

UNIVERSIDAD DEL BÍO - BÍO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

Prof. Patrocinante: Ricardo Riveros Velásquez.



**“PROPUESTA DE INSTRUMENTO DE INSPECCIÓN
VISUAL PARA TALUDES URBANOS.”**

PROYECTO DE TÍTULO PRESENTADO EN CONFORMIDAD A LOS REQUISITOS
PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

GUSTAVO JAVIER MACHUCA CASTRO

CONCEPCIÓN, ABRIL DE 2013

Dedicatoria.

A mí familia querida.

Agradecimientos.

Al término de este proceso quiero agradecer a mi madre por todo el apoyo infinito y cariño de tu parte en esta etapa de mi vida universitaria, eres una genial madre por sobrellevar toda mi carga, por lo mismo te estimo demasiado.

También un cariño especial a mi padre, que en estos momentos descansa en el cielo, pero en realidad está más cerca que nunca.

En este momento tan especial, sino fuera por mis hermanas no podría haber sacado la carrera a delante, Pamela y Carola gracias por el apoyo incondicional.

A mí querida Karen por estar siempre a mi lado en esta última etapa universitaria, gracias por brindarme un inmenso cariño y apoyo. Te amo.

Agradecer también a todos los profesores por mi formación en esta gran universidad. A mi profesor guía, quien apporto con su conocimiento y experiencia en este proyecto.

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN	4
1.1 Definición del problema	4
1.2 Objetivos	5
1.3 Alcances del tema	5
1.4 Organización del proyecto de título	6
2.- ANTECEDENTES GENERALES	7
2.1 Clasificación de taludes	7
2.2 Descripción de los problemas de erosión y estabilidad	9
2.2.1 Estabilidad	9
2.2.2 Erosión	10
2.3 Factores que intervienen en la estabilidad y el deterioro de taludes	12
2.3.1 Áreas inestables y deslizamientos	12
2.3.2 Erosión hídrica y eólica	13
2.3.4 Otros factores observables	16
2.4 Inspección visual	17
3.- PROPUESTA INSTRUMENTO PARA INSPECCION VISUAL	18
3.1 Método de inspección visual	18
3.2 Elaboración de instrumento	20
3.2.1 Ficha catastro	23
3.2.2 Instructivo de aplicación	24
3.3 Inspección preliminar	27
3.3.1 Inspección base	27
3.4 Validación instrumento	28

3.4.1	Selección de inspectores	28
3.4.2	Charla de presentación	29
3.4.3	Inspección del talud	29
3.4.4	Revisión fichas de inspección	32
4.- APLICACIÓN Y VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INSPECCIÓN VISUAL		33
4.1	Sistema de inspección visual	34
4.1.1	Selección de taludes	34
4.1.2	Antecedentes previos	37
4.1.3	Selección de inspectores	37
4.2	Ejecución del proceso de inspección visual	38
4.2.1	Inspección base	38
4.2.2	Inspección externa	42
4.3	Verificación y procesamiento de la información	42
4.4	Selección de deterioros para la validación	43
4.5	Análisis estadístico	44
4.5.1	Aplicación de la Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo	47
4.5.2	Análisis de resultados de la Prueba de Wilcoxon	49
5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		53
5.1	Conclusiones	53
5.2	Recomendaciones	55

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

PROPUESTA DE INSTRUMENTO DE INSPECCIÓN VISUAL PARA TALUDES URBANOS.

Autor: Gustavo Machuca Castro

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

Correo electrónico: gmachuca@alumnos.ubiobio.cl

Profesor Patrocinante: Ricardo Riveros Velásquez

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

Correo Electrónico: rriveros@ubiobio.cl

Resumen.

Los problemas relacionados con los deslizamientos y deterioros en los taludes están cada vez más expuestos a colapsos. Producto de estos desprendimientos la población está alerta, ya que muchos de estos eventos han provocado accidentes en zonas pobladas y carreteras.

En el afán de cambiar esta situación, resulta conveniente implementar un instrumento de inspección visual para taludes urbanos, permitiendo levantar información para catastrar la situación. En este proyecto se confeccionó una ficha donde se registran las características que describen a cada talud, especificando observaciones a partir del seguimiento realizado. De manera simultánea, se creó un instructivo de aplicación, el cual contiene los deterioros típicos, una fotografía, una descripción y la escala de severidad asociada a cada elemento del talud. La funcionalidad del instructivo es la de ayudar al inspector y unificar criterios para que la toma de datos sea más objetiva y consistente.

Se implementó una inspección base en tres taludes, siguiendo la secuencia con el instructivo y completando la ficha de inspección visual. Posteriormente, se solicitó a diez inspectores externos, de distintas casas de estudios superiores, que realizaran la inspección en las mismas tres estructuras. Se obtuvo el estado real de los taludes, registrando el nivel de severidad que alcanza cada deterioro. Los resultados de estas diez inspecciones fueron comparados con los datos base, para obtener la similitud de los datos y evaluar la efectividad del instrumento de inspección propuesto.

Aplicando la prueba estadística no paramétrica de Wilcoxon, se analizaron los resultados obtenidos por los inspectores externos, obteniendo valores cercanos a los datos base y se demostró que el instrumento de inspección y su instructivo, es efectivo en la toma de datos.

El instrumento de inspección visual es fundamental para realizar un control actualizado del talud y prever posibles intervenciones que mitiguen riesgos de deslizamientos. Se recomienda utilizar personal idóneo, ya que es una labor a simple vista sencilla, pero que arroja resultados esenciales para futuros estudios.

Palabras claves: Taludes, Inspección visual, deslizamiento.

Palabras totales: 9.989 palabras.

ABSTRACT.

The problems associated with landslides and damage in the slopes that are increasingly exposed to collapse. Due to these landslides, people are aware and worried of these accidents in populated areas and roads.

In an effort to change this situation, it is convenient to implement a visual inspection instrument for urban slopes, allowing to get information to register it. In this project, it was made a chart to register the characteristics that describe each slope through visual inspection. Simultaneously, it was created an application manual that contains the typical deteriorations, a photograph, a description, and a severity level associated with each element of the slope. This manual will help and guide the inspector to get an objective and consistent data.

It was applied a base inspection in three slopes, following the sequence from the manual and completing the chart through visual inspection. After that, ten external inspectors, from different institutions, realized the inspection of the same three structures. It was obtained the real state of these slopes, recording the severity level that reaches each impairment. The results of these ten inspections were compared with the base data, in order to obtain the similarity among the data and evaluate the effectiveness of the proposed inspectional instrument.

Applying the nonparametric statistical test of Wilcoxon, the data obtained was analyzed by external inspectors, they got similar values to the base data, demonstrating that the inspection instrument and its manual are effective in data collection.

The visual inspectional instrument is essential to do an updated control of the slope and anticipate possible interventions that mitigate risks of landslides. It is recommended to use qualified people, due to this work is seemingly simple, but we can obtain essential results for future studies.

1 INTRODUCCIÓN.

Las masas de suelo con superficie inclinada dan origen a los taludes, que de acuerdo a su naturaleza pueden clasificarse en naturales o artificiales. Los taludes artificiales normalmente quedan descubiertos y sometidos a la acción de agentes dañinos. Producto de los frecuentes deslizamientos de tierra y al poco control de erosión en taludes, especialmente en época de invierno, existe un alto grado de inseguridad en los habitantes más cercanos al pie del macizo, ya que un repentino desprendimiento podría provocar no solo la destrucción de las viviendas aledañas, sino también la pérdida de vidas, hechos que ya se han registrado en el país.

1.1 Definición del Problema.

El colapso de taludes obedece a problemas de inestabilidad global repentina y erosiva. La pronta y correcta detección de estos deterioros es fundamental para evitar que se provoquen deterioros mayores, que pueden derivar en el colapso de la estructura.

Para detectar estos deterioros es necesario estudiar el talud y la mejor forma de llevar a cabo este estudio, es mediante una inspección visual rutinaria.

El proyecto de título propone la creación de un instrumento de inspección visual para taludes urbanos, que ayudará en la rápida y directa recolección de la información necesaria, para tener un contraste del estado actual del talud y prever posibles intervenciones que mitiguen riesgos de deslizamientos.

1.2 Objetivos.

1.2.1 Objetivo General.

- Proponer un Instrumento de Inspección Visual para taludes urbanos.

1.2.2 Objetivos Específicos.

- Identificar variables relevantes que intervienen en la estabilidad y el deterioro de taludes urbanos.
- Confeccionar un instrumento de catastro apropiado para la recolección de información de campo.
- Validar el Instrumento de Inspección Visual propuesto.

1.3 Alcances del Tema.

El proyecto tiene como fin proponer un instrumento de inspección visual para dar solución a los problemas de deslizamientos y erosión. También se busca determinar las zonas que implican mayor riesgo para la población y mantenerlas controladas, así se podrá anticipar con soluciones adecuadas, tanto para el tipo de suelo y el clima de la región. El instrumento de inspección podrá formar parte de un sistema de gestión de riesgos y su información podrá generar proyectos de inspección o realizar labores de mejoramiento de taludes. Debido a limitaciones presupuestarias y de información, este proyecto de título excluye del estudio:

- Estabilidad global del talud.
- El proyecto considera sólo la recolección de la información del estado del talud de carácter visual, no incorpora instrumentos automáticos de recolección de datos.
- Se limita el estudio a una altura del talud apreciable visualmente.
- Se hace referencia a taludes urbano, las zonas colindantes a viviendas verticales y edificios, áreas verdes y vías de transporte.

1.4 Organización del proyecto de título.

Este trabajo consta de una recopilación bibliográfica cuyo principal objetivo es la revisión de los aspectos relevantes en la estabilidad y deterioro de taludes urbanos.

La recopilación bibliográfica sienta por tanto las bases para la confección de un instrumento de inspección para el levantamiento de datos, considerando los factores principales de inestabilidad y deterioro.

El proyecto expone la propuesta del instrumento de inspección visual. Luego, en el capítulo 4 se muestran la aplicación y validación del instrumento de inspección visual.

El trabajo culmina con el análisis de resultados de la validación y conclusiones generales del proyecto. Las conclusiones de este trabajo se centran en torno a los objetivos planteados y las recomendaciones son enfocadas a orientar a futuras investigaciones en cuanto a consideraciones que se debieran tomar en cuenta para el proceso de inspección visual a taludes.

2 ANTECEDENTES GENERALES.

En el presente capítulo se describen y definen los elementos y conceptos que resultan relevantes para este proyecto. Se da a conocer los factores relevantes que influyen en la estabilidad y el deterioro de los taludes urbanos. Posteriormente se explica la importancia de la inspección visual a taludes.

Estos antecedentes corresponden a la teoría principal de los temas a tratar en el proyecto de título y son la base para comprender el tema propuesto.

2.1 Clasificación y caracterización de taludes.

Se comprende bajo el nombre genérico de talud cualquier superficie inclinada respecto a la horizontal que haya de adoptar permanentemente la masa de tierra, bien sea en forma natural o como consecuencia de la intervención humana en una obra de ingeniería. Desde este primer punto de vista los taludes se dividen en naturales (laderas) o artificiales (cortes y terraplenes), según lo muestra la figura N°1. De estas categorías surgen acantilados costeros, botaderos y presas entre otras.

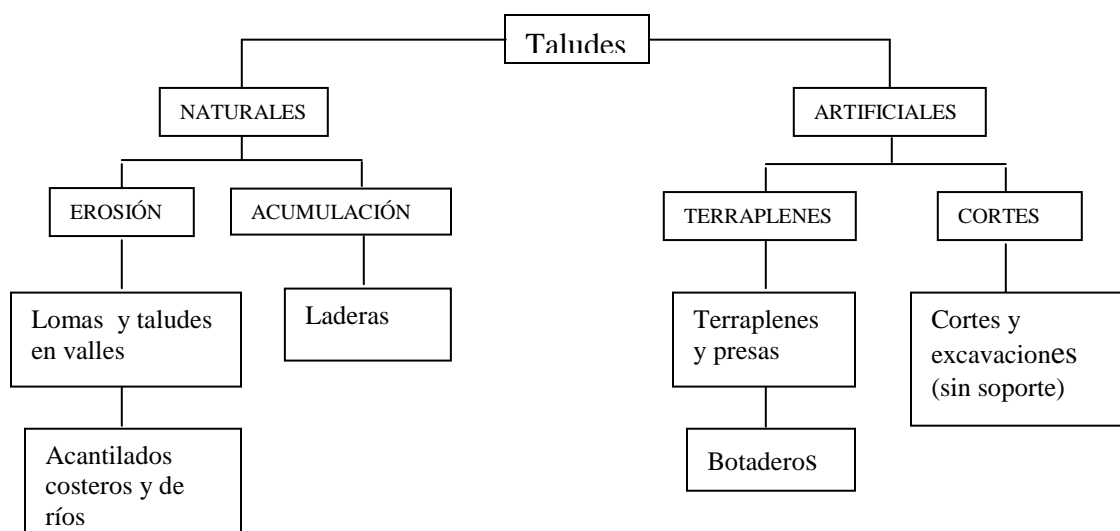


Figura N° 1: Clasificación de taludes.

Fuente: Whitlow, 1994.

Como se muestra en la figura N° 2, el talud comprende una parte alta o superior convexa con una cabeza, donde se presentan procesos de denudación o erosión; una parte intermedia semi recta y una parte baja o inferior cóncava con un pie, en la cual ocurren principalmente procesos de depositación (Suarez, 2009).

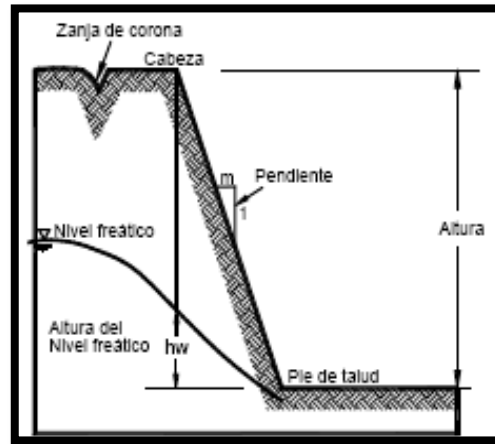


Figura N° 2: Elementos de un talud.

Fuente: Suarez, 2009.

Un talud está compuesto por los siguientes elementos:

- Pie, pata o base: El pie corresponde al sitio de cambio brusco de la pendiente en la parte inferior del talud. La forma del pie de una ladera es generalmente cóncava.
- Cabeza, cresta, cima o escarpe: Se refiere al sitio de cambio brusco de la pendiente en la parte superior del talud. Cuando la pendiente de este punto hacia abajo es semi vertical o de alta pendiente, se le denomina “escarpe”. La forma de la cabeza generalmente es convexa.
- Altura: Es la distancia vertical entre el pie y la cabeza, la cual se presenta claramente definida en taludes artificiales, pero es complicada de cuantificar en las laderas debido a que el pie y la cabeza generalmente no son accidentes topográficos bien marcados.
- Altura de nivel freático: Es la distancia vertical desde el pie del talud hasta el nivel de agua.
- Pendiente: Es la medida de la inclinación de la superficie del talud. Puede medirse en grados, en porcentaje o en relación $m:1$, en la cual m es la distancia horizontal que corresponde a una unidad de distancia vertical.

2.2 Descripción de los problemas de estabilidad y erosión.

La clasificación del estado de estabilidad o erosión es un problema que afecta en mayoría a los taludes urbanos. A continuación se define ambos conceptos, para conectar la información con el tema propuesto.

2.2.1 Estabilidad.

La seguridad de una masa de tierra contra la falla o movimiento es lo que se llama estabilidad. La mayoría de los taludes tienden a degradarse a una forma más estable, y bajo este punto de vista, la inestabilidad equivale a la tendencia a moverse.

La estabilidad de un talud está determinada por factores geométricos (altura e inclinación), factores geológicos (que condicionan la presencia de planos y zonas de debilidad y anisotropía en el talud), factores hidrológicos (presencia de agua) y factores geotécnicos (relacionados con el comportamiento mecánico del terreno).

Existen distintos tipos de deslizamientos que provocan la inestabilidad de los taludes, principalmente estos son:

- a) Deslizamientos planares: Movimiento de una capa de suelo situada, cerca de la superficie inclinada del terreno. Esta puede ser producida por dos fenómenos erosión eólica producida por los vientos y erosión hídrica producida por las precipitaciones. Esta falla se mueve a lo largo de planos débiles que suelen ser horizontales o muy pocos inclinados respecto a la horizontal
- b) Deslizamientos rotatorios: Falla característica de suelos cohesivos homogéneos, el deslizamiento se genera a lo largo de una superficie de falla, observándose un hundimiento del terreno en la parte alta del talud y una saliente cerca del pie (ver figura N° 3).



Figura N° 3: Deslizamiento de rotación.

Fuente: Berríos, 2008.

2.2.2 Erosión.

En términos generales, la erosión genera la remoción de la capa superficial del suelo, sea cual sea el agente responsable: agua, viento, hielo, actuaciones humanas etc. Como resultado, el suelo manifiesta un descenso neto de su fertilidad natural y productividad biológica mediante la reducción del espesor efectivo, pérdida de materias orgánicas y nutrientes, degradación de la estructura física y disminución de la capacidad de la retención de agua (Ibáñez, 2006).

La erosión, por tanto, es un proceso de desgaste que ocurre naturalmente y depende de las características climáticas, la naturaleza del suelo, la topografía y la vegetación. No obstante es posible distinguir que sobre el suelo actúan básicamente dos tipos de erosión:

- a) Erosión geológica: Proceso natural que se desarrolla a muy largo plazo, que ha dado origen a la mayor parte de la topografía y paisaje actual.
- b) Erosión acelerada: Es el proceso de degradación que induce el hombre en los suelos, a través de prácticas incorrectas de uso y manejo. Esta erosión causa efectos dañinos al sitio, además de provocar una disminución de la productividad como consecuencia de la pérdida de nutrientes, de materia orgánica y parte del suelo mineral (Gayoso y Alarcón, 1999). La condición final de la erosión acelerada genera un desgaste superficial del suelo, efectivamente mostrado en la figura N° 4.



Figura N° 4: Efecto de la erosión en talud (Camino la Pólvara, V Región).

Fuente: Verdugo, 2007.

Según Honorato (2000), los procesos erosivos se caracterizan por ser relativamente lentos, intermitentes y recurrentes en el tiempo, ya que están asociados a las lluvias o al viento. Son a la vez progresivos, ya que se va perdiendo el suelo superficial. Esto significa que se trata de procesos irreversibles y su recuperación es a menudo imposible. Si el agente es el agua, se habla de erosión hídrica y para el caso del viento se denomina erosión eólica.

2.3 Factores que Intervienen en la Estabilidad y el Deterioro de Taludes.

Diferentes causas pueden afectar la estabilidad y el deterioro de los taludes, las que pueden fallar en forma imprevista o con evidencias muy marcadas. Entre ellas están los cambios topográficos, sismos, flujos de agua subterránea, cambios en la resistencia del suelo o factores humanos que modifiquen el estado natural de estabilidad.

Los Factores involucrados tienen una especial implicancia en los niveles de deterioro de los taludes, de manera que la observación tiene un papel primordial en la inspección de campo. A continuación se revelan las variables que participan en la inspección visual.

2.3.1 Áreas inestables y deslizamientos.

Las condiciones de inestabilidad de un sitio no son necesariamente obvias en la inspección de campo, pero en ocasiones hay evidencias claras de la inestabilidad. Algunos de los factores observables que indique una inestabilidad del talud son las grietas de tracción en la corona, Derrumbes, inclinación de árboles, entre otras.

a) Grietas de tracción

Estas son fracturas en la corona del talud. Se puede observar como una abertura o una separación del suelo en la superficie del talud. En otras oportunidades existe un descenso de la superficie en falla. Cuando esto ocurre, en el pie del talud existirá una leve ondulación producto del desplazamiento del suelo. Los deslizamientos generalmente producen aberturas o grietas de tensión sobre las vías pavimentadas.

b) Derrumbes

Los derrumbes o deslizamientos se encuentran asociados a fallas en suelos y rocas, y de acuerdo con la forma de la superficie de falla se subdividen en rotacionales y planares. Los derrumbes rotacionales tienden a ocurrir lentamente en forma de cuchara y al finalizar, la masa se desplaza sustancialmente y deja un escarpe en la cresta. Los derrumbes planares consisten en el movimiento de un bloque de suelo o roca a lo largo de una superficie de falla plana bien definida. En algunos casos, este movimiento deja sin vegetación la zona deslizada y los escombros quedan expuestos al pie del talud.

c) Inclinación de árboles

La inclinación de árboles está relacionada con la orientación de los troncos porque permite determinar si hay movimientos recientes o antiguos. Si estos se encuentran inclinados puede ser indicativo de deslizamientos, la base torcida es indicativa de repteo. El repteo es el resultado de la acción de fuerzas de filtración o gravitacionales y es un indicador de condiciones favorables para el deslizamiento

d) Escarpe y afloramiento de rocas

Los escarpes se reconocen por su pendiente y por la falta de vegetación. La roca sin vegetación aparece con un tono claro. Los afloramientos de roca tienen una apariencia de topografía rugosa (Suarez, 2009).

2.3.2 Erosión Hídrica y eólica.

La erosión del suelo es un importante factor a tener en cuenta en el desprendimiento y arrastre de partículas del terreno. La erosión hídrica es producida por las gotas de lluvia que impactan sobre el terreno, disgregando las partículas que son arrastradas por el agua de escorrentía. Los impactos de las gotas separan y dispersan las partículas del suelo, con lo que se inicia la pérdida del mismo. Los factores que determinan la erosión hídrica son parámetros naturales o artificiales que definen la magnitud de la perturbación, tal como clima, topografía, suelo, vegetación y manejo - acción antrópica (FAO, 1997).

a) Relieve topográfico

El relieve topográfico es el factor geomorfológico que más influye en los procesos erosivos. Dentro del relieve no solamente son importantes la pendiente y la longitud del talud, sino también la forma del perfil. Cuando llueve sobre un terreno inclinado y descubierto, las partículas del suelo, por efecto de la salpicadura, tienden a desplazarse cuesta abajo, aumentando la proporción en función de la pendiente. Las pérdidas de suelo por erosión hídrica crecen al aumentar la inclinación y la longitud de un talud.

b) Cobertura vegetal

La cobertura vegetal actúa como una capa protectora o amortiguadora entre la atmósfera y el suelo. Sus componentes, como hojas y tallos, absorben parte de la energía de las gotas de lluvia y de los flujos de agua y del viento, disminuyendo su efecto erosivo al suelo, y los sistemas de raíces mejoran la resistencia del suelo (Morgan RPC, 2005).

c) *Esguerrimiento superficial*

El esguerrimiento superficial ocurre en pendientes durante las lluvias cuando es superada la capacidad de infiltración o la humedad máxima del suelo. El flujo es interrumpido por todo tipo de irregularidades como rocas o vegetación.

Las observaciones de flujo se pueden apreciar por las zonas de humedad y se identifican por cambios repentinos a tonos más oscuros y por cambios fuertes en la tonalidad de la vegetación. Los efectos y signos de deterioro por esguerrimiento superficial son especialmente por procesos de surquillos, cárcavas y en el caso agudo desprendimientos.

- **Surquillos:** Es la etapa intermedia entre la erosión por lámina de agua (impacto de la gota de lluvia) y formación de cárcavas. En esta fase, el agua tenderá a concentrarse en pequeños riachuelos o hilos de corriente a medida que va avanzando pendiente abajo del talud, los cuales a su vez se van profundizando y con el tiempo convergerán formando canales de mayor importancia como la cárcava.
- **Cárcavas:** Esta etapa es posterior a la del surquillo. Representa un avanzado estado de erosión. A diferencia de los surcos, no pueden ser eliminados mediante técnicas de conservación. La cárcava se forma a medida que el surquillo va creciendo y aumentando su anchura. En esta fase, el suelo se ablanda y el exceso de lluvia forma depresiones de forma de U o V. Para un mejor aclaración en la figura N° 5 se muestra los signos de deterioro en un talud.
- **Desprendimientos:** Es el desprendimiento de material, donde el agua ha conseguido penetrar profundamente separando las capas homogéneas. En aquellos casos en que la base sobre la que se asienta estos materiales sean rocas impermeables, entonces se transforman en una especie de superficie guía de deslizamiento, por efecto del agua que no puede penetrar más, desplazando los materiales meteorizados. En este caso el deslizamiento es la fase final del ciclo de la erosión provocando desastres irremediables.



Figura N° 5: Signos de deterioro en un talud.

Fuente: Mardones, 2007

En la imagen presentada se observa un talud sin una cobertura vegetal, permitiendo que el escurrimiento superficial provoque efectos erosivos en el talud. Además, se pueden apreciar signos de deterioro como surquillos en una red extensa y una cárcava en forma de V.

d) Erosión eólica.

Es producida por la acción del viento, mediante el cual se recoge y transporta el material superficial suelto, al mismo tiempo que las partículas transportadas desgastan por abrasión el suelo. Se puede observar en la figura N° 6 principalmente en terrenos sometidos a fuertes vientos como las zonas costeras o desérticas, con altas variaciones de temperatura y pocas precipitaciones. Debe ser considerada como un factor importante en zonas donde se presenta este fenómeno.



Figura N° 6: Erosión Eólica.

Fuente: Fotonatura.org

2.3.3 Otros factores observables.

La observación juega un rol fundamental en este proyecto y hay otros factores interesantes a la hora de inspeccionar el talud. Los aspectos a identificar son:

a) Obras anexas

Este punto aclara si el talud presenta obras o trabajos realizados. Es frecuente ver obras anexas al realizarse el perfilado de taludes, esto para evitar el pronto deterioro y permitir su conservación.

Las observaciones van enfocadas al estado en que se encuentren las obras, es decir, si esta presenta un deterioro o no funciona correctamente. Algunas de las obras típicas son; muros de contención, perfilado, control de erosión, entre otras.

b) Construcciones o excavaciones cercanas

Identificando si el talud se encuentra en estas situaciones en particular, para verificar que no estén actuando fuerzas externas aledañas a la estructura inspeccionada.

c) Distancia entre el patio de las casas y el pie del talud

El distanciamiento necesario considerado de resguardo para la instalación de viviendas desde el pie del talud no está acordado legalmente en nuestro país. De modo de garantizar una longitud apropiada, se debe considerar en la inspección de campo.

Cabe mencionar que la mayoría de las zonas pobladas no cuentan con un estudio de riesgo para un eventual deslizamiento, y en ocasiones la distancia entre el patio y el pie del talud es mínima.

d) Afloramiento de aguas.

Al ocurrir lluvias acumuladas, los niveles freáticos ascienden generándose un afloramiento de aguas hacia la superficie. Los reconocimientos de estas zonas de afloramiento pueden producir desprendimientos de masas de suelo.

2.4 Inspección Visual.

La inspección es el método de exploración física que se efectúa por medio de la vista. Algunos de sus objetivos son; detectar características físicas significativas del entorno del talud, observar y discriminar en forma precisa los hallazgos anormales en relación con los normales. En definitiva, la inspección ayuda a detectar a tiempo cualquier imprevisto que pudiera afectar a los taludes y tomar las acciones correctivas o preventivas del caso.

2.4.1 Inspección de campo.

Las inspecciones de campo permiten ver si existe un cambio producto del deterioro en la superficie de cada talud y considerar las zonas de mayor riesgo que deben ser inspeccionados continuamente. En la inspección se debe buscar grietas en la superficie, afloramiento de aguas subterráneas, zonas erosionadas o cualquier otro factor que evidencie la posible ocurrencia de un deslizamiento.

La periodicidad de las inspecciones se debe decidir en función de la importancia a la peligrosidad de un eventual deslizamiento hacia la población, pero es necesario que se intensifique en épocas de lluvia o luego de cualquier evento sísmico.

El propósito de la inspección de campo es recopilar toda la información necesaria para tomar decisiones sobre los posibles problemas de deslizamientos de terreno y de deterioro. Estos problemas son fenómenos bastante comunes en taludes, y pueden amenazar seriamente la infraestructura civil (carreteras, acueductos, edificios, etc.) y hasta comunidades enteras. Por lo tanto, surge la idea de proponer un instrumento de inspección visual que levante información fidedigna del talud y así facilitar el trabajo de la inspección de campo.

3 PROPUESTA INSTRUMENTO PARA INSPECCIÓN VISUAL.

En el presente capítulo se propone un instrumento de inspección visual para el control rutinario de taludes urbanos. Además, se entregan sus herramientas de apoyo, las que complementan y mantienen una secuencia de ejecución, otorgando objetividad y consistencia a los datos. El nivel de inspección propuesto permite minimizar la posibilidad de ignorar alguno de las deficiencias que pueden convertirse en deterioros severos si no son detectados a tiempo.

3.1 Método de Inspección Visual.

El proceso metodológico del proyecto tiene como fin generar las etapas que deben llevarse a cabo para llegar a la conclusión del estudio. El sentido que optó la investigación para desarrollar el problema se resume en el siguiente esquema mostrado en la figura N° 7.

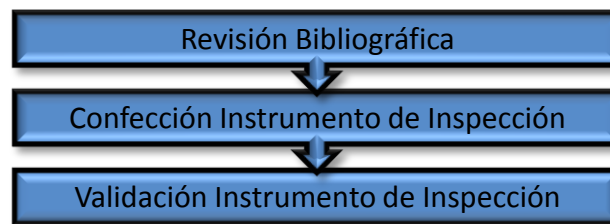


Figura N° 7: Esquema Metodológico de Investigación.

Fuente: Elaboración Propia.

En la revisión bibliográfica se involucró la investigación de los factores predominantes que afectan la estabilidad y el deterioro del talud. Cabe destacar que con esta revisión bibliográfica se recopiló los antecedentes para la confección del instrumento de inspección.

La etapa de confección del instrumento catastro tiene como función describir y dejar registro de la inspección realizada a los taludes. En ésta se tabularán las mediciones y observaciones de campo. Además, para complementar la inspección, se elaboró un instructivo para efectuar una correcta aplicación del instrumento en terreno.

Para la validación del instrumento se seleccionaron taludes de distinta geometría y en diferentes estados de deterioro. Luego, con diez inspectores externos se analizó la repetitividad de datos obtenidos mediante la prueba estadística no paramétrica de Wilcoxon, de manera de comprobar la efectividad de la ficha.

El esquema entregado anteriormente contempla el aspecto general de la metodología aplicada en el proyecto, en esta ocasión en la Figura N° 8 se muestran con más detalle las etapas y secuencia del proceso metodológico.

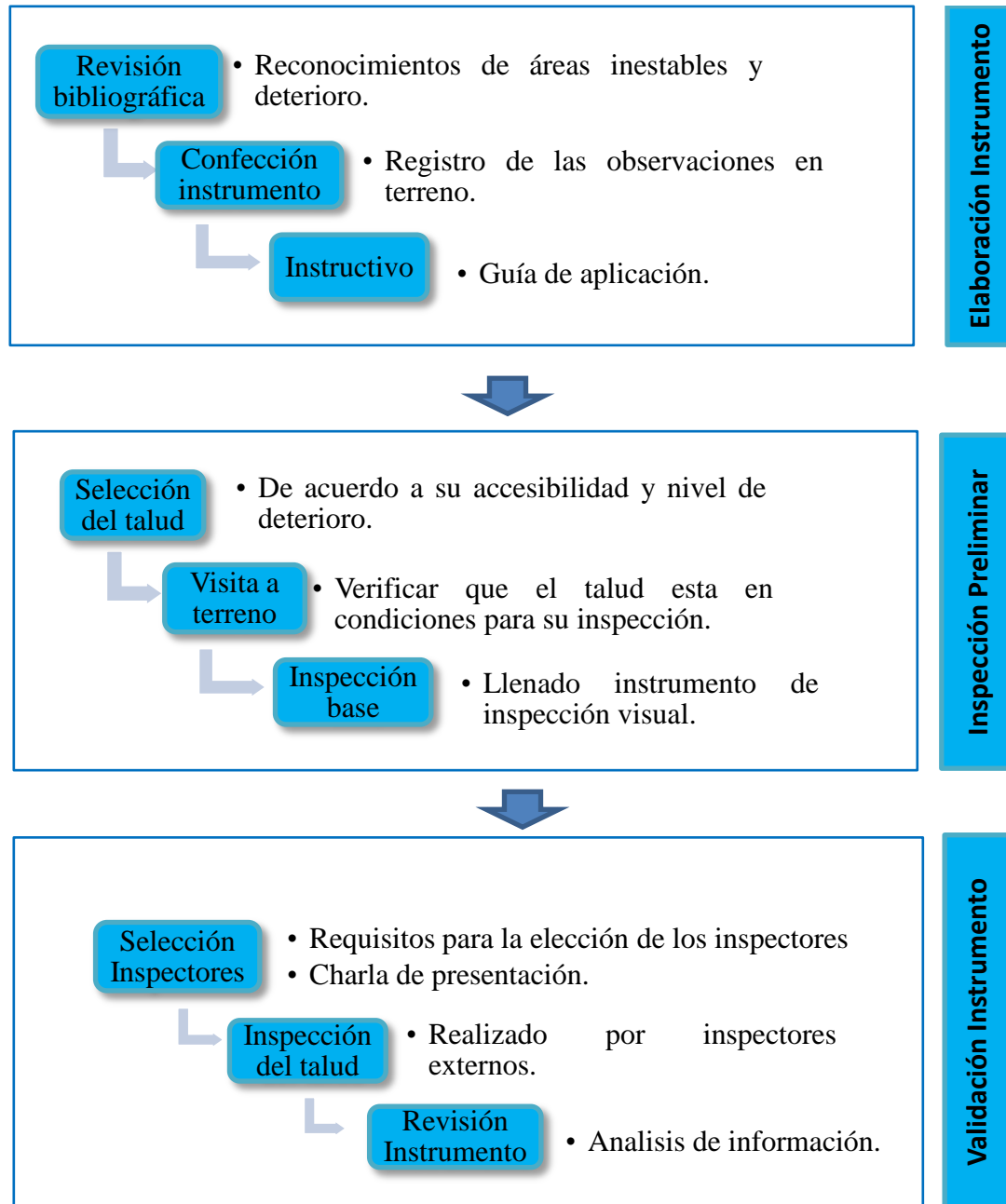


Figura 8: Etapas del proceso de inspección visual.

Fuente: Elaboración propia.

3.2 Etapa I: Elaboración de instrumento.

El objetivo primordial de esta etapa es de confeccionar un instrumento de inspección visual para recopilar la información de los deterioros detectados durante la inspección en terreno. Para llevar a cabo esta elaboración se realizó una investigación general, dentro de la cual se estudiaron los aspectos relevantes en la estabilidad y el deterioro de taludes urbanos.

La información recopilada destaca factores observables que indiquen una inestabilidad o un deterioro del talud, algunas de ellas pueden ser; grietas de tracción, inclinación de árboles, surquillos, cárcavas, desprendimientos, afloramiento de aguas, entre otras.

La revisión bibliográfica sienta por tanto las bases para la confección un instrumento de inspección de carácter visual, considerando los antecedentes principales mencionados. A continuación la figura N° 9 muestra el instrumento (ficha) de inspección visual propuesta para el levantamiento de información.

Identificación		N° visita				
Monitor		Fecha				
Hora inicio		Hora término				
Ubicación						
Geometría		Plano de ubicación				
Altura máx. (m)						
Altura media (m)						
Ancho (m)						
Pendiente media (°)						
Aterrazamiento				Si	No	
N° de terrazas						
Dist. Casas - talud (m)						
Tipo de suelo						
Construcciones o excavaciones cercanas				Si	No	
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	Opción: Mejoramiento, mantención, nada.				
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										

Figura 9: Ficha Catastro propuesta.

Fuente: Elaboración Propia.

3.2.1 Ficha catastro.

El contenido de la ficha se elaboró para recopilar la información de los deterioros detectados en el talud, pero la otra finalidad es de recoger los datos de manera fácil y directa en terreno. La ficha catastro está estructurada de la siguiente manera:

- La primera parte cuenta con el registro del monitoreo realizado a los taludes, que indican la identificación del talud, la ubicación, el número de visita, la fecha y la hora de inspección. Las personas que realizaron la descripción deben ser reconocidas en la ficha, ya que ellos son los encargados directos de la calidad de los datos. Por lo tanto, los monitores deben escribir su nombre en cada ficha utilizada.
- La segunda sección describe la geometría del talud, en donde se anotará las mediciones como: altura, ancho, pendiente y el distanciamiento entre las casas y el pie del talud. Es importante tabular estas medidas, porque pueden ser útiles para un estudio posterior.
- El tercer segmento muestra los aspectos observables del talud, tales como afloramiento de agua, vegetación en la cara del talud, inclinación de árboles y el estado de obras realizadas (si las tuviera). Con esta información yase pueden identificar problemas de inestabilidad y zonas de deterioro, considerando los aspectos definidos en esta sección.
- El cuarto ítem se refiere al nivel de inestabilidad y deterioro del talud, teniendo en cuenta los signos como surquillos, cárcavas, desprendimientos, grietas de tracción en la corona y derrumbes. Estos signos tan evidentes son fundamentales a la hora de inspeccionar el talud porque con estos antecedentes se define el estado real de la estructura.

3.2.2 Instructivo de aplicación.

Para unificar criterio de cuantificación del deterioro, de manera de obtener datos objetivos y consistentes se generó una guía de aplicación para el llenado de la ficha, la cual se encuentra en el Anexo A. Para cada ítem se generó una descripción, una forma y unidad de medición. Para el caso de los signos de deterioro se propuso distintos niveles de severidad y una fotografía para facilitar la identificación. Un ejemplo de ello se muestra en la siguiente descripción.

- La persona encargada de la inspección recorrerá la superficie del talud en busca de signos de deterioro como: surquillos, cárcavas, desprendimientos, grietas de tracción en la corona y derrumbes. Para una mejor orientación y diferenciación de estos signos de deterioro se esclarecerá según la siguiente descripción:

Surquillos: La erosión por surquillos es la extracción de suelo por pequeños y evidentes canales de agua que concentra la escorrentía. Estas son fracturas en la corteza del talud. Se puede observar como una abertura o una separación del suelo en la superficie del talud (Ver figura 10).

Su unidad de medición será de acuerdo a la cantidad encontrada en el talud, relacionándose de la siguiente manera: **No presenta:** El talud no presenta surquillos. **Leve:** 1-2 surquillos. **Moderado:** 3-4 surquillos. **Alta:** más de 4 surquillos. Posteriormente se anotará el nivel de deterioro en el ítem surquillos, según la codificación siguiente:



No presenta	0
Leve	1
moderado	2
Alto	3

Figura 10: Formación surquillo.

Fuente: Mardones, 2007.

El inspector cuando evalué los signos de deterioros mencionados en la ficha catastro se registrará de acuerdo a la siguiente escala de severidad que se muestra en la tabla N°1.

Tabla 1: Escala de severidad.

Estado	Código	Descripción
No presenta	0	Todos los elementos libres de todo deterioro, tampoco se prevé la posibilidad de la aparición de futuros deterioros en los elementos. Este nivel se aplica también cuando el elemento no puede ser asociado con este tipo de deterioro.
Leve	1	Los signos de deterioros e inestabilidad, se presentan levemente, pero durante la inspección del elemento se puede prever la aparición de nuevos deterioros.
Medio	2	Los signos de inestabilidad y deterioro se aprecian a primera vista. En este nivel el deterioro ya se encuentra presente y es el momento correcto para planificar su intervención.
Alto	3	En este nivel el deterioro es notorio a simple vista en cada uno de los elementos inspeccionados. Su intervención es necesaria al corto plazo.

Fuente: Elaboración Propia.

Con la escala de severidad propuesta y el instructivo como guía, se plantea su aplicación de la siguiente manera:

- Dirigirse al ítem nivel de deterioro e inestabilidad.
- Marcar en el recuadro el código asignado para los deterioros establecidos en el ítem (ver figura N° 11).

Nivel de deterioro e inestabilidad							
Surquillos	1	Cárcavas	0	Desprendimientos	1	Grietas de tracción en la corona	0

Figura N° 11: Ejemplo aplicación de ficha, según escala de severidad.

Fuente: Elaboración Propia.

Para los casos de los ítems de grado de erosión y vegetación cara del talud, se marcará con una x el recuadro correspondiente, de acuerdo a su observación, tomando en cuenta también el instructivo (ver figura N° 12).

Grado de erosión							
No presenta		Leve	x	Moderada		Alta	

Vegetación cara del talud	
No presenta	
Leve	x
Moderada	
Alta	

Figura N°12: Ejemplo aplicación de ficha.

Fuente: Elaboración Propia.

3.3 Etapa II: Inspección preliminar.

En esta etapa se revisan los antecedentes previos con que se debe contar en la planificación de la inspección rutinaria. Para la selección del talud se dispondrá de la accesibilidad, ubicación y deterioro de los taludes que conviven con la población los cuales afectan en mayor medida con su cercanía y condición geométrica. Según el grado en que afecten a la población el talud adquirirá una mayor relevancia para su inspección.

El último paso para determinar la zona de estudio fue visitar el terreno para verificar que los taludes estén en condiciones accesibles para su inspección. En el recorrido se observó la extensión del cordón montañoso, la proximidad de éste con la población y un lugar amplio para facilitar la inspección. Además, dada las condiciones de cercanía de los taludes y accesibilidad se seleccionó la comuna de Chiguayante para realizar la experiencia de validación

3.3.1 Inspección base.

Lo fundamental de esta etapa es encontrar los deterioros que fueron detectados, de manera de contar con una base de datos del talud. La inspección base será realizada por una persona calificada y con conocimientos en el tema, de modo que será ejecutado por el creador de la ficha. Con la inspección base se pretende completar la ficha de inspección visual propuesta, en esta se debe registrar de acuerdo a este orden:

- Ubicación del talud.
- Geometría del talud.
- Presencia de vegetación.
- Afloramiento de agua.
- Estado de obras.
- Signos de deterioro.

3.4 Etapa III: Validación Instrumento.

En esta etapa de validación de la ficha de inspección visual se realiza la inspección de los elementos que componen la estructura. Para la recopilación de la información de los deterioros detectados se utilizará la ficha catastro propuesta. Para la aplicación del instrumento de inspección visual se solicitará la colaboración de personas que realizará la inspección externa. El personal seleccionado deberá cumplir los siguientes requisitos.

3.4.1 Selección de inspectores.

Los inspectores tienen una participación importante en la fase de validación, por lo que el personal que realizará la inspección debe ser instruido previamente en la ejecución de la ficha, identificación de los elementos y deterioros establecidos en el instructivo. Los requisitos para la selección de los inspectores son las siguientes:

- Mínimo 2 años de estudio de carácter técnico en el área de construcción.
- Se tomará en cuenta alumnos de diferentes centros de estudios o institutos.

Como en todo equipo de trabajo, el grupo que efectúa la inspección debe contar con un profesional a cargo (solo para esta validación), en el cual recae la responsabilidad de dar cumplimiento a la correcta inspección al talud, colocación de señalización o cualquier otro tipo de recomendaciones que sean necesarias. Para esto, el profesional debe estar al tanto de las características del talud a inspeccionar, los posibles problemas que se puedan presentar y que pudieran ser evitados a la brevedad.

Todos los inspectores son instruidos para la aplicación del instrumento de inspección visual en forma conjunta, donde se les informa los objetivos del estudio.

3.4.2 Charla de presentación.

Los inspectores son los responsables de recopilar toda la información relacionada con el estado del deterioro que presenta el talud. Para preparar a los inspectores en su tarea de recolección de datos y en la correcta ejecución del instrumento de inspección visual, se debe realizar un breve proceso de inducción a la labor que desempeñaran mediante una charla de inducción, que incluye los siguientes puntos:

- Objetivos del estudio.
- Instrumento de inspección visual.
- Instructivo para el llenado de la ficha (entregado con anterioridad).
- Ubicación de los taludes a inspeccionar.
- Dudas y consultas.

Durante la charla de presentación se esclarecerá el correcto llenado de la ficha de inspección y se comentará la importancia haber leído con anterioridad el instructivo de aplicación. Se reforzará con la lectura del instructivo para aclarar algunas dudas de los inspectores, de modo que el levantamiento de datos funcione adecuadamente.

3.4.3 Inspección del talud.

Toda la información obtenida tras la ejecución de la inspección debe ser registrada y almacenada, de modo de generar el registro de cada uno de los deterioros detectados en los taludes inspeccionados.

El registro de estos deterioros se efectúa mediante el llenado de la ficha de inspección aplicada por los inspectores externos. Los inspectores deben guiarse por el instructivo para operar correctamente la ficha.

La ficha tiene una fácil interpretación y cuenta con una escala de cuantificación del deterioro detectado, esta se divide en tres partes comenzando con la geometría del talud. A continuación, se registran los aspectos primordiales para la identificación del estado del talud. En la última parte se identifica los deterioros encontrados. Los inspectores externos inspeccionarán los tres taludes de acuerdo a la secuencia propuesta en la Figura N° 13.



Figura N° 13: Secuencia propuesta de ejecución de inspección visual.

Fuente: Elaboración propia.

Los taludes generalmente tienen una geometría extensa, en mucho de los casos los elementos que lo componen no son de libre acceso, por lo que su inspección será imposible sin medios auxiliares de acceso a los distintos puntos. Los medios básicos de seguridad con los que debe contar el personal son:

- Cascos.
- chaleco reflectante.
- Guantes.
- Zapatos de seguridad.
- Antiparras.

La cara del talud, es la zona donde suelen ocurrir la mayor cantidad de deterioros. Asimismo, es la zona de más difícil acceso, por lo que para su inspección serán necesarios medios auxiliares que permitan la inspección con la mayor seguridad del personal.

Todos los elementos utilizados para la realización de la inspección deben provocar la menor interrupción posible para completar la ficha. Algunos de los equipos y herramientas necesarias para facilitar el proceso de inspección son:

Equipos visuales.

- Binoculares.
- Huinchas.

Herramientas de documentación.

- Cámaras fotográficas.
- Fichas de Inspección.

Equipos de ayuda.

- Escala.
- Cuerda.

3.4.4 Revisión fichas de inspección.

En esta etapa se analiza la información recopilada por los inspectores externos mediante la ficha de inspección visual. Los inspectores externos tienen una participación primordial en la fase de validación, ya que se pretende encontrar una similitud en los resultados, para mediciones diferentes realizadas en las mismas condiciones.

Para el análisis de estos datos se utilizará la estadística no paramétrica, específicamente la Prueba de Rangos con Signos de Wilcoxon. Se eligió esta prueba porque permite comparar dos muestras relacionadas con una media teórica y determinar si existen diferencias entre ellas. En este caso la media teórica serán los datos obtenidos en la inspección base.

Aplicando esta prueba se busca encontrar la exactitud de los datos obtenidos por cada inspector en relación a los datos reales, que son los registrados durante la inspección base.

Para finalizar, en este capítulo se destaca la propuesta de una inspección visual a taludes urbanos, para la recolección de información, que abarca cada elemento del talud, entregando los pasos a seguir y las herramientas necesarias para concretarlo.

La secuencia propuesta divide el talud en tres partes, de modo de recorrer e inspeccionar cada uno de sus elementos, abarcando completamente al talud. Además, se entrega un instructivo que facilita la toma de datos y ayuda en el llenado de la ficha. Esta herramienta de apoyo permite la recolección de información de deterioros de forma objetiva y consistente.

El conjunto de estas tres herramientas, secuencia de inspección, instructivo de ejecución y ficha de catastro, es la base para la funcionalidad del instrumento propuesto.

4 APLICACIÓN Y VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INSPECCIÓN VISUAL.

Se realizó la aplicación del instrumento de inspección visual propuesto en taludes urbanos, en la Región del BioBio, específicamente en la comuna de Chiguayante.

Se comenzó con una inspección base, siguiendo la secuencia de inspección y utilizando las herramientas de apoyo, en tres taludes. A continuación, se realizó la aplicación del procedimiento con 10 inspectores externo, cada inspector evaluó los tres taludes, completando las fichas de inspección. Posterior a esto, se compararon los resultados obtenidos por cada inspector, con los resultados obtenidos durante la inspección base.

Para la aplicación se utilizaron inspectores de diferentes universidades, en donde este equipo de personas que realice la labor de inspeccionar no deban ser necesariamente especialistas, si es obligatorio que sean preparadas y capacitadas por un profesional competente en el área de suelos. Cabe recalcar que estos inspectores serán elegidos, en base a sus años de estudios en el área concernida.

Para el proceso de validación se utilizará Estadísticas no Paramétricas, de modo de verificar la reproducibilidad de los datos obtenidos por cada inspector, utilizando como datos patrón los obtenidos durante la inspección base.

4.1 Sistema de Inspección Visual.

En la aplicación de la ficha de inspección visual se siguió la secuencia propuesta para lograr una correcta validación del instrumento.

4.1.1 Selección de taludes.

Se seleccionaron tres taludes ubicados en la Región del BíoBío, ambos ubicados en la comuna de Chiguayante.

Los taludes seleccionados cuentan con un gran número de deterioros los cuales serán los puntos de control en la validación del procedimiento. Para su elección se consideró que estuvieran cercanos entre ellos, que estén cercanas a zonas que hayan sufrido deslizamientos, que exista un fácil acceso a ellos y contengan vegetación de baja altura para poder medir todos los parámetros requeridos para la inspección. Además, se buscó que se distingan con respecto a su geometría, distancias a las casas y obras realizadas. En la figura N° 14 se muestra la ubicación de los taludes seleccionados para el proceso de validación del instrumento.



Figura N° 14: Ubicación Taludes Seleccionados.

Fuente: Google Earth.

a) *Talud N°001.*

El Talud N° 001 se encuentra ubicado en la comuna de Chiguayante, población Valle del Sol. La estructura tiene una altura aproximada de 30 m, con un ancho de 60 m y una pendiente promedio de 60°. El talud contiene 3 terrazas y la distancia del pie del talud hasta las casas es de 14 m, pero se aprecia una casa ocupando un pedazo del talud.

Los alrededores se contemplan juegos para niños como una plaza de ejercicios y una multicancha al pie del talud. En la Figura N° 15 se muestra la vista general del talud.



Figura N° 15: Vista General del Talud N° 001.

Fuente: Imagen Propia.

b) *Talud N° 002.*

El Talud N° 002 se encuentra ubicado en la comuna de Chiguayante, población Valle del sol. La estructura tiene una altura aproximada de 25 m, con un ancho de 40 m y una pendiente promedio de 60°. El talud contiene 2 terrazas y la distancia del pie del talud hasta las casas es de 1 m, pero se aprecia una obra de evacuación de aguas que funciona regularmente, ya que no se han hecho las mantenciones correspondientes.

Los alrededores se contemplan juegos para niños como una plaza de ejercicios al pie del talud. En la Figura N° 16 se muestra la vista general del talud.



Figura N° 16: Vista General del Talud N° 002.

Fuente: Imagen Propia.

c) Talud N° 003.

El Talud N° 003 se encuentra ubicado en la comuna de Chiguayante, población Valle del sol. La estructura tiene una altura aproximada de 28 m, con un ancho de 86 m y una pendiente promedio de 75°. El talud contiene 1 terraza y la distancia del pie del talud hasta las casas es de 10 m, no contiene obras actuales y las ramas abundan al pie del talud. Según antecedentes recopilados e información entregada por los vecinos, explican que el talud sufre de deslizamientos en los periodos de invierno, dejando a los hogareños un barrial en el sector.

Los alrededores se contemplan una calle y al frente una corrida de casas. En la Figura N° 17 se muestra la vista general del talud.



Figura N° 17: Vista General del Talud N° 003.

Fuente: Imagen Propia.

4.1.2 Antecedentes previos.

Para los taludes se registrarán si contiene inspecciones previas o se está monitoreando actualmente. Todos los antecedentes se indagarán en la municipalidad, como también charlas con habitantes cercanos al talud para la facilitación de información trascendental.

4.1.3 Selección de Inspectores.

En la aplicación del procedimiento de inspección visual se utilizaron 10 inspectores externos. Cada uno de ellos constara con los estudios mínimos en el área competente. El personal fue seleccionado exclusivamente para la validación del instrumento.

El inspector a cargo de la inspección base es el responsable de este proyecto de título. Para el resto del personal que ejecutó la validación del instrumento de inspección se seleccionó:

- Dos alumnos de sexto año de Ingeniería civil de la Universidad del Bio-Bio.
- Dos alumnos de sexto año de Ingeniería civil de la Universidad de Concepción.
- Un alumno de cuarto año de Ingeniería civil de la Universidad Católica de la Santísima Concepción.
- Dos alumnos técnicos en construcción de la Universidad Técnica Federico Santa María
- Dos alumnos del Grupo geotecnia de la Universidad del Bio-Bio.
- Un laboratorista de suelos.

Todos los inspectores fueron instruidos para la aplicación del instrumento de inspección visual en forma conjunta, donde se le informó:

- Objetivos del estudio.
- Instrumento de inspección visual.
- Instructivo para el llenado de la ficha (entregado con anterioridad).
- Ubicación de los taludes a inspeccionar.
- Dudas y consultas.

4.2 Ejecución del Proceso de Inspección Visual.

Antes del comienzo de las inspecciones se realizó la recopilación de los antecedentes de cada uno de los taludes a inspeccionar. Esta información, en muchos de los casos, puede ser escasa o nula por lo que es necesario aproximar mediciones en la ficha de catastro para cada uno de los taludes seleccionados. La secuencia en que fueron inspeccionadas:

- Talud N°001.
- Talud N°002.
- Talud N°003.

4.2.1 Inspección Base.

En la ejecución de la inspección base se tomaron las mediciones especificadas en la ficha, el proceso de llenado de la ficha se llevó a cabo sistemáticamente, según lo estipulado en el instructivo creado para este proyecto. Además, se completó las fichas de catastro con la finalidad que serán de gran ayuda para estudios más profundo a estos taludes.

La razón de la ejecución de una inspección base es contar con una medición de control para contrastar los deterioros encontrados con los registrados en la posterior inspección externa. Los resultados obtenidos tras la inspección base se encuentran adjuntos en el Anexo B.

Se realizó la inspección visual al talud, considerando la ficha y el instructivo como implemento para la recolección de datos. Además, se constató que los principales deterioros identificados fueron los siguientes:

a) *Talud N° 001.*

- El talud contiene aterrazamiento con un número de 3 terrazas. El tipo de suelo que se observó es una mezcla de arena con un bajo contenido de limo.
- En el talud no se encontró ningún signo de afloramiento de agua y zonas de humedad. En el caso de los árboles no se identificó señales de inclinación ni repteo. El talud no contiene obras realizadas.
- La vegetación en la cara del talud se identificó como alta, ya que el porcentaje de vegetación se encuentra mayor al 50% del lote del talud.
- La observación del viento se apreció moderada a la 13: 57 horas.
- La cantidad de surquillos observados fueron de 3 surquillos, para un grado de severidad asignado como moderado. Algunos de los surquillos preponderantes tienen una longitud de 2 m, un ancho de 15 cm y una profundidad de 5 cm.
- La cantidad de cárcavas identificadas fueron de 3 Cárcavas, para un grado de severidad asignado como moderado. Algunas cárcavas tienen una longitud 2 m y otra de 3 m aproximadamente, con un ancho de 2 m y 1 m respectivamente.
- Se observó 2 zonas de desprendimientos, catalogándolo como un deterioro moderado. Esta situación es difícil de distinguir, ya que los desprendimientos pueden ser ocasionados por niños que intentan trepar por el talud, pero en este caso por el gran deterioro observado.
- Las grietas de tracción no se apreciaron en la corona, tampoco se observó rastro de derrumbes.
- El grado de erosión otorgado a este talud fue moderada, ya que la capa arable ha perdido espesor y la zona deteriorada se presenta entre el 25 y 50% del área del lote.

a) *Talud N° 002.*

- El talud contiene aterrazamiento con un número de 2 terrazas. El tipo de suelo que se observó es una mezcla de limo y un con un bajo contenido de arena.
- En el talud no se encontró ningún signo de afloramiento de agua y zonas de humedad. En el caso de los árboles no se identificó señales de inclinación ni repteo.
- Se encontró una obra en el talud, un control de erosión, mediante una evacuación de aguas. Se apreció su funcionamiento irregular, ya que faltaba un mantenimiento a esta obra.
- La vegetación en la cara del talud se identificó como moderada, ya que el porcentaje de vegetación se encuentra entre un 25-50 porciento del lote del talud.
- La observación del viento se apreció leve a la 12: 02 horas.
- La cantidad de surquillos observados fueron de 2 surquillos, para un grado de severidad asignado como leve. Algunos de los surquillos preponderantes tienen una longitud de 3 m y 4 m, con un ancho de 10 cm y 30 cm respectivamente.
- La cantidad de cárcavas identificadas fueron de 3 Cárcavas, para un grado de severidad asignado como moderado. Algunas cárcavas tienen una longitud 2 m y otra de 3 m aproximadamente, con un ancho de 2 m y 1 m respectivamente.
- Se observó 2 zonas de desprendimientos, catalogándolo como un deterioro moderado. Esta situación es difícil de distinguir, ya que los desprendimientos pueden ser ocasionados por niños que intentan trepar por el talud, pero en este caso es por el gran deterioro observado.
- Las grietas de tracción no se apreciaron en la corona, tampoco se observó rastro de derrumbes.
- El grado de erosión otorgado a este talud fue moderada, ya que la capa arable ha perdido espesor y la zona deteriorada se presenta entre el 25 y 50% del área del lote.

b) Talud N° 003.

- El talud contiene aterrazamiento con un número de 1 terraza. El tipo de suelo que se observó es una mezcla de arena con un bajo contenido de limo.
- En el talud no se encontró ningún signo de afloramiento de agua y zonas de humedad. En el caso de los árboles no se identificó señales de inclinación ni repteo. El talud no contiene obras realizadas.
- La vegetación en la cara del talud se identificó como alta, ya que el porcentaje de vegetación se encuentra mayor al 50% del lote del talud.
- La observación del viento se apreció leve a la 12: 53 horas.
- La cantidad de surquillos observados fue de 1 surquillo, para un grado de severidad asignado como leve. El surquillo tiene una longitud de 2 m, un ancho de 10 cm y una profundidad de 5 cm.
- La cantidad de cárcavas identificadas fueron más de 4 Cárcavas, para un grado de severidad asignado como moderado. Algunas cárcavas tienen una longitud 4 m y otra de 3 m aproximadamente, con un ancho de 1 m y 1 m respectivamente.
- Se observó 1 zona de desprendimiento, catalogándolo como un deterioro leve. Esta situación es difícil de distinguir, ya que los desprendimientos pueden ser ocasionados por niños que intentan trepar por el talud, pero en este caso por el gran deterioro observado.
- Las grietas de tracción no se apreciaron en la corona, tampoco se observó rastro de derrumbes.
- El grado de erosión otorgado a este talud fue moderada, ya que la capa arable ha perdido espesor y la zona deteriorada se presenta entre el 25 y 50% del área del lote.

4.2.2 Inspección Externa.

La inspección de los 10 inspectores externos se programó para 2 días, por razones de seguridad y disponibilidad de tiempo, porque en éste proceso los inspectores están enfrentados a las mismas condiciones climáticas y problemas enfocados a la inspección.

La inspección rutinaria comenzó con la charla de inducción realizada a los inspectores. En ésta, se explicaron las razones en la selección de los taludes. El propósito fue generar una idea anticipada del modo a inspeccionar en ellos, para que cada inspector pudiera clasificar las observaciones de manera independiente, de manera que el inspector no consulte en terreno.

Para que todos tengan un criterio en la inspección, se les pidió a los inspectores que se apoyarán en la información entregada en el instructivo y en las consultas formuladas en la charla de inducción. Además, se explicó la estructuración de la ficha y la forma de tomar los datos en terreno, del mismo modo se aclaró los ítems que serán evaluados en la inspección visual.

El proceso de inspección visual se realizó en enero de 2013, aprovechando el comienzo de las mejoras de las condiciones climáticas. El proceso se realizó en 2 grupos de 5 personas, para minimizar la posibilidad que los inspectores alteren entre si los datos y lograr mayor seguridad en la ejecución debido a la inexperiencia de los inspectores.

Los resultados obtenidos tras la inspección externa se encuentran adjuntos en el Anexo C.

4.3 Verificación y procesamiento de la información.

Posterior a la realización de la inspección y a la recolección de todos los deterioros y su grado de severidad, se procederá a la digitalización de esa información. Se contabiliza el número de fichas que se utilizaron, con el objetivo de corroborar el perfecto llenado y mantener el orden de estas.

4.4 Selección de deterioros para la Validación.

En base a la información disponible se seleccionaron las variables que permitirán evaluar la reproducibilidad del instrumento de inspección propuesto. La idea es encontrar una similitud en los resultados en mediciones diferentes realizadas en las mismas condiciones. Las variables corresponden a distintos deterioros, los cuales serán tomados de la inspección base y serán comparados con los tomados por cada uno de los inspectores externos.

Para el análisis de estos datos se utilizará la estadística no paramétrica, específicamente la Prueba de Rangos con Signos de Wilconxon.

Aplicando esta prueba se busca encontrar la exactitud de los datos obtenidos por cada inspector en relación a los datos reales, que son los registrados durante la inspección base.

Los deterioros seleccionados para realizar el análisis de la inspección externa serán:

- Surquillos.
- Cárcavas.
- Desprendimientos.
- Grado de erosión.
- Vegetación en cara del talud

En la elección de los deterioros del primer talud se priorizó aquellos de más fácil detección visual, tratando de que estos no fueran de difícil inspección. Para la segunda y tercera, estructura los deterioros seleccionados fueron de mediana complejidad de inspección. En el ítem de grietas de tracción no se evaluará por el difícil acceso a la corona del talud, debido a la pronunciada pendiente y la gran altura de los taludes.

Con la selección de estos deterioros se busca encontrar la reproducibilidad de los resultados entregados por cada inspector. Además, verificar el funcionamiento de las herramientas desarrolladas por la ficha y el instructivo de inspección.

4.5 Análisis Estadístico.

Las Tablas 2, 3 y 4 muestran una comparación entre los niveles de severidad asignados por el inspector base y por los inspectores externos para los distintos deterioros.

Tabla 2: Cuadro Comparativo de Deterioros Talud N° 001.

Talud N° 001					
Inspector	Deterioros				
	Vegetación cara del talud	Surquillos	Cárcavas	Desprendimientos	Grado de erosión
Inspección Base	3	2	2	2	2
Inspector 1	2	2	1	2	2
Inspector 2	3	1	2	2	2
Inspector 3	3	2	2	1	2
Inspector 4	2	2	1	2	2
Inspector 5	3	1	2	1	1
Inspector 6	3	2	2	2	1
Inspector 7	3	1	2	1	2
Inspector 8	3	2	1	0	1
Inspector 9	3	2	1	1	1
Inspector 10	2	2	3	2	2

Tabla 3: Cuadro Comparativo de Deterioros Talud N° 002.

Talud N° 002					
Inspector	Deterioros				
	Vegetación cara del talud	Surquillos	Cárcavas	Desprendimientos	Grado de erosión
Inspección Base	2	1	2	2	2
Inspector 1	1	2	2	1	2
Inspector 2	3	1	3	2	2
Inspector 3	3	1	3	2	2
Inspector 4	2	1	1	1	2
Inspector 5	2	0	2	1	2
Inspector 6	1	2	2	2	1
Inspector 7	3	1	3	1	1
Inspector 8	2	1	2	1	1
Inspector 9	3	1	2	2	2
Inspector 10	1	1	2	1	1

Tabla 4: Cuadro Comparativo de Deterioros Talud N° 003.

Talud N° 003					
Inspector	Deterioros				
	Vegetación cara del talud	Surquillos	Cárcavas	Desprendimientos	Grado de erosión
Inspección Base	3	1	3	1	2
Inspector 1	2	0	3	2	2
Inspector 2	3	2	3	2	2
Inspector 3	3	1	3	2	2
Inspector 4	2	1	3	0	1
Inspector 5	3	2	3	1	1
Inspector 6	2	1	3	0	2
Inspector 7	3	1	3	2	3
Inspector 8	3	1	1	2	2
Inspector 9	3	1	3	0	2
Inspector 10	1	0	3	1	1

Los inspectores fueron considerados en iguales condiciones al haber pasado todos por la misma charla de inducción. Su nivel de conocimiento y sus observaciones detalladas, permitieron que la inspección se desarrollara en perfectas condiciones y en un tiempo prudente.

Cabe mencionar, que al momento de la inspección se verificó que los inspectores externos no compartieran resultados entre ellos, para así tener un producto más verídico en la toma de datos. Se pidió a los inspectores que tuvieran una eficaz y responsable recolección de información, ya que esta inspección necesita una participación seria de las personas que participan en la validación del instrumento.

4.5.1 Aplicación de la Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo

La prueba de los rangos con signo de Wilcoxon permite comparar dos muestras relacionadas con una media teórica y determinar si existen diferencias entre ellas. En este caso la media teórica serán los datos obtenidos en la inspección base.

En esta prueba, se supone que X_1, X_2, \dots, X_n es una muestra aleatoria de tamaño n de una distribución continua que es simétrica en torno a una mediana M desconocida. La hipótesis nula que se supone es que $H_0: M = M_0$.

La prueba consiste en formar el conjunto de diferencias absolutas $X_i - M_0$. Las diferencias obtenidas se ordenan de menos a mayor, de modo que la diferencia menor corresponda al primer rango. A estos rangos, se les asigna el signo algebraico correspondiente a la diferencia antes calculada. En caso de haber dos o más diferencias iguales, se les asigna el promedio de los rango que ocupan.

Si H_0 es verdadera, cada rango tiene la misma probabilidad de asignación a un valor positivo o negativo, para esto consideramos la siguiente estadística mostrada en la ecuación 1:

$$W_+ = \sum_{\forall R_I > 0} R_I \quad y \quad |W_-| = \sum_{\forall R_I > 0} |R_I| \quad \text{Ec. (1)}$$

Si la hipótesis nula es verdadera, W_+ y W_- serán aproximadamente iguales. Para esto se define que la estadística de prueba es la mostrada en la ecuación 2:

$$W = \text{Min}\{W_+; |W_-|\} \quad \text{Ec. (2)}$$

La prueba de Wilcoxon cuenta con tablas de distribución exacta de W para diversos valores del tamaño muestral n y el nivel de significancia. Un extracto de la tabla de valores se muestra en la Tabla 5, en la figura se destacan los valores que serán ocupados en la verificación de la hipótesis nula.

Tabla 5: Extracto tabla de valores Prueba de Rangos con Signos de Wilcoxon.

Prueba de Rango con Signo de Wilcoxon							
n = 5(1)50							
De un lado	De dos lados	n = 5	n = 6	n = 7	n = 8	n = 9	n = 10
P = 0,05	P = 0,10	1	2	4	6	8	11
P = 0,025	P = 0,05		1	2	4	6	8
P = 0,01	P = 0,02			0	2	3	5
P = 0,005	P = 0,01				0	2	3

Fuente: Probabilidad y Estadística con aplicaciones para Ingeniería y Ciencias Computacionales.

En la tabla se observa, que para una cantidad muestral $n = 10$ (de acuerdo a la cantidad de inspectores externos considerados en la validación) y un nivel de insignificancia del 5%, se logra un valor crítico de $W = 8$. Si el valor obtenido mediante la aplicación de Wilcoxon es mayor que el valor crítico, no se rechaza la hipótesis nula H_0 . La aplicación de la prueba de Wilcoxon se encuentra adjunta en el Anexo D.

Con los rangos asignados de acuerdo al orden ascendente y según su signo, se puede obtener los resultados de la aplicación de la prueba de Wilcoxon en los datos recogidos por los tres taludes. Estos resultados se muestran a continuación en la Tabla 6, 7 y 8 respectivamente.

Tabla 6: Resultados Prueba de Wilcoxon – Talud N° 001.

Talud N° 001			
Deterioro	$\sum R +$	$\sum R -$	Min{R+;R-}
Vegetación cara del Talud	28	27	27
Surquillos	28	27	27
Cárcavas	23	32	23
Desprendimientos	15	40	15
Grado de Erosión	21	34	21

Tabla 7: Resultados Prueba de Wilcoxon – Talud N° 002.

Talud N° 002			
Deterioro	$\sum R +$	$\sum R -$	Min{R+;R-}
Vegetación cara del Talud	34	21	21
Surquillos	46	9	9
Cárcavas	46,5	8,5	8,5
Desprendimientos	10	45	10
Grado de Erosión	21	34	21

Tabla 8: Resultados Prueba de Wilcoxon – Talud N° 003.

Talud N° 003			
Deterioro	$\sum R +$	$\sum R -$	Min{R+;R-}
Vegetación cara del Talud	21	34	21
Surquillos	38	17	17
Cárcavas	36	19	19
Desprendimientos	35,5	19,5	19,5
Grado de Erosión	29,5	25,5	25,5

4.5.2 Análisis de resultados de la Prueba de Wilcoxon.

El punto a determinar en la prueba de Wilcoxon se basa en el comportamiento de las diferencias, entre los datos patrón y la inspección externa, teniendo en cuenta no sólo el signo, sino también la magnitud de la diferencia. El análisis de resultados permitió conocer si los inspectores se acercaron o alejaron del valor asumido en la inspección base.

Con el resultado de la prueba de Wilcoxon se demuestra que las magnitudes de las diferencias de rangos para ambas estructura no rechazan la hipótesis nula H_0 , puesto que el valor obtenido en la aplicación ($\text{Min}\{R^+;R^-\}$), fue superior al valor crítico en los tres taludes evaluados. Por lo mismo se verifica que los datos obtenidos por los 10 inspectores externos se distribuyen simétricamente en torno a la media establecida como dato base.

Con este resultado también se demuestra la reproducibilidad de los datos obtenidos tanto por los 10 inspectores externos, comprobando que la ficha es una herramienta eficaz y directa en la toma de datos en terreno.

De manera gráfica se muestra la comparación entre la inspección externa y la inspección base, para los tres taludes evaluados en la prueba de Wilcoxon. A continuación se presenta las figuras 18, 19 y 20 respectivamente, agregando una breve interpretación.

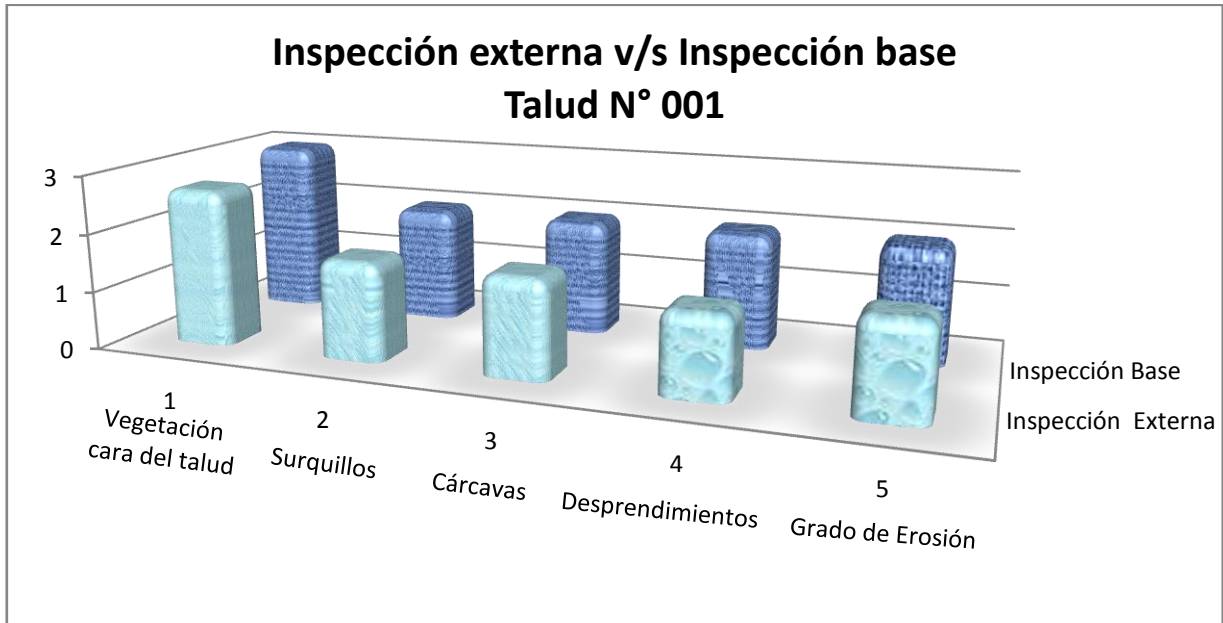


Figura N° 18: Gráfico prueba de Wilcoxon, Talud N° 001.

En la figura se observa la real similitud de los resultados obtenidos entre la inspección externa y la inspección base. Para un análisis más profundo y detallado del gráfico, se menciona lo siguiente:

- El 70% de los inspectores aseveró que el talud contiene una alta vegetación, es decir, que la vegetación abarca más del 50% del lote del talud y el otro porcentaje restante observó una vegetación moderada. El resultado obtenido en la inspección base fue el mismo valor.
- El 70% de los inspectores aseveró que el talud contiene entre 3 y 4 surquillos y el otro restante observó surquillos leves. El resultado obtenido en la inspección base fue de surquillos moderados entre 3 y 4.
- En este talud se encontró que el 60% de los resultados recolectados por los inspectores, fueron similares a los datos recogidos en la inspección base.

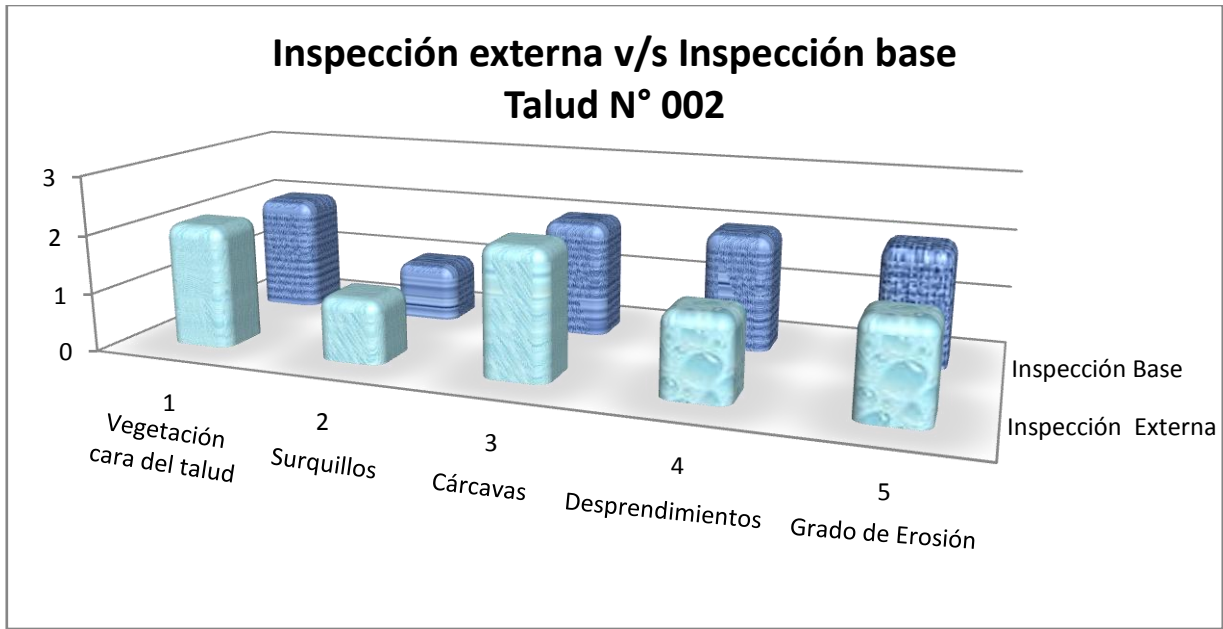


Figura N° 19: Prueba de Wilcoxon, Talud N°002.

En la figura, también se observa una similitud en los resultados obtenidos entre la inspección externa y la inspección base. Del gráfico se puede mencionar lo siguiente:

- El 70% de los inspectores consideró que el talud contiene entre 3 y 4 surquillos y el otro restante observó surquillos leves. El resultado obtenido en la inspección base fue de surquillos moderados entre 3 y 4.
- El 60% de los inspectores estimó que el talud tiene entre 3 y 4 cárcavas. Además, ese mismo porcentaje de inspectores consideró, que el grado de erosión en el talud era moderada.
- El ítem con más bajo porcentaje de similitud en los resultados, fue el de vegetación en la cara del talud, en donde el 30% de los inspectores observó una vegetación moderada. El porcentaje restante se inclinó entre una vegetación leve o alta.
- En este talud se encontró que el 52% de los resultados recolectados por los inspectores, fueron similares a los datos recogidos en la inspección base.
- Cabe mencionar, que el 90% de los inspectores detectó un mal funcionamiento de la evacuación de aguas del talud, por lo mismo propusieron una mantención o un mejoramiento.

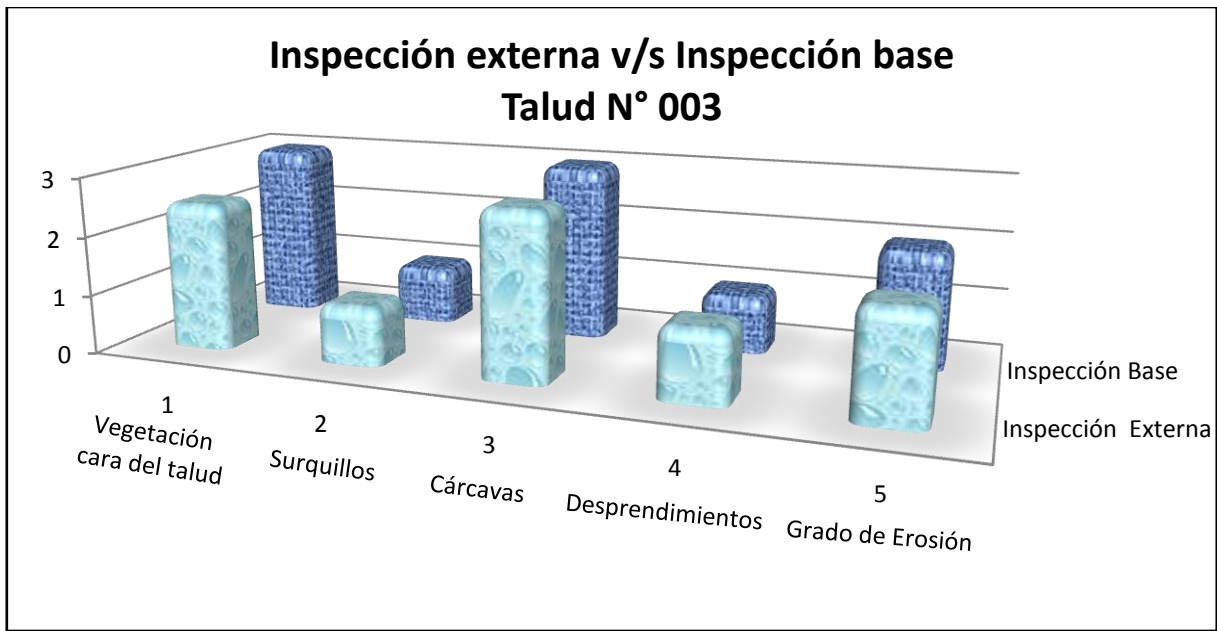


Figura N°20: Prueba de Wilcoxon, Talud N° 003.

En la figura, también se observa una semejanza en los resultados obtenidos entre la inspección externa y la inspección base. De esta gráfica se puede deducir lo siguiente:

- El 80% de los inspectores estimó que el talud contiene más de 4 cárcavas y según la inspección base realizada también consideró que el grado de severidad en cárcavas es alto.
- El 60% de los inspectores estimó que el talud tiene entre 1 y 2 surquillos. Además, ese mismo porcentaje de inspectores apreció, que la vegetación en la cara del talud es alta. El mismo valor optado en la inspección base.
- El ítem con más bajo porcentaje de similitud en los resultados, fue el de desprendimientos, en donde el 20% de los inspectores observó una zona de desprendimientos en el talud. El 50% se inclinó en dos zonas de desprendimientos.
- En este talud se encontró que el 56% de los resultados recolectados por los inspectores, fueron similares a los datos recogidos en la inspección base.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

En este capítulo se entrega la resolución y el análisis final del proyecto, además de mencionar algunas sugerencias para estudios posteriores.

5.1 Conclusiones.

Del estudio y la experiencia realizada, se puede concluir lo siguiente:

- La recopilación bibliográfica ayudó a conocer los distintos factores visuales que afectan a la estabilidad y el deterioro de los taludes. Estos indicadores permiten detectar zonas inestables, por lo mismo la información que parecía irrelevante en el momento de la inspección tiende a volverse importante, para la toma de decisiones y la conceptualización del deslizamiento u otro evento.
- Se ha logrado confeccionar una ficha de fácil y directa utilización, considerando los factores más relevantes de la estabilidad y deterioro del talud. Además, se describen, los puntos importantes a observar en una inspección.
- Se ha conseguido elaborar un instructivo sencillo para facilitar el llenado de la ficha. El instructivo fue una herramienta fundamental en la aplicación del instrumento de inspección, prestando apoyo y orientación al inspector en relación al deterioro observado y sus niveles de deterioro.
- En la aplicación del instrumento de inspección visual es fundamental que se utilice personal idóneo, ya que es una labor a simple vista sencilla, pero que arroja resultados esenciales para futuros estudios.
- La charla de inducción es fundamental en el proceso de entrenamiento del personal, ésta debe ser aún más completa y preparada, para lograr repasar de manera más profunda todos los puntos de la inspección.

- El proceso de validación del instrumento de inspección propuesto demostró que los datos obtenidos por los 10 inspectores externos se distribuyen simétricamente en torno a la media establecida como dato base. Además, se comprobó que la ficha es una herramienta eficaz y directa en la toma de datos en terreno.
- La fehaciente información entregada por la ficha durante la validación del instrumento, permitió evaluar y detectar los problemas que enfrentan los taludes del sector valle del sol de la comuna de Chiguayante.

5.2 Recomendaciones.

Para futuras investigaciones y aplicaciones del instrumento de inspección se proponen las siguientes recomendaciones:

- La charla de inducción del personal debe ser complementada. Se recomienda la utilización de ejemplos tipo para preparar al personal, antes de llevarlos a terreno. Debe procurarse responder todas las consultas que puedan generar los inspectores. Además, los inspectores tienen la responsabilidad de leer con anterioridad el instructivo de aplicación.
- El tiempo estimado de inspección utilizado por cada inspector fue de 30 minutos por talud, tiempo considerado suficiente para revisar visualmente todos los elementos del talud. Se recomienda programar las inspecciones durante el día, dividiendo en módulos cada una de las partes del talud, geometría, aspectos y finalmente los deterioros.
- Se recomienda utilizar inspectores ligados al área de suelos, esto facilitará el proceso, permitiendo obtener información más fidedigna y precisa del estado del talud.
- Se recomienda realizar una nueva validación aumentando el número de taludes y el grupo de inspectores externos, esto permitirá encontrar debilidades del instrumento propuesto.
- Se recomienda realizar la inspección visual, acompañado de instrumentos analógicos, como inclinómetros, odómetro y GPS, para efectuar una completa y exacta medición en terreno.
- Se extiende la invitación, para que en estudios venideros se amplíe el tema de este proyecto de título, se realicen los estudios de inspección visual a taludes en distintas comunas de la región. Además este mismo sistema se puede implementar para realizar diagnósticos a taludes cercanos a viviendas.