

UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

Profesor Patrocinante: Álvaro Suazo Schwencke

**“VARIACIÓN DEL GRADO DE COBERTURA DE
TALUDES EN LA AUTOPISTA DEL ITATA”**

**Proyecto de Título presentado en conformidad a los requisitos para obtener el
Título de Ingeniero Civil**

JAIME TOMÁS LATRACH JORQUERA

Concepción, Julio del 2014.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1 Objetivos.....	5
1.1.1 <i>Objetivo General</i>	5
1.1.2 <i>Objetivo Específicos</i>	5
2. METODOLOGÍA.....	6
2.1 Identificación de la zona de investigación.....	6
2.2 Recopilación de información y antecedentes de los taludes a analizar	7
2.3 Selección y registro de taludes	8
2.4 Procesamiento de imágenes.....	9
2.5 Cálculo del grado de cobertura vegetal de imágenes digitales.....	11
2.6 Análisis de datos.....	13
2.7 Trabajo en terreno.....	13
3. ANALISIS DE RESULTADOS.....	15
3.1 Selección de Taludes	15
3.2 Registro de los Taludes Seleccionados.....	16
3.3 Precisión del procedimiento	18
3.4 Cálculo de la Cobertura Vegetal.....	19
3.5 Clasificación visual	22
3.3.1 <i>Lineales</i>	22
3.3.2 <i>Bilineales o segmentados</i>	22
3.6 Cambios en el área del talud.....	25
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	27
REFERENCIAS	29

ANEXOS 31

ANEXO A: REGISTRO DE IMAGENES

ANEXO B: RESULTADOS COBERTURA VEGETAL

ANEXO C: COBERTURA VEGETAL ACTUAL CON RESPECTO A LA
ORIENTACIÓN DEL TALUD

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Trazado Autopista del Itata	7
Figura 2: Esquema imagen digital	10
Figura 3: Marca posición taludes seleccionados	15
Figura 4: Registro taludes del 1 al 40.	16
Figura 5: Registro taludes del 41 al 80.	17
Figura 6: Determinación datos atípicos para la precisión del procedimiento.....	18
Figura 7: Variación de la cobertura vegetal en el tiempo.....	19
Figura 8: Variación de la cobertura vegetal en el espacio.....	20
Figura 9: Talud 11 intervenido	21
Figura 10: Variación lineal de la cobertura vegetal.....	22
Figura 11: Variación bilineal o segmentada de la cobertura vegetal.....	24
Figura 12: Determinación datos atípicos para aumento de área talud.	25
Figura 13: Aumento de área taludes	26
Figura 14: Talud 19 antes y después	26
Figura 15: Talud 44 antes y después	26

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Esquema tabla registro	8
Tabla 2: Esquema tabla registro cálculo de valores	13

VARIACIÓN DEL GRADO DE COBERTURA DE TALUDES EN LA AUTOPISTA DEL ITATA

Autor: Jaime Tomás Latrach Jorquera

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

Correo electrónico: latrach.ing.civil@gmail.com

Profesor Patrocinante: Álvaro Suazo Schwencke

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

Correo Electrónico: asuazo@ubiobio.cl

RESUMEN

Uno de los aspectos importantes en la estabilidad de los taludes, es el rol que juegan las coberturas vegetales sobre las superficies de estos, principalmente en taludes de infraestructuras viales, que quedan desprotegidos y con el tiempo son poblados por diversos tipos de vegetación. Es por este motivo que este Proyecto de Título se enmarca en la estimación de la variación del grado de cobertura vegetal de taludes a través del tiempo mediante imágenes satelitales. Para llevar a cabo este estudio se empleó imágenes satelitales y software para los cálculos de las coberturas vegetales. Fue posible clasificarlos visualmente según el comportamiento que ellos tienen en el tiempo, pero valores obtenidos demuestra que los taludes no tienen la misma variación del grado de cobertura a lo largo de la autopista. Esto difiere por la vegetación existente en el sector, orientación del talud, por intervención del hombre, entre otras. Además, con los datos obtenidos de área del talud en primera instancia, es posible apreciar si el talud aumentó su área por causa de algún fenómeno natural involucrando desprendimiento de material.

Palabras claves: Talud, Cobertura Vegetal, Imagen Satelital.

Palabras totales: 9622 palabras.

DEGREE OF CHANGE IN COVERAGE OF HIGHWAY SLOPES ITATA

Author: Jaime Tomás Latrach Jorquera

Civil and Environmental Engineering Department, University of the Bio Bío

Email: latrach.ing.civil@gmail.com

Sponsor teacher: Álvaro Suazo Schwencke

Civil and Environmental Engineering Department, University of the Bio Bío

Email: asuazo@ubiobio.cl

ABSTRACT

One of the important aspects of slope stability is the role played by vegetation cover on the slope surfaces, mainly on slopes of road infrastructure, which are left unprotected and it is populated by different types of vegetation over time. It is for this reason that this project is part of the estimate of the variation of the degree of vegetal coverage of slopes along the highway using satellite imagery. To carry out this study satellite imagery and software were used to calculate the vegetal covers. It was possible to classify the behavior visually as they have time, but values obtained shows that the slopes are not the same variation of the degree of coverage along the highway. This differs because of the existing vegetation in the area, because of the slope orientation, human intervention, among others. Furthermore, with the first data obtained from the slope area, it is possible to determine the increased if the slope increases his area because of some natural phenomenon involving material removal.

Keywords: Slope, Vegetation Cover, Satellite Image.

1. INTRODUCCIÓN

La construcción de infraestructura vial implica modificación en la topografía de la zona y la generación, en algunos casos, de taludes. Los taludes son todas aquellas estructuras de tierra con un grado de inclinación con respecto a su horizontal, constituidos ya sea de forma natural o como resultado de una obra de ingeniería. Muchos de estos taludes están totalmente desprotegidos de vegetación u otro sistema de protección, quedando expuestos a la acción de agentes naturales tales como el viento y lluvia, los cuales provocan erosión en las superficies de éstos, dando origen a cárcavas y surquillos. Esta degradación y transporte de material del suelo conlleva a que el talud tenga un comportamiento inestable frente a otros fenómenos naturales o acciones realizadas por el hombre, lo que provocaría derrumbes y cortes en la calzada e inseguridad a los usuarios de la autopista.

Sin embargo, sobre la superficie de estos taludes se puede desarrollar diversos tipos de vegetación, las cuales se originan ya sea por acción premeditada o por poblamiento natural. Entre los métodos más utilizados para proteger los taludes de la erosión y mejorar su estabilidad, destacan las cubiertas protectoras no vivas (CPNV) y la vegetación, recomendados para geotecnia vial y cuyo uso está muy generalizado en carreteras norteamericanas (Casal, Durán y Montalvo, 2006). En CPNV se encuentran geotextiles sintéticos, mantas orgánicas, redes y mulchs, mientras tanto que la vegetación se establece mediante semillas introducidas a través de hidrosiembra.

El poblamiento natural que se desarrolla sobre estos taludes se origina a través del transporte de semillas ya sea por escorrentías superficiales, vientos u otro medio. Este crecimiento de especies vegetativas no es controlado, por ende, la diversidad de ellas se ve influenciada por el entorno, tipo de suelo y clima de la zona.

El país ha experimentado un crecimiento urbano importante durante los últimos años. Esto ha implicado la construcción de nuevas infraestructuras viales donde predomina la irregularidad topográfica, dificultad en los accesos y suelos de mala calidad. La Provincia de Concepción cuenta con rutas donde a lo largo de ellas se observa el predominio de taludes en sus paisajes. Una de estas rutas, que presenta lo anteriormente mencionado, es la Autopista del Itata, en la

cual está centrada la investigación. Durante 1998 comenzó la puesta en servicio del acceso norte a Concepción, que constituye una carretera de doble calzada con estándar de autopista. La ruta se prolonga a lo largo de 75 kilómetros, de oriente a poniente, desde el kilómetro 413 de la Ruta 5 Sur hasta el empalme con la Ruta 150 CH que une Concepción con Penco, en la Región del Bío-Bío (SCADI, 2012).

Los taludes de la Autopista del Itata se destacan por ser extensos y tener enormes pendientes a lo largo de la ruta, los cuales se localizan en zonas troncales y al pie de calzada, y en su gran mayoría se encuentran desprotegidos y con cobertura vegetal no controlada. Debido a esto, al no haber un mantenimiento y control adecuado, existe un claro peligro al usuario que transita por las calzadas de la autopista, ya sea por deslizamientos o desprendimientos de material, provocando eventuales cortes de tránsito y accidentes en la vía. Existen muy pocos taludes intervenidos con los métodos de protección mencionados anteriormente, y muy escasa información con respecto a éstos. Por ello nace la necesidad de analizar la variación del grado de cobertura vegetal de los taludes a través de los años y a lo largo de su extensión.

Actualmente, en Chile no existe un método de investigación de la variación de las coberturas vegetales en taludes de infraestructuras viales; sólo se cuenta con un catastro a taludes viales de la Provincia de Concepción realizada por Mardones (2007). Los taludes en su mayoría se encuentran totalmente desprotegidos con niveles de erosión considerables, aproximadamente un 91%, lo que ante cualquier evento natural (lluvias, sismos, entre otros) implicaría costos directos para la autopista en la habilitación de sus vías, mantención y estabilización temporal de los taludes.

Así se pretende establecer una línea investigativa y de procedimiento para obtener la variación de la cobertura natural en taludes de la autopista a través del tiempo y espacio.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General

- Analizar la variación del grado de cobertura vegetal de taludes en la Autopista del Itata, mediante imágenes satelitales.

1.1.2 Objetivo Específicos

- Proponer una metodología de trabajo para obtener la variación del grado de cobertura en taludes.
- Determinar el grado de cobertura natural de los taludes en el tiempo.
- Establecer si existe un patrón espacial en el grado de cobertura natural.

2. METODOLOGÍA

Con el fin de cumplir con los objetivos planteados anteriormente, se pretende establecer una metodología de trabajo para obtener la variación del grado de cobertura vegetal de taludes y así realizar un respectivo análisis de los valores conseguidos. Es por ello que se propone la siguiente estructura:

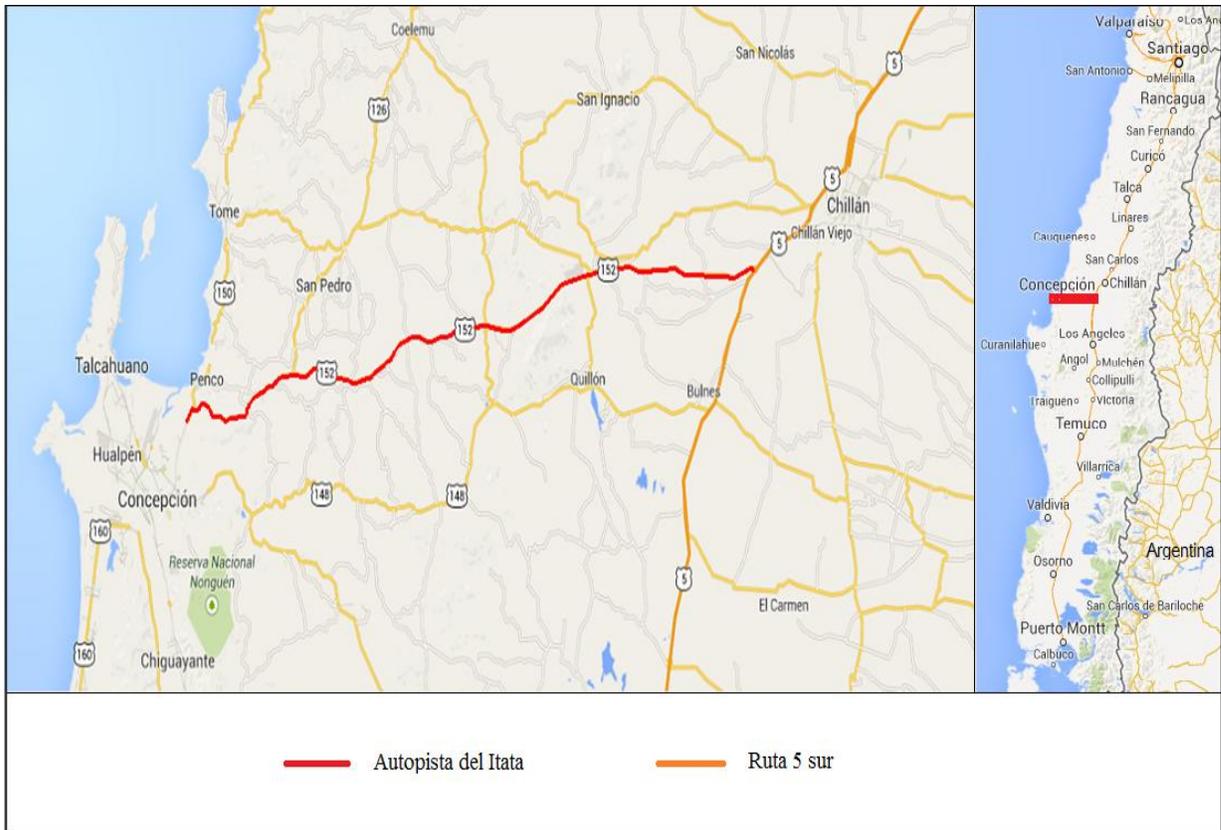
- Identificación de la zona de investigación.
- Recopilación de información y antecedentes de los taludes a analizar.
- Selección y registro de taludes.
- Procesamiento de imágenes.
- Cálculo del grado de cobertura vegetal.
- Análisis de datos.
- Trabajo en terreno.

Establecida la propuesta, se procede a llevar a cabo cada una de ellas con sus respectivos procedimientos.

2.1 Identificación de la zona de investigación

La Autopista del Itata es un proyecto desarrollado por Sociedad Concesionaria Autopista del Itata S.A. y es una carretera de doble calzada con estándar de autopista que se construyó por un trazado totalmente nuevo. Se extiende a lo largo de 75 kilómetros de oriente a poniente y es la alternativa más rápida de conexión vial que comunica a la Provincia del Ñuble con la Provincia de Concepción en aproximadamente 45 minutos. Además consta de un ramal colector bidireccional, enlaces, pasos desnivelados, sistemas de citófonos de emergencias y obras de arte (SCADI, 2014).

En la Figura 1 se visualiza la zona establecida en la cual se llevará a cabo la investigación.



**Figura 1: Trazado Autopista del Itata
(Fuente: Elaboración propia)**

Gran parte de la Autopista está emplazada en el relieve de la Cordillera de la Costa, entre lomas y montes. Es por esta razón que se observan extensos y enormes taludes al pie de la calzada.

2.2 Recopilación de información y antecedentes de los taludes a analizar

La recopilación de información se basó en adquirir antecedentes de fuentes primarias y secundarias. Como principal fuente primaria, se tiene la información entregada por el Gerente Técnico de la Sociedad Concesionaria Autopista del Itata S.A. el Ingeniero Moisés Vargas Eyzaguirre, quien entregó antecedentes técnicos e información específica sobre los taludes presentes en la ruta. Así también, se tiene el Proyecto de Título realizado por Mardones (2007), Google Earth y otros, como fuentes secundarias, las cuales poseen información con respecto a tiempo, cantidad total, ubicación e inclinación de los taludes.

2.3 Selección y registro de taludes

Las imágenes satelitales de la ruta se encuentran en Google Earth a distintos tiempos para diferentes tramos. Esto quiere decir, que para un trayecto o zona se tiene aproximadamente dieciocho imágenes y en otro trayecto distinto se pueden obtener hasta cuatro imágenes. Al navegar a través de la autopista se pueden visualizar taludes. Estos son ratificados por medio de Street View, el que entrega una panorámica del lugar seleccionado. Luego, el criterio para su selección, es que al menos cada talud tenga como mínimo tres imágenes satelitales de buena calidad, con contornos definidos y dimensiones apreciables desde el navegador.

Es necesario marcar posición de los taludes seleccionados a través de una herramienta que brinda el programa, guardando posteriormente cada uno de ellos. Luego se registra en la Tabla 1 los taludes elegidos con el número de imágenes descartadas y seleccionadas bajo los siguientes criterios:

- Se descartaran aquellas imágenes que tengan problemas de:
 - Pixel: Presentan alteraciones en los puntos de colores que forman la imagen y no es posible distinguir los detalles de ella.
 - Baja Nitidez: No se diferencian contornos y colores.
 - Presencia de Sombras: Cubren parte del talud sin poder visualizar la vegetación por la oscuridad de la imagen.
 - Igual año: La brecha de tiempo con la imagen del año anterior es baja y es de menor calidad con respecto a las de su mismo año.
- Se seleccionan aquellas que tengan buena calidad, solo una por año y con amplia brecha entre un año y otro.

Tabla 1: Esquema tabla registro imágenes

N° Talud	Descartadas				Seleccionadas	Total
	Pixel	Baja Nitidez	Sombra	Igual Año	Buena Calidad	

2.4 Procesamiento de imágenes

Una vez realizada la elección de los taludes, con su marca de posición respectiva y con la selección de imágenes satelitales registrada, es posible comenzar con la colección y modificación de las imágenes digitales.

Las imágenes satelitales se obtuvieron del programa Google Earth, el cual actúa como un globo terráqueo virtual que permite la visualización de cartografías múltiples, compuestas a base de superposición de imágenes satelitales, fotografías aéreas e informaciones geográficas de todo el mundo. Es un programa gratuito de fácil descarga y acceso, que no presenta mayor complejidad en el manejo de sus herramientas y entrega las imágenes satelitales que se desea.

Para la modificación de las imágenes digitales se utilizó el programa Avance Paint ®, con el cual se recortan los taludes y se crea una nueva imagen, para que sea utilizada en la otra etapa. Es un programa de fácil uso y gratuito a la vez. Posterior a esto, en el procesamiento de las imágenes se usó ImageJ, programa de procesamiento de imágenes digitales que muestra, edita, analiza, procesa, guarda e imprime estas imágenes, asimismo puede leer varios formatos de imagen incluyendo TIFF, PNG, GIF, JPEG, BMP, DICOM, FITS y formatos RAW, además de ser compatible en distintos sistemas operativos. El programa posee varias herramientas, entre ellas, el cálculo de áreas mediante valores de pixel e intensidades de umbral definidas por el usuario, medición de distancias, ángulos y creación de histogramas y gráficos. Por las características que entrega ImageJ se escogió la utilización de éste, un programa que no tiene mayores dificultades para el manejo de sus herramientas y gratuito a la vez.

Las imágenes digitales creadas deben tener un formato compatible con el programa ImageJ. La estructura de la nueva imagen obtenida debe tener los elementos de la Figura 2:



Figura 2: Esquema imagen digital
(Fuente: Elaboración propia)

Las imágenes digitales obtenidas deben ser denominadas con una abreviatura del número del talud con fecha y luego almacenadas en una sola carpeta con el número del talud respectivamente en formato JPEG.

Esto sería:

- Nombre Carpeta: Talud 1
- Nombre Archivo: T1 dd/mm/aaaa

Los datos conseguidos de procesamiento de imágenes son almacenados de manera ordenada en una planilla Excel para cada talud y año respectivamente, para posteriormente dar paso a la etapa de cálculo del grado de cobertura vegetal de las imágenes digitales.

2.5 Cálculo del grado de cobertura vegetal de imágenes digitales

Esta etapa solo puede realizarse una vez terminada la modificación de las imágenes de cada talud. Los valores que se obtienen y registran en esta parte, serán analizados y comentados en una próxima etapa.

Lo primero, es calibrar el programa ImageJ según las herramientas a utilizar. Esto implica, cambio de unidades de medida, tolerancia de colores y definición de contorno. Así se tendrán los valores con las unidades de medida esperadas (Manual del Software ImageJ, 2014).

Luego se pone en práctica la utilización de las herramientas del programa para obtener dichos valores, comenzando con el cálculo del área del talud y posteriormente con el cálculo del área de la cobertura vegetal. Esto se realiza para todas las imágenes de cada talud.

Posteriormente, antes de calcular la cobertura vegetal, es importante determinar la precisión en la toma de datos bajo el Criterio de Chauvenet (Montgomery, 1996). Para establecer la precisión se utilizó la relación entre área mínima y área inicial ($A_{\text{mín}}/A_0$). Luego, se calcula la asimetría existente entre los valores de cada conjunto, lo cual establece si se debe trabajar o no con los logaritmos de los datos. Posterior a eso, se determina la media y la desviación estándar con las ecuaciones 1 y 2 respectivamente, las cuales nos permiten determinar un intervalo de confianza través de la ecuación 3.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad \text{ec. (1)}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad \text{ec. (2)}$$

$$y = \bar{x} \pm \sigma \cdot k_n \quad \text{ec. (3)}$$

Donde:

n : Total de datos.

x_i : Relación entre área máxima o mínima y área inicial.

y : Intervalo de Confianza.

k_n : Constante de Chauvenet para un 95% de nivel de confianza.

Determinada la precisión del procedimiento, es posible obtener posteriormente los valores del grado de cobertura vegetal. Se calculan dos, uno con el área promedio del talud y el otro con el área talud en año analizado.

$$\frac{\text{Grado Cobertura Vegetal}}{\text{Área Promedio}}_N = \frac{\text{Área Cobertura}_N}{\text{Área Promedio del Talud}} \times 100 \quad (\%) \quad \text{ec. (4)}$$

$$\frac{\text{Grado Cobertura Vegetal}}{\text{Área Talud}}_N = \frac{\text{Área Cobertura}_N}{\text{Área Talud}_N} \times 100 \quad (\%) \quad \text{ec. (5)}$$

Donde N corresponde al año de captura de la imagen satelital.

Además, puede existir variación en el cálculo del área del talud entre un año y otro, ya sea porque al momento de confeccionar la imagen no fue preciso el recorte del contorno o porque el talud sufrió cambio en su corona, pendiente o pie por erosión, deslizamientos o fallas. El porcentaje de la variación del área del talud se obtiene a través de la siguiente ecuación:

$$\frac{\text{Variación}}{\text{área Talud}_N} = \left(\frac{\text{Área Talud}_N}{\text{Área Talud}_{inicial}} \times 100 \right) - 100 \quad (\%) \quad \text{ec. (6)}$$

Las variaciones de área pueden ser tanto positivas como negativas. Esto podrá indicar si el talud sufrió alteración en su estructura o cual es el grado de confiabilidad en la implementación del software para efectuar estos tipos de cálculos.

Los valores obtenidos del ImageJ y de las ecuaciones antepuestas, son registrados de manera ordenada en la Tabla 2:

Tabla 2: Esquema Tabla registro cálculo de valores

N° Talud					
Área Talud Promedio (m ²)					
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación Área (%)

Al obtener los porcentajes de cobertura vegetal de cada año por talud, se representa la variación del grado de cobertura vegetal a través de los años por medio del gráfico Cobertura v/s Tiempo.

2.6 Análisis de datos

Se analizará la precisión del procedimiento empleado en la investigación, los valores obtenidos de variación del grado de cobertura vegetal y variación de área de cada talud, clasificándolos visualmente por medio de gráficos y determinando el porqué de sus formas, y verificar si existe un patrón en el tiempo y a lo largo de la autopista.

Con los valores anuales de área de cada talud, es posible determinar si el talud sufrió significativos deslizamientos de material, provocando en sí, un aumento importante en área de éste. Para llevar a cabo lo anterior, se empleó el mismo método para determinar la precisión del procedimiento, el Criterio de Chauvenet (Montgomery, 1996), con el cual es posible determinar aquellos datos que están alejados de los demás. Se utilizó la relación entre área máxima y área inicial (A_{max}/A_0) como indicador.

2.7 Trabajo en terreno

Se realiza con el fin de validar los valores y análisis de manera presencial, de aquellos taludes que presentan alguna característica en particular obtenida en la investigación.

Igualmente, es imprescindible la utilización de instrumentos, equipos y elementos de seguridad. Este último para cumplir con las normas de seguridad establecidas en la autopista. Se debe tener:

- Cinta métrica
- Brújula o GPS
- Odómetro
- Movilización con baliza (camioneta)
- Cámara Fotográfica Digital
- Chaleco reflectante
- Zapatos de seguridad
- Antiparras
- Casco de seguridad

La cinta métrica y el odómetro se utilizan para medir el ancho y pendiente del talud, la brújula o GPS para obtener la orientación de éste y la cámara fotográfica es utilizada para tener registro del trabajo en terreno.

3. ANALISIS DE RESULTADOS

A continuación se exhibirán los resultados conseguidos durante el desarrollo de la investigación y se realiza un análisis a los valores obtenidos. El principal interés de la investigación es la variación del grado de cobertura vegetal de los taludes a lo largo del tiempo y a lo extenso de la autopista. Para determinar lo mencionado, se empleó la metodología propuesta en el capítulo anterior, de manera rigurosa y detallada para lograr resultados óptimos de acuerdo a lo esperado.

3.1 Selección de Taludes

Se constató que a lo largo de la ruta existen 361 taludes, de los cuales un 25% de ellos son extensos y de gran altura (Vargas, 2014). Además, se cuenta con la información entregada por Mardones (2007), donde se catastraron 142 taludes y los cuales poseen información respecto altura, largo, orientación, ubicación, entre otras características.

A través de Google Earth es posible apreciar de forma clara y precisa 130 taludes, los que corresponden al 36% de los existentes en la autopista, ya que estos son visualizados por su gran tamaño. Aquellos taludes que no son visibles de forma clara, se debe a que no poseen altura y largos considerables para ser apreciados, y también que la captura de la imagen desde el satélite, no es capaz de mostrar claramente los taludes por el ángulo de toma y la presencia significativa de sombras.

Luego, bajo los criterios de selección mencionados en la metodología, se determinó que 80 de los 130 taludes tienen imágenes de calidad, correspondiendo aproximadamente al 62% del total visible.

Posteriormente, la Figura 3 muestra los taludes seleccionados con las marcas de posición.

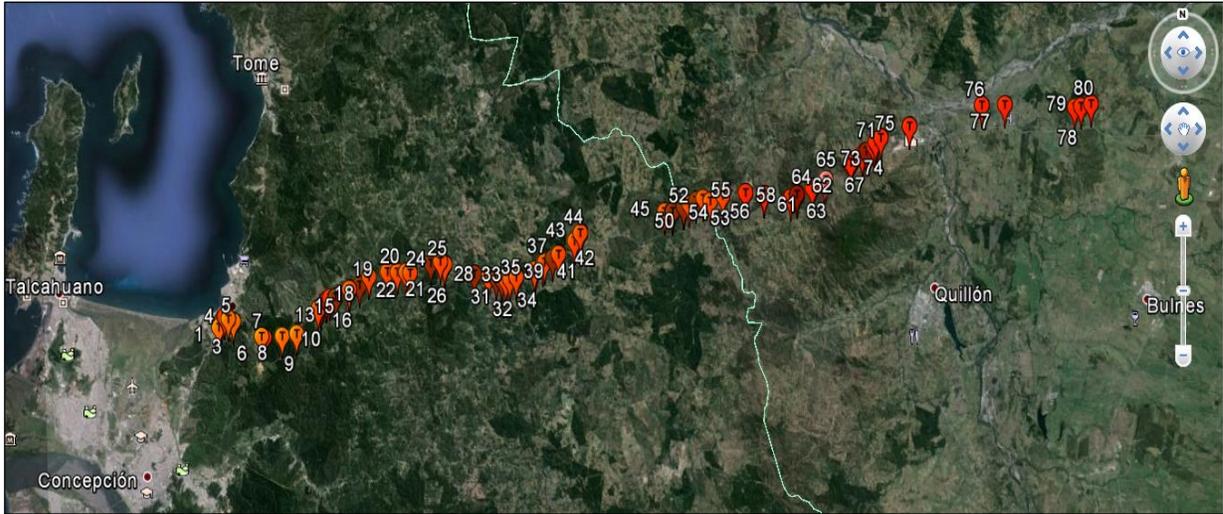


Figura 3: Marca posición taludes seleccionados

(Fuente: Elaboración propia)

3.2 Registro de los Taludes Seleccionados

Considerados los criterios de selección de imágenes, es posible visualizar el registro por medio de los gráficos de las Figuras 4 y 5.

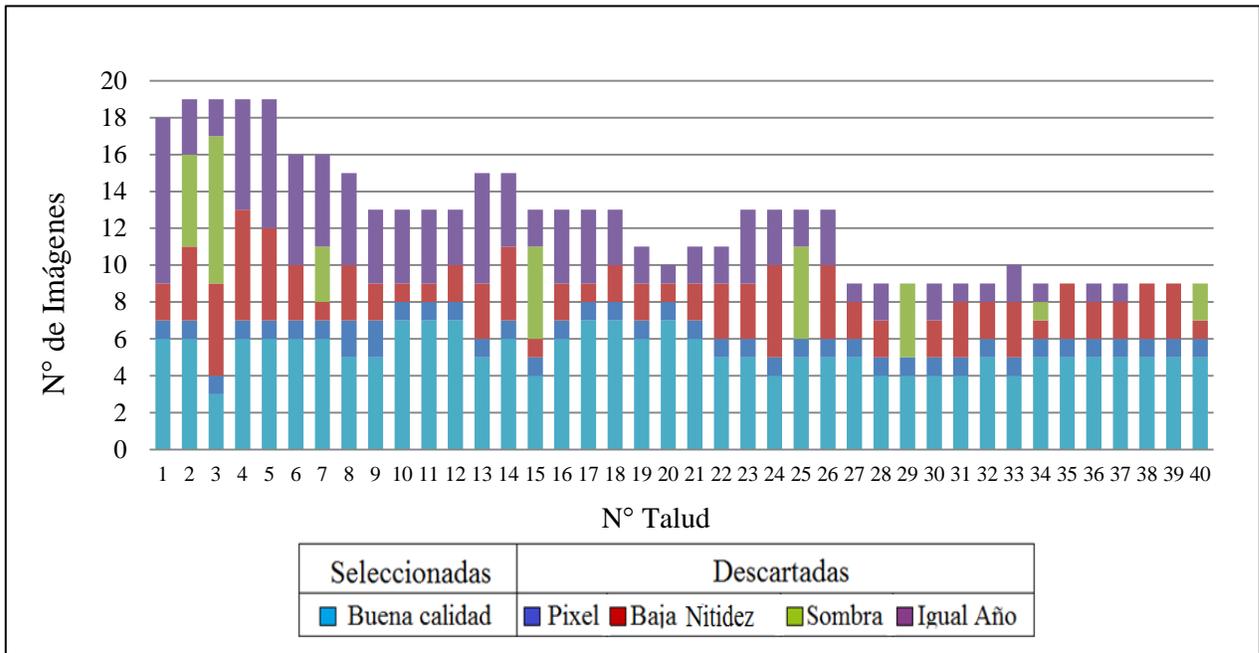


Figura 4: Registro taludes del 1 al 40

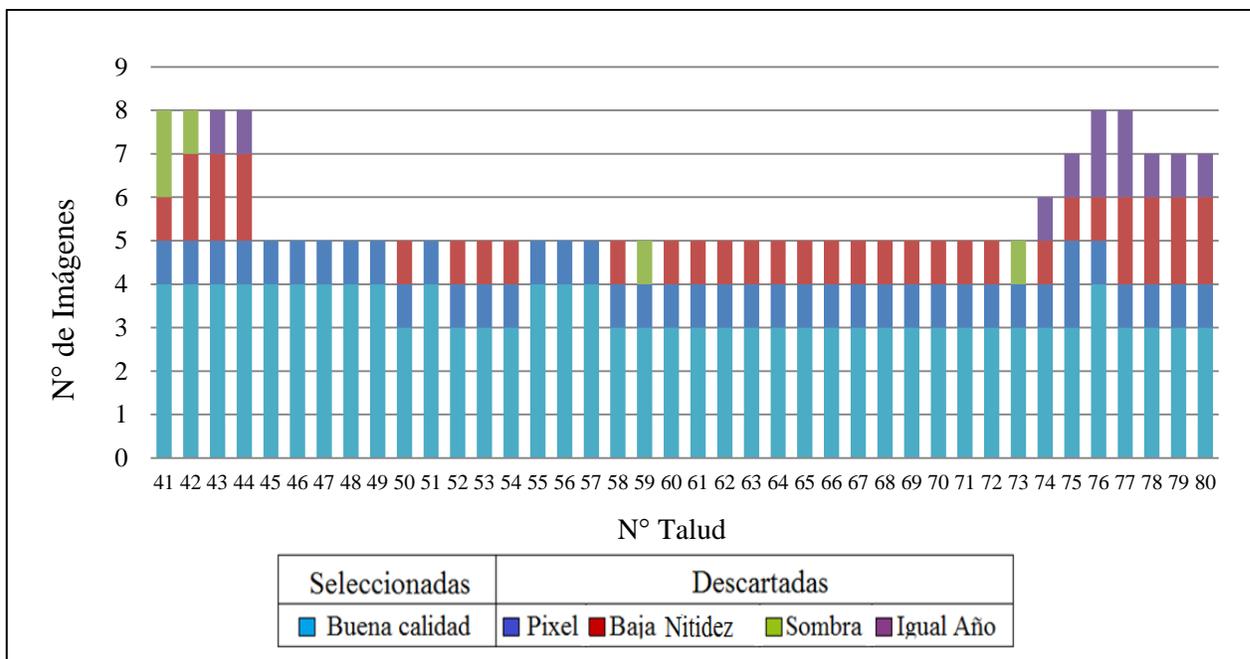


Figura 5: Registro Taludes del 41 al 80

Como se aprecia en las Figuras 4 a 7, existe diferencia espacial en el número de imágenes por talud a lo largo de la autopista. Los primeros 26 taludes, ubicados desde el kilómetro 56 hasta el kilómetro 75, tienen como mínimo 10 imágenes por talud, correspondiendo al 51,1 % del total de las imágenes. Los 54 taludes restantes, localizados desde el kilómetro 0 al 56, tienen entre 9 y 5 imágenes.

También se observa que para todos los taludes existe una imagen descartada por pixel, perteneciendo al año 2007 con un 22% de éstas. Además, es posible apreciar que el mayor número de imágenes descartadas se debe a su baja claridad, con 133 imágenes, alcanzando un 35,3 % del total.

Las imágenes descartadas por igual año están en el segundo lugar con 32,6 %, las cuales no fueron consideradas por la fecha de captura de ésta, ya que estaba cercana al año anterior o posterior seleccionada, considerando además su calidad.

El menor número de imágenes descartadas corresponden aquellas que presentan presencia de sombra sobre el talud, con 38 imágenes. Estos doce taludes se encuentran ubicados al lado norte

de la autopista, los cuales al momento de captura de imagen, el sol se ubicaba sobre o detrás de ellos, generando sombras por la presencia de árboles o por el relieve del sector.

3.3 Precisión del procedimiento

Bajo el Criterio de Chauvenet, se calculó la asimetría del conjunto de datos obteniendo un valor de -2,96. Por lo tanto, se trabaja con los logaritmos del conjunto de datos.

Luego, se obtuvo una media de -0,005 y una desviación estándar de 0,008. Posteriormente, con estos valores y un coeficiente de Chauvenet de 2,94 con un 95% de confianza, se obtuvo un rango mínimo de -0,028. Así de esta manera, se determinó la precisión del procedimiento y de los programas escogidos (Figura 6).

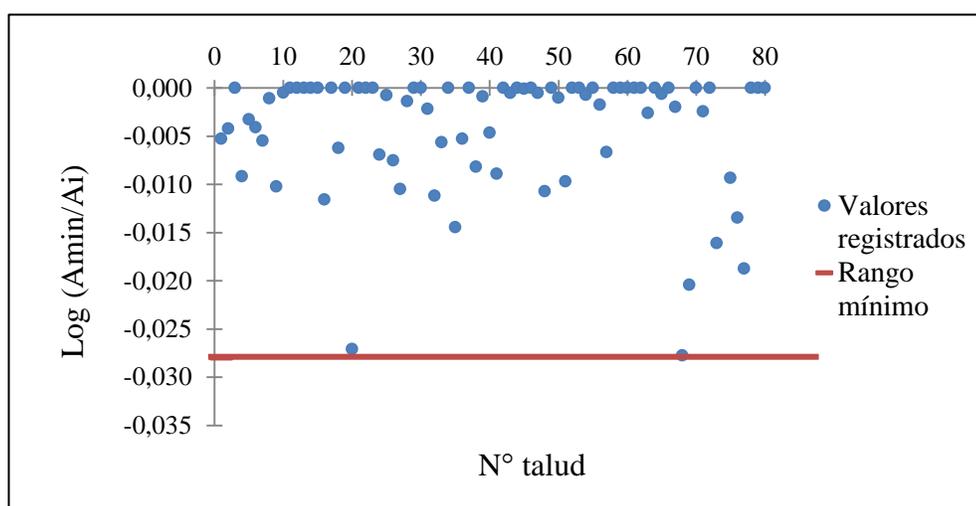


Figura 6: Determinación datos atípicos para la precisión del procedimiento

Se obtuvieron dos valores cercanos al rango mínimo de 6,1% de error para los taludes 20 y 68, pero sin superarlo. Por lo tanto, se establece que existe imprecisión en el procedimiento, pero no es alta, ya que en los otros taludes el error es casi nulo y con una media de 1,07% de error.

Es posible reducir este porcentaje de error hasta cero, utilizando un computador táctil con un software especializado en recorte y modificación de imágenes digitales. Además, mejorar la calidad de las imágenes digitales e investigar acerca de la correcta utilización del software ImageJ en la determinación de la cobertura vegetal y así evitar las imprecisiones.

También es posible utilizar imágenes satelitales de mayor calidad o reemplazarlas por fotografías aéreas captadas de forma particular. Así, los taludes y las coberturas vegetales se apreciarán con colores y contornos definidos.

3.4 Cálculo de la Cobertura Vegetal

Determinada la precisión del procedimiento, es posible obtener el grado de cobertura vegetal.

Del registro de imágenes seleccionadas, se calculó la cobertura vegetal de cada talud empleando correctamente el ImageJ. Los valores se obtuvieron empleando las ecuaciones (4) y (5) y posteriormente ordenados en la Tabla 2 (ver Anexo B). Luego se grafica grado de cobertura v/s tiempo y grado de cobertura v/s espacio como se observa en la Figura 7 y 8.

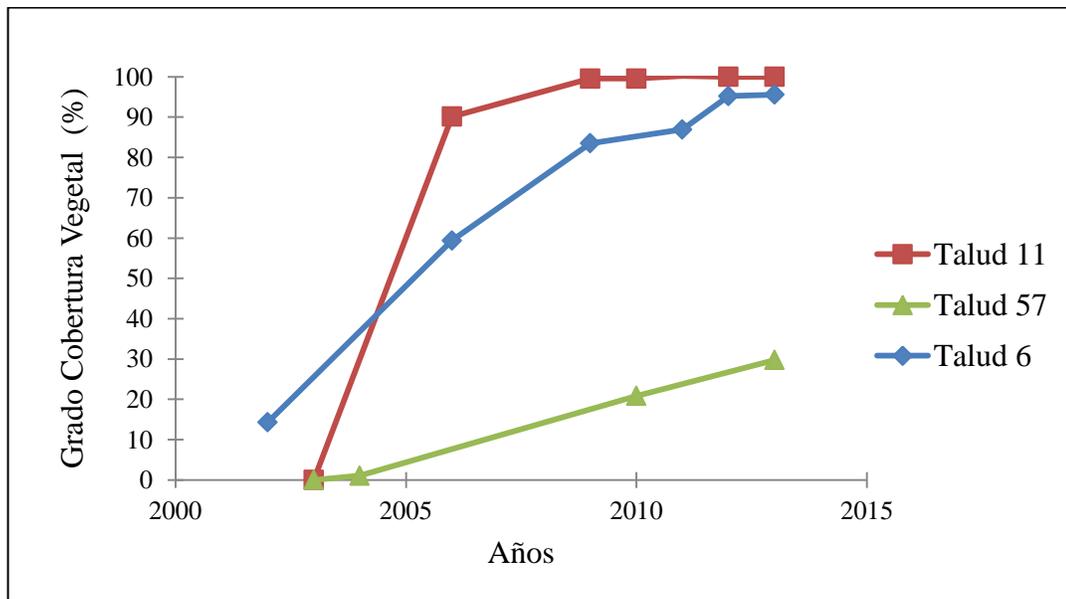


Figura 7: Variación de la cobertura vegetal en el tiempo

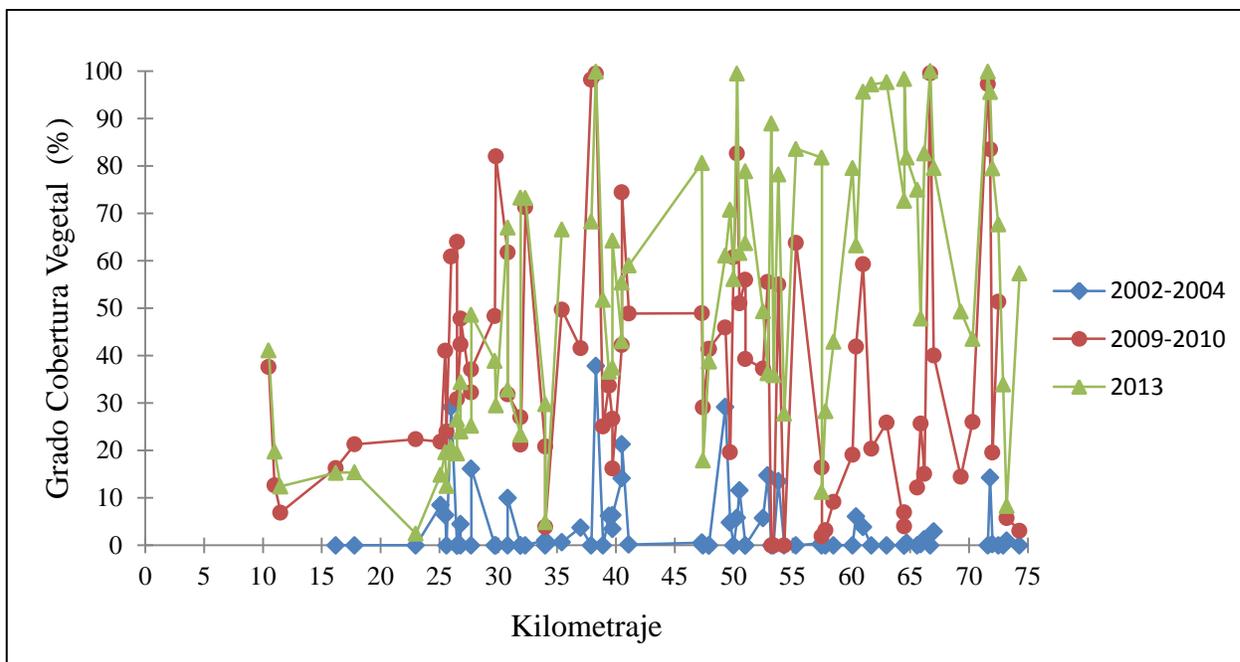


Figura 8: Variación de la cobertura vegetal en el espacio

Tras los valores obtenidos, se observa que los taludes durante sus primeros años de servicio, desde 2002 hasta 2004, presentan muy escasa o nula existencia de cobertura vegetal, y comienzan a cubrirse después de primera mitad, desde el 2006 (ver Figura 8). Durante esos primeros años, la autopista no presentaba en sus alrededores la abundante diversidad de vegetación como la existente hoy en día.

Se observa que la cobertura vegetal es mayor en la zona cercana a la costa, km. 75. Siendo estos, los que experimentan los mayores aumentos de cobertura entre el 2010 y 2013. También, se aprecia que el grado de cobertura vegetal no es continuo a lo largo de la autopista (Figura 8).

El aumento máximo que se obtuvo fue de 74,1% correspondiente al talud 12 (ver Figura 11), donde la cobertura vegetal aumento $622,1 \text{ m}^2$ del año 2009 al 2010. En cambio, el talud 6 tuvo el aumento más bajo de $11,8 \text{ m}^2$ (0,34%), entre los años 2012 y 2013 (ver Figura 7).

El talud 6 presenta actualmente su superficie totalmente cubierta por vegetación. Este talud no fue intervenido por cubiertas protectoras constatándose en terreno, por ende, el poblamiento fue natural.

También, se puede apreciar de los datos obtenidos, que dentro de los taludes que tienen poca vegetación cubriendo su superficie, destacan aquellos ubicados al lado norte de la calzada, sin luminosidad solar, siendo cubiertos musgos por la presencia de humedad. Un claro ejemplo es el talud 57 graficado en la Figura 7.

Además, se obtuvo que siete taludes están casi totalmente cubiertos, y se constató en terreno que cuatro fueron intervenidos por algún tipo de cubierta protectora. Un claro ejemplo es el talud 11, ubicado en el kilómetro 66, que se aprecia en la figura 7 y 9.



Figura 9: Talud 11 intervenido

(Fuente: Elaboración propia)

De la información entregada por Vargas (2014), se tiene que este talud tuvo problemas de erosión por lo que provocó deslizamientos de material en los primeros años. La Concesionaria, la cual en esos años se hacía cargo de los trabajos de ingeniería, intervino el talud con un método muy particular. Bajaron la pendiente del talud de 56° a 45° y cubrieron la superficie con una capa granular de 25 centímetros de espesor. Entre el material granular, introdujeron semillas de Aromo, para que posteriormente este ejemplar creciera en el talud. Este método fue efectivo, como se aprecia en la Figura 9, ya que durante los años siguientes el talud no presentó problemas de estabilidad.

3.5 Clasificación visual

Se obtuvieron diversos tipos de variación del grado de cobertura vegetal, los cuales fueron agrupados según la forma de sus rectas como se detalla a continuación.

3.3.1 Lineales

Los taludes que poseen un crecimiento en su cobertura vegetal a través del tiempo y de forma continua, tienen un comportamiento lineal. Este grupo de taludes corresponden al 27,5 % del total y en su mayoría se observa que los taludes poseen más del 50% de cobertura vegetal (ver Figura 10).

A través de trabajo en terreno, se apreció que estos taludes presentan este tipo de comportamiento por el solo hecho de tener un poblamiento natural de su cobertura vegetal a lo largo de los años.

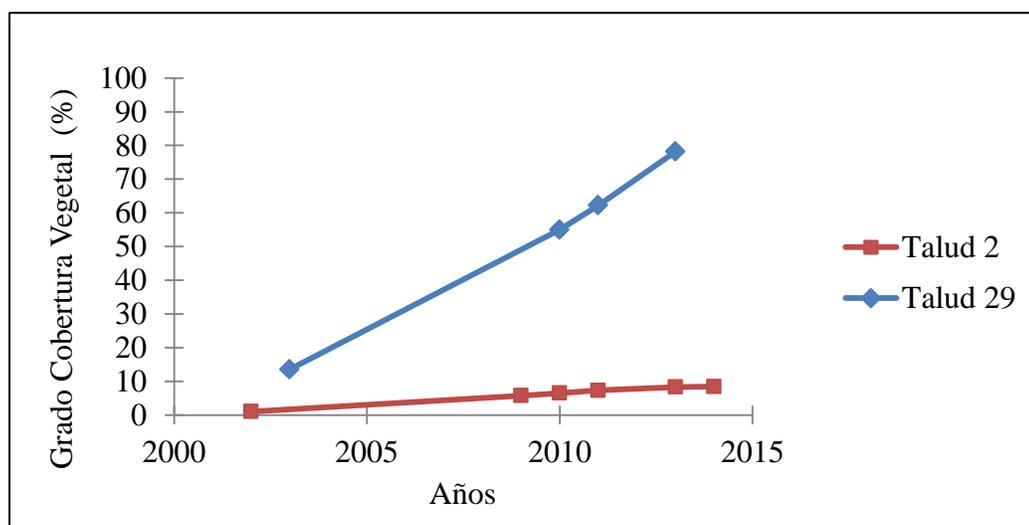


Figura 10: Variación lineal de la cobertura vegetal

3.3.2 Bilineales o segmentados

Gran parte de los taludes estudiados tienen este comportamiento bilineal o segmentados (ver Figura 11), abarcando el 71,5% del total. Este grupo de taludes se pueden clasificar en varios tipos, ya sea ascendente o descendente, con aumento en su cobertura vegetal de manera lenta, rápida o mixta, como se detalla a continuación.

- i. Ascendente lento-rápido: Los taludes como el N° 3, presentan un crecimiento lento de su cobertura vegetal durante gran parte de los años hasta experimentar un aumento brusco en poco tiempo. Esto se debe a que el talud fue intervenido por algún método de cubierta protectora por presentar problemas de erosión y provoca este punto de inflexión.
- ii. Ascendente rápido-lento: Durante los primeros años los taludes, como el N° 58, presentan un rápido crecimiento en su cobertura vegetal y posteriormente perciben un lento aumento durante los años próximos. Esto se atribuye a dos causas. La primera es que el talud en sus inicios fue intervenido con cubiertas protectoras y luego el poblamiento fue natural. La segunda se debe a que el talud presenta especies vegetativas que por condiciones climáticas y características del suelo, tuvieron un rápido crecimiento y que luego fueron controladas durante los años posteriores.
- iii. Ascendente lento-Descendente rápido: Estos taludes presentan un crecimiento natural durante gran parte de los años hasta el año 2012, donde se observa una disminución de su cobertura vegetal, como el talud 63. Durante el 2012 se desarrolló un incendio de grandes proporciones que abarcó parte de la ruta del Itata, lo cual quemó las especies vegetativas presentes en los taludes, ocasionando esta pérdida de cobertura vegetal. Otro motivo es la mantención que se realiza en este trayecto, ya que estos taludes se encuentran más cercanos al pie de calzada y se hace necesario el corte de las frondosidades.
- iv. Mixto: Los taludes tienen un comportamiento irregular, con aumentos y disminuciones en su cobertura vegetal. De todos los taludes estudiados, el talud 12 presentó esta conducta. El talud tuvo un poblamiento natural hasta el año 2010, donde se aprecia que gran parte de la cobertura vegetal fue retirada. Luego, desde el 2011 hasta hoy, el talud aumenta su cobertura vegetal rápidamente. El talud no presenta rasgos de haber tenido deslizamientos de material o haber sido intervenido con cubiertas protectoras que facilitan el poblamiento natural, por lo que se considera que el comportamiento irregular presentado, se debe a que durante el año 2010 y 2011 fue retirada toda su frondosidad por motivos de mantención y seguridad de la concesionaria.

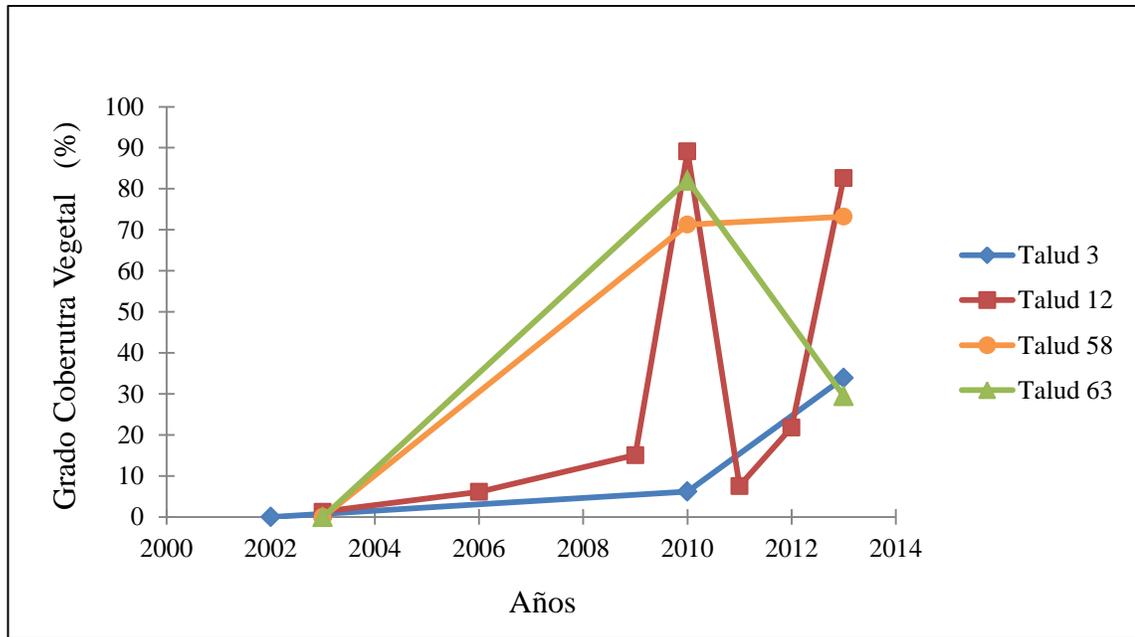


Figura 11: Variación bilineal o segmentada de la cobertura vegetal

Las intervenciones con cubiertas protectoras no vivas juegan un rol importante y poco conocido en la cobertura vegetal de estos taludes (Vargas, 2014). Esto se debe a que los taludes que presentaban problemas de erosión provocando inestabilidad en él, fueron controlados por estos métodos. Una vez cubiertos con estas mantas orgánicas, mallas de coco o paja, solo fueron recibidos cuidados durante un par de meses sin obtener resultados a corto plazo. Posterior a esto, estas cubiertas sin mantención alguna, otorgaron las condiciones necesarias para que las especies vegetativas cercanas al talud poblaran la superficie de él, controlando en gran parte las erosiones presentes.

Finalmente, tras los valores obtenidos de cobertura vegetal y la clasificación visual, se determinó que no existe un patrón en la variación de la cobertura vegetal durante el tiempo y tampoco a lo largo de la autopista. La variación es diferente año tras año para cada talud y a pesar que existe similitud en sus formas, esta no es continua en toda la ruta. Del talud 60 al 80 existe una continuidad y similitud en su forma, pero se debe un incendio que se produjo en esa zona (desde el km. 17 al 31) y que intervino en el crecimiento de la cobertura vegetal, dando variación observada.

3.6 Cambios en el área del talud

Se determinó la relación entre área máxima y área inicial de cada talud, para luego con el Criterio de Chauvenet, calcular la asimetría existente entre ellos, obteniendo un valor de 2,22. Este valor establece que se debe trabajar con los logaritmos del conjunto de datos.

Posteriormente, de este conjunto de datos se obtuvo una media de 0,01 y una desviación estándar de 0,016 utilizando las ecuaciones 4 y 5 respectivamente. Con estos valores se determinó un rango máximo de 0,06 para un coeficiente de Chauvenet de 2,94 para un 95% de confianza. Aquellos valores que estén por fuera de este rango, nos indican que existe un aumento significativo en el área del talud con respecto a los demás, como se observa en la Figura 12.

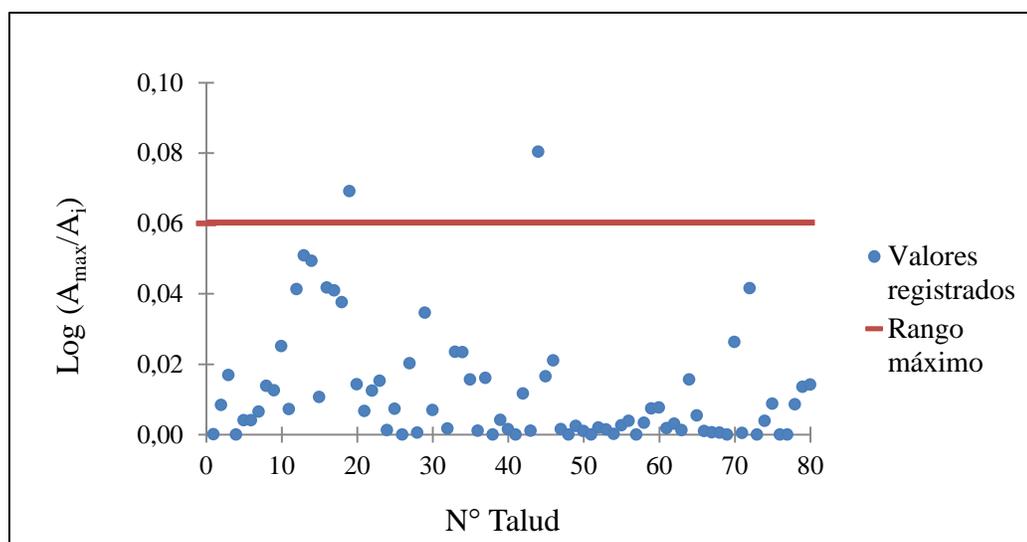


Figura 12: Determinación datos atípicos para aumento de área talud

Se obtuvieron dos valores que están por sobre el rango máximo, el cual corresponde al 14,5% de aumento de área. La media de aumento de área de los 80 taludes fue de 2%. Según lo mencionado anteriormente, los taludes 19 y 44 presentan cambios en su áreas, para lo cual, se grafica la relación área anual y área inicial versus el tiempo (Figura 13). Así se comprueba el aumento del área en un 16,1 % para el talud 19 y un 20,3 % para el talud 44. Se constató en terreno y a través de Mardones (2007), que estos dos taludes tuvieron problemas de erosión, lo cual originó cárcavas y surquillos provocando posteriormente deslizamientos de material (Figura 14 y 15).

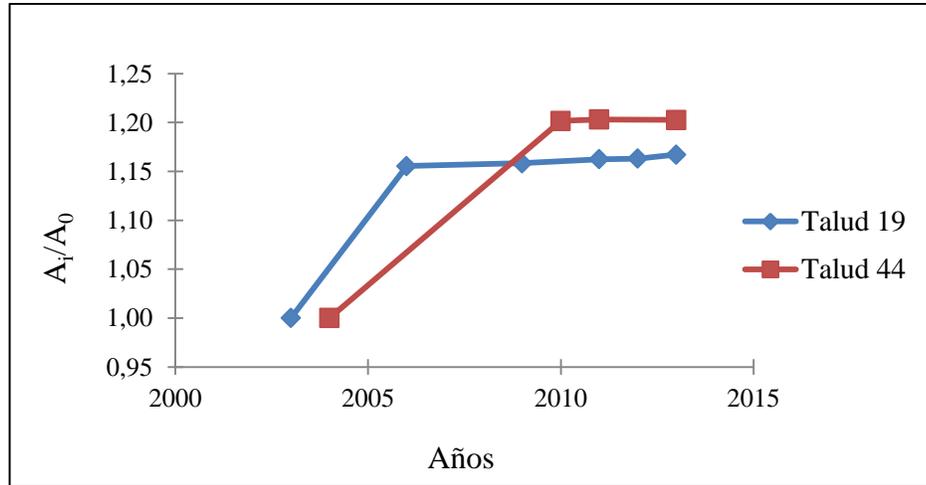
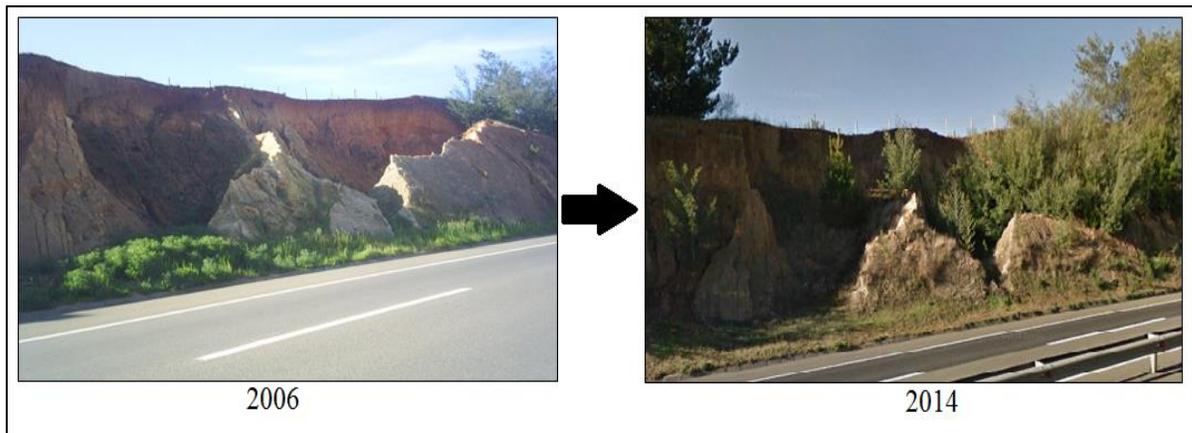


Figura 13: Aumento de área en taludes



**Figura 14: Talud 19 antes y después
(Fuente: Elaboración propia)**



**Figura 15: Talud 44 antes y después
(Fuente: Elaboración propia)**

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego de la realización de la investigación, siguiendo la metodología propuesta y obteniendo valores de coberturas vegetales de taludes, se puede concluir lo siguiente:

La metodología empleada presentó una estructura ordenada y eficaz, y que al momento de llevar a cabo la investigación, funcionó correctamente. Los programas y procedimientos escogidos cumplieron correctamente con las funciones que debían realizar, logrando inicialmente lo planteado.

Fue posible obtener los porcentajes de cobertura vegetal de cada talud para cada año y luego observar la variación del grado de cobertura en el tiempo. Los taludes a lo largo de la autopista no tienen los mismos porcentajes de cobertura vegetal, por lo que no existe un patrón temporal ni espacial. Pero sí tienen comportamientos similares con respecto a su variación de cobertura, siendo estos clasificados visualmente.

Las condiciones climáticas juegan un rol importante como también la ubicación del talud, con respecto al crecimiento de las diversas especies en su superficie. Se verificó que los taludes ubicados al costado norte de la autopista, gran parte de ellos tienen bajos porcentajes de cobertura. Esto se debe a la presencia de sombra en gran parte del tiempo, sin recibir luz solar y dificultando el crecimiento de vegetación. También fue posible apreciar las consecuencias del gran incendio producido en enero de 2012, donde los taludes que resultaron afectados por las llamas, tienen un descenso importante en el porcentaje de cobertura. Además, fue posible constatar en terreno que los taludes intervenidos con cubiertas protectoras no vivas, otorgaron las condiciones necesarias para que la vegetación cercana, poblara naturalmente la superficie del talud.

También se logró determinar que dos taludes registraron cambios en su geometría, aumentando considerablemente sus áreas con respecto a los demás. En terreno se verificó que estos taludes presentaban cárcavas y surquillos cercanos a la corona del talud, los cuales provocaron desprendimientos en la superficie superior del talud. Luego entre estas cárcavas creció vegetación protegiendo en gran parte al talud de la erosión.

Por último, se establece que existe imprecisión en el procedimiento, pero es bajo, con solo dos taludes que registraron un 6% de error. Los demás taludes poseen un porcentaje de error cercano a cero.

Se recomienda:

- Mejorar la calidad de las imágenes satelitales o reemplazarlas por fotografías aéreas anuales.
- Estudiar profundamente la correcta utilización del Software ImageJ para determinar de mejor manera el grado de cobertura vegetal y utilizar un programa más preciso para modificación de imágenes, para así disminuir la imprecisión en la toma de datos realizados en este Proyecto de Título.

REFERENCIAS

- Casal – Durán – Montalvo, (2006) “Siembra en mantas orgánicas: Establecimiento de nuevas especies y aplicaciones para la restauración de taludes”. Laboratorio de Ecología Aplicada. Universidad de Vigo, España.
- Galeana – Corona – Ordóñez (2009). “Análisis dimensional de la cobertura vegetal-uso de suelo en la cuenca del Río Magdalena”. Ciencia Forestal. Volumen 34 no.105. México.
- Globalvia (2012). “Sociedad Concesionaria de la Autopista del Itata S.A.” [en línea] <http://www.scadi.cl/index.html> . Acceso abril 2014.
- Herrera, M. (2006). “Estabilidad de taludes en carreteras”. Proyecto de título Ingeniería Civil. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Manual de Software de análisis y procesamiento de imagen digital ImageJ en Java. [en línea] <http://www.imagej.nih.gov/ij/docs/guide/index.html>. Acceso abril 2014.
- Mardones, C. (2007). “Catastro a taludes viales de la Provincia de Concepción”. Proyecto de título Ingeniería Civil. Universidad del Bío-Bío.
- Moises Vargas E. (2014). “Entrevista Gerencia Técnica de la Sociedad Concesionaria Autopista del Itata S.A.”. Entrevistado por Jaime Latrach J. [entrevista no estructurada], Edificio de Administración km. 60 Ruta del Itata, 26 de mayo de 2014.
- Montgomery D. – Hines W. (1996). “Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Administración”. Segunda Edición. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V., México.

- Taylor, John R. (1997). “Una introducción al análisis de errores”. Segunda Edición. Sausalito, California. University Science Books, pp 166-8.
- Tutorial de Software Google Earth. [en línea] http://www.google.es/intl/es_es/earth/learn/. Acceso abril 2014.

ANEXOS

ANEXO A: REGISTRO DE IMAGENES

Los taludes seleccionados presentan imágenes satelitales a distintos tiempos para distintas zonas. El talud debía presentar al menos tres imágenes de buena calidad, y se descartaron aquellas que tenían problemas de pixel, presencia de sombras, baja claridad y de igual año.

El registro es almacenado en la siguiente tabla.

Tabla A1: Registro Imágenes

N° Talud	Descartadas				Seleccionadas	Total
	Pixel	Baja Nitidez	Sombra	Igual Año	Buena Calidad	
1	1	2	0	9	6	18
2	1	4	5	3	6	19
3	1	5	8	2	3	19
4	1	6	0	6	6	19
5	1	5	0	7	6	19
6	1	3	0	6	6	16
7	1	1	3	5	6	16
8	2	3	0	5	5	15
9	2	2	0	4	5	13
10	1	1	0	4	7	13
11	1	1	0	4	7	13
12	1	2	0	3	7	13
13	1	3	0	6	5	15
14	1	4	0	4	6	15
15	1	1	5	2	4	13
16	1	2	0	4	6	13
17	1	1	0	4	7	13
18	1	2	0	3	7	13
19	1	2	0	2	6	11
20	1	1	0	1	7	10
21	1	2	0	2	6	11
22	1	3	0	2	5	11
23	1	3	0	4	5	13
24	1	5	0	3	4	13
25	1	0	5	2	5	13
26	1	4	0	3	5	13
27	1	2	0	1	5	9
28	1	2	0	2	4	9
29	1	0	4	0	4	9
30	1	2	0	2	4	9
31	1	3	0	1	4	9
32	1	2	0	1	5	9
33	1	3	0	2	4	10

34	1	1	1	1	5	9
35	1	3	0	0	5	9
36	1	2	0	1	5	9
37	1	2	0	1	5	9
38	1	3	0	0	5	9
39	1	3	0	0	5	9
40	1	1	2	0	5	9
41	1	1	2	0	4	8
42	1	2	1	0	4	8
43	1	2	0	1	4	8
44	1	2	0	1	4	8
45	1	0	0	0	4	5
46	1	0	0	0	4	5
47	1	0	0	0	4	5
48	1	0	0	0	4	5
49	1	0	0	0	4	5
50	1	1	0	0	3	5
51	1	0	0	0	4	5
52	1	1	0	0	3	5
53	1	1	0	0	3	5
54	1	1	0	0	3	5
55	1	0	0	0	4	5
56	1	0	0	0	4	5
57	1	0	0	0	4	5
58	1	1	0	0	3	5
59	1	0	1	0	3	5
60	1	1	0	0	3	5
61	1	1	0	0	3	5
62	1	1	0	0	3	5
63	1	1	0	0	3	5
64	1	1	0	0	3	5
65	1	1	0	0	3	5
66	1	1	0	0	3	5
67	1	1	0	0	3	5
68	1	1	0	0	3	5
69	1	1	0	0	3	5
70	1	1	0	0	3	5
71	1	1	0	0	3	5
72	1	1	0	0	3	5
73	1	0	1	0	3	5
74	1	1	0	1	3	6
75	2	1	0	1	3	7
76	1	1	0	2	4	8
77	1	2	0	2	3	8
78	1	2	0	1	3	7
79	1	2	0	1	3	7
80	1	2	0	1	3	7

ANEXO B: RESULTADOS COBERTURA VEGETAL

Los valores obtenidos del ImageJ y de las ecuaciones antepuestas, son registrados en las siguientes tablas para cada talud:

Tabla B1: Registro y cálculo de valores talud 1

Talud	1				
Área Promedio (m ²)	1136,9				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2002	0,0	1143,2	0,0	0,0	0,0
2009	35,2	1129,3	3,1	3,1	-1,2
2010	208,6	1140,1	18,4	18,3	-0,3
2011	228,4	1136,8	20,1	20,1	-0,6
2012	507,9	1139,7	44,7	44,5	-0,3
2013	651,6	1132,3	57,3	57,5	-0,9

Tabla B2: Registro y cálculo de valores talud 2

Talud	2				
Área Promedio (m ²)	1214,4				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	% Variación área
2002	12,3	1211,4	1,0	1,0	0,0
2009	69,9	1203,4	5,8	5,8	-0,7
2010	71,7	1234,8	5,9	5,8	1,9
2011	88,5	1199,7	7,3	7,3	-1,0
2013	100,6	1217,4	8,3	8,3	0,5
2014	102,2	1219,78	8,4	8,4	0,7

Tabla B3: Registro y cálculo de valores talud 3

Talud	3				
Área Promedio (m ²)	689,5				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	% Variación área
2002	0,0	678,9	0,0	0,0	0,0
2010	42,7	705,8	6,2	6,1	4,0
2013	233,7	683,7	33,9	34,1	0,7

Tabla B4: Registro y cálculo de valores talud 4

Talud	4				
Área Promedio (m ²)	5027,6				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	% Variación área
2002	0,0	5105,1	0,0	0,0	0,0
2006	256,9	5017,8	5,1	5,1	-1,7
2009	2581,8	4998,3	51,4	51,6	-2,1
2011	3316,1	5025,9	66,0	65,9	-1,5
2012	3378,9	5020,7	67,2	67,3	-1,7
2013	3401,2	4997,6	67,7	68,0	-2,1

Tabla B5: Registro y cálculo de valores talud 5

Talud	5				
Área Promedio (m ²)	2982,1				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	% Variación área
2002	7,8	2977,4	0,3	0,3	0,0
2006	21,1	3004,6	0,7	0,7	0,9
2009	582,9	2955,1	19,5	19,7	-0,7
2011	1336,8	2971,2	44,8	44,9	-0,2
2012	2315,4	2979,6	77,6	77,7	0,1
2013	2369,9	3005,1	79,5	78,8	0,9

Tabla B6: Registro y cálculo de valores talud 6

Talud	6				
Área Promedio (m ²)	1177,9				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área
2002	168,3	1180,2	14,3	14,2	0,0
2006	699,5	1171,6	59,4	59,7	-0,7
2009	983,6	1175,9	83,5	83,6	-0,4
2011	1023,7	1179,4	86,9	86,8	-0,1
2012	1121,7	1191,3	95,2	94,1	0,9
2013	1125,8	1169,1	95,6	96,3	-0,9

Tabla B7: Registro y cálculo de valores talud 7

Talud	7				
Área Promedio (m ²)	3518,1				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área
2002	0,0	3509,9	0,0	0,0	0,0
2006	2547,6	3562,4	72,4	71,5	1,5
2009	3421,1	3465,7	97,2	98,7	-1,3
2011	3449,4	3499,2	98,0	98,5	-0,3
2012	3501,1	3525,6	99,5	99,3	0,4
2013	3512,8	3546,2	99,8	99,0	1,0

Tabla B8: Registro y cálculo de valores talud 8

Talud	8				
Área Promedio (m ²)	7554,5				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área
2006	159,2	7506,5	2,1	2,1	0,0
2009	1963,5	7487,5	26,0	26,2	-0,3
2011	2942,1	7510,5	38,9	39,1	0,1
2012	3151,5	7519,2	41,7	41,9	0,2
2013	3287,9	7748,9	43,5	42,4	3,2

Tabla B9: Registro y cálculo de valores talud 9

Talud	9				
Área Promedio (m ²)	1572,3				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área
2006	113,1	1567,4	7,2	7,2	0,0
2009	227,4	1541	14,5	14,7	-1,7
2011	525,3	1613,1	33,4	32,5	2,9
2012	681,3	1530,8	43,3	44,5	-2,3
2013	775,3	1608,8	49,3	48,2	2,6

Tabla B10: Registro y cálculo de valores talud 10

Talud	10				
Área Promedio	2501,3				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área
2003	74,2	2427,9	3,0	3,0	0,0
2006	274,4	2425,1	11,0	11,3	-0,1
2009	1001,8	2559,3	40,1	39,2	5,4
2010	1264,9	2511,1	50,6	50,4	3,4
2011	1615,1	2478,7	64,6	65,1	2,1
2012	1855,9	2534,4	74,2	73,2	4,4
2013	1989,9	2572,5	79,6	77,3	6,0

Tabla B11: Registro y cálculo de valores talud 11

Talud	11				
Área Promedio (m ²)	7543,8				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área
2003	0,0	7487,8	0,0	0,00	0,0
2006	6799,4	7555,1	90,0	90,0	0,9
2009	7509,6	7519,5	100,0	99,9	0,4
2010	7510,4	7518,2	100,0	99,9	0,4
2011	7560,6	7565,3	100,0	99,9	1,0
2012	7610,2	7612,5	100,0	100,0	1,7
2013	7546,8	7548,7	100,0	100,0	0,8

Tabla B12: Registro y cálculo de valores talud 12

Talud	12				
Área Promedio (m ²)	839,8				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	10,6	804,6	1,3	1,3	0,0
2006	51,4	811,1	6,1	6,3	0,8
2009	126,6	855,7	15,1	14,8	6,3
2010	748,7	861,2	89,2	86,9	7,0
2011	63,3	827,1	7,5	7,6	2,8
2012	183,4	834,4	21,8	21,9	3,7
2013	693,7	884,8	82,6	78,4	10,0

Tabla B13: Registro y cálculo de valores talud 13

Talud	13				
Área Promedio (m ²)	3559,1				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	8,01	3278,3	0,2	0,2	0,0
2006	519,7	3556,4	14,6	14,6	8,5
2009	913,2	3596,1	25,7	25,4	9,7
2012	1421,9	3679,1	40,0	38,7	12,2
2013	1701,1	3685,4	47,8	46,1	12,4

Tabla B14: Registro y cálculo de valores talud 14

Talud	14				
Área Promedio (m ²)	560,3				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	0,0	527,1	0,0	0,0	0,0
2006	54,5	556,3	9,7	9,8	5,6
2009	68,4	563,7	12,2	12,1	7,0
2011	156,9	543,5	28,0	28,8	3,1
2012	265,7	590,3	47,4	45,1	12,0
2013	420,2	581,3	75,0	72,3	10,3

Tabla B15: Registro y cálculo de valores talud 15

Talud	15				
Área Promedio (m ²)	1696,1				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	8,5	1671,1	0,5	0,5	0,0
2010	431,3	1711,1	25,4	25,2	2,4
2011	983,2	1689,3	58,0	58,2	1,1
2013	1386,1	1712,7	81,7	80,9	2,5

Tabla B16: Registro y cálculo de valores talud 16

Talud	16				
Área Promedio (m ²)	1024,2				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	0,0	999,5	0,0	0,0	0,0
2006	25,4	973,2	2,5	2,6	-2,6
2009	71,5	1100,3	7,0	6,5	10,1
2011	937,7	1015,7	91,6	92,3	1,6
2012	967,4	1025,4	94,5	94,3	2,6
2013	1006,8	1031,1	98,3	97,7	3,1

Tabla B17: Registro y cálculo de valores talud 17

Talud	17				
Área Promedio (m ²)	3438,4				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	0,0	3196,9	0,0	0,0	0,0
2006	0,0	3452,4	0,0	0,0	8,0
2009	138,3	3431,1	4,0	4,0	7,3
2010	1571,1	3475,5	45,7	45,2	8,7
2011	2318,9	3501,6	67,4	66,2	9,5
2012	2402,9	3512,3	69,9	68,4	9,9
2013	2498,1	3499,1	72,6	71,3	9,5

Tabla B18: Registro y cálculo de valores talud 18

Talud	18				
Área Promedio (m ²)	3536,9				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	0,0	3412,1	0,0	0,0	0,0
2006	368,5	3720,7	10,4	9,9	9,0
2009	914,5	3731,2	25,9	24,5	9,3
2010	1888,5	3363,5	53,4	56,1	-1,4
2011	2295,3	3526,2	64,9	65,0	3,3
2012	3086,8	3495,4	87,3	88,3	2,4
2013	3453,1	3509,5	97,6	98,3	2,9

Tabla B19: Registro y cálculo de valores talud 19

Talud	19				
Área Promedio (m ²)	2396,5				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	0,0	2112,5	0,0	0,0	0,0
2006	193,9	2441,1	8,1	7,9	15,6
2009	489,1	2447,1	20,4	19,9	15,8
2011	2162,3	2455,8	90,2	88,0	16,3
2012	2278,9	2456,9	95,1	92,7	16,3
2013	2328,6	2465,6	97,2	94,4	16,7

Tabla B20: Registro y cálculo de valores talud 20

Talud	20				
Área Promedio (m ²)	2596,1				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	100,2	2584,2	3,9	3,8	0,0
2006	786,1	2427,8	30,3	32,3	-6,1
2009	1538,7	2623,6	59,3	58,6	1,5
2010	1788,2	2604,3	68,9	68,6	0,8
2011	2016,6	2613,9	77,7	77,1	1,1
2012	2297,2	2670,6	88,5	86,0	3,3
2013	2482,9	2647,8	95,6	93,7	2,5

Tabla B21: Registro y cálculo de valores talud 21

Talud	21				
Área Promedio (m ²)	5701,5				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	% Cobertura Vegetal (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	348,5	5656,1	6,1	6,1	0,0
2006	1807,1	5743,9	31,7	31,4	1,6
2009	2391,3	5716,7	41,9	41,8	1,1
2011	3266,1	5693,5	57,3	57,3	0,7
2012	3420,9	5702,5	60,0	59,9	0,8
2013	3604,9	5696,2	63,2	63,2	0,7

Tabla B22: Registro y cálculo de valores talud 22

Talud	22				
Área Promedio (m ²)	514,8				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	0,0	507,8	0,0	0,0	0,0
2006	0,0	508,5	0,0	0,0	0,1
2009	98,5	519,8	19,1	18,9	2,4
2012	311,8	522,5	60,6	59,6	2,9
2013	409,6	515,5	79,6	79,4	1,5

Tabla B23: Registro y cálculo de valores talud 23

Talud	23				
Área Promedio (m ²)	1422,5				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	0,0	1396,1	0,0	0,0	0,0
2006	78,1	1421,4	5,5	5,4	1,8
2009	130,9	1409,3	9,2	9,2	0,9
2012	364,6	1439,4	25,6	25,3	3,1
2013	610,2	1446,1	42,9	42,2	3,6

Tabla B24: Registro y cálculo de valores talud 24

Talud	24				
Área Promedio (m ²)	938,3				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	0,0	944,8	0,0	0,0	0,0
2006	0,0	929,8	0,0	0,0	-1,6
2009	29,7	947,6	3,2	3,1	0,3
2013	265,4	931,1	28,3	28,5	-1,5

Tabla B25: Registro y cálculo de valores talud 25

Talud	25				
Área Promedio (m ²)	10780,14				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	0,0	10717,3	0,0	0,0	0,0
2009	206,8	10899,6	1,9	1,9	1,7
2010	1141,6	10787,1	10,6	10,5	0,7
2011	1186,5	10698,7	11,0	11,0	-0,2
2013	1210,3	10797,9	11,2	11,2	0,8

Tabla B26: Registro y cálculo de valores talud 26

Talud	26				
Área Promedio (m ²)	3647,6				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	16,5	3672,9	0,5	0,4	0,0
2006	359,7	3659,5	9,9	9,8	-0,4
2009	599,9	3609,8	16,4	16,6	-1,7
2012	2785,1	3642,9	76,4	76,4	-0,8
2013	2981,8	3652,8	81,7	81,6	-0,5

Tabla B27: Registro y cálculo de valores talud 27

Talud	27				
Área Promedio (m ²)	3917,5				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	0,0	3872,5	0,0	0,0	0,0
2006	286,3	3780,1	7,3	7,5	-2,4
2010	2499,3	3923,1	63,8	63,7	1,3
2011	3057,8	3955,4	78,1	77,3	2,1
2013	3274,1	4056,7	83,6	80,7	4,8

Tabla B28: Registro y cálculo de valores talud 28

Talud	28				
Área Promedio (m ²)	4533,1				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	0,0	4536,2	0,0	0,0	0,0
2006	0,0	4521,7	0,0	0,0	-0,3
2011	323,7	4533,5	7,1	7,1	-0,1
2013	1258,7	4541,1	27,8	27,7	0,1

Tabla B29: Registro y cálculo de valores talud 29

Talud	29				
Área Promedio (m ²)	5806,5				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	786,5	5539,6	13,5	14,2	0,0
2010	3192,1	5692,5	55,0	56,0	2,8
2011	3401,2	5995,9	58,6	56,7	8,2
2013	4540,1	5998,1	78,2	75,6	8,3

Tabla B30: Registro y cálculo de valores talud 30

Talud	30				
Área Promedio (m ²)	1442,8				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	0,0	1432,3	0,0	0,0	0,0
2006	0,0	1444,5	0,0	0,0	0,9
2011	375,8	1439,1	26,0	26,1	0,5
2013	517,1	1455,3	35,8	35,5	1,6

Tabla B31: Registro y cálculo de valores talud 31

Talud	31				
Área Promedio (m ²)	2272,8				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	0,0	2280,6	0,0	0,0	0,0
2006	837,3	2269,2	36,8	36,9	-0,5
2011	1333,7	2271,1	58,7	58,7	-0,4
2013	2021,3	2270,4	88,9	89,0	-0,4

Tabla B32: Registro y cálculo de valores talud 32

Talud	32				
Área Promedio (m ²)	2433,7				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	358,1	2458,3	14,7	14,5	0,0
2006	740,4	2395,6	30,4	30,9	-2,6
2010	1352,1	2467,3	55,6	54,8	0,4
2011	1489,9	2397,6	61,2	62,1	-2,5
2013	882,7	2449,6	36,3	36,0	-0,4

Tabla B33: Registro y cálculo de valores talud 33

Talud	33				
Área Promedio (m ²)	4353,1				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	250,6	4253,1	5,8	5,8	0,0
2010	1621,9	4198,1	37,3	38,6	-1,3
2011	1698,5	4472,1	39,0	37,9	5,1
2013	2149,8	4488,9	49,4	47,8	5,5

Tabla B34: Registro y cálculo de valores talud 34

Talud	34				
Área Promedio (m ²)	1512,8				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	0,0	1467,7	0,0	0,0	0,0
2004	0,0	1511,7	0,0	0,0	3,0
2010	594,7	1506,1	39,3	39,4	2,6
2011	918,9	1529,7	60,7	60,0	4,2
2013	1193,7	1548,9	78,9	77,0	5,5

Tabla B35: Registro y cálculo de valores talud 35

Talud	35				
Área Promedio (m ²)	1637,5				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	0,0	1621,4	0,0	0,0	0,0
2004	0,0	1568,4	0,0	0,0	-3,3
2010	916,9	1680,9	56,0	54,5	3,7
2011	959,3	1651,3	58,6	58,0	1,8
2013	1043,1	1665,7	63,7	62,6	2,7

Tabla B36: Registro y cálculo de valores talud 36

Talud	36				
Área Promedio (m ²)	2280,6				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	0,0	2292,7	0,0	0,0	0,0
2004	265,6	2298,3	11,6	11,5	0,2
2010	1163,5	2278,8	51,0	51,0	-0,6
2011	1296,2	2267,8	56,8	57,1	-1,1
2013	1405,6	2265,1	61,6	62,0	-1,2

Tabla B37: Registro y cálculo de valores talud 37

Talud	37				
Área Promedio (m ²)	954,9				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	47,9	936,4	5,0	5,1	0,0
2004	55,5	942,9	5,8	5,8	0,7
2010	789,1	953,1	82,6	82,8	1,8
2011	930,2	971,7	97,4	95,7	3,8
2013	949,6	970,3	99,4	97,8	3,6

Tabla B38: Registro y cálculo de valores talud 38

Talud	38				
Área Promedio (m ²)	3442,5				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	0,0	3479,2	0,0	0,0	0,0
2004	0,0	3468,3	0,0	0,0	-0,3
2010	2091,2	3423,1	60,7	61,0	-1,6
2011	2186,5	3414,1	63,5	64,0	-1,9
2013	1931,5	3427,8	56,1	56,3	-1,5

Tabla B39: Registro y cálculo de valores talud 39

Talud	39				
Área Promedio (m ²)	2444,4				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	0,0	2436,3	0,0	0,0	0,0
2004	117,8	2449,4	4,8	4,8	0,5
2010	480,8	2445,4	19,7	19,6	0,4
2011	839,8	2431,2	34,4	34,5	-0,2
2013	1730,3	2459,7	70,8	70,3	1,0

Tabla B40: Registro y cálculo de valores talud 40

Talud	40				
Área Promedio (m ²)	1815,9				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	298,7	1821,7	16,4	16,4	0,0
2004	380,7	1808,6	21,0	21,0	-0,7
2010	834,4	1802,1	46,0	46,3	-1,1
2011	955,6	1819,1	52,6	52,5	-0,1
2013	1109,3	1828,1	61,1	60,6	0,4

Tabla B41: Registro y cálculo de valores talud 41

Talud	41				
Área Promedio (m ²)	757,3				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2004	0,0	763,7	0,0	0,0	0,0
2010	114,2	759,1	15,1	15,0	-0,6
2011	135,3	748,2	17,9	18,0	-2,0
2013	381,8	758,2	50,4	50,3	-0,7

Tabla B42: Registro y cálculo de valores talud 42

Talud	42				
Área Promedio (m ²)	521,1				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2004	0,0	515,1	0,0	0,0	0,0
2010	215,9	521,4	41,4	41,4	1,2
2011	304,6	519,2	58,4	58,6	0,8
2013	202,1	528,9	38,8	38,2	2,7

Tabla B43: Registro y cálculo de valores talud 43

Talud	43				
Área Promedio (m ²)	3910,7				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2004	0,0	3907,3	0,0	0,0	0,0
2010	1136,7	3902,6	29,1	29,1	-0,1
2011	1151,9	3915,7	29,5	29,4	0,2
2013	700,1	3917,2	17,9	17,8	0,3

Tabla B44: Registro y cálculo de valores talud 44

Talud	44				
Área Promedio (m ²)	5295,8				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2004	30,4	4597,5	0,6	0,6	0,0
2010	2592,1	5524,9	48,9	46,9	20,2
2011	2992,4	5531,6	56,5	54,1	20,3
2013	4267,9	5529,2	80,6	77,1	20,3

Tabla B45: Registro y cálculo de valores talud 45

Talud	45				
Área Promedio (m ²)	6096,5				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2004	10,3	5983,2	0,2	0,1	0,0
2010	2980,4	5981,5	48,9	49,8	0,0
2012	3354,7	6206,1	55,0	54,0	3,7
2013	3598,2	6215,3	59,0	57,8	3,9

Tabla B46: Registro y cálculo de valores talud 46

Talud	46				
Área Promedio (m ²)	4882,5				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2004	1039,2	4783,1	21,3	21,7	0,0
2010	3636,2	4805,9	74,5	75,6	0,5
2012	3828,6	5020,7	78,4	76,2	5,0
2013	2704,6	4920,3	55,4	54,9	2,9

Tabla B47: Registro y cálculo de valores talud 47

Talud	47				
Área Promedio (m ²)	4147,1				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2004	585,5	4143,2	14,1	14,1	0,0
2010	1751,5	4157,9	42,2	42,1	0,4
2012	1764,8	4149,1	42,6	42,5	0,1
2013	1785,3	4138,1	43,0	43,1	-0,1

Tabla B48: Registro y cálculo de valores talud 48

Talud	48				
Área Promedio (m ²)	4448,3				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2004	282,7	4497,9	6,4	6,2	0,0
2010	720,8	4387,9	16,2	16,4	-2,4
2012	1696,4	4450,4	38,1	38,1	-1,1
2013	2857,1	4457,1	64,2	64,1	-0,9

Tabla B49: Registro y cálculo de valores talud 49

Talud	49				
Área Promedio (m ²)	4505,19				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2004	155,8	4490,8	3,5	3,4	0,0
2010	1203,6	4516,1	26,7	26,6	0,6
2012	1664,1	4501,8	36,9	36,9	0,2
2013	1689,1	4512,1	37,5	37,4	0,5

Tabla B50: Registro y cálculo de valores talud 50

Talud	50				
Área Promedio (m ²)	1059,3				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2004	65,6	1059,4	6,2	6,2	0,0
2010	356,2	1056,8	33,6	33,7	-0,2
2013	388,1	1061,7	36,6	36,5	0,2

Tabla B51: Registro y cálculo de valores talud 51

Talud	51				
Área Promedio (m ²)	4076,6				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2004	0,0	4106,4	0,0	0,0	0,0
2010	1021,3	4099,4	25,1	24,9	-0,2
2012	1407,5	4015,6	34,5	35,0	-2,2
2013	2110,5	4084,8	51,8	51,6	-0,5

Tabla B52: Registro y cálculo de valores talud 52

Talud	52				
Área Promedio (m ²)	5315,4				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2004	2008,5	5305,9	37,8	37,8	0,0
2010	5287,2	5311,0	99,5	99,5	0,1
2013	5309,5	5329,3	99,9	99,6	0,4

Tabla B53: Registro y cálculo de valores talud 53

Talud	53				
Área Promedio (m ²)	4442,3				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2004	0,0	4435,4	0,0	0,0	0,0
2010	4361,2	4449,4	98,2	98,0	0,3
2013	3032,3	4441,9	68,3	68,2	0,1

Tabla B54: Registro y cálculo de valores talud 54

Talud	54				
Área Promedio (m ²)	6261,4				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2004	235,2	6264,4	3,8	3,7	0,0
2010	2601,3	6253,5	41,5	41,6	-0,2
2012	2705,7	6266,3	43,2	43,1	0,0

Tabla B55: Registro y cálculo de valores talud 55

Talud	55				
Área Promedio (m ²)	6649,8				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2004	43,5	6623,2	0,7	0,6	0,0
2010	3305,3	6656,9	49,7	49,6	0,5
2012	4971,2	6655,9	74,8	74,6	0,5
2013	4428,8	6663,1	66,6	66,4	0,6

Tabla B56: Registro y cálculo de valores talud 56

Talud	56				
Área Promedio (m ²)	985,4				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	0,0	982,8	0,0	0,0	0,0
2004	0,0	991,6	0,0	0,0	0,9
2010	38,46	978,8	3,9	3,9	-0,4
2013	47,89	988,4	4,9	4,8	0,6

Tabla B57: Registro y cálculo de valores talud 57

Talud	57				
Área Promedio (m ²)	2914,5				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	0,0	2941,1	0,0	0,0	0,0
2004	31,2	2898,1	1,1	1,1	-1,5
2010	607,9	2922,5	20,9	20,8	-0,6
2013	867,5	2896,3	29,8	29,9	-1,5

Tabla B58: Registro y cálculo de valores talud 58

Talud	58				
Área Promedio (m ²)	2378,2				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	0,0	2369,4	0,0	0,0	0,0
2010	1694,9	2387,6	71,3	70,9	0,8
2013	1740,9	2377,6	73,2	73,2	0,3

Tabla B59: Registro y cálculo de valores talud 59

Talud	59				
Área Promedio (m ²)	1847,2				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	0,0	1828,4	0,0	0,0	0,0
2010	393,1	1859,7	21,3	21,1	1,7
2013	1353,7	1853,4	73,3	73,0	1,4

Tabla B60: Registro y cálculo de valores talud 60

Talud	60				
Área Promedio (m ²)	855,5				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	0,0	846,9	0,0	0,0	0,0
2010	230,9	857,7	27,0	26,9	1,3
2013	199,8	861,9	23,4	23,2	1,8

Tabla B61: Registro y cálculo de valores talud 61

Talud	61				
Área Promedio (m ²)	12466,2				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	1242,6	12436,9	10,0	9,9	0,0
2010	3968,8	12474,9	31,8	31,8	0,3
2013	4097,2	12486,6	32,9	32,8	0,4

Tabla B62: Registro y cálculo de valores talud 62

Talud	62				
Área Promedio (m ²)	8803,6				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	0,0	8772,3	0,0	0,0	0,0
2010	5439,8	8804,4	61,8	61,7	0,4
2013	5901,2	8834,2	67,0	66,8	0,7

Tabla B63: Registro y cálculo de valores talud 63

Talud	63				
Área Promedio (m ²)	2436,2				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	0,0	2438,7	0,0	0,0	0,0
2010	1998,4	2424,1	82,0	82,4	-0,6
2013	718,5	2445,8	29,5	29,3	0,3

Tabla B64: Registro y cálculo de valores talud 64

Talud	64				
Área Promedio (m ²)	476,4				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	0,0	465,8	0,0	0,0	0,0
2010	230,2	482,9	48,3	47,7	3,7
2013	185,3	480,3	38,9	38,6	3,1

Tabla B65: Registro y cálculo de valores talud 65

Talud	65				
Área Promedio (m ²)	6951,8				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	1122,8	6926,3	16,2	16,2	0,0
2010	2578,4	6916,1	37,1	37,2	-0,1
2013	3378,5	7012,9	48,6	48,1	1,3

Tabla B66: Registro y cálculo de valores talud 66

Talud	66				
Área Promedio (m ²)	6682,7				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	0	6674,9	0,0	0,0	0,0
2010	3190,1	6689,9	47,7	47,6	0,2
2013	1683,8	6683,2	25,2	25,2	0,1

Tabla B67: Registro y cálculo de valores talud 67

Talud	67				
Área Promedio (m ²)	4501,4				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	0,0	4506,2	0,0	0,0	0,0
2010	2153,7	4485,6	47,8	48,0	-0,5
2013	1079,5	4512,3	24,0	23,9	0,1

Tabla B68: Registro y cálculo de valores talud 68

Talud	68				
Área Promedio (m ²)	7116,3				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	318,8	7263,5	4,5	4,3	0,0
2010	3015,7	6813,6	42,4	44,2	-6,2
2013	2447,6	7271,8	34,4	33,6	0,1

Tabla B69: Registro y cálculo de valores talud 69

Talud	69				
Área Promedio (m ²)	2294,4				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	0,0	2349,6	0,0	0,0	0,0
2010	707,6	2241,9	30,8	31,5	-4,6
2013	609,5	2291,6	26,6	26,6	-2,5

Tabla B70: Registro y cálculo de valores talud 70

Talud	70				
Área Promedio (m ²)	2811,6				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	0,0	2705,1	0,0	0,0	0,0
2010	1798,7	2855,9	64,0	62,9	5,6
2013	545,2	2873,7	19,4	18,9	6,2

Tabla B71: Registro y cálculo de valores talud 71

Talud	71				
Área Promedio (m ²)	7563,6				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	2207,56	7575,17	29,2	29,14	0,0
2010	4608,12	7532,74	60,9	61,17	-0,6
2013	1561,16	7582,91	20,6	20,59	0,1

Tabla B72: Registro y cálculo de valores talud 72

Talud	72				
Área Promedio (m ²)	7131,9				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	0,0	6709,3	0,0	0,0	0,0
2010	1712,4	7382,6	24,0	23,1	10,0
2013	892,2	7303,7	12,5	12,2	8,9

Tabla B73: Registro y cálculo de valores talud 73

Talud	73				
Área Promedio (m ²)	7004,5				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	446,9	7139,3	6,4	6,2	0,0
2010	2876,5	6879,3	41,1	41,8	-3,6
2013	1374,4	6994,8	19,6	19,6	-2,0

Tabla B74: Registro y cálculo de valores talud 74

Talud	74				
Área Promedio (m ²)	3121,5				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	264,8	3228,3	8,5	8,2	0,0
2010	681,5	3179,4	21,2	21,4	-1,5
2013	464,6	3256,8	14,9	14,2	0,9

Tabla B75: Registro y cálculo de valores talud 75

Talud	75				
Área Promedio (m ²)	1693,2				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	0,0	1693,8	0,0	0,0	0,0
2010	379,1	1657,6	22,4	22,8	-2,1
2013	41,6	1728,2	2,5	2,4	2,0

Tabla B76: Registro y cálculo de valores talud 76

Talud	76				
Área Promedio (m ²)	3251,1				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	0,0	3299,1	0,0	0,0	0,0
2010	692,7	3198,4	21,3	21,6	-3,1
2013	500,2	3255,4	15,4	15,3	-1,3

Tabla B77: Registro y cálculo de valores talud 77

Talud	77				
Área Promedio (m ²)	1843,4				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2003	0,0	1892,8	0,0	0,0	0,0
2010	300,2	1812,8	16,3	16,5	-4,2
2013	281,7	1824,6	15,3	15,4	-3,6

Tabla B78: Registro y cálculo de valores talud 78

Talud	78				
Área Promedio (m ²)	1633,9				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2010	112,7	1614,4	6,9	6,9	0,0
2012	221,4	1640,9	13,6	13,5	1,6
2013	202,7	1646,5	12,4	12,3	2,0

Tabla B79: Registro y cálculo de valores talud 79

Talud	79				
Área Promedio (m ²)	2483,8				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2010	314,6	2435,9	12,7	12,9	0,0
2012	509,4	2502,7	20,5	20,3	2,7
2013	491,3	2512,9	19,8	19,5	3,2

Tabla B80: Registro y cálculo de valores talud 80

Talud	80				
Área Promedio (m ²)	3595,5				
Año	Área Cobertura (m ²)	Área Talud (m ²)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área promedio)	Grado Cobertura Vegetal (%) (área talud)	Variación área (%)
2010	1352,9	3537,8	37,6	38,2	0,0
2012	1491,4	3593,7	41,5	41,5	1,6
2013	1477,1	3655,1	41,1	40,4	3,3

ANEXO C: COBERTURA VEGETAL ACTUAL CON RESPECTO A LA ORIENTACIÓN DEL TALUD.

Fue posible apreciar que los taludes ubicados al costado norte de la calzada, con orientación sur, tenían baja cobertura vegetal actualmente. Además, observar que se cuentan con pocos taludes con orientación Sur- Este u Oeste, ya que estos tenían presencia de sombra que hacía imposible distinguir la vegetación en su superficie y no ser considerados para la investigación.

El registro es almacenado en la siguiente figura.

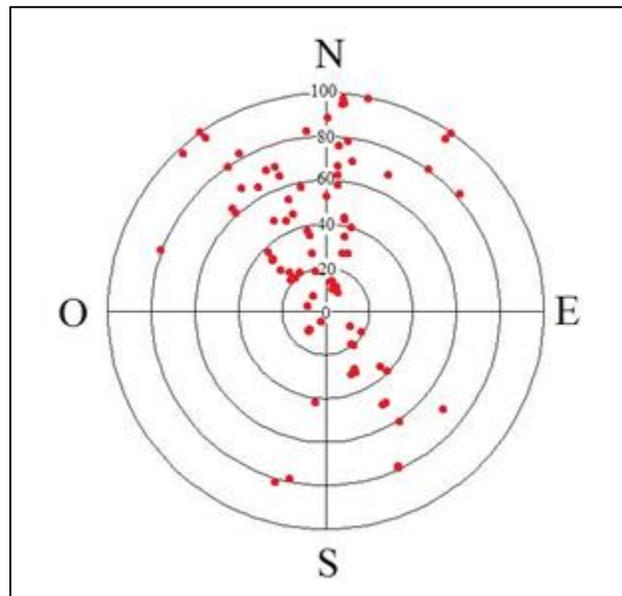


Figura C1: Cobertura Vegetal 2013 v/s Orientación Talud