	Condición	Observaciones: Mejoramiento, mantención, nada.		
Muro de Contención				
Perfilado				
Control de erosión				
Otras				
Ninguna	x			

Nivel de deterioro e inestabilidad						
Surquillos	x	Cárcavas		Desprendimientos	x	Grietas de tracción en la corona
Deslizamiento		Si	No			
Detalles de surquillos preponderantes						
Número		1	2	3	4	5
Longitud (m)		3,3	1,8	3,1	2,9	2,6
Ancho (m)		0,2	0,24	0,15	0,12	0,2
Profundidad (m)		0,1	0,08	0,1	0,06	0,1
Detalles deterioro de cárcavas preponderantes					Grietas de tracción en corona	
Número		1	2	3	1	2
Longitud (m)						
Ancho (m)						
Profundidad (m)						
Grado de erosión						
No presenta		Leve		Moderada	x	Alta
Observaciones generales						
Se observan surcos y un alto grado de erosión en sector aislado del ancho total de la ladera.						

Figura B5. Ficha catastro talud 5

Identificación	<i>Talud 05</i>		N° visita			
Monitor	<i>Ronald Kurz Mundaca</i>		Fecha	<i>09/09/19</i>		
Hora inicio	<i>13:00</i>		Hora término	<i>13:00</i>		
Ubicación						
Geometría			Plano de ubicación			
Altura máx. (m)	11					
Altura media (m)	11					
Ancho (m)	9					
Pendiente media (°)	38°					
Aterrazamiento	Si	No				
N° de terrazas	-					
Dist. Vivienda - talud (m)	2					
Clasificación de suelo	SM					
Orientación	N-O					
Afloramiento de agua						
Si	No					
Vegetación cara del talud			Fotografía del talud			
No presenta	<i>x</i>					
Leve						
Moderada						
Alta						
Inclinación de árboles						
Si	No					
Observación del viento						
Intensidad		Hora				
Leve						
Moderada	<i>x</i>					
Alto						
Estado de obras realizadas						
Obras	Condición	Observaciones: Mejoramiento, mantención, nada.				
Muro de Contención						
Perfilado						
Control de erosión						
Otras						
Ninguna	x					

Nivel de deterioro e inestabilidad								
Surquillos	x	Cárcavas		Desprendimientos	x	Grietas de tracción en la corona		
Deslizamiento		Si	No					
Detalles de surquillos preponderantes								
Número	1		2		3		5	
Longitud (m)	3,3		1,8		3,1		2,6	
Ancho (m)	0,2		0,24		0,15		0,2	
Profundidad (m)	0,1		0,08		0,1		0,1	
Detalles deterioro de cárcavas preponderantes						Grietas de tracción en corona		
Número	1		2		3		1	2
Longitud (m)								
Ancho (m)								
Profundidad (m)								
Grado de erosión								
No presenta		Leve		Moderada	x	Alta		
Observaciones generales								
Talud se encuentra desprotegido y solo cuenta con un murete de neumáticos.								

Figura B6. Ficha catastro talud 6

Identificación	<i>Talud 06</i>		N° visita	
Monitor	<i>Ronald Kurz Mundaca</i>		Fecha	<i>09/09/19</i>
Hora inicio	<i>13:40</i>		Hora término	<i>14:00</i>
Ubicación				
Geometría			Plano de ubicación	
Altura máx. (m)	3			
Altura media (m)	3			
Ancho (m)	50			
Pendiente media (°)	40°			
Aterrazamiento	Si	No		
N° de terrazas	-			
Dist. Vivienda - talud (m)	1,5			
Clasificación de suelo	SM			
Orientación	N			
Afloramiento de agua				
Si	No			
Vegetación cara del talud			Fotografía del talud	
No presenta				
Leve				
Moderada				
Alta	x			
Inclinación de árboles				
Si	No			
Observación del viento				
Intensidad		Hora		
Leve				
Moderada	x			
Alto				
Estado de obras realizadas				
Obras	Condición	Observaciones: Mejoramiento, mantención, nada.		
Muro de Contención				
Perfilado				
Control de erosión				
Otras				
Ninguna	x			

Nivel de deterioro e inestabilidad							
Surquillos	x	Cárcavas		Desprendimientos	x	Grietas de tracción en la corona	
Deslizamiento		Si	No				
Detalles de surquillos preponderantes							
Número		1	2	3	4	5	
Longitud (m)							
Ancho (m)							
Profundidad (m)							
Detalles deterioro de cárcavas preponderantes					Grietas de tracción en corona		
Número		1	2	3	1	2	
Longitud (m)							
Ancho (m)							
Profundidad (m)							
Grado de erosión							
No presenta		Leve	x	Moderada		Alta	
Observaciones generales							

Figura B7. Ficha catastro talud 7

Identificación	<i>Talud 07</i>		N° visita	
Monitor	<i>Ronald Kurz Mundaca</i>		Fecha	<i>09/09/19</i>
Hora inicio	<i>14:00</i>		Hora término	<i>14:20</i>
Ubicación				
Geometría			Plano de ubicación	
Altura máx. (m)	14			
Altura media (m)	14			
Ancho (m)	45			
Pendiente media (°)	42°			
Aterrazamiento	Si	No		
N° de terrazas	-			
Dist. Vivienda - talud (m)	3,5			
Clasificación de suelo	SM			
Orientación	N-O			
Afloramiento de agua				
Si	No			
Vegetación cara del talud			Fotografía del talud	
No presenta				
Leve	x			
Moderada				
Alta				
Inclinación de árboles				
Si	No			
Observación del viento				
Intensidad		Hora		
Leve	x			
Moderada				
Alto				
Estado de obras realizadas				
Obras	Condición	Observaciones: Mejoramiento, mantención, nada.		
Muro de Contención				
Perfilado				
Control de erosión	x	Canaletas con falta de mantención		
Otras				
Ninguna				

Nivel de deterioro e inestabilidad						
Surquillos	x	Cárcavas		Desprendimientos	x	Grietas de tracción en la corona
Deslizamiento		Si	No			
Detalles de surquillos preponderantes						
Número		1	2	3	4	5
Longitud (m)		7,3				
Ancho (m)		0,12				
Profundidad (m)		0,15				
Detalles deterioro de cárcavas preponderantes					Grietas de tracción en corona	
Número		1	2	3	1	2
Longitud (m)						
Ancho (m)						
Profundidad (m)						
Grado de erosión						
No presenta		Leve		Moderada	x	Alta
Observaciones generales						
<p>Al momento de la inspección, se constata la presencia de material removido y apilado al pie del talud. Se aprecia un gran deterioro y falta de evacuación de las aguas lluvias.</p>						

B2. RESULTADO ENSAYOS LABORATORIO

Talud 1

Tabla A1. “Resultados límite líquido y plástico”

		LC-4	LCU-6	CL-1	Cap 15	CL-5	AE	CL-10	CL-3
	Cant. De Golpes.	0	0	0	20	13	30	18	28
1	Capsula + S. Hum	26,29	25,9	26,16	31,29	36,56	32,72	28,43	36,71
2	Capsula + S. Seco	25,52	25,41	25,58	28,47	33	30,07	24,58	33,35
3	Peso de la cápsula	22,98	23,79	23,87	20,69	23,76	11,72	14,26	24,09
4	Peso del agua	0,77	0,49	0,58	2,82	3,56	2,65	3,85	3,36
5	Peso seco	2,54	1,62	1,71	7,78	9,24	18,35	10,32	9,26
	Humedad	30,31	30,25	33,92	36,25	38,53	14,44	37,31	36,29
	Cant. De Golpes.	31,49							

Fuente: Elaboración propia

Tabla A2. “Resultados granulometría”

	Peso Ret. (g)	% retenido	% que pasa
1"	0	0,0	100,0
3/4"	0	0,0	100,0
3/8"	0	0,0	100,0
4	19,1	4,4836	95,52
10	69,7	16,3615	79,2
40	147,6	34,6479	44,5
200	86	20,1878	24,3
recibidor	103,6	24,3192	0,0
Total	426		

Fuente: Elaboración propia

Tabla A3. “Resumen y clasificación del suelo”

LL	24
LP	31
IP	7
UCSC	a-4
AASHTO	SM

Fuente: Elaboración propia

Talud 2

Tabla A4. “Resultados límite líquido y plástico”

	29	LC-1	LC-4	CL-3	AF	CL-1	CAP-15	LC-3
Cant. De Golpes.	0	0	0	19	16	36	30	28
1 Capsula + S. Hum	26,51	28,01	0	32,61	32,54	34,68	30,92	33,42
2 Capsula + S. Seco	25,74	26,69	0	30,01	29,87	31,47	27,54	29,32
3 Peso de la cápsula	23,52	22,61	0	24,07	23,76	23,82	20,68	19,93
4 Peso del agua	0,77	1,32	0	2,6	2,67	3,21	3,38	4,1
5 Peso seco	2,22	4,08	0	5,94	6,11	7,65	6,86	9,39
Humedad	34,68	32,35	0,00	43,77	43,70	41,96	49,27	43,66
Cant. De Golpes.	33,52							

Fuente: Elaboración propia

Tabla A5. “Resultados granulometría”

	Peso Ret. (g)	% retenido	% que pasa
1"	25,7	5,4	94,6
3/4"	0	0,0	94,6
3/8"	6,6	1,4	93,2
4	27,9	5,9	87,35
10	44,2	9,3	78,1
40	109,4	23,0	55,1
200	95,1	20,0	35,1
recibidor	167,1	35,1	
Total	476		

Fuente: Elaboración propia

Tabla A6. “Resumen y clasificación del suelo”

LL	43
LP	34
IP	10
USCS	a-2-5
AASHTO	SM

Fuente: Elaboración propia

Talud 3.

Tabla A7. “Resultados límite líquido y plástico”

	LC4	LC-3	CL-1	AE	CL-10	LC-5	LCU-6	AC
Cant. De Golpes.	0	0	0	12	23	32	20	29
1 Capsula + S. Hum	24,33	21,61	25,33	32,27	25,07	34,77	37,01	37,6
2 Capsula + S. Seco	24,05	21,27	25,03	29,78	22,37	31,66	33,74	34,94
3 Peso de la cápsula	22,98	19,94	23,83	22,75	14,3	22,12	23,84	26,8
4 Peso del agua	0,28	0,34	0,3	2,49	2,7	3,11	3,27	2,66
5 Peso seco	1,07	1,33	1,2	7,03	8,07	9,54	9,9	8,14
Humedad	26,17	25,56	25,00	35,42	33,46	32,60	33,03	32,68
Límite plástico.	25,58							

Fuente: Elaboración propia

Tabla A8. “Resultados granulometría”

	Peso Ret. (g)	% retenido	% que pasa
1"	25,7	5,4	94,6
3/4"	0	0,0	94,6
3/8"	6,6	1,4	93,2
4	27,9	5,9	87,35
10	44,2	9,3	78,1
40	109,4	23,0	55,1
200	95,1	20,0	35,1
recibidor	167,1	35,1	
Total	476		

Fuente: Elaboración propia

Tabla A9. “Resumen y clasificación del suelo”

LL	24
LP	31
IP	7
USCS	a-4
AASHTO	SM

Fuente: Elaboración propia

Talud 4.

Tabla A10. “Resultados límite líquido y plástico”

	CAP06	CL-3	CL-4	AB	LC-1	CL-3	6	29
Cantidad de golpes	0	0	0	20	24	25	22	30
1 Cant. De Golpes.	16,79	15,96	16,38	36,81	38,48	39,06	36,69	36,25
2 Capsula + S. Hum	16,45	15,56	15,75	33,29	34,68	34,65	32,03	32,8
3 Capsula + S. Seco	15,27	14,12	13,94	23,68	24,1	22,62	20,69	23,56
4 Peso de la cápsula	0,34	0,4	0,63	3,52	3,8	4,41	4,66	3,45
5 Peso del agua	1,18	1,44	1,81	9,61	10,58	12,03	11,34	9,24
Peso seco	28,81	27,78	34,81	36,63	35,92	36,66	41,09	37,34
Humedad	30,47							

Fuente: Elaboración propia

Tabla A11. “Resultados granulometría”

	Peso Retenido (g)	% retenido	% que pasa
1"	0	0,0	100,0
3/4"	27,2	6,4	94,6
3/8"	74	17,5	77,1
4	53,2	12,5	64,60
10	52,9	12,5	52,1
40	77,4	18,3	33,9
200	84,1	19,8	14,0
recibidor	55,2	13,0	
Total	424		

Fuente: Elaboración propia

Tabla A12. “Resumen y clasificación del suelo”

LL	37
LP	30
IP	7
USCS	SM
AASHTO	a-1-b

Fuente: Elaboración propia

Talud 5

Tabla A13. “Resultados límite líquido y plástico”

		29	CAP-06	LC-1	CL-5	LC-3	CL-1	6	CL-3
	Cantidad de golpes	0	0	0	30	20	28	38	13
1	Cant. De Golpes.	27,3	22,7	27,17	33,29	33,9	34,11	37,23	37,38
2	Capsula + S. Hum	26,43	20,93	26,09	30,52	29,69	31,04	32,17	33
3	Capsula + S. Seco	23,53	15,27	22,62	23,71	19,91	23,81	20,67	24,06
4	Peso de la cápsula	0,87	1,77	1,08	2,77	4,21	3,07	5,06	4,38
5	Peso del agua	2,9	5,66	3,47	6,81	9,78	7,23	11,5	8,94
	Peso seco	30,00	31,27	31,12	40,68	43,05	42,46	44,00	48,99
	Humedad		30,8						

Fuente: Elaboración propia

Tabla A14. “Resultados granulometría”

	Peso Ret. (g)	% retenido	% que pasa
1"	27,3	5,4600	100,0
3/4"	7,7	1,5400	100,0
3/8"	41,5	8,3000	100,0
4	22,5	4,5000	95,50
10	23,3	4,6600	90,8
40	62,8	12,5600	78,3
200	117,7	23,5400	54,7
recibidor	197,2	39,4400	15,3
Total	500		

Fuente: Elaboración propia

Tabla A15. “Resumen y clasificación del suelo”

LL	44
LP	31
IP	13
USCS	SM
AASHTO	a-7-5

Fuente: Elaboración propia

Talud 6.

Tabla A16. “Resultados límite líquido y plástico”

		LC-5	CL-1	LC-4	AC	LC-3	LCU-7	AF	CL-10
	Cantidad de golpes	0	0	0	13	27	26	12	17
1	Cant. De Golpes.	24,16	25,56	26,15	38,84	27,61	36,49	35,08	23,23
2	Capsula + S. Hum	23,56	25,07	25,19	34,62	24,99	31,83	31,11	20,14
3	Capsula + S. Seco	22,09	23,83	22,98	26,77	19,96	22,75	23,78	14,27
4	Peso de la cápsula	0,6	0,49	0,96	4,22	2,62	4,66	3,97	3,09
5	Peso del agua	1,47	1,24	2,21	7,85	5,03	9,08	7,33	5,87
	Peso seco	40,82	39,52	43,44	53,76	52,09	51,32	54,16	52,64
	Humedad	41,26							

Fuente: Elaboración propia

Tabla A17. “Resultados granulometría”

	Peso Ret. (g)	% retenido	% que pasa
1"	27,3	5,46	94,5
3/4"	7,7	1,54	93,0
3/8"	41,5	8,30	84,7
4	22,5	4,50	80,20
10	23,3	4,66	75,54
40	62,8	12,56	62,98
200	117,7	23,54	39,44
recibidor	197,2	39,44	0,0
Total	500		

Fuente: Elaboración propia

Tabla A18. “Resumen y clasificación del suelo”

LL	52
LP	41
IP	11
USCS	SM
AASHTO	a-7-5

Fuente: Elaboración propia

Talud 7

Tabla A19. “Resultados límite líquido y plástico”

	LCU-7	CL-10	AB	LC-4	LC-5
Cant. De Golpes.	0	0	0	24	26
1 Capsula + S. Hum	27,17	17,49	25,83	31,98	32,22
2 Capsula + S. Seco	26,1	16,71	25,32	29,58	29,53
3 Peso de la cápsula	22,71	14,26	23,66	22,97	22,08
4 Peso del agua	1,07	0,78	0,51	2,4	2,69
5 Peso seco	3,39	2,45	1,66	6,61	7,45
Humedad	31,56	31,84	30,72	36,31	36,11
Cant. De Golpes.	31,37				

Fuente: Elaboración propia

Tabla A20. “Resultados granulometría”

	Peso Ret. (g)	% retenido	% que pasa
1"	0	0,0	100,0
3/4"	0	0,0	100,0
3/8"	90	0,0	100,0
4	123,3	24,0351	75,96
10	116,4	22,6901	53,3
40	92,9	18,1092	35,2
200	40,4	7,8752	27,3
recibidor	50	9,7466	17,5
Total	513		

Fuente: Elaboración propia

Tabla A21. “Resumen y clasificación del suelo”

LL	36
LP	31
IP	5
USCS	SP-SM
AASHTO	a-1-a

Fuente: Elaboración propia

