



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

## Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

Estudio de la estabilidad de taludes y propuesta de medidas correctoras en las carreteras N-403, entre el PK 91+850 y el PK 112+100, y la N-502, entre el PK 29+100 y el PK 76+000, en la provincia de Ávila.

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

AUTOR/A: Cuéllar Castellanos, Lorena

Tutor/a: Garrido de la Torre, M<sup>a</sup> Elvira

Cotutor/a externo: ROMANA GARCIA, MANUEL

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023



# ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTORAS EN LAS CARRETERAS N-403, ENTRE EL PK 91+850 Y EL PK 112+100, Y LA N-502, ENTRE EL PK 29+100 Y EL PK 76+000, EN LA PROVINCIA DE ÁVILA

---

**Trabajo Final de Máster**

Curso 2022/2023

Autora: Lorena Cuellar Castellanos

Tutora: M<sup>o</sup> Elvira Garrido de la Torre

Cotutor: Manuel Romana García





## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, me gustaría agradecer su implicación a la tutora de mi trabajo, Dr. María Elvira Garrido de la Torre, por la dedicación y apoyo que me ha dado durante la realización del mismo, así como el respeto a mis sugerencias e ideas, y por la dirección de las mismas.

Del mismo modo, también me gustaría expresar mi agradecimiento al Dr. Manuel Romana García, el cual, de la mano de la empresa Paramassi, me han proporcionado ayuda, apoyo, información y conocimientos que, sin los cuales, no hubiera sido posible la redacción de dicho trabajo.

Y por último y no menos importante, agradecer a mi familia, el apoyo emocional recibido durante todo este tiempo y las ganas para llevar a cabo la realización de este proyecto.

---



## **INDICE GENERAL**

### **MEMORIA**

- 1. INTRODUCCIÓN**
  - 1.1. OBJETO
  - 1.2. ANTECEDENTES
  - 1.3. LOCALIZACIÓN
  - 1.4. CARACTERIZACIÓN GEOMÉTRICA
  - 1.5. HIDOGEOLOGÍA
  - 1.6. SISMICIDAD
- 2. GEOLOGÍA**
  - 2.1. ENTORNO GEOLÓGICO
  - 2.2. TECTÓNICA
  - 2.3. LITOLOGÍA ESTRATIGRÁFICA
- 3. FICHAS TÉCNICAS**
- 4. GEOTÉCNIA**
  - 4.1. CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA
  - 4.2. CLASIFICACIÓN RMR DE BIENIAWSKI
  - 4.3. CLASIFICACIÓN SMR DE ROMANA
  - 4.4. RESULTADOS DEL ANÁLISIS
- 5. ESTUDIO DE ESTABILIDAD**
  - 5.1. TIPOS DE INESTABILIDADES
  - 5.2. ANÁLISIS DE INESTABILIDADES
- 6. ESTUDIO DE RIESGO**
- 7. MEDIDAS DE CORRECCIÓN**
  - 7.1. ALTERNATIVAS VIABLES
  - 7.2. JUSTIFICACIÓN DE MEDIDAS ADOPTADAS
- 8. PROPUESTA DE ACTUACIÓN**
- 9. INTEGRACIÓN AMBIENTAL**
- 10. MEDICIONES**
- 11. VALORACIÓN ECONÓMICA**
- 12. CONCLUSIONES**

### **ANEJOS**

- I – ANEJO FOTOGRÁFICO**
- II – GEOLOGÍA**
- III – FICHAS TÉCNICAS**
- IV – GEOTECNIA**
- V – ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE LOS TALUDES**
- VI – ESTUDIO DE RIESGO**
- VII – PROPUESTA DE ACTUACIÓN**
- VIII – INTEGRACIÓN AMBIENTAL**
- IX – PLANOS**
- X – VALORACIÓN ECONÓMICA**

## MEMORIA

---

INDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>	<b>7. MEDIDAS DE CORRECCIÓN</b> .....	<b>16</b>
<b>1.1. OBJETO</b> .....	<b>1</b>	<b>7.1. ALTERNATIVAS VIABLES</b> .....	<b>16</b>
<b>1.2. ANTECEDENTES</b> .....	<b>1</b>	<b>7.2. JUSTIFICACIÓN DE MEDIDAS ADOPTADAS</b> .....	<b>16</b>
<b>1.3. LOCALIZACIÓN</b> .....	<b>1</b>	<b>8. PROPUESTA DE ACTUACIÓN</b> .....	<b>17</b>
<b>1.4. CARACTERIZACIÓN GEOMÉTRICA</b> .....	<b>1</b>	<b>9. INTEGRACIÓN AMBIENTAL</b> .....	<b>18</b>
<b>1.5. HIDROGEOLOGÍA</b> .....	<b>2</b>	<b>9.1. ANÁLISIS DE IMPACTOS POTENCIALES</b> .....	<b>19</b>
<b>1.6. SISMICIDAD</b> .....	<b>3</b>	<b>9.2. PROPUESTA DE MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS</b> .....	<b>19</b>
<b>2. GEOLOGÍA</b> .....	<b>3</b>	<b>9.3. RESTAURACIÓN DEL PAISAJE</b> .....	<b>19</b>
<b>2.1. ENTORNO GEOLÓGICO</b> .....	<b>4</b>	<b>9.4. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL</b> .....	<b>19</b>
<b>2.2. TECTÓNICA</b> .....	<b>4</b>	<b>10. MEDICIONES</b> .....	<b>20</b>
<b>2.3. LITOLOGÍA-ESTRATIGRAFÍA</b> .....	<b>4</b>	<b>11. VALORACIÓN ECONÓMICA</b> .....	<b>20</b>
<b>3. FICHAS TÉCNICAS</b> .....	<b>5</b>	<b>12. CONCLUSIONES</b> .....	<b>20</b>
<b>4. GEOTECNIA</b> .....	<b>6</b>		
<b>4.1. CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA</b> .....	<b>6</b>		
<b>4.2. CLASIFICACIÓN RMR DE BIENIAWSKI</b> .....	<b>7</b>		
<b>4.3. CLASIFICACIÓN SMR DE ROMANA</b> .....	<b>8</b>		
<b>4.4. RESULTADOS DEL ANÁLISIS</b> .....	<b>9</b>		
<b>5. ESTUDIO DE ESTABILIDAD</b> .....	<b>11</b>		
<b>5.1. TIPOS DE INESTABILIDADES</b> .....	<b>11</b>		
<b>5.2. ANÁLISIS DE INESTABILIDADES</b> .....	<b>11</b>		
<b>5.2.1. ANÁLISIS ESTÁTICO</b> .....	<b>11</b>		
<b>5.2.2. ANÁLISIS CINEMÁTICO</b> .....	<b>11</b>		
<b>5.2.3. ANÁLISIS MEDIANTE SOFTWARE</b> .....	<b>11</b>		
<b>6. ESTUDIO DE RIESGO</b> .....	<b>14</b>		

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. OBJETO

El objeto de este trabajo es doble. Por un lado, tiene un objetivo académico, pues pretender cumplir con los requisitos exigidos por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos para la obtención del título de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Y, por otro lado, tiene una orientación profesional, que consiste en inspeccionar, analizar la estabilidad de distintos taludes situados en la provincia de Ávila y proponer las medidas de corrección más adecuadas en cada uno de ellos, en el marco de las prácticas en empresa de la autora de este documento.

### 1.2. ANTECEDENTES

En este documento se recoge el análisis y resultados alcanzados del estudio realizado a los taludes ubicados en dos tramos de las carreteras nacionales N-403 y N-502 en su paso por la provincia de Ávila, perteneciendo esta a la comunidad autónoma de Castilla y León. Ambas carreteras pertenecen a la Red de Carreteras del Estado.

En primer lugar, en lo que respecta a la N-403, tiene comienzo en Toledo (Castilla-La Mancha) y finaliza en Adanero (Castilla y León), suponiendo esto una distancia de 178 km, aproximadamente. Se corresponde con la tercera carretera de Ávila que más tráfico soporta, con una IMD de 9.000 vehículos/día, debido esto a que es uno de los nexos de unión con Madrid. El estudio de esta carretera se centrará entre los P.K. 91+850 a 112+100, analizando entre estos tramos un total de seis taludes.

Por otro lado, en lo que respecta a la N-502, tiene comienzo en la ciudad de Ávila (Castilla y León) y finaliza su recorrido en el municipio de Espiel (Córdoba), recorriendo con ello una longitud de 386 km aproximadamente. En lo que respecta a las características principales de esta carretera, destaca su alto porcentaje de recorrido en tramos de puertos de montaña, lo que hace que sea una carretera con una orografía de cierta complejidad. El tramo de estudio que se desarrolla en esta carretera está comprendido entre los P.K. 29+100 a 76+000, analizando en su transcurso un total de 6 taludes.

La elección de los taludes de estudio en ambos tramos se ha elegido según las inestabilidades que estos presentan a primera vista, así como el grado de meteorización, bloques inestables o debido a elementos de su entorno que podrían afectar la inestabilidad de los mismos o en otro caso, el grado de daño que una inestabilidad, en caso de producirse, pudiera ocasionar a su entorno.

### 1.3. LOCALIZACIÓN

Como se ha comentado en el apartado anterior, ambos tramos de estudio pertenecen a la provincia de Ávila (Castilla y León), situándose ambos, tal y como se puede apreciar en la figura 1, al sur de la capital de provincia, a relativa proximidad de la misma.

El tramo de estudio correspondiente a la N-402 comprende en su totalidad una longitud de 19 km, mientras, que el tramo perteneciente a la N-503 alberga una longitud de estudio de 36 km aproximadamente. Este último tramo recorre varios puertos de montaña, generando por tanto una carretera de tramos de curvas cerradas y de poca visibilidad.

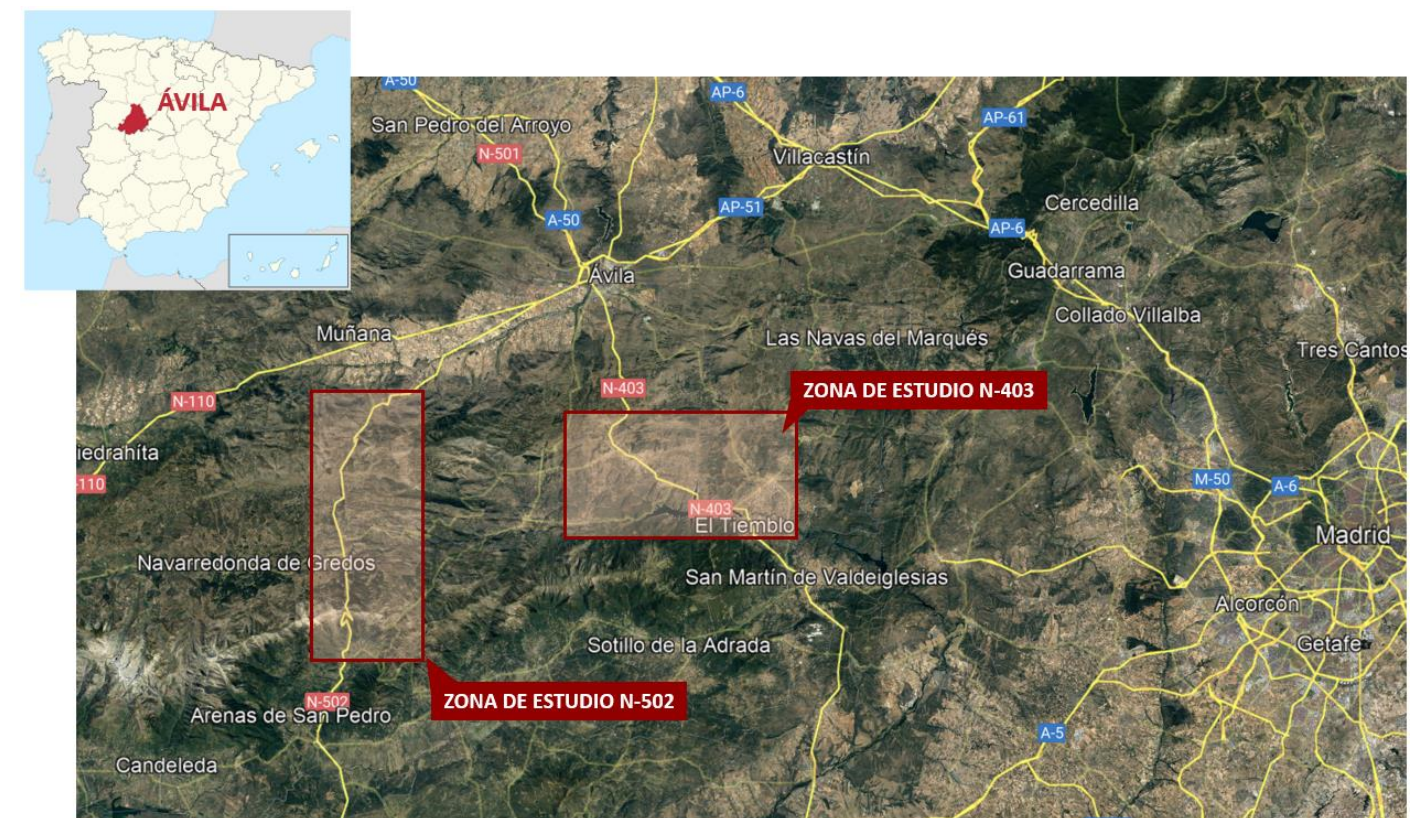


Figura 1 - Ubicación del tramo de estudio correspondiente a la N-403 y N-502. Fuente: Google Earth.

### 1.4. CARACTERIZACIÓN GOEMÉTRICA

Con el fin de tener una primera clasificación de las tipologías de taludes que comprenden el estudio, se realiza una caracterización geométrica de los mismos, dividida según los dos tramos de estudio. En esta, se contemplan las características principales de los taludes, como son la longitud, altura, ángulo de buzamiento y el estado actual del momento de la inspección de campo.



Esta caracterización servirá de base, siendo completada la información restante en el “Anejo Nº 3 – Fichas técnicas”, en el cual se recogen una serie de fichas para cada talud, donde se tiene información física del estado de los taludes, así como información geológica y geotécnica.

En las tablas 1 y 2 se muestran las características principales recogidas de los taludes correspondientes a la N-403 y N-502, respectivamente.

Tabla 1 - Características principales de los taludes de estudio de la N-403.

N-403				
TALUD	LONGITUD (m)	ÁNGULO DE BUZAMIENTO (°)	ALTURA MEDIA (m)	ESTADO ACTUAL
T 1 – PK 94+100	110	84	20	Bastante fragmentado en superficie, con muchas rocas de pequeño tamaño.
T 2 – PK 96+930	55	69	8	Rocas fracturadas, de gran volumen (> 1 m <sup>3</sup> ) y presencia de bolos aislados también de gran tamaño.
T 3 – PK 97+050	50	86	6	Bastante fracturado en superficie, con gran volumen de bloques de tamaño moderado a grande.
T 4 – PK 97+150	50	86	6	Algo fragmentado en superficie y presencia de bolos de gran tamaño.
T 5 – PK 98+750	25	71	8	Muy fragmentado, con bloques en cabeza de talud.
T 6 – PK 111+300	120	72	10	Bastante fragmentado, con presencia de algún bolo aislado en la parte superior del talud.

Tabla 2 - Características principales de los taludes de estudio en la N-502.

N-502				
TALUD	LONGITUD (m)	ÁNGULO DE BUZAMIENTO (°)	ALTURA MEDIA (m)	ESTADO ACTUAL
T 7 – PK 29+780	100	90	12	Prácticamente vertical, con zonas de considerable alteración.
T 8 – PK 50+150	120	76	10	Fracturación irregular en toda la superficie. Presenta zona de circulación de agua.
T 9 – PK 55+275	45	82	8	Superficie irregular y fragmentada en bloques pequeños y moderados.
T 10 – PK 55+550	100	76	9,5	Superficie irregular y fracturas continuas, aunque parcialmente estable en conjunto.
T 11 – PK 58+350	50	74	12	Superficie irregular, con discontinuidades y pequeños bloques.
T 12 – PK 66+000	75	76	10	Talud bastante meteorizado y fragmentado en superficie.

### 1.5. HIDROGEOLOGÍA

Para llevar a cabo el estudio de la hidrogeología, se ha recurrido al “Mapa geotécnico general”, Hoja Nº 44 “Ávila” y Nº 45 “Madrid”, donde se recogen todas las características hidrológicas que afectan de manera más o menos directa a las condiciones constructivas de los diferentes terrenos.

Este análisis se basará en la permeabilidad de los materiales y sus condiciones de drenaje, así como en el estudio de los problemas que se pudiesen ocasionar por la combinación de ambos factores.

Aunque ambas zonas de estudio se encuentra una cierta distancia de separación, las características hidrogeológicas que presentan son relativamente similares. Ambas zonas tienen ubicación en un terreno cuya permeabilidad en escala reducida es prácticamente nula, pero debido a condicionantes tectónicos y en parte a recubrimientos localizados en ciertos tramos, hace que a gran escala puedan considerarse como materiales semipermeables.

Por una parte, en lo que respecta a la N-403, el drenaje superficial está muy favorecido por las pendientes elevadas, creándose una marcada red de escorrentía con dirección NO-SE. La mayor parte de los materiales en el área pueden considerarse como prácticamente impermeables, ya que la circulación del agua



subterránea se produce a favor de vías preferentes como fracturas, sin evidentes conexiones profundas en los macizos graníticos o en las formaciones de alteración y depósitos aluviales. Esta impermeabilidad se refleja en la variabilidad de los caudales y niveles, que muestran una clara relación con los periodos húmedos y secos.

Por otro lado, en lo que respecta a la morfología de la N-502, el carácter marcado de la misma hace que se tenga un drenaje favorable, pudiendo pasar en algunas zonas de aceptable a desfavorable. Por otro lado, se observa en ellas la importancia hidrogeológica local en los terrenos paleozoicos. La mayor parte de los materiales en el área pueden considerarse prácticamente impermeables. Produciéndose, por tanto, una circulación de las aguas subterráneas a favor de las fracturas, sin evidentes conexiones profundas en los macizos graníticos o en las formaciones de alteración y depósitos aluviales.

La posibilidad de aparición en estas zonas de niveles de acuíferos definidos y continuos es nula, si bien si existe la de encontrar acuíferos aislados conectados a sistemas de fracturas o zonas de relleno. Es, por tanto, que en rasgos generales se puede afirmar que los problemas hidrogeológicos de estas áreas son mínimos. Esta impermeabilidad se refleja en la variabilidad de los caudales y niveles, que muestran una clara relación con los periodos húmedos y secos. El flujo de las aguas superficiales que se tiene es de carácter somero y, por tanto, el tiempo de residencia en el medio es relativamente corto.

### 1.6. SISMICIDAD

En lo que respecta a la sismicidad, para llevar a cabo el estudio de la estabilidad para el posterior desarrollo de los cálculos, se ha seguido expresamente la Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02.

Como se puede apreciar en la figura 2, la zona de estudio se encuentra en una zona cuya aceleración sísmica básica es inferior a 0,04g. Por ello, atendiendo a la tipología de construcción que se va a desarrollar para la corrección de las inestabilidades, las cuales no se encuentran dentro de una categoría de construcción de importancia moderada, se puede determinar por consiguiente que no es de consideración tener en cuenta los efectos sísmicos en el cálculo de la estabilidad de los taludes.

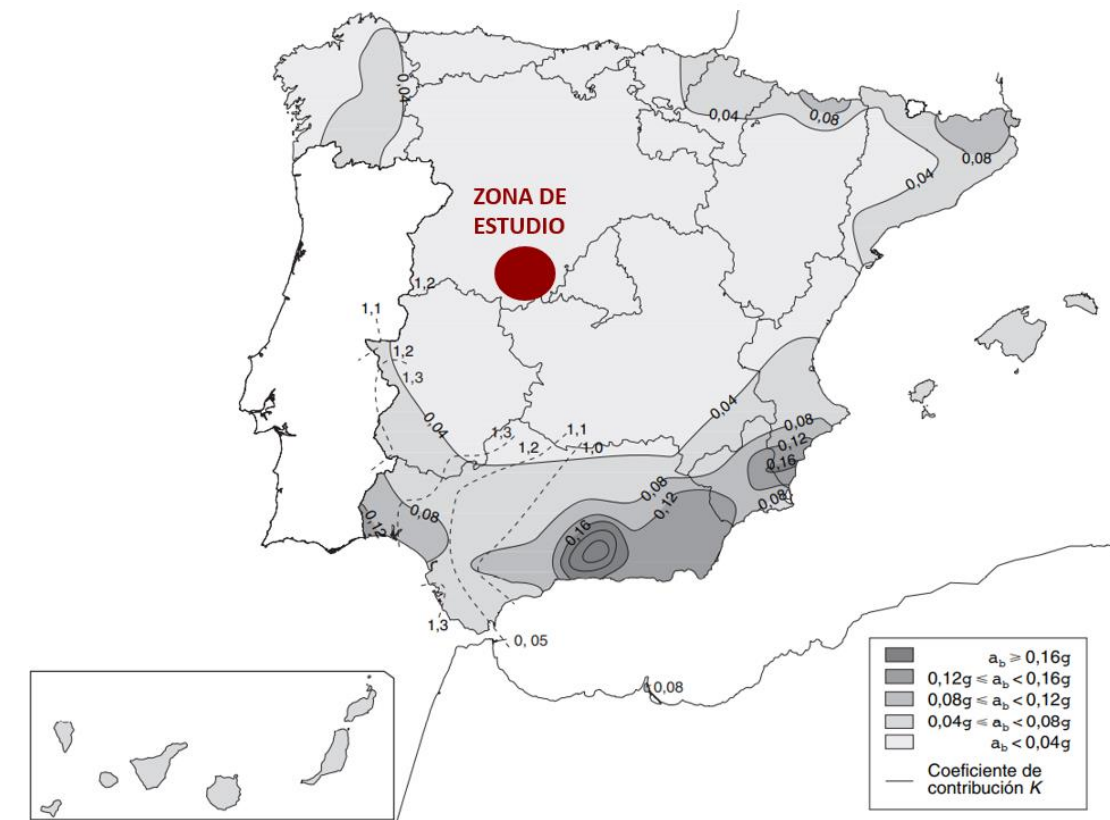


Figura 2 - Mapa de peligrosidad sísmica de la norma sismorresistente NCSE-02. Fuente: Norma NCSE-02.

## 2. GEOLOGÍA

Para llevar a cabo el estudio de la geología de la zona de estudio, se ha recurrido a la consulta y estudio de los siguientes documentos:

- I. *Cartografía geológica-geotécnica* de superficie, a escala 1 / 2.000, de toda la zona afectada.
- II. *Mapa Geológico de España*. Hoja Nº 555 "Navatalgordo". Escala 1/50.000 editadas por el IGME.
- III. *Mapa Geológico de España*. Hoja Nº 556 "Navaluenga". Escala 1/50.000 editadas por el IGME.
- IV. *Mapa Geológico de España*. Hoja Nº 578 "Arenas de San Pedro". Escala 1/50.000 editadas por el IGME.
- V. *Mapa Geotécnico General*. Hoja Nº 44 "Ávila". Escala 1/20.000 editado por el IGME.
- VI. *Mapa Geotécnico General*. Hoja Nº 45 "Madrid". Escala 1/20.000 editado por el IGME.

El desarrollo de las mismas, se lleva a cabo con mayor detalle en el "Anejo Nº 2 – Geología".

## 2.1. ENTORNO GEOLÓGICO

En lo que respecta a la geología del conjunto estudiado, se corresponde con formaciones geológicas pertenecientes al Sistema Central, siendo por tanto los materiales dominantes rocas ígneas y metamórficas, correspondientes a grandes bloques tectónicos que surgieron con los plegamientos alpinos.

En términos generales, las formaciones plutónicas se corresponden con un granito de dos micas, de grano medio a grueso, normalmente biotítico, con bandeo de feldespatos que pueden llegar a medir hasta siete centímetros de longitud. Estos mayoritariamente son encontrados en la Sierra de Béjar y en su prolongación nororiental, al este de la línea de Piedrahita-Barco de Ávila-Tornavacas.

Por otro lado, en lo respectivo a las rocas metamórficas, se incluyen únicamente en las que predomina un avanzado grado de metamorfismo. Estas se dividen principalmente en rocas metamórficas de contacto y rocas de metamorfismo regional.

## 2.2. TECTÓNICA

En lo que a cuestiones de tectónica se refiere, la zona de estudio se caracteriza por ser uno de los sitios de la península ibérica caracterizado por un extenso y profundo sistema de fracturas.

Por una parte, en lo que respecta a la N-403, se encuentran dos grandes unidades tectónicas: el zócalo antiguo y la depresión del Tajo. La primera de ellas, hace que en los materiales metamórficos se desarrollen pliegues apretados y de intensa foliación. La segunda, ocasiona numerosas fracturas y sistemas de diaclasamiento que cuartejan los materiales.

Por otro lado, en la N-502, se tienen dos fases principales de deformación, una con pliegues isoclinales sinmetamórficos, y otra fase posterior, con pliegues más abiertos. Además, la intensidad en el diaclasamiento de los granitos es prueba de que los movimientos tectónicos se han seguido desarrollando durante todo el Cuaternario, razón por la cual son abundantes las inestabilidades de los taludes en esta carretera.

## 2.3. LITOLOGÍA-ESTRATIGRAFÍA

En el conjunto de la estratigrafía de la zona correspondiente a la N-403, en su mayoría se tienen rocas graníticas hercínicas tardi-post cinemáticas, con concreto con series de granodiorita-monzogranito biotítico, correspondiente a la gama de tonalidades magenta de la figura 3. Junto con estos, también es de denotar

la presencia de pequeños afloramientos ocasionales del Cuaternario Holoceno, constituidos por sedimentos de granulometría fina, limos y arcillas, con espesores máximos de entre dos y tres metros, que se corresponden con el color gris de la figura 3.

También se detectan pequeños afloramientos, repartidos por toda la zona de estudio correspondientes con materiales de alternación del sustrato granítico, perteneciendo estos al Terciario Holoceno. Las arenas de tonos blanquecinos dominantes también pueden producir un desarrollo notable.

En otro punto, en lo que respecta a los rellenos filonianos también son de suma presencia en el desarrollo de la hoja. Estos se corresponden con rellenos de cuarzo, de edad más reciente, y rellenos graníticos. Al mismo modo, se denota un tercer tipo de relleno que aparece con mayor asiduidad, correspondiéndose este con aplitas y leucogranitos, que se corresponde con las pequeñas bandas naranjas.

La figura 3 representa un fragmento de la Hoja N°556 – “Navaluenga” perteneciente al mapa geológico de la zona de estudio, realizado este por el IGME, en la cual discurre la traza de estudio de la N-403.

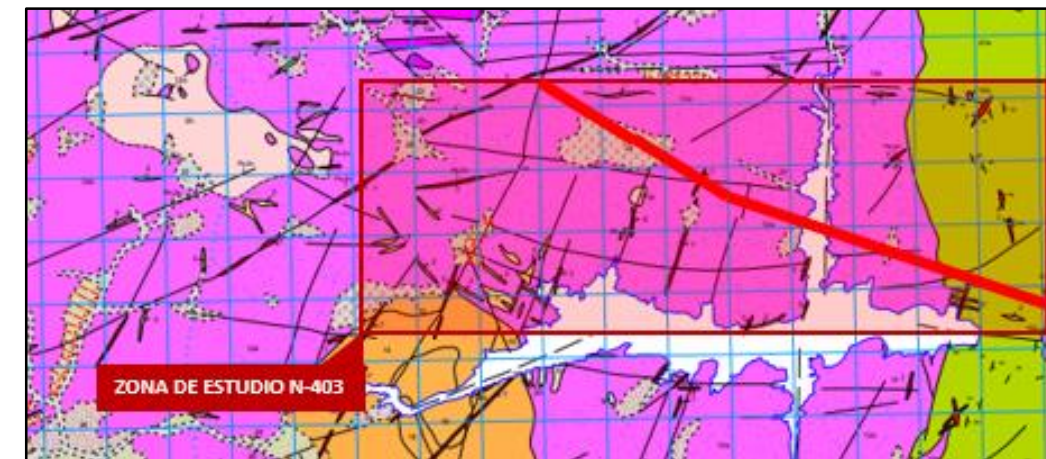


Figura 3 - Fragmento Hoja N°556 - "Navaluenga". Mapa geológico. Fuente: IGME.

Por otra parte, en lo que respecta a la zona de estudio perteneciente a la N-502, en toda su extensión se encuentra en considerable abundancia granodiorita-monzogranito de grano medio, En general se encuentran materiales compuestos por fangos arcósicos de tamaño medio-fino y colores blanquecinos y amarillentos, que se corresponde con la gama de tonalidades magenta de la figura 4. El siguiente material de mayor notoriedad que se denota se corresponde con arenas y arcillas lehm, estos son sedimentos de alteración del sustrato granítico de tipo lehem, cartografiados en zonas de desarrollo importante, que se corresponde con fondo caqui y bandeo rojo en la figura 4.



Por otra parte, respecto al Cuaternario, se han detectado pequeñas afloraciones repartidas por toda la zona de estudio que corresponden con cantos, arenas y limos de origen coluvial. Y, por otra parte, con gravas, arenas y arcillas, en proporciones variables, ligados a cursos fluviales, que se corresponde con fondo caqui en la figura 4.

A continuación, en las figuras 4 y 5, se muestran los fragmentos de las hojas de estudio en las cuales discurre la traza de la N-502.

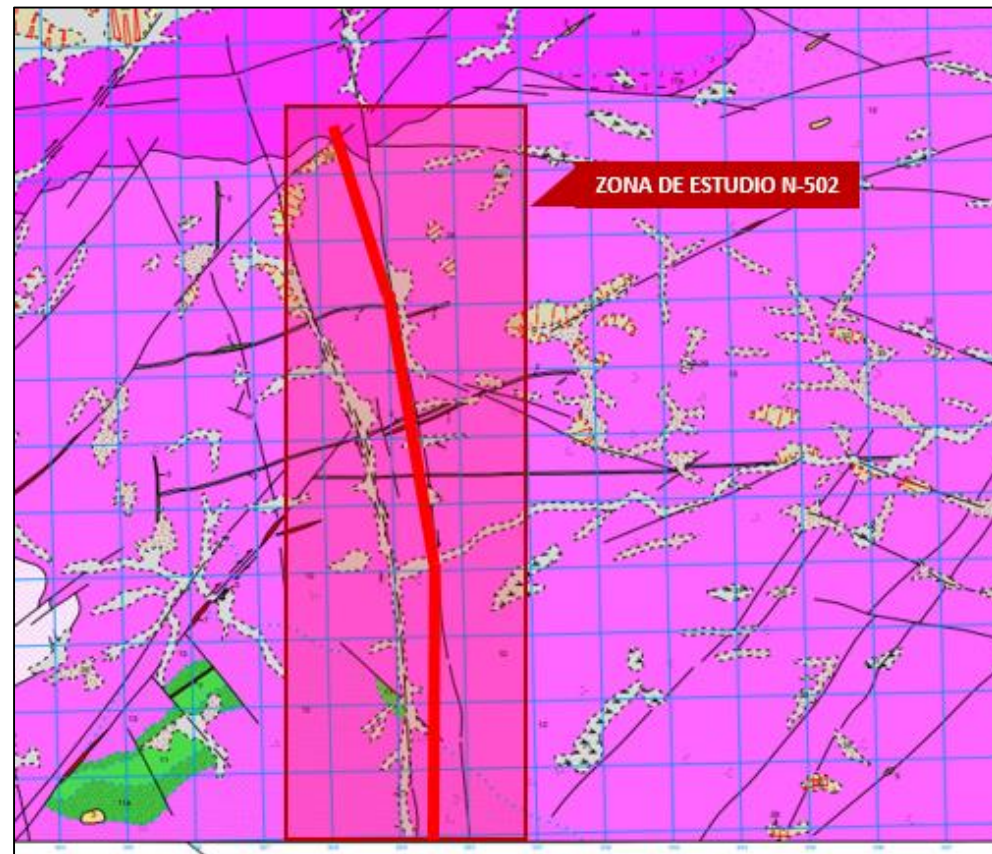


Figura 4 - Fragmento Hoja N°555 "Navatalgordo" Mapa geológico. Fuente: IGME.

En la hoja N°578 – “Arenas de San Pedro”, en toda su extensión se encuentran rocas graníticas, en concreto granodiorita y granitos biotíticos porfídicos, ocupando la mayor parte del territorio, que se corresponden con el color rosa de la figura 5. Se tienen también afloramientos puntuales de compuestos pertenecientes al cuaternario.

Por otra parte, se encuentran aglomerados de descarga, siendo estos bloques poco elaborados y que en algunas zonas llegan a empalmar con leves recubrimientos de laderas. También son continuos los depósitos fluvio-torrenciales, presentando continuidad temporal con los anteriores y diferenciándose en el

enriquecimiento de materiales de menor granulometría, producto esto de cambios bruscos en la dinámica a lo largo del cauce.

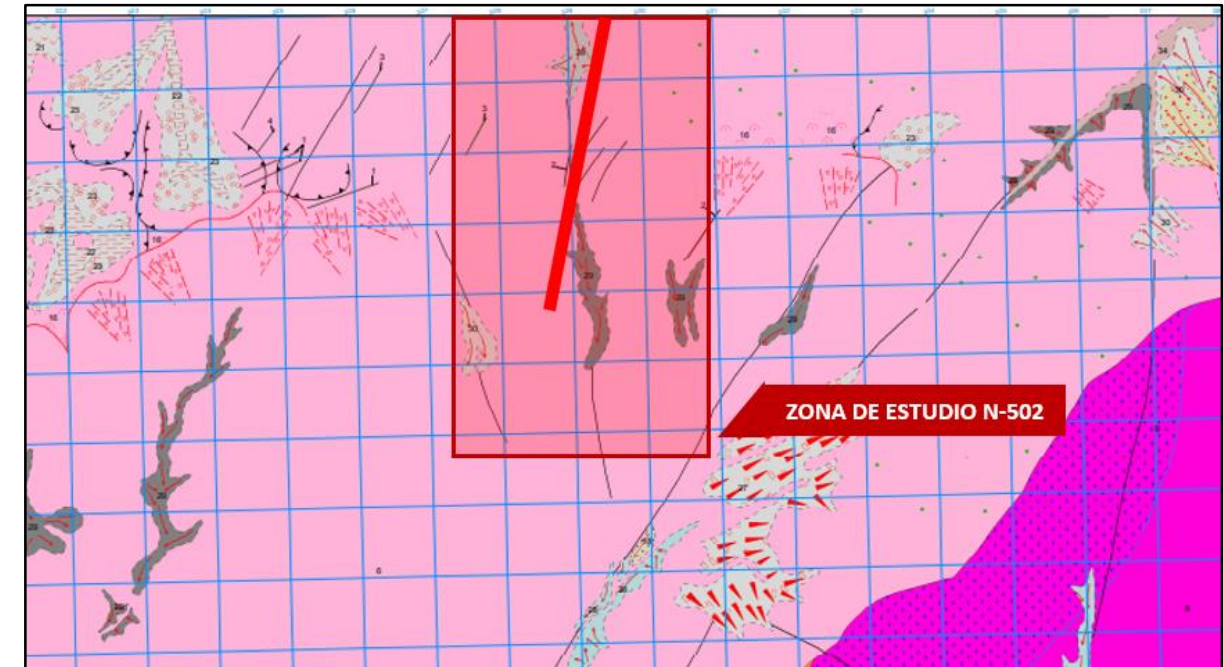


Figura 5 - Fragmento Hoja N° 578 "Arenas de San Pedro" Mapa geológico. Fuente: IGME.

### 3. FICHAS TÉCNICAS

La primera y una de las más importantes tareas a realizar es una visita a la zona de trabajo para recabar información lo más detallada posible de cada uno de los taludes en estudio, para con ello realizar estaciones geomecánicas que permitan la caracterización del macizo rocoso, paso previo al establecimiento de las medidas de corrección más adecuadas en cada caso. Para ello, se han elaborado una serie de fichas técnicas, una por cada uno de los taludes estudiados. En estas, se recogen los datos estructurales principales, como son la distancia, longitud y buzamiento del talud. Así como el desarrollo que este sigue en la ubicación de la carretera, es decir, si se encuentra en curva, en recta, o en una zona con alguna peculiaridad.

Por otra parte, se incluye tanto una caracterización geológica como geotécnica, mencionando las principales características que presenta cada talud, sus singularidades y elementos a destacar, así como una descripción generalizada de todo el.

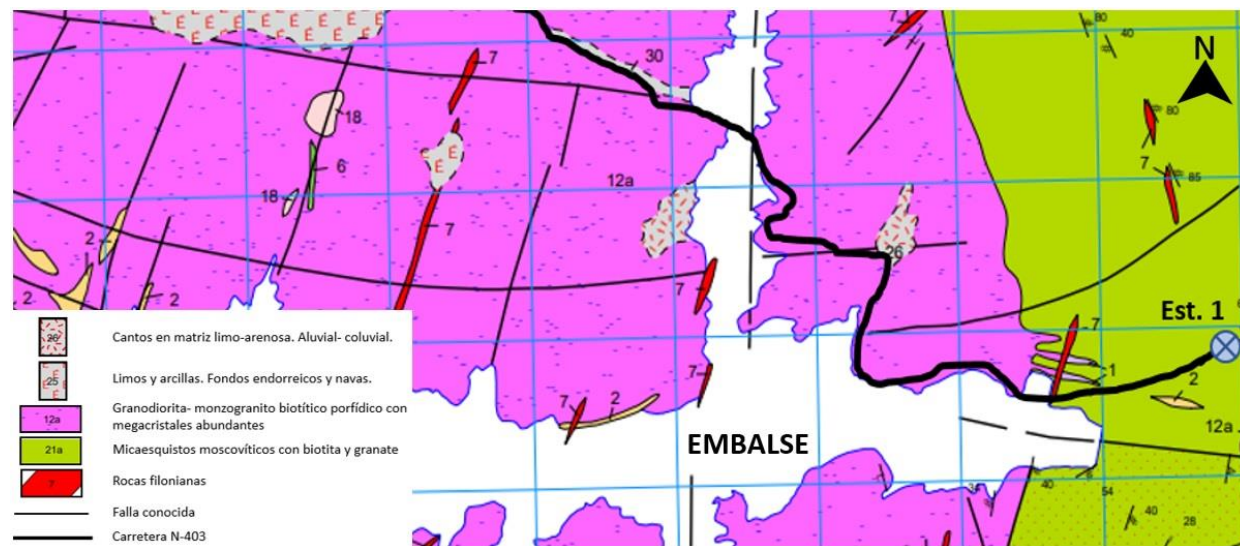
Por último, se propone una medida de estabilización, la cual sirve únicamente como orientación para realizar posteriormente el correspondiente estudio de estabilidad.

A continuación, se puede ver una de las fichas realizadas, concretamente la perteneciente al talud 1.

TALUD 1		94+100	Carretera N-403		Curva a izquierdas		
PK INICIO	PK FINAL	LONGITUD (m)	MARGEN	ALTURA MAX. (m)	ALTURA MEDIA. (m)	PENDIENTE (°)	CUNETA
94+100	94+210	110	Derecho	25	20	84	-

CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS	
<b>Litología</b>	Micaesquistos moscovíticos con biotita y granate pertenecientes al preordovícico
<b>Estructura</b>	Sin estructura definida
<b>Observación</b>	Proximidad a cruce



CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA INICIAL	
-	En rasgos generales el macizo en toda su superficie se encuentra bastante meteorizado y alterado. Presenta bloques de caída de tamaños variables, siendo los más comunes de clase moderada ( $M < 0,2 \text{ m}^3$ ) y algún bloque de clase grande (L1) en la parte derecha del talud.
-	Las juntas presentan algo de relleno duro, principalmente pequeños fragmentos de rocas meteorizadas, con una rugosidad suave y abiertas (1-5 mm). La persistencia de estas es prácticamente despreciable.

ESTACIONES GEOMECÁNICAS	
Familia 1	71/252
Familia 2	21/126
Familia 3	13/036
Familia 4	30/036

Se producen inestabilidades en toda la superficie del talud de manera general. Estas se traducen en pequeños desprendimientos.

PROPUESTA DE ACTUACIONES	
Se recomienda la instalación de una Malla de Triple Torsión anclada en cabeza y pie de talud, previo desbroce y saneo superficial del talud. Además, en la zona de menores PK, donde se encuentran bloques de mayor tamaño, se recomienda la instalación adicional de cables verticales para reforzar la malla.	

Además, cada una de estas fichas estará apoyada en una serie de fotografías en las cuales se denotan rasgos, zonas, bloques o demás elementos a destacar en cada talud.

Debido al gran volumen de información y datos que se maneja con el estudio de todos los taludes, estas fichas se realizan para hacer una agrupación de los principales rasgos a destacar en cada talud, los cuales se complementarán en la medida de lo necesario en los siguientes estudios realizados.

Toda esta información detallada de cada uno de los taludes analizados se puede consultar en el "Anejo Nº3 – Fichas técnicas".

## 4. GEOTECNIA

### 4.1. CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA

La intensidad con la que se lleve a cabo la realización de una campaña geotécnica estará dada por la variabilidad del terreno a estudiar, así, como las características de la actuación a ejecutar.

Para el caso que nos ocupa, se ha decidido llevar a cabo un método de reconocimiento de tipo directo, en el cual se toman y agrupan los datos en lo que se denomina "Estaciones geomecánicas". Estos, son tomados en las correspondientes visitas a campo. Los datos necesarios para la caracterización de los taludes son el tipo de material, tipo de estructura, formas que adoptan, discontinuidades y la interrelación de las mismas, entre otros.



A partir de estos datos, se procede a un análisis estructural de manera generalizada, el cual se complementa posteriormente con el análisis RMR y el SMR, de cada uno de los taludes de estudio. El desarrollo de estos estudios, se encuentra con mayor detalle en el “Anejo N°4 – Geotecnia”.

Por otro lado, para llevar a cabo el estudio del análisis estructural, será necesario tratar con notable grado de detalle las diferentes características que componen tanto al macizo como a las discontinuidades presentes en el mismo. Obteniendo por tanto una clasificación objetiva de los elementos de estudio.

Para ello, se distinguirán diferentes elementos de análisis dentro de la matriz rocosa y en las discontinuidades. Estos se detallan a continuación, aunque se encuentran con mayor grado de exactitud en el “Anejo N°2 – Geología”.

Para llevar a cabo el estudio de la matriz rocosa se ha de tener en cuenta:

- Naturaleza de la roca
- Resistencia a compresión simple. Dada esta tanto en ensayos de campo como mediante ensayos de laboratorio.
- Meteorización y alteración del macizo.

En lo que respecta a las discontinuidades, se analizarán los siguientes elementos:

- Propiedades del conjunto del macizo
  - Número de familias
  - Bloque tipo
- Propiedades individuales de cada discontinuidad
  - Orientación
  - Espaciamiento
  - Continuidad
  - Rugosidad
  - Apertura
  - Relleno
  - Presencia de agua

#### 4.2. CLASIFICACIÓN RMR DE BIENIAWSKI

Debido a la naturaleza del estudio, se precisa la realización del mismo de forma individualizada y detallada de cada uno de los taludes objeto del mismo. Es por ello que se evalúa la competencia del macizo rocoso mediante el sistema Rock Mass Rating (RMR) de Bieniawski.

Dicha clasificación se ha aplicado en la versión actual (Bieniawski, 1989). Por ello, para la obtención del RMR básico se han tenido en cuenta los siguientes criterios:

- Cuando existen distintas familias en una estación geomecánica, se toma siempre para el cálculo de los correspondientes factores el valor más desfavorable de los existentes, salvo que se considere una discontinuidad aislada o un caso el cual tenga poca afección al conjunto.
- Para el cálculo del parámetro correspondiente a las condiciones de las juntas, se utiliza el criterio de valoración de Romana (1993), por ajustarse mejor a los datos de que se disponen.

Para la obtención del RMR básico se necesitará disponer de cinco parámetros, resultantes estos de los datos tomados en las estaciones geomecánicas. A este valor, se le deberá de restar el factor de ajuste, resultado este de la orientación de las discontinuidades y variable en su número según sea de aplicación a túneles, cimentaciones o taludes.

Los parámetros a estudiar, así como los valores para cada uno de ellos en función de las características que presentan se recogen en la figura 6 que aparece a continuación.

El resultado que se obtendrá con esto será un valor del RMR que puede variar entre 0 y 100 y que dará clasificación a los macizos agrupándolos en cinco clases diferentes. Dicha clasificación se puede apreciar en la figura 7.

Para llevar a cabo este estudio individualizado de los taludes, se ha elaborado una tabla en las que se recogen todos los parámetros estudiados y su valoración final. Como ejemplo se muestra la ficha realizada para el talud 1 (figura 6), encontrándose el resto recogidas en el Anejo N° 4 – Geotecnia.

### 4.3. CLASIFICACIÓN SMR DE ROMANA

Son varios los índices geomecánicos publicados que se emplean para llevar a cabo una caracterización geomecánica de los taludes en roca, entre ellos el índice SMR (Romana, 1985), el cual tiene una gran aceptación a nivel mundial, resultando muy útil su aplicación en ingeniería civil.

El sistema de clasificación geomecánica de taludes rocosos denominado Slope Mass Rating (SMR) proporciona un valor numérico que se obtiene por la adición de una serie de factores de ajuste dependientes de la relación geométrica existente entre la discontinuidad y el talud, del tipo de rotura cinemáticamente compatible con el sistema de discontinuidad del talud. Así, como de la suma de un factor dado por el método de excavación, y que resulta:

$$SMR = RMR_{básico} + (F1 * F2 * F3) + F4$$

Para el cual se tiene que:

$RMR_{básico}$  es el RMR básico obtenido con la clasificación de Bieniawski (1989)

$F1$  depende del paralelismo de las direcciones de las discontinuidades ( $\alpha_j$ ) y del talud ( $\alpha$ )

$F2$  corresponde con el buzamiento de la discontinuidad ( $\beta_j$ )

$F3$  depende de la relación entre los buzamientos del talud ( $\beta_s$ ) y las discontinuidades ( $\beta_j$ )

$F4$  es un factor de ajuste por el método de excavación empleado

Por tanto, para la obtención del SMR, al igual que se ha realizado con el RMR, se obtiene del mismo de manera individualizada para cada uno de los taludes de estudio.

En la figura 7 se muestra la ficha realizada para el talud 1, en la que se recogen todos los datos de análisis necesarios para la obtención del SMR. Las correspondientes al resto de taludes de estudio se encuentran recogidas en el Anejo Nº 4 – Geotecnia.

CLASIFICACIÓN GEOMECAÁNICA DE BIENIAWSKI (RMR)						
Proyecto:	Tratamiento de taludes en la Nacional N-403					
Ubicación:	Nacional N-403, desde P.K. 91+850 hasta P.K. 112+100, Ávila, Castilla y León.					
Fecha:	05/05/2021					
Talud:	Talud situado en el P.K. 94+100					
Estación Geomecánica:	EG - Nº1					
TAMAÑO DEL POSIBLE BLOQUE DE CAÍDA						
Variable; mayoría de bloques son Clase Moderada (M) < 0,2 m <sup>3</sup> y algún bloque Clase grande (L1)						
CÁLCULO DEL RMR (RMR)						
1.- RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA A COMPRESIÓN SIMPLE (Mpa)						70
Rango de valores	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa
Puntuación	15	12	7	4	2	1
Valoración:						7 Puntos
2.- VALOR DE RQD (%)						50
Rango de valores	91%-100%	76%-90%	51%-75%	26%-50%	<25%	
Puntuación	20	17	13	8	3	
Nota: Roca moderadamente fracturada en talud, se estima un RQD bajo.						Valoración: 8 Puntos
3.- SEPARACIÓN ENTRE JUNTAS						<60mm
Rango de valores	> 2 m	0,6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	< 60 mm	
Puntuación	20	15	10	8	5	
Nota: Roca sana pero muy fragmentada, la separación entre juntas es de reducidas dimensiones.						Valoración: 5 Puntos
4.- CONDICIÓN DE LAS JUNTAS						
4.1. RUGOSIDAD/RELLENO						SUAVE
Rango de valores	MUY RUGOSA	RUGOSA	ALGO RUGOSA	SUAVE	LISA CON RELLENO BLANDO	CON RELLENO BLANDO
Puntuación	10	9	8	6	5	0
Valoración:						6 Puntos
4.2. SEPARACIÓN						ABIERTA
Rango de valores	CERRADA <0,1 mm)	ALGO ABIERTA (0,1-1 mm)	ABIERTA (1-5 mm)		MUY ABIERTA (>5 mm)	
Puntuación	9	7	5		0	
Valoración:						5 Puntos
4.3. PERSISTENCIA						NO PERSISTENTE
Rango de valores	NO PERSISTENTE. NO CONTINUA		SUSPERSISTENTE		PERSISTENTE. CONTINUA	
Puntuación	5		3		0	
Valoración:						3 Puntos
4. METEORIZACIÓN						BASTANTE METEORIZADO
Rango de valores	FRESCA	ALGO METEORIZADA	BASTANTE METEO.	MUY METEORIZADO		TOTALMENTE METEO.
Puntuación	6	5	3	0		0
Nota: Las juntas presentan algo de relleno duro, con un grado de meteorización elevado.						Valoración: 3 Puntos
5.- FLUJO DE AGUA EN LAS JUNTAS						LIGERAMENTE HÚMEDAS
Rango de valores	SECAS	LIG. HÚMEDAS	HÚMEDAS	GOTEANDO	FLUYENDO	
Puntuación	15	10	7	4	0	
Nota: Escasa vegetación en la superficie del talud.						Valoración: 10 Puntos
6.- CORRECCIÓN POR DISCONTINUIDADES						FAVORABLE
Rango de valores	MUY FAVORABLE	FAVORABLE	MEDIAS	DESFAVORABLES	MUY DESFAVORABLES	NO APLICA
Puntuación	0	-5	-25	-50	-60	0
Nota:						Valoración: -5 Puntos
VALOR DE RMR						
RMR	42					
Clase	Clase III - MEDIA					

Figura 6 - Estudio de la clasificación RMR ejemplo en talud 1. Fuente: Elaboración propia.

MÉTODO DE ANÁLISIS SMR						
<b>Proyecto:</b>	Tratamiento de taludes en la Nacional N-403					
<b>Ubicación:</b>	Nacional N-403, desde P.K. 91+850 hasta P.K. 112+100, Ávila, Castilla y León.					
<b>Fecha:</b>	05/05/2021					
<b>Talud:</b>	Talud situado en el P.K. 94+100					
<b>Estación Geomecánica:</b>	EG - Nº1					
DETERMINACIÓN DEL VALOR SMR (SLOPE MASS RATING)						
$SMR = RMR + (F_1 \times F_2 \times F_3) + F_4$						
<b>RMR</b>			<b>42</b>			
1.- DATOS DE LA DISCONTINUIDAD						
<i>Dirección de buzamiento (aj) :</i>	252	<i>Buzamiento (bj) :</i>	71			
<i>Dirección de buzamiento (aj) :</i>	136	<i>Buzamiento (bj) :</i>	21			
<i>Dirección de buzamiento (aj) :</i>	36	<i>Buzamiento (bj) :</i>	13			
<i>Dirección de buzamiento (aj) :</i>	36	<i>Buzamiento (bj) :</i>	30			
2.- DATOS DEL TALUD						
<i>Dirección de buzamiento (as) :</i>	142	<i>Buzamiento (bs) :</i>	84			
3.- TIPO DE ROTURA PREDOMINANTE						
Rotura por vuelco o desprendimientos						
4.- FACTORES POR AJUSTE DE JUNTAS						
Determinación del factor de ajuste F1						
Caso		Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable
Planar	$\alpha_j - \alpha_s$	$>30^\circ$	$30^\circ-20^\circ$	$20^\circ-10^\circ$	$10^\circ-5^\circ$	$<5^\circ$
Cuña	$\alpha_j - \alpha_s - 180$					
Valores de F1	F1	0,15	0,4	0,7	0,85	1
<b>VALOR DE F1: 0,15</b>						
Determinación del factor de ajuste F2						
Caso		Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable
Planar	$\beta_j$	$<20^\circ$	$20^\circ-30^\circ$	$30^\circ-35^\circ$	$35^\circ-45^\circ$	$>45^\circ$
Valores de F2	F2	0,15	0,4	0,7	0,85	1
<b>VALOR DE F2: 1</b>						
Determinación del factor de ajuste F3						
Caso		Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable
Planar	$\beta_j - \beta_s$	$>10^\circ$	$10^\circ-0^\circ$	$0^\circ$	$0-(-10^\circ)$	$>-10^\circ$
Cuña	$\beta_i - \beta_s$	$<110^\circ$	$110^\circ-120^\circ$	$>120^\circ$		.....
Valores de F3	F3	0	-6	-25	-50	-60
<b>VALOR DE F3: -6</b>						
5.- FACTORES DE AJUSTE SEGUN EL MÉTODO DE EXCAVACIÓN						
Método	Talud natural	Precorte	Voladura suave	Voladura o mecánico	Voladura deficiente	
F4	15	10	8	0	-8	
<b>VALOR DE F4: 0</b>						

VALOR DE SMR	
<b>SMR</b>	<b>41,1</b>
Clase N.º :	<b>III</b>
Descripción :	<b>Normal</b>
Estabilidad :	<b>Parcialmente estable</b>
Roturas :	<b>Roturas por vuelco</b>
Tratamiento :	<b>Sistemático</b>

Figura 7 - Estudio de la clasificación SMR ejemplo en talud 1. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4. RESULTADOS DEL ANÁLISIS

Tras la realización de los estudios anteriores, se obtienen una serie de conclusiones para cada uno de los taludes analizados. En la tabla 3 que se muestra a continuación se recogen algunos de los datos principales más identificativos de cada uno de los taludes, como son la altura, ángulo de buzamiento, o longitud. También se tienen una serie de anotaciones, como son la tipología de cuneta o una breve descripción del estado en el que se encuentra el talud. Y, las conclusiones a las que se tienen lugar tras la aplicación del RMR y SMR, respectivamente.

Tabla 3 – Recopilación de datos de los taludes de estudio. Fuente: Elaboración propia.

	TALUD	ALTURA MEDIA (m)	PENDIENTE (°)	LONGITUD (m)	BERMAS	CUNETAS	ESTADO ACTUAL	RMR	SMR	ESTABILIDAD	ROTURAS	TRATAMIENTO
N-403	TALUD 1	20	84	110	Sin berma	Cuneta de guarda de hormigón de sección triangular 3:1	Talud bastante fragmentado en superficie, con muchas rocas de pequeño tamaño.	III - Normal 42	III - Normal 41,1	Parcialmente estable	Desprendimientos	Sistemático
	TALUD 2	8	69	55	Berma a 8m	Pequeña cuneta de 1 m de hormigón de sección triangular	Talud con rocas fragmentadas de tamaño importante (> 1 m <sup>3</sup> ) y presencia de bolos aislados de tamaño importante.	IV - Mala 31	V - Muy mala 17	Totalmente inestable	Grandes roturas por planos y cuñas.	Re-excavación
	TALUD 3	6	86	50	Berma a 8m	Pequeña cuneta de 1 m de hormigón de sección triangular	Talud bastante fragmentado en superficie, con un volumen de rocas de tamaño moderado a grande.	III - Normal 51	III - Normal 47,2	Parcialmente estable	Roturas planares o algunas cuñas.	Sistemático
	TALUD 4	6	86	50	Sin berma	Cuneta de 1,5 m de hormigón de sección triangular	Talud algo fragmentado en superficie, aunque presenta bolos de tamaño importante.	III - Normal 54	III - Normal 46,5	Parcialmente estable	Roturas planares y desprendimientos.	Sistemático
	TALUD 5	8	71	25	Sin berma	Cuneta de drenaje de 1,5 m rellena con piedra pequeña	Talud muy fragmentado, con un posible bloque de caída.	IV - Mala 31	IV - Mala 29,3	Inestable	Formación de pequeñas cuñas y desprendimientos.	Corrección
	TALUD 6	10	12	120	Sin berma	Cuneta de 1,5 m de hormigón de sección triangular.	Talud bastante fragmentado, con presencia de algún bolo aislado en la parte superior.	IV - Mala 31	IV - Mala 29,6	Inestable	Vuelcos y chineos.	Corrección
N-502	TALUD 7	12	90	100	Sin berma	Cuneta triangulada de 1 m formada por hormigón en buen estado.	Talud rocoso, prácticamente vertical, con zonas de considerable alteración.	IV - Mala 29	IV - Mala 21,5	Inestable	Roturas planares y formación de cuñas. Desprendimientos.	Corrección
	TALUD 8	10	76	120	Sin berma	Cuneta pequeña y poco profunda formada por hormigón	Talud rocoso con fragmentación irregular en toda la superficie. Presenta zona de circulación de agua.	III - Normal 42	III - Normal 50	Parcialmente estable	Desprendimientos.	Sistemático
	TALUD 9	8	82	45	Sin berma	Cuneta de 0,60 m de ancho, pequeña y poco profunda.	Superficie irregular y fragmentada en bloques pequeños y moderado.	IV - Mala 36	IV - Mala 35,1	Inestable	Formación de pequeñas cuñas y desprendimientos.	Corrección
	TALUD 10	9,5	76	100	Sin berma	Cuneta de 0,60 m de ancho, pequeña y poco profunda.	Superficie irregular y fracturas continuas, aunque parcialmente estable en conjunto.	III - Normal 47	III - Normal 44,6	Parcialmente estable	Formación de pequeñas cuñas y desprendimientos.	Sistemático
	TALUD 11	12	74	50	Sin berma	Cuneta de 0,60 m de ancho, pequeña y poco profunda.	Talud rocoso irregular en superficie, con discontinuidades y pequeños bloques.	IV - Mala 41	III - Normal 44,8	Parcialmente estable	Formación de pequeñas cuñas y desprendimientos.	Sistemático
	TALUD 12	10	76	275	Sin berma	Cuneta de 0,60 m de ancho, pequeña y poco profunda.	Talud bastante rocoso y fragmentado en superficie.	III - Normal 51	III - Normal 50,1	Parcialmente estable	Roturas planares y desprendimientos.	Sistemático



## 5. ESTUDIO DE ESTABILIDAD

El estudio de las inestabilidades supone un punto importante en el análisis de los taludes. Pues, será mediante estas que se podrá alcanzar una caracterización adecuada de las propiedades geomecánicas del terreno, así, como de los posibles mecanismos de rotura.

El conocimiento de la litología y estructura de los taludes es un punto de suma importancia a la hora de su estudio, pero también se ha de conocer la tipología de rotura más probable que se puede dar. Aunque esto, en ocasiones, puede resultar complejo, debido en gran parte a la estructura variable y en muchos casos compleja que presentan los macizos rocosos.

Por tanto, se pueden dividir de manera generalizada las roturas en los taludes rocosos en dos grandes grupos, por una parte, la rotura global del macizo, y por otra, la controlada por el sistema de discontinuidades que presenta. Sin embargo, también se puede producir una rotura mixta.

### 5.1. TIPOS DE INESTABILIDADES

Como se ha mencionado anteriormente, el primer paso para el diseño de la estabilidad de un talud consiste en reconocer, en función de la litología y la estructura de este, la tipología de rotura más probable. Se consideran según Hoek y Bray (1981) cuatro tipos fundamentales de rotura en taludes en roca, los cuales son:

- **ROTURA PLANAR**
- **ROTURA EN CUÑA**
- **ROTURA POR VUELCO**
- **ROTURA POR DESLIZAMIENTO**

Las características de cada tipo de rotura y la manera en la que estas se producen están recogidas en el anejo nº5 – Estudio de estabilidad.

### 5.2. ANÁLISIS DE INESTABILIDADES

#### 5.2.1. ANÁLISIS ESTÁTICO

Los métodos de cálculo que se emplean para analizar la estabilidad de un talud, desde el punto de vista de las acciones que intervienen en el mismo, se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- MÉTODOS DE CÁLCULO EN DEFORMACIÓN

Se da en aquellos en los que en el cálculo se tienen en cuenta las deformaciones del propio terreno junto con las leyes de la estática. Siendo esto de relativa complejidad en su aplicación en el medio.

- MÉTODOS DE EQUILIBRIO LÍMITE

Está basado en las leyes de la estática exclusivamente, lo que hace que no tenga en cuenta las deformaciones del terreno, sino que supone que la resistencia al corete se moviliza total y simultáneamente a lo largo de la superficie de rotura.

En este método a su vez se diferenciarán los métodos exactos y los métodos no exactos, en los que se encontrarán los métodos aproximados como el método de Bishop o el de Janbú, y los métodos precisos o rigurosos, entre los que se encuentran el método de Spencer o el de Morgenstern y Price.

#### 5.2.2. ANÁLISIS CINEMÁTICO

El análisis cinemático comprende examinar geoméricamente las dimensiones probables del bloque y la disposición del mismo, según la orientación, espaciamiento y persistencia de las discontinuidades del macizo rocoso.

Cuando la geometría de las discontinuidades tiene suma importancia en la seguridad del macizo, la estabilidad de los taludes estará afectada principalmente por el desequilibrio de las discontinuidades, considerándose estas como zonas de debilidad. Cuando esto se produce, el análisis cinemático de la estabilidad del talud se efectúa verificando gráficamente determinadas condiciones geométricas sobre la proyección estereográfica.

#### 5.2.3. ANÁLISIS MEDIANTE SOFTWARE

En el análisis cinemático de los macizos rocosos se analizan los sistemas de fracturación, para ello, se recurrirá al empleo de diferentes programas informáticos, destinados cada uno de ellos para resolver distintos modos de fallo.

Para llevar a cabo el desarrollo de este análisis, se estudiarán los datos correspondientes a cada uno de los taludes mediante el empleo de diferentes software en función de las características a analizar, estos son:

- **DIPS**
- **SWEDGE**
- **ROCFALL**

En el “Anejo Nº5 – Estudio de estabilidad” se lleva a cabo el estudio de estabilidad detallado para cada uno de los taludes objeto de análisis de este proyecto. En este, se analizará:

- Mediante el empleo de Dips, se introducirán todos los datos de dirección de buzamiento y buzamiento de las diferentes discontinuidades de cada talud asociadas estas a una familia de discontinuidades. De ello, junto con el ángulo de rozamiento del material y el grado de buzamiento del talud, se obtendrán los diferentes modos de fallo posibles del talud.
- Por medio de Swedge, se llevará a cabo la comprobación de la estabilidad en aquellos casos en los que sea posible el desarrollo de una rotura por cuña en el talud.
- Por último, se analizará mediante el programa Rocfall la trayectoria probable de caída del bloque tipo a lo largo de la sección transversal del talud de análisis.

En la tabla 4 que se encuentra en la página siguiente se recogen los resultados obtenidos producto del estudio realizado. En ella se muestra el tipo de inestabilidad que se produce en cada talud, y los resultados que proporciona cada software tras su análisis, en caso de que este sea necesario.

Es de mencionar que F1, F2, F3... son las familias de discontinuidades de cada uno de los taludes que se han obtenido mediante el análisis estereográfico empleando en el software DIPS.

Tabla 4 - Resumen de resultados según inestabilidad y software de estudio. Fuente: Elaboración propia.

TALUD		TIPO DE INESTABILIDAD. ESTUDIO MEDIANTE DIPS		ESTUDIO MEDIANTE SWEDGE	ESTUDIO MEDIANTE ROCFALL	
Nº	P.K.					
N-403	1	94+100	Roturas planares	No presenta	No precisa	Bloques superan berma de pie y cuneta y llegan a calzada.
			Rotruas por cuñas	No presenta		
			Vuelco/Desprendimientos	Producidos por F2		
	2	96+930	Roturas planares	Producidas por F2 y F3	Obtención FS=0,9342. INESTABLE.	En ambos casos de estudio, los bloques llegan directamente a la calzada.
			Rotruas por cuñas	Formación por F3/F5		
			Vuelco/Desprendimientos	Producidos por F1 y F4		
	3	97+050	Roturas planares	Producidas por F4	Obtención FS=0,9788. INESTABLE.	No precisa
			Rotruas por cuñas	Formación por F1/F5		
			Vuelco/Desprendimientos	No presenta		
	4	97+150	Roturas planares	Producidas por F1	No precisa	La trayectoria de los bloques es variable, llegando algunos a cuneta y otros a la calzada.
			Rotruas por cuñas	No presenta		
			Vuelco/Desprendimientos	Producidos por F1		
5	98+750	Roturas planares	No presenta	Obtención FS=1,1206. INESTABLE.	Caída de bloques en cuneta de grava.	
		Rotruas por cuñas	Producidas por F2/F4			
		Vuelco/Desprendimientos	Producidos por F2 y F3			
6	111+300	Roturas planares	No presenta	No precisa	En ambas situaciones los bloques llegan a calzada y a cuneta.	
		Rotruas por cuñas	No presenta			
		Vuelco/Desprendimientos	Producidos por F3			
N-502	7	29+780	Roturas planares	Producidas por F1 y F2	Obtención FS=1,1949. INESTABLE.	Caída de bloques a la calzada posterior a rebotes en el talud.
			Rotruas por cuñas	Producidas por F1/F5		
			Vuelco/Desprendimientos	Producidos por F3 y F4		
	8	55+150	Roturas planares	No presenta	No precisa	Trayectoria variable, bloques en cuneta, pero la mayoría caen a la calzada.
			Rotruas por cuñas	No presenta		
			Vuelco/Desprendimientos	Producidos por F1 y F2		
	9	55+275	Roturas planares	Producidas por F3 y F1	Obtención FS=0,4043. INESTABLE.	Rebote de bloques en el talud y caída a calzada.
			Rotruas por cuñas	Producidas por F2/F3		
			Vuelco/Desprendimientos	Producidos por F3		
	10	55+550	Roturas planares	Producidas por F3	Obtención FS=4,8907. ESTABLE.	Rebote de bloques en el talud y caída a calzada.
			Rotruas por cuñas	Producidas por F5/F4		
			Vuelco/Desprendimientos	Producidos por F1 y F2		
11	58+350	Roturas planares	Producidas por F2 y F3	F2/F5-Obt FS=1,0721.INESTABLE F2/F4-Obt FS=0,3568.INESTABLE F3/F5-Obt FS=1,1605.ESTABLE F3/F4-Obt FS=1,2294.ESTABLE	Rebote de bloques en el talud y caída a calzada.	
		Rotruas por cuñas	Producidas por F5/F2, F5/F3, F4/F2, F4/F3			
		Vuelco/Desprendimientos	Producidos por F1			
12	66+000	Roturas planares	Producidas por F1	No precisa	La trayectoria de los bloques es variable, llegando algunos a cuneta y otros a la calzada.	
		Rotruas por cuñas	No presenta			
		Vuelco/Desprendimientos	Producidos por F1, F2 y F3			

## 6. ESTUDIO DE RIESGO

Para cuantificar el Riesgo de Desprendimiento en cada tramo, se ha aplicado el sistema RHRS (Rockfall Hazard Rating System) desarrollado por Pierson y Van Vickle en 1993.

Esta se corresponde con una metodología de evaluación de la peligrosidad por desprendimientos de rocas en los desmontes de infraestructuras de transporte. Su estudio se divide en seis etapas o fases progresivas, comenzando por la localización de los taludes, diferentes clasificaciones y estudios, y, terminando en un seguimiento y actualización de los estados de los mismos. Para esta última, se definen tres clases (A, B y C) y riesgo/peligrosidad (alto, medio y bajo).

Para llevar a cabo la clasificación en detalle donde se establezca la prioridad de actuación, se recurre a la evaluación de diez categorías diferentes, relacionadas con la estructura y el entorno del talud. Dichas categorías o parámetros del índice de peligrosidad se indexan en cuatro rangos de puntuación para cada categoría, basadas estas en una ley exponencial incremental en base 3.

Por tanto, para llevar a cabo dicho estudio se ha realizado una recopilación de las condiciones de estabilidad de cada talud, de forma que puedan ser clasificados de acuerdo con el riesgo potencial que presenten. Para ello se identifican una serie de parámetros o categorías y se le asigna, mediante un criterio de cuantificación del riesgo, que supone para cada talud. Las categorías estudiadas en el sistema de evaluación son:

1. *Altura del talud (m)*.
2. *Efectividad de la cuneta*. Define la capacidad que tiene esta de recoger los desprendimientos.
3. *Riesgo medio por vehículo*. Define la probabilidad de que un vehículo, sea alcanzando por un desprendimiento. Está relacionado con la IMD, la longitud del tramo y la velocidad. Cabe destacar que valores superiores al 100% implica que existe la posibilidad de que un desprendimiento alcance a más de un vehículo.
4. *Distancia de visión*. Se define en función de los parámetros de diseño.
5. *Ancho de vía*. Define el ancho de la vía incluyendo los arcenes (m).
6. *Características geológicas*.
  - a. Condición estructural. Definido en función de las discontinuidades y de la erosión.
  - b. Fricción de la roca. Definido en función del rozamiento.
7. *Tamaño de bloque (m)*
8. *Volumen del bloque (m<sup>3</sup>)*

## 9. Climatología y presencia de agua.

## 10. Historial de caída

A estas categorías enumeradas, en función de las condiciones que presenta, se le asigna una puntuación entre 3 y 81 puntos. Esta, está basada como se ha comentado anteriormente en un factor de estudio exponencial que la define.

Es de consideración mencionar que el sistema de evaluación RHRS no incluye recomendaciones sobre las acciones a considerar en cada punto, siendo dependientes estas de cada intervención y de sus características. Sino que se corresponde con un sistema que gradúa el riesgo de desprendimiento de cada talud.

Por tanto, en lo relativo al estudio del método RHRS, se lleva a cabo la realización de una ficha para cada uno de los taludes objeto de análisis. En ella, se encuentran los parámetros analizados y una puntuación asignada a cada uno de ellos en función de las observaciones y mediciones realizadas. Como resultado, se obtendrá un valor final que ayudará a establecer un orden de actuación prioritario.

A continuación, se muestra en la figura 14 la ficha de análisis de RHRS perteneciente al talud 1. El resto de fichas correspondientes a los taludes de estudio, junto con la explicación de los valores de los parámetros y el análisis completo, se encuentra recogido en el Anejo Nº 6 – Estudio de riesgo.

DATOS DE CAMPO			
Fecha:	29-jun	PK Inicial:	94+100
Carretera:	N-403	PK Final:	94+210
Ancho:	12,5 m	Longitud tramo:	110 m
Margen:	MI	Vel. Max:	90 km/h
IMD:	5975		

CRITERIO DE EVALUACIÓN				
	3 puntos	9 puntos	27 puntos	81 puntos
<b>1. Altura/Talud de desmonte</b>	7,5 m	15 m	22,5 m	> 30 m
	20		x	
<b>2. Efectividad cuneta</b>	Buena captación; con barreras	Captación moderada	Captación limitada; diseño incorrecto	No captación; sin cuneta
	3			
<b>3. Riesgo paso vehículo</b>	25%	50%	75%	100%
AVR	30,43			
	3			
<b>4. Distancia de visión</b>	Adecuada (100%)	Moderada (80%)	Limitada (60%)	Muy limitada (40%)
ASD	100			
DSD	270			
%DSD	37,04			
	81,00			x
<b>5. Ancho de vía</b>	13,20 m	10,80 m	8,40 m	6 m
	27		x	
<b>6. Características geológicas</b>	Juntas disc; favorable	Juntas discon; orientación aleat	Juntas discon; orientación adver	Juntas con; orientación adver
<b>6.1 Condición estructural</b>				
	27		x	
	81	Poca erosión	Erosión ocasional	Bastante erosión
				Mucha erosión
<b>6.2. Fricción de la roca</b>	Rugosa	Ondulada	Planar	Rellenas
	27		x	
	9	Pequeña	Moderada	Larga
				Extrema
			x	
<b>7. Tamaño del bloque</b>	0,30 m	0,60 m	0,90 m	1,20 m
	27		x	
<b>8. Volumen de bloque</b>	26 dm <sup>3</sup>	0,21 m <sup>3</sup>	0,73 m <sup>3</sup>	1,74 m <sup>3</sup>
	9		x	
<b>9. Clima / Presencia agua</b>	Baja-moderada precip; sin agua	Moderada precip; agua intermitente	Alta precip; agua continuada	Muy alta precip; agua contenida
	9		x	
<b>10. Historial de caída</b>	Pocas	Ocasionales	Continuadas	Consistentes
	81			x

**404,00 RIESGO MEDIO**

Figura 8 – Estudio de la clasificación RHRS en talud 1. Fuente: Elaboración propia.

Con todo ello, se obtiene la clasificación de los taludes según el método de análisis RHRS, de la que se puede concluir que:

	VALOR	ORDEN DE PELIGROSIDAD
TALUD 1	404,0	TALUD 2
TALUD 2	410,0	TALUD 1
TALUD 3	288,0	TALUD 7
TALUD 4	276,0	TALUD 10
TALUD 5	266,0	TALUD 6
TALUD 6	304,0	TALUD 11
TALUD 7	309,0	TALUD 3
TALUD 8	273,0	TALUD 9
TALUD 9	279,0	TALUD 4
TALUD 10	309,0	TALUD 8
TALUD 11	303,0	TALUD 5
TALUD 12	189,0	TALUD 12

Figura 9 - Resultados obtenidos de la evaluación RHRS. Fuente: Elaboración propia.

- El riesgo en el talud 2 se sucede debido al tamaño de bloque posible de caída. Aunque dicho bloque presenta una probabilidad baja de caída, en caso en el que esto tuviera lugar, el daño ocasionado sería muy grande, por lo que el riesgo a considerar es elevado.
- El talud 1 incrementa su peligrosidad debido a la ubicación en la que se encuentra. Este se sitúa en un cruce, junto a un carril de aceleración, lo que hace que la distancia de visión de un objeto sobre la calzada se vea afectada. Lo cual, unido al historial de caídas y la notable alteración superficial hace que el riesgo del mismo sea de consideración para el tránsito de vehículos por la vía.
- Los taludes 10 y 11, también se encuentran condicionados por la visibilidad en la vía, la cual es reducida al situarse los mismos en un puerto de montaña. Esto, unido a las características geológicas, entre las cuales se analiza un bloque de tamaño medio, hacen de importancia la actuación en los mismos.

- En lo que respecta al talud 7, la peligrosidad de este estará basada en las características geológicas que presenta, teniendo bloques de estudio de caída de tamaño moderado/grande, los cuales, ocasionarán un daño significativo en la vía, en caso de que su caída se produjese.
- Por último, el talud 6 deberá su peligrosidad principalmente a la escasa visibilidad que se desarrolla en su traza, ya que se encuentra en una curva. Esto, unido al alto grado de meteorización que presenta en toda su superficie, y en especial en la zona de curva, así como el historial de caída que tiene, hace que el riesgo sea de consideración.

## 7. MEDIDAS DE CORRECCIÓN

### 7.1. ALTERNATIVAS VIABLES

Una vez examinadas las causas y los posibles tipos de inestabilidades dados en los taludes de estudio, lo siguiente a realizar es la evaluación y valoración de las posibilidades de actuación, así como una propuesta de actuación en la que se aúnen criterios técnicos y económicos.

Para tratar la primera de estas cuestiones se analizan las posibles alternativas para resolver las inestabilidades. Para ello habrá de considerarse el entorno de actuación, el cual en determinadas épocas del año es una vía principal de paso entre algunos municipios, lo que modificar la traza de la vía supondría un impacto de gran consideración. Por tanto, las alternativas viables en los taludes de estudio son la protección y/o estabilización de los mismos.

De forma común, se han considerado como soluciones técnicas a llevar a cabo para resolver problemas de inestabilidades dos grandes grupos:

- **Medidas de prevención y sostenimiento:** en las que su principal función es prever los posibles riesgos de una inestabilidad, controlando el recorrido de los materiales y evitando así mayores daños.
- **Medidas de sostenimiento y corrección:** las cuales corrigen el peligro potencial, de forma que este se mantenga en su posición inmovilizado en medida de lo posible.

En la mayoría de los casos, lo óptimo es la combinación de los tres tipos de actuaciones (corrección, sostenimiento y prevención). Lo que, en algunos casos, hace que estas medidas sean difíciles de diferenciar y se solapen. Para ello Berthet-Rambaud clasificó las medidas en dos grandes grupos: **medidas activas** y **medidas pasivas**. Las cuales, al mismo tiempo pueden ser dependientes del tiempo, diferenciando entre temporales y permanentes.

Con ello, se lleva a la clasificación de las medidas de prevención, protección y/o corrección dentro de cuatro grandes grupos, siendo estos:

- **MEDIDAS TEMPORALES ACTIVAS**
- **MEDIDAS TEMPORALES PASIVAS**
- **MEDIDAS PERMANENTES ACTIVAS**
- **MEDIDAS PERMANENTES PASIVAS**

En el “Anejo Nº 7 – Propuesta de actuación” se encuentran recogidas todas las posibles medidas que engloban estos cuatro grupos.

### 7.2. JUSTIFICACIÓN DE MEDIDAS ADOPTADAS

Como se ha comentado anteriormente, se decide que, por ubicación de los taludes, así como alturas, longitudes y morfología que presentan, se realizará su estabilización y sostenimiento mediante medidas permanentes pasivas. Estas tienen la función de modificar la trayectoria de los desprendimientos, conduciéndolos y/o reteniéndolos de tal modo que se minimizan los posibles daños.

Debido a que la variedad de los desprendimientos que se pueden suceder es muy variada, la forma en la que estos se abordan también lo será. Esto da como resultado cuatro grandes grupos de sistemas: **Mallas o redes, pantallas, muros u otros**.

Por cuestiones de morfología de taludes y la ubicación de los mismos junto a la vía, se decide realizar la estabilización de estos mediante sistemas de mallas o redes. El ámbito de aplicación que este conjunto de sistemas ofrece es muy amplio, así como variable y adaptable al entorno. Esto hará que se puedan dar diferentes soluciones para un mismo caso. Por ello, se basarán las propuestas a analizar en cuatro tipos de sistemas, los cuales, de manera individualizada ofrecen un amplio abanico de posibilidades en su aplicación. Estos sistemas a estudiar son:

- Malla de triple torsión (MTT), la cual puede ir adosada o colgada.
- Malla de triple torsión reforzada (MAR)
- Red de cable (RCA)
- Red de anillos (ASM)



Para llevar a cabo este estudio, se analiza según el bloque tipo y el modo de rotura probable de este en los diferentes taludes, el sistema a implementar. Esto, se realizará mediante el software PRODISAT, propiedad de la empresa PARAMASSI. Este, está destinado a la comprobación de los sistemas de estabilización de taludes según las dimensiones de los bloques de caída y la geometría del talud.

En el “Anejo Nº7 – Propuesta de actuación”, se recoge la justificación de todos estos cálculos agrupados según el tipo de sistema a emplear y la rotura probable que se ha de dar en el talud.

## 8. PROPUESTA DE ACTUACIÓN

Tras el estudio de las posibles alternativas para cada uno de los taludes, se concluye una serie de actuaciones basadas todas estas en los estudios realizados hasta el momento. Por tanto, debido a la morfología de los taludes, a la altura y situaciones de los mismos, se proponen para todos ellos medidas permanentes pasivas. Estas, reducirán la gravedad del desprendimiento, modificando su trayectoria y conduciéndolo, minorando así los riesgos que pudiera ocasionar. Las medidas que se recomiendan son:

### ❖ TALUD 1

Previo saneo y desbroce de la superficie del talud, se recomienda la instalación de malla de triple torsión adosada tipo 8x10-6 en toda la superficie del talud, comprendida esta desde el PK 94+100 a 95+120. Anclándola correctamente en coronación y pie de talud, mediante el empleo de piquetas tipo bastón de 20 mm y 1 m de profundidad, dispuestas las mismas cada 2 m. En lo que respecta al pie del talud, la malla se adosará de manera similar que, en la coronación, con la salvedad de la distancia entre piquetas, que será cada 4 m.

### ❖ TALUD 2

En este talud se diferencian tres tipos de actuaciones. La primera de ellas, comprendida desde el PK 96+930 a 96+950, donde se recomienda la instalación de malla de triple torsión reforzada con cuadrícula de bulones tipo GEWI de diámetro 25 y disposición 4x4, con longitud de 2m. La tipología de malla de triple torsión a utilizar para la conducción de pequeños desprendimientos será de 8x10-16 y el cable de refuerzo de DN 12 mm.

Por otro lado, en el segundo tramo del talud, debido a tener una superficie con mayor grado de meteorización, se recomienda la instalación de red de cable con cuadrícula de bulones 3x3 tipo GEWI de

diámetro 25 mm y longitud de 3m. Para llevar a cabo el cosido entre los paneles de red de cable se recomienda el empleo de cable de DN 10 o superior.

### ❖ TALUD 3

Debido al gran tamaño de bloque tipo de caída se recomienda la instalación de red de cable con cuadrícula de bulones 3x3 tipo GEWI de diámetro 25 mm y longitud 3 m, dispuesta esta desde el PK 97+050 a 97+036, suponiendo por tanto una longitud de 36 m.

Aunque en la coronación del talud se advierte algún bloque de gran volumen, debido a la pendiente en la que se encuentra, así como a la morfología de caras planas que tiene, hace presuponer que su movilización en las condiciones actuales no es probable. Se propone, por tanto, revisión de los mismos in situ en la ejecución de la obra, y anclado de estos al terreno mediante el empleo de bulones de longitud 3 metros.

### ❖ TALUD 4

En lo respectivo al talud 4, se recomienda, previo saneo y desbroce, la instalación de malla de triple torsión reforzada con cuadrícula de bulones 4x4 tipo GEWI de diámetro 25 mm y 1,50 m de longitud. Esta, estará dispuesta desde los PK 97+150 a 97+194, cubriendo una distancia de 24 metros lineales y 8 en altura, suponiendo una superficie de 192 m<sup>2</sup>.

### ❖ TALUD 5

Presenta una superficie muy meteorizada, teniendo, además, dos voladizos en roca en la zona de la coronación. Es por ello que se recomienda la instalación de malla de triple torsión reforzada con cuadrícula de bulones 4x4 tipo GEWI de 25 mm de diámetro y 1,50 m de longitud, comprendida desde el PK 97+750 a 98+762. Además, para los voladizos, se recomienda para cada uno de ellos, la instalación de un paño de red de anillos con cuadrícula de bulones 4x4 tipo GEWI de 1,50 m. En lo que respecta al tramo ubicado entre el PK 98+762 a 98+775, se recomienda la instalación de malla de triple torsión adosada, anclada en cabeza y pie de talud mediante el empleo de piquetas de 1 m de longitud.

### ❖ TALUD 6

Para el talud 6 se concluye la necesidad de disponer varias soluciones intercaladas en su superficie. En primer lugar, se recomienda la instalación de malla de triple torsión adosada, anclada en cabeza y pie de talud, mediante el empleo de piquetas de 1 m de longitud, ubicada esta desde el PK 111+300 a 111+320. En

este mismo tramo, se tiene una roca en cabeza de talud, recomendando el cableado de la misma, mediante anclajes de 1,50 m de longitud y cable de DN 12.

En continuidad a la actuación anterior, se recomienda la instalación de malla de triple torsión reforzada con cuadrícula de bulones 4x4 tipo GEWI de 1,50 m de longitud, dispuesta esta entre los PK 133+320 a 111+358 y 111+384 a 111+402.

Por otra parte, entre los PK 111+368 a 111+384 se recomienda la instalación de red de anillos, con cuadrícula de bulones 4x4 tipo GEWI de diámetro 25 mm y longitud 1,50 m.

#### ❖ TALUD 7

Se recomienda la instalación de red de anillos con cuadrícula de bulones 4x4 tipo GEWI de diámetro 25 mm y longitud 1,50 m. Esta estará dispuesta desde el PK 29+800 a 29+880.

#### ❖ TALUD 8

Se recomienda, previo saneo y desbroce, la instalación de red de anillos con cuadrícula de bulones 4x4 tipo GEWI de diámetro 25 mm y longitud 1,50 m, dispuesta desde los PK 55+170 a 55+260. La elección de este tipo de sistema radica en la ubicación del talud, al disponerse este en una zona de bastante concurrencia debido al entorno en el que se encuentra.

#### ❖ TALUD 9

Debido al flujo interno del agua en el macizo, previo saneo y desbroce de la vegetación, se recomienda la instalación de malla de triple torsión reforzada con cuadrícula de bulones tipo GEWI de diámetro 25 y longitud de 2m, dispuesta en la zona de mayor altura del talud, es decir, desde los PK 55+275 a 55+305. De manera continuada a la misma, se recomienda entre los PK 55+305 a 55+320, la instalación de red de cable con cuadrícula de bulones 3x3 tipo GEWI de diámetro 25 mm y longitud de 3 m.

#### ❖ TALUD 10

Se recomienda la instalación de red de anillos con cuadrícula de bulones 4x4 de tipo GEWI de diámetro 25 mm y longitud de 1,50. La ubicación de la misma se realizará desde el PK 55+590 a 55+630, cubriendo una longitud de 40 m.

#### ❖ TALUD 11

Se recomienda, para la correcta estabilización del talud, la disposición de malla de triple torsión reforzada, con cuadrícula de bulones de 4x4 tipo GEWI de diámetro 25 mm y longitud de 1,50 m, dispuesta la misma desde los PK 58+650 a 58+400, ocupando una longitud de 50 m.

#### ❖ TALUD 12

Para el último talud perteneciente al estudio, se recomienda la instalación de malla de triple torsión reforzada, dispuesta esta con cuadrícula de bulones 4x4 tipo GEWI de 25 mm de diámetro y 1,50 m de longitud. La ubicación de la misma estará comprendida entre los PK 65+920 a 65+970.

A continuación, se muestra una tabla en la cual se encuentran recogidas todas las fas medidas recomendadas anteriormente enumeradas.

Tabla 5 - Resumen de medidas propuestas. Fuente: Elaboración propia.

TALUD	P.K. INICIAL	P.K. FINAL	SOLUCIÓN PROPUESTA	
N-403	1	94+100	95+210	Saneo y desbroce Malla de triple torsión adosada
	2	96+930	96+950	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=2
		96+950	96+985	Red de cable (3x3) L=3
	3	97+050	97+086	Red de cable (3x3) L=3
	4	97+150	97+200	Saneo y desbroce
		97+170	97+194	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=1,5
	5	97+750	98+762	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=1,5 2 paños de red de anillos
		98+762	98+775	Malla de triple torsión adosada
	6	111+300	111+320	Malla de triple torsión adosada
		111+310		Cableado de la roca
		111+320	111+358	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=1,5
		111+368	111+384	Red de anillos (4x4)
111+384		111+402	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=1,5	
N-502	7	29+800	29+880	Red de anillos (4x4)
	8	55+150	55+200	Red de anillos (4x4)
	9	55+275	55+305	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=2
		55+305	55+320	Red de cable (3x3) L=3
	10	55+590	55+630	Red de anillos (4x4)
	11	58+350	58+400	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=1,5
12	65+920	65+970	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=1,5	

## 9. INTEGRACIÓN AMBIENTAL

Por medio de la legislación actual es obligatoria la aplicación de medidas correctoras para mitigar y/o eliminar los impactos ambientales que se puedan haber generado debido a la construcción y explotación de infraestructuras. Entre estas medidas se tiene en cuenta la introducción de la vegetación en los nuevos



espacios, condicionada por las nuevas infraestructuras construidas, por las nuevas morfologías y por la existencia de un medio de crecimiento de la vegetación capaz de cumplir con la función de mantenerla.

Como parte integrada en dicho proyecto, se redacta el “Anejo N°8 - Integración Ambiental” cuyo alcance es:

- Describir y analizar los principales condicionantes ambientales que pueden comprometer la idoneidad de esta actuación.
- Identificar las implicaciones ambientales, definiendo su alcance y repercusión con objeto de modificar, siempre que sea técnicamente viable, las actuaciones del proyecto que las generan en la fase de diseño.
- Definir y concretar, en función de la importancia y magnitud de los impactos identificados que no pueden evitarse, las medidas preventivas y correctoras que permitan minimizarlos y corregirlos.

Por otro lado, para asegurar la adecuación del proyecto, se ha analizado la legislación en materia de evaluación de impacto ambiental, tanto a nivel estatal como autonómico:

- Legislación estatal: Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental.
- Legislación autonómica: Decreto Administrativo 1/2015, de 12 de noviembre, de Evaluación Ambiental.

### 9.1. ANÁLISIS DE IMPACTOS POTENCIALES

Realizando un análisis del medio y habiendo determinado la importancia de cada uno de los elementos de este, se puede identificar los posibles impactos potenciales, los cuales no necesariamente han de producirse, derivados de la ejecución de las actividades previstas.

Estos se encuentran enumerados y divididos según las diferentes fases de ejecución del proyecto.

### 9.2. PROPUESTA DE MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS

Se llevará a cabo, según los impactos que se puedan dar, una serie de medidas, tanto preventivas como correctoras, para atenuar o suprimir los posibles efectos ambientales negativos derivados del diseño de la obra.

Estas medidas se deberán de coordinar con el Plan de Obra, de tal manera que queden integradas con este. Por tanto, con el fin de evitar, reducir o compensar los impactos detectados, algunas de las medidas tendrán carácter general para actuar de forma protectora, mientras que otras más específicas, estarán enfocadas a la corrección de manera concreta de ciertos impactos producidos.

Los aspectos que tratan estas medidas son:

- Localización de zonas auxiliares temporales y permanentes
- Protección y conservación de los suelos y la vegetación natural
- Protección del sistema hidrológico
- Gestión de residuos
- Protección atmosférica
- Protección de la fauna

Estas se encuentran desarrolladas en el “Anejo N°8 – Integración ambiental”.

### 9.3. RESTAURACIÓN DEL PAISAJE

Principalmente, la restauración del paisaje estará enfocada en la restitución de elementos, generalmente arbustos o pequeñas plantas, que pudieran haber sido retirado en la fase de limpieza y desbroce del talud. Con esto, será necesario plantear únicamente dos tipos de actuaciones posibles: siembras y plantaciones.

### 9.4. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

El Programa de Vigilancia Ambiental (PVA) debe entenderse como el conjunto de criterios de carácter técnico que, en base a la predicción realizada sobre los efectos ambientales del proyecto, permitirá realizar un seguimiento eficaz y sistemático de lo estipulado como de aquellas alteraciones difíciles de prever que pudieran aparecer durante la ejecución de las obras. Los objetivos de este serán, por tanto:

- Controlar la correcta ejecución de las medidas previstas en el proyecto de integración ambiental.
- Verificar los estándares de calidad de los materiales y medios empleados en el proyecto.
- Comprobar la eficacia de las medidas protectoras y correctoras establecidas.

## 10. MEDICIONES

En lo que respecta a las mediciones de las unidades que comprenden el proyecto, éstas se encuentran recogidas en el "Documento Nº 3 – Mediciones". Las mismas se han realizado por sistemas de estabilización empleados aplicados en cada uno de los taludes.

El resultado de estas mediciones es:

### CUADRO RESUMEN

Ud	Descripción	Medición
m2	SANEO Y DESBROCE	3.349,45
m2	MALLA DE TRIPLE TORSIÓN ADOSADA	3.284,84
m2	MALLA DE TRIPLE TORSIÓN REFORZADA CON RED DE CABLE CON CUADRÍCULA DE BULONES 4X4 TIPO GEWI DE	2.963,95
m2	MALLA DE TRIPLE TORSIÓN REFORZADA CON RED DE CABLE CON CUADRÍCULA DE BULONES 4X4 TIPO GEWI DE	579,29
m2	RED DE CABLE CON CUADRÍCULA DE BULONES 3X3 TIPO GEWI DE DIÁMETRO 25 MM Y LONGITUD DE 3 M	1.752,42
m2	RED DE ANILLOS CON CUADRÍCULA DE BULONES 4X4 TIPO GEWI DE DIÁMETRO 25 MM Y LONGITUD DE 3 M	2.827,10
ml	BULONES PASIVOS	1.128,00
ml	CABLE DE ACERO DE ATADO	100,00

## 11. VALORACIÓN ECONÓMICA

Se realiza una valoración económica de la solución adoptada. Para su comprensión se han desglosado en los respectivos anejos las unidades de obra necesarias para llevar a cabo la construcción del proyecto y las mediciones realizadas.

CAPITULO	IMPORTE
1. Estabilización de taludes	800.482,67
<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>800.482,67</b>

Asciende el presente Presupuesto de Ejecución Material a la expresada cantidad de OCHOCIENTOS MIL CUATROCIENTOS OCHENTA Y DOS EUROS con SESENTA Y SIETE CÉNTIMOS (800.482,67 Euros).

## PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	800.482,67
13% Gastos generales	104.062,75
6% Beneficio industrial	48.028,96
<b>PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN</b>	<b>952.574,38</b>
I.V.A. 21%	200.040,62
<b>PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN (I.V.A. INCLUIDO)</b>	<b>1.152.615,00</b>

Asciende el Presupuesto Base de Licitación (I.V.A. incluido) a la expresada cantidad de UN MILLON CIENTO CINCUENTA Y DOS MIL SEISCIENTOS QUINCE EUROS con CERO CÉNTIMOS (1.152.615,00 Euros).

## 12. CONCLUSIONES

Con todo ello se establece una solución adecuada tanto al objetivo técnico que se presentaba al inicio como a lo que a características docentes se refiere, considerando por ende que el presente documento define con suficiente exactitud el estudio llevado a cabo, así como las soluciones propuestas.

Valencia, Enero de 2023



Fdo.: Lorena Cuellar Castellanos

## ANEJOS

---

## **ANEJO I – ANEJO FOTOGRÁFICO**

---

## INDICE

<b>1. DESCRIPCIÓN FOTOGRÁFICA N – 403 .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. TALUD 1 – PK 94 + 100.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2. TALUD 2 – PK 96+930 .....</b>	<b>3</b>
<b>1.3. TALUD 3 – PK 97+050 .....</b>	<b>3</b>
<b>1.4. TALUD 4 – PK 97+150 .....</b>	<b>4</b>
<b>1.5. TALUD 5 – PK 98+750 .....</b>	<b>5</b>
<b>1.6. TALUD 6 – PK 111+300 .....</b>	<b>6</b>
<b>2. DESCRIPCIÓN FOTOGRÁFICA N – 502 .....</b>	<b>8</b>
<b>2.1. TALUD 7 – PK 29+780 .....</b>	<b>9</b>
<b>2.2. TALUD 8 – PK 50+150 .....</b>	<b>9</b>
<b>2.3. TALUD 9 – PK 55+275 .....</b>	<b>10</b>
<b>2.4. TALUD 10 – PK 55+550 .....</b>	<b>11</b>
<b>2.5. TALUD 11 – PK 58+350 .....</b>	<b>11</b>
<b>2.6. TALUD 12 – PK 66+000 .....</b>	<b>12</b>

## 1. DESCRIPCIÓN FOTOGRÁFICA N – 403

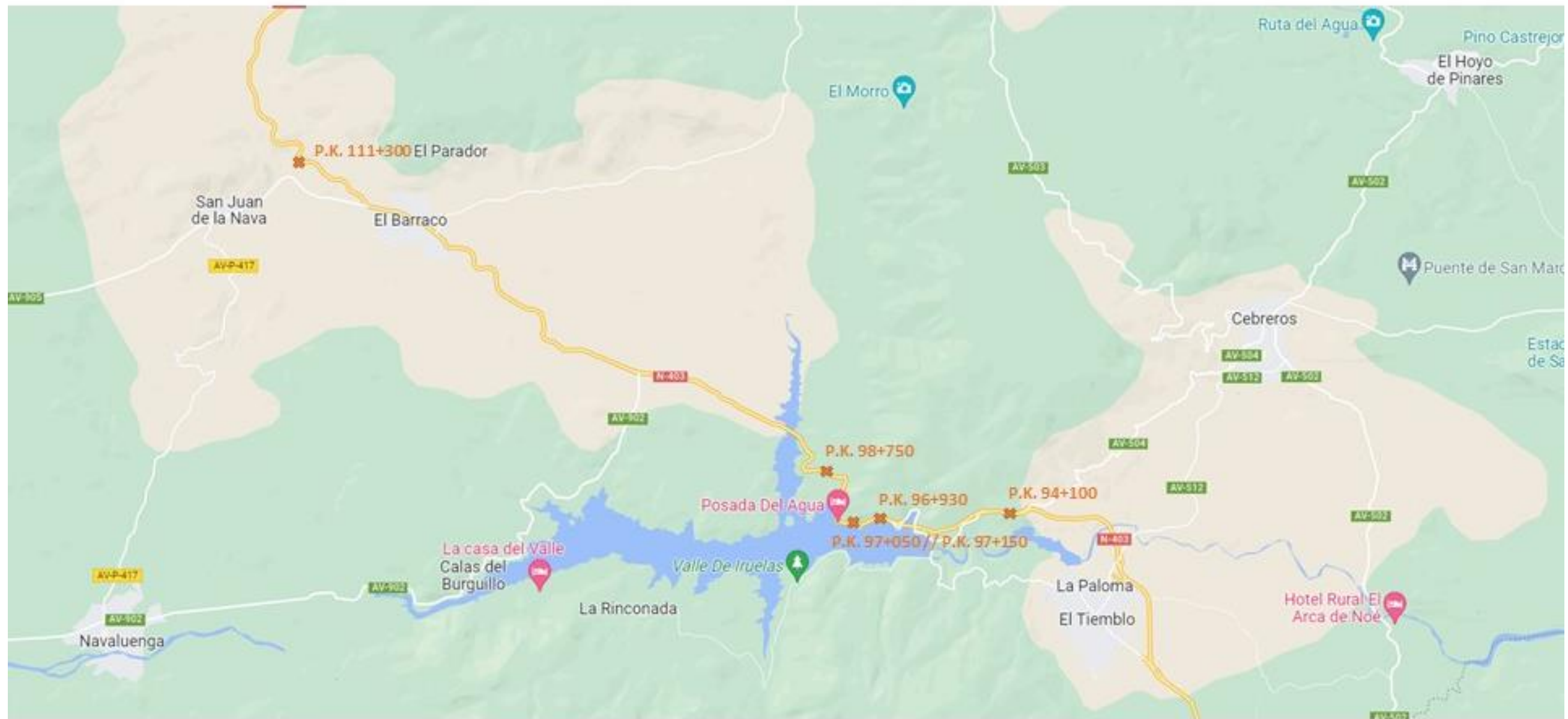


Figura 1 - Mapa de ubicación de los taludes de estudio de la N-403. Fuente: Elaboración propia.



1.1. TALUD 1 – PK 94 + 100



Figura 2 - Desprendimientos en talud 1. Fuente: elaboración propia.



Figura 3 - Afloramientos de estratificación en talud 1. Fuente: Elaboración propia.



Figura 4 - Acumulación de desprendimientos en pie de talud. Fuente: Elaboración propia.



1.2. TALUD 2 – PK 96+930



Figura 5 - Detalle tramo inicial del talud 2. Fuente: Elaboración propia.



Figura 7 - Detalle bloques en cabeza de talud 2. Fuente: Elaboración propia.

1.3. TALUD 3 – PK 97+050



Figura 6 - Detalle tramo final del talud 2. Fuente: Elaboración propia.



Figura 8 - Detalle tramo inicial del talud 3. Fuente: Elaboración propia.



1.4. TALUD 4 – PK 97+150



Figura 9 - Estratificación en el talud 3. fuente: Elaboración propia.



Figura 11 - Estratificación en talud 4. Fuente: Elaboración propia.



Figura 10 - Detalle roturas en talud 3. Fuente: Elaboración propia.



Figura 12 - Detalle de árbol en cuneta en talud 4. Fuente: Elaboración propia.



1.5. TALUD 5 – PK 98+750



Figura 13 - Zonta central del talud 5. Fuente: Elaboración propia.



Figura 14 - Detalle meteorización generalizada en talud. Fuente: Elaboración propia.



Figura 15 - Detalle estratificación en talud 5. Fuente: Elaboración propia.



1.6. TALUD 6 – PK 111+300

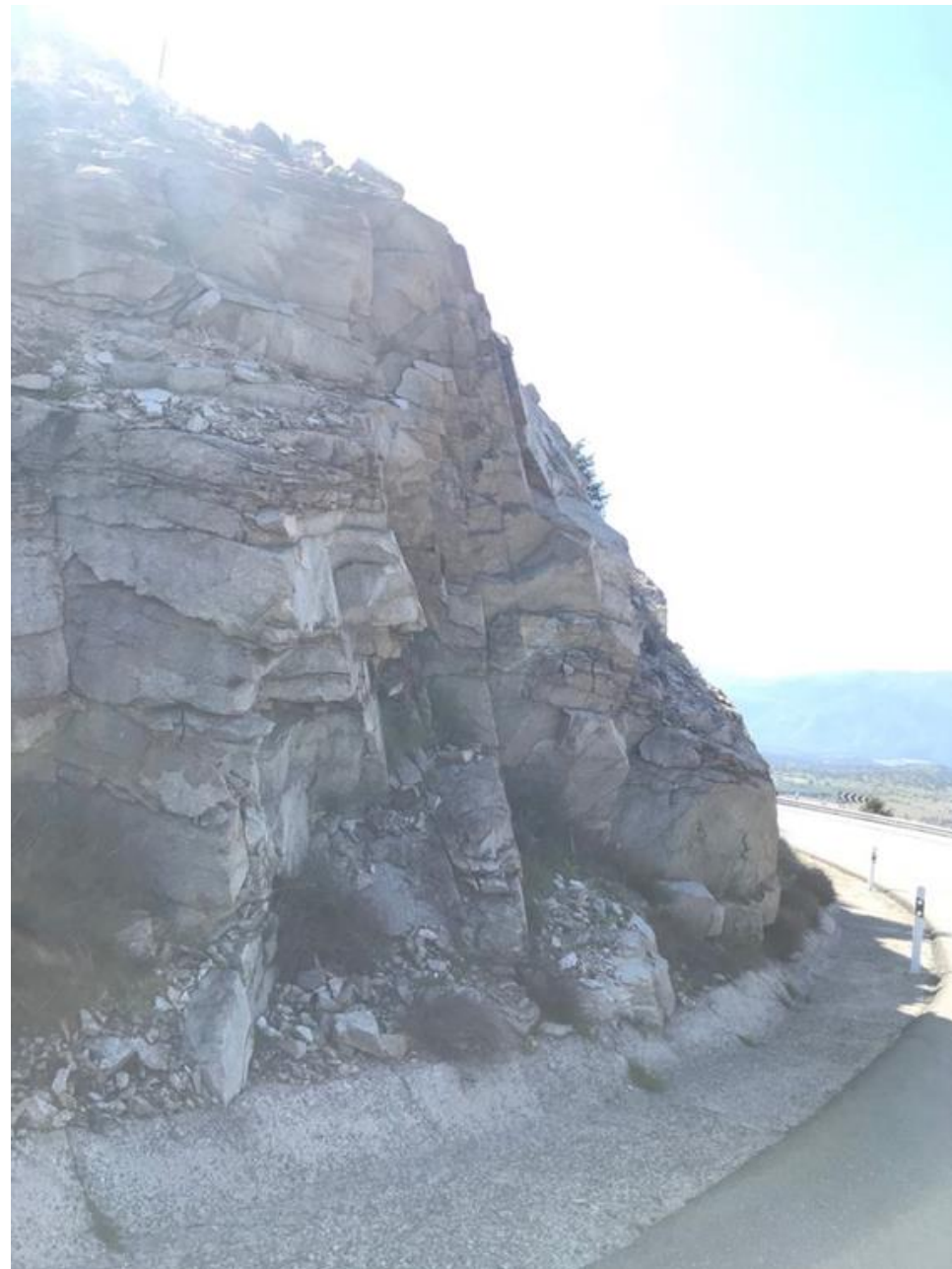


Figura 16 - Detalle de ubicación del talud 6 en curva. Fuente: Elaboración propia.



Figura 17 - Detalle de estratificación en talud 6. Fuente: Elaboración propia.



*Figura 18 - Meteorización generalizada en talud 6. Fuente: Elaboración propia.*



## 2. DESCRIPCIÓN FOTOGRÁFICA N – 502

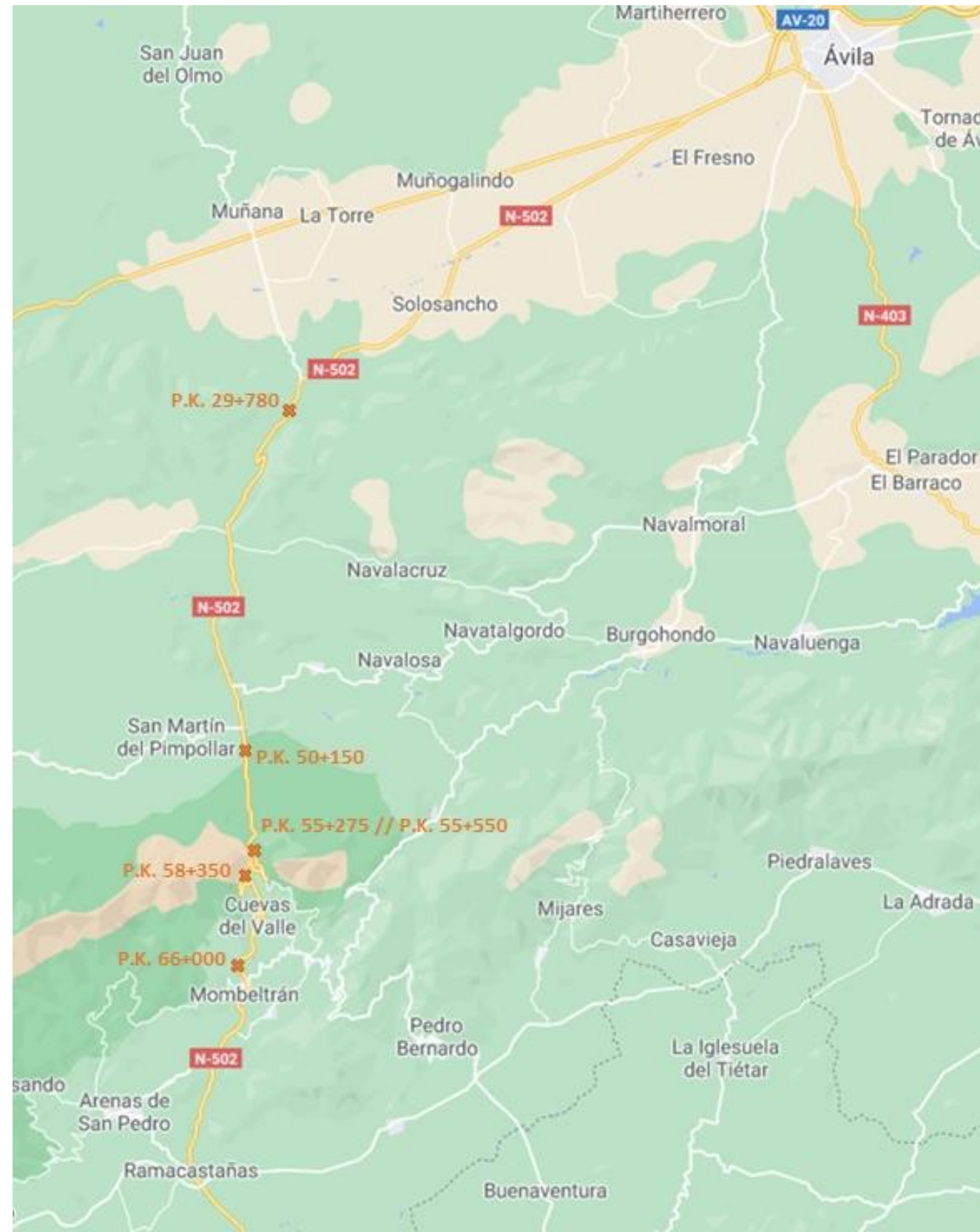


Figura 19 - Mapa de ubicación de los taludes de estudio de la N-502. Fuente: Elaboración propia.



## 2.1. TALUD 7 – PK 29+780



Figura 20 - Detalle bloques de tamaño medio en cabeza de talud. Fuente: Elaboración propia.



Figura 21 - Planos de rotura predominantes en talud 7. Fuente: Elaboración propia.

## 2.2. TALUD 8 – PK 50+150



Figura 22 - Variación de estratificación en talud 8. Fuente: Elaboración propia.



2.3. TALUD 9 – PK 55+275



Figura 23 - Estratificación de talud 8. Fuente: Elaboración propia.



Figura 25 - Detalle de zona de escorrentía en talud 9. Fuente: Elaboración propia.

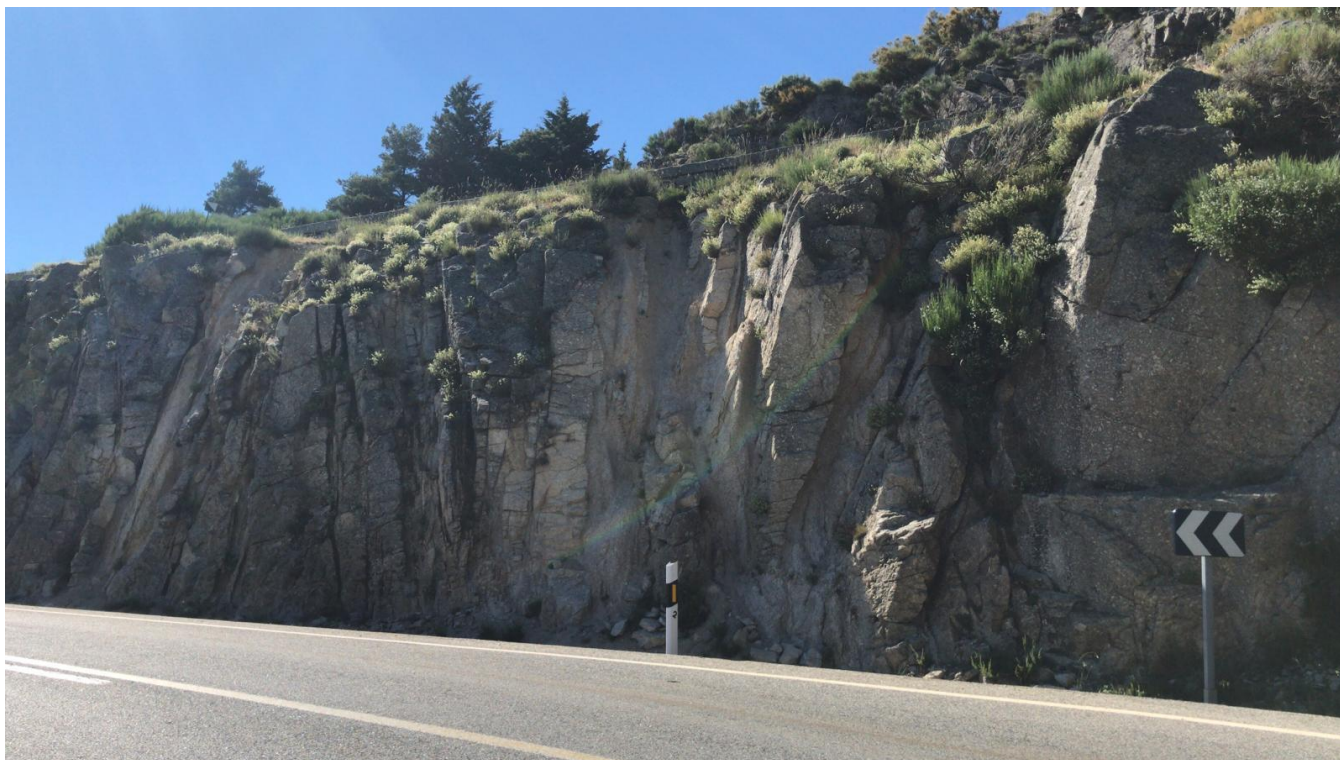


Figura 24 - Detalle de zona de escorrentía de agua en talud 8. Fuente: Elaboración propia.



Figura 26 - Vegetación en talud 9. Fuente: Elaboración propia.



#### 2.4. TALUD 10 – PK 55+550



Figura 27 - Bloques desprendidos y bloques en cabeza de talud. Fuente: Elaboración propia.

#### 2.5. TALUD 11 – PK 58+350



Figura 29 - Detalle meteorización en talud 11. Fuente: Elaboración propia.



Figura 28 - Familia de juntas de rotura. Fuente: Elaboración propia.



Figura 30 - Vegetación en talud 11. Fuente: Elaboración propia.



2.6. TALUD 12 – PK 66+000



Figura 31 - Detalle de talud de proximidad a curva. Fuente: Elaboración propia.

## **ANEJO II – GEOLOGÍA**

---

## INDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1. OBJETO</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2. INFORMACIÓN CONSULTADA</b> .....	<b>1</b>
<b>2. GEOLOGÍA GENERAL</b> .....	<b>1</b>
<b>2.1. ENTORNO GEOLÓGICO GENERAL</b> .....	<b>1</b>
<b>2.2. TECTÓNICA</b> .....	<b>2</b>
<b>2.3. GEOMORFOLOGÍA</b> .....	<b>2</b>
<b>2.4. RIESGOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS</b> .....	<b>3</b>
<b>3. GEOLOGÍA EN DETALLE N-403</b> .....	<b>3</b>
<b>3.1. LITOLOGÍA-ESTRATIGRAFÍA</b> .....	<b>3</b>
<b>4. GEOLOGÍA EN DETALLE N-502</b> .....	<b>4</b>
<b>4.1. LITOLOGÍA-ESTRATIGRAFÍA</b> .....	<b>4</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. OBJETO

El objeto del presente anejo es el análisis de los aspectos geológicos del tramo de estudio, con el fin de establecer un encuadre geotécnico adecuado que sirva de base de diseño para el estudio posterior.

El ámbito de actuación del mismo discurre entre los PPKs de la N-402 y N-503, mencionados en los apartados anteriores.

### 1.2. INFORMACIÓN CONSULTADA

La elaboración de este trabajo se ha realizado mediante la toma de datos en el propio ámbito de estudio, así como mediante la consulta y estudio de la documentación que se relaciona a continuación.

- I. *Cartografía geológica-geotécnica* de superficie, a escala 1 / 2.000, de toda la zona afectada.
- II. *Mapa Geológico de España*. Hoja Nº 555 "Navatgordo". Escala 1/50.000 editadas por el IGME.
- III. *Mapa Geológico de España*. Hoja Nº 556 "Navaluenga". Escala 1/50.000 editadas por el IGME.
- IV. *Mapa Geológico de España*. Hoja Nº 578 "Arenas de San Pedro". Escala 1/50.000 editadas por el IGME.
- V. *Mapa Geotécnico General*. Hoja Nº 44 "Ávila". Escala 1/20.000 editado por el IGME.
- VI. *Mapa Geotécnico General*. Hoja Nº 45 "Madrid". Escala 1/20.000 editado por el IGME.

## 2. GEOLOGÍA GENERAL

### 2.1. ENTORNO GEOLÓGICO GENERAL

En lo que respecta a la geología del conjunto estudiado, se corresponde con formaciones geológicas pertenecientes al Sistema Central, siendo por tanto los materiales dominantes rocas ígneas y metamórficas, correspondientes a grandes bloques tectónicos que surgieron con los plegamientos alpinos.

La mayor parte de la hoja (Hoja Nº 44 "Ávila") y la totalidad del tramo correspondiente a la N-503, está formada por rocas ígneas. El único estudio de conjunto sobre la provincia de Ávila es muy antiguo y da muy pocos detalles sobre la naturaleza petrológica del Sistema Central.

Se puede decir, por tanto, que, en términos generales, las formaciones plutónicas corresponden a un granito adamellítico de dos micas, normalmente biotítico, de grano medio a grueso, algunas veces porfídico, con

feldespatos que pueden llegar a medir hasta siete centímetros de longitud, otras veces orientado, con tránsitos graduales a los gneises biotíticos.

Los granitos porfídicos abundan especialmente en la Sierra de Béjar y en su prolongación nororiental, al este de la línea de Piedrahita-Barco de Ávila-Tornavacas.

Por otra parte, en lo que respecta a las rocas metamórficas, se incluyen únicamente las rocas paleozoicas o las posibles precámbricas con un avanzado grado de metamorfismo. Se dividen principalmente en rocas metamórficas de contacto y rocas de metamorfismo regional.

Las que encontramos en el borde de la hoja, correspondiente al estudio de la N-403, se trata de rocas de metamorfismo regional. Se corresponde con un afloramiento situado al este de los arroyos Labradillos y Gaznafa. Representa el extremo occidental de la banda metamórfica que hay entre Cebreros y La Cañada. Esta serie está altamente metamorfizada y replegada, lo que dificulta mucho su interpretación. Está formada por migmatitas y por esquistos satinados muy parecidos a los de Bernuy-Salinero. Los esquistos alcanzan gran potencia hacia el este y están inyectados por diques de pórfidos graníticos. Se trata de una serie en general bastante complicada, ya que está formada no solo por materiales cámbricos y silúricos, sino quizá también por restos de un Precámbrico Superior.

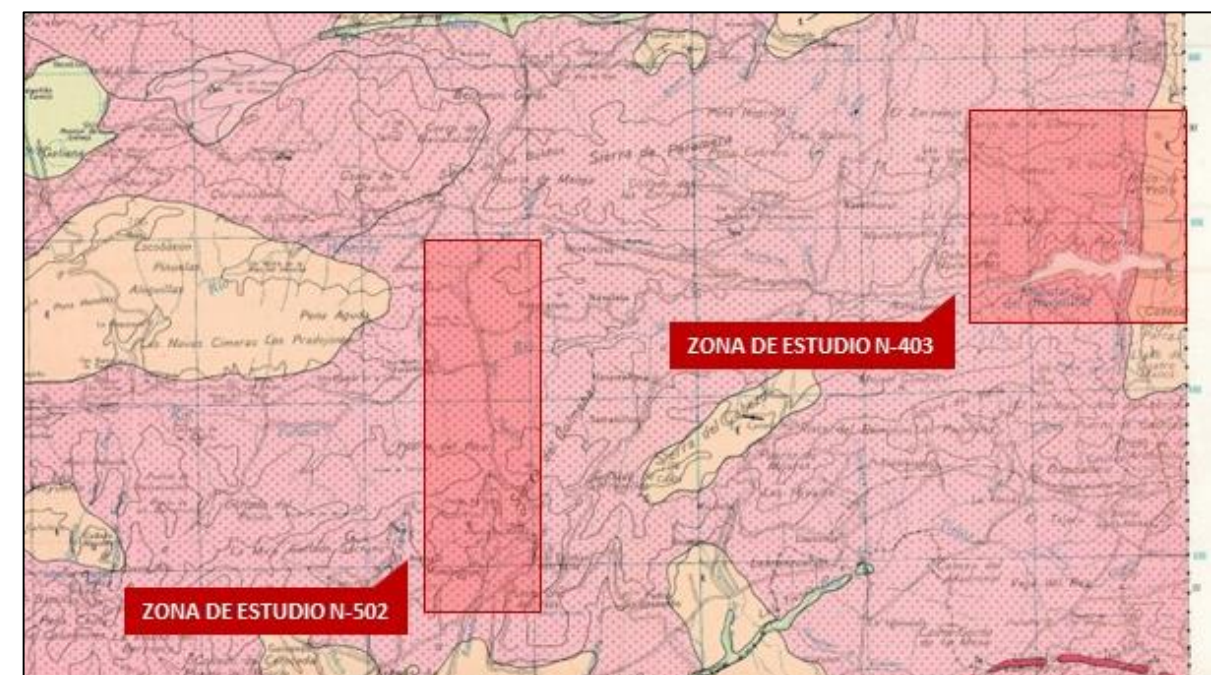


Figura 1 - Fragmento hoja Nº44 "Ávila" Mapa Geotécnico General Escala 1/20.000. Fuente: IGME.

En la figura 1 se muestra el fragmento correspondiente a la Hoja Magna Nº 44- "Ávila" perteneciente al área de estudio.



## 2.2. TECTÓNICA

Desde el punto de vista tectónico, esta quizás sea una de las zonas más interesantes de la Península Ibérica, ya que la tectónica ha desempeñado un importante papel, condicionando mediante un extenso y profundo sistema de fracturas, las características principales del relieve.

En la zona que nos ocupa de estudio, las direcciones tectónicas están claramente dirigidas al NO y en la mayor parte de los casos las capas buzan verticales o casi verticales, unas veces al N y otras al S.

Para llevar a cabo la recopilación de la información necesaria, se ha establecido como fuente de consulta e información los diferentes Mapas Geotécnico General editados por el IGME, en concreto la Hoja Nº 44 "Ávila", la cual se muestra en el apartado anterior.

Por una parte, en lo que respecta al ámbito de estudio que comprende la N-403, se pueden diferenciar dos grandes unidades tectónicas: el zócalo antiguo y la depresión del Tajo.

En lo que respecta al zócalo antiguo, a su vez se encuentran dos tectónicas superpuestas. Una de ellas de edad hercínica que afecta a materiales metamórficos con pliegues apretados y desarrollo de intensa foliación. Y la tectónica alpina, en la que aparecen numerosas fracturas y sistemas de diaclasamiento que cuartejan y rompen todos los materiales.

En lo que acontece a la N-502, para la mitad occidental del Sistema Central, incluida casi en la totalidad en la hoja de análisis Hoja Nº 44 "Ávila", se admite la existencia de dos fases principales de deformación, una con pliegues isoclinales sinmetamórficos, con esquistosidad de flujo de plano axial hacia al O u O-SO, y otra fase posterior, con pliegues más abiertos y de dirección NO-SE.

Por otro lado, el diaclasamiento de los granitos es muy intenso y se debe principalmente a los esfuerzos tectónicos a los que han estado sometidas las rocas plutónicas. Por otra parte, el hecho de que se han podido desarrollar dos penillanuras, una intramiocénica y otra postmiocénica, indica la existencia a las fases estática. Lo que es una prueba evidente de que los movimientos tectónicos han seguido actuando durante todo el Cuaternario.

## 2.3. GEOMORFOLOGÍA

Para llevar a cabo el estudio de la geomorfología, se ha recurrido al "Mapa geotécnico general", Hoja Nº 44 "Ávila" y Nº 45 "Madrid", donde se recogen las características geomorfológicas que afectan de manera más o menos directa a las condiciones constructivas de los diferentes terrenos.

En el estudio de la geomorfología se analizarán los principales rasgos morfológicos, viendo que repercusión tienen sobre las condiciones constructivas de los terrenos. Se tendrá como base las características y comportamiento de las diferentes familias de rocas ante las condiciones ambientales, resaltando aquellos problemas que surjan en el terreno, bien por causas puramente naturales.

Para las dos áreas de estudio que nos ocupan, se tiene una geomorfología muy similar. La mayoría del terreno se corresponde con zonas intermedias y zonas abruptas, con pendientes entre el 7 y el 30 por ciento. Concentrándose, en el tramo final correspondiente a la N-502, zonas con formas abruptas, con pendientes topográficas superiores al 25 por ciento.

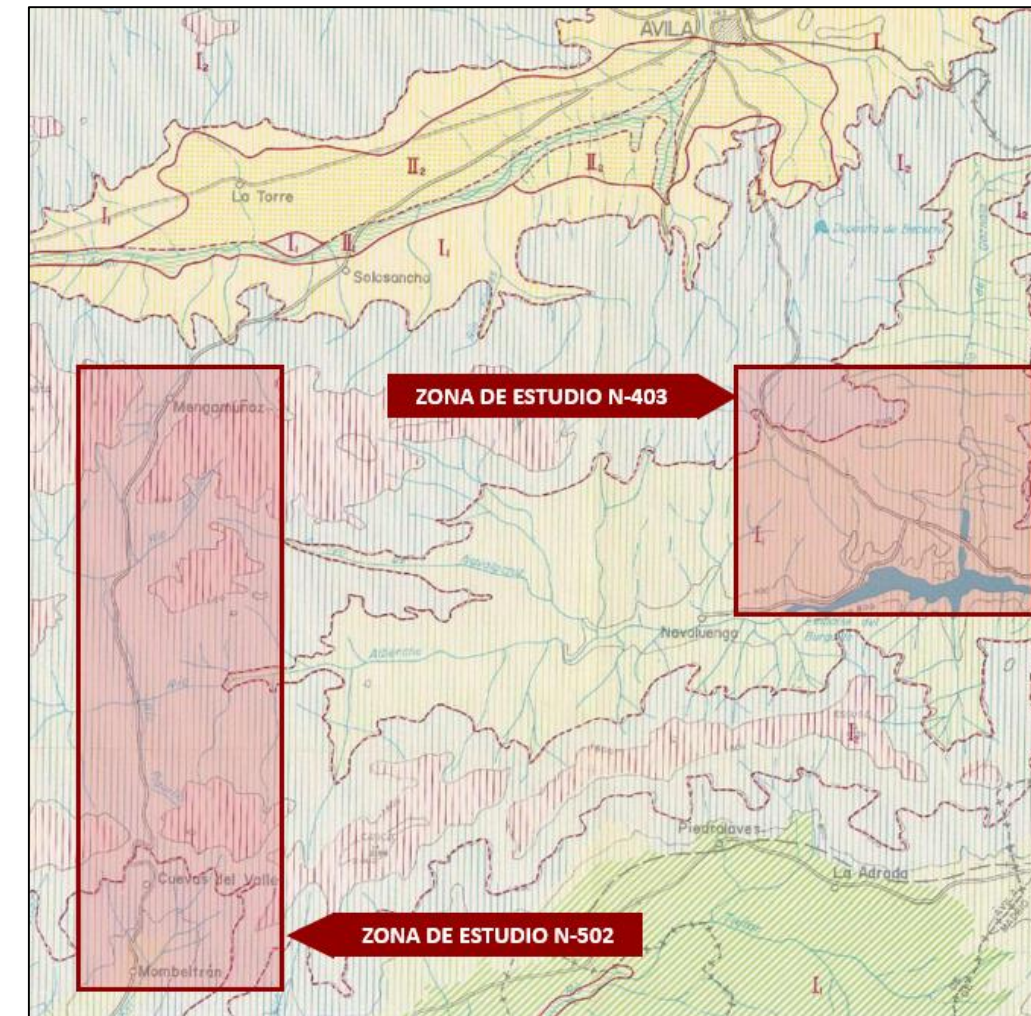


Figura 2 - Fragmento Hoja Nº 44 - "Ávila" Mapa geotécnico general. Fuente: IGME.

Por lo general se trata de un terreno estable bajo condiciones naturales y bajo la acción del hombre, produciéndose únicamente fenómenos de desgajamiento y rotura de bloques a causa de fenómenos climáticos como los hielos y deshielos.

En lo que respecta a los recubrimientos son variables en su potencia y escasos en número, apareciendo, sin embargo, en muchas laderas acumulaciones rocosas sueltas dispuestas arbitrariamente, dando lugar a una inestabilidad puntual y debida a causas puramente naturales al existir la posibilidad de que dichas acumulaciones puedan desplazarse a favor de la pendiente por la acción de la gravedad y demás factores climatológicos.

#### 2.4. RIESGOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS

La zona de estudio presenta una gran variedad de unidades litológicas y geoestructurales. En este apartado se citan los posibles riesgos geológico-geotécnicos que serán desarrollados en detalle en sus respectivos apartados.

Los desprendimientos, son la inestabilidad tipo más habitual en estos tipos de taludes, tanto en tamaños pequeño como en moderados. Estos consisten en movimientos muy rápidos de una porción, en este caso de roca cuyo recorrido se realiza en gran parte a través del aire y por caída libre, saltando o rodando.

Otros de los riesgos asociados que se han localizado en este tramo son las generadas por la formación de cuñas que independizan bloques rocosos, que pueden presentar orientaciones diferentes según su trazado.

Así mismo, se describen algunos casos deslizamientos planos, estos en su mayoría se corresponden con cuñas, ya que intervienen dos familias de juntas diferenciadas, aunque una de ellas presente mayor continuidad.

### 3. GEOLOGÍA EN DETALLE N-403

#### 3.1. LITOLOGÍA-ESTRATIGRAFÍA

En lo que respecta a la estratigrafía de la zona de estudio, se encuentra en su mayoría compuesta por rocas graníticas hercínicas tardi-post cinemáticas. En concreto se corresponde con dos series granodiorita-monzogranito biotítico porfídico con megacristales escasos o abundantes.

Junto con ellas, en toda la zona de estudio, se encuentran pequeños afloramientos ocasionales pertenecientes al Cuaternario Holoceno. Se trata de depósitos de tipo endorreico o semiendorreico constituidos fundamentalmente por sedimentos de granulometría fina, limos y arcillas predominantemente, con cantos esporádicos. Su espesor máximo puede cifrarse en torno a los 2 – 3 m. Su génesis puede corresponder con encharcamientos temporales relacionados con cursos fluviales, o tener posible influencia periglacial.

Además, se detectan también pequeños afloramientos repartidos por toda la zona de estudio que corresponden a depósitos de génesis mixta, fluvial y de ladera, constituidos por cantos, más o menos angulosos, irregularmente distribuidos en una matriz limo-arenosa y arcillosa. Su espesor, difícilmente cuantificable, puede estimarse en torno a los 2 – 3 m como media, pertenecientes también al Holoceno.

También, se encuentran pequeños afloramientos correspondientes al Terciario Holoceno. Se corresponde con materiales de alteración del sustrato granítico (lehem), cuando su extensión o potencia son relevantes y enmascaran la litología subyacente. Se trata de arenas arcósicas de tonos blanquecinos dominantes, sin evidencias de transporte y que, pueden alcanzar en ocasiones desarrollo notable.



Figura 3 - Fragmento Hoja N°556 - "Navaluenga". Mapa geológico. Fuente: IGME.

Por último, es de mencionar los distintos rellenos filonianos que se encuentran repartidos por toda la hoja y que, por consiguiente, aparecen en la zona de estudio en repetidas ocasiones. Los rellenos filonianos más presentes en esta zona son rellenos de cuarzo, de edad más reciente, y rellenos graníticos.



Los rellenos filonianos de cuarzo son abundantes en toda la zona. Aparecen en general, rellenando fracturas con orientaciones típicamente tardihercínicas, con potencias que varían desde pocos centímetros a varios metros. Muestra estructuras de relleno tanto masivo, como bandeado, laminares, de brechas o cementadas. El segundo relleno que aparece con mayor asiduidad se corresponde con aplitas y leucogranitos. Se trata de rocas de color blanquecino con tonos amarillentos, de grano fino y con moscovitas y/o biotita abundante. En ocasiones se reconoce deformación frágil al aparecer tanto las fases minerales originales como su retrogradación afectadas por microfracturación.

A continuación, se muestra la estratigrafía de la Hoja Nº 556 “Navaluenga”.

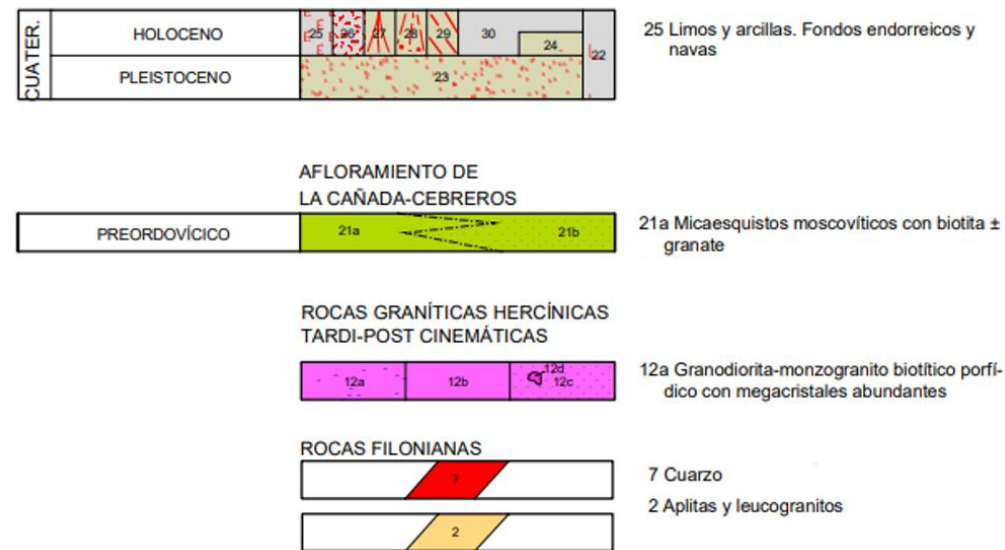


Figura 4 - Estratigrafía perteneciente al tramo de estudio de N-403. Fuente: IGME.

fangos arcósicos de tamaño medio-fino y colores blanquecinos y amarillentos, que afloran bajo los sedimentos más recientes. Estos materiales corresponden con toda probabilidad a sedimentos terciarios.

El siguiente de los materiales que se encuentran correspondientes al Terciario son arenas y arcillas lehm. Se trata de sedimentos de alteración del sustrato granítico de tipo lehm, y que solamente se han cartografiado en zonas donde su potencia o desarrollo es más importante.

Por otra parte, en lo que respecta al Cuaternario, se han detectado pequeñas afloraciones repartidas por toda la zona de estudio. Estas, se corresponden con, en primer lugar, cantos, arenas y limos de origen coluvial, compuestos por elementos sueltos, con matriz en proporción variable, de nula a muy abundante. Y, por otra parte, con gravas, arenas y arcillas, en proporciones variables, ligados a cursos fluviales, tanto estacionales como permanentes.

También, es de considerar rellenos filonianos de cuarzo y de pórfido granítico, repartidos en toda la extensión de la zona de estudio, de manera puntuales, y de características similares a la enunciadas en la estratigrafía de la N-403.

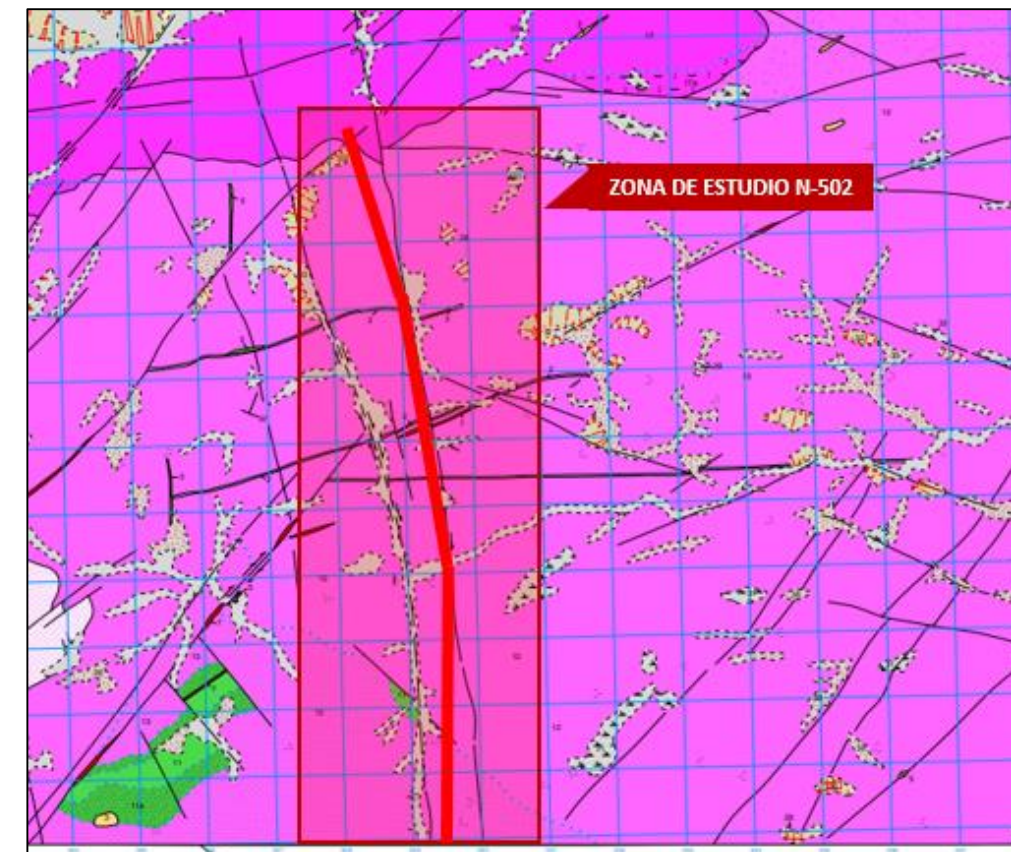


Figura 5 - Fragmento Hoja Nº 555 “Navatalgordo” Mapa geológico. Fuente: IGME.

## 4. GEOLOGÍA EN DETALLE N-502

### 4.1. LITOLOGÍA-ESTRATIGRAFÍA

Para el desarrollo de la estratigrafía de la zona correspondiente a la N-502, se precisa la necesidad de recurrir a dos Hojas de la serie Magna: Hoja Nº 555 “Navatalgordo” y Hoja Nº 578 “Arenas de San Pedro”.

En primer lugar, en lo que respecta a la Nº 555 “Navatalgordo”, en toda su extensión, se encuentra en considerable abundancia granodiorita-monzogranito de grano medio, biotítico. Los afloramientos atribuibles al Terciario se reducen a dos pequeños asomos de materiales detríticos localizados bajo el Cuaternario. El primero de ellos se trata de arcosas y arcillas, en general son materiales compuestos por



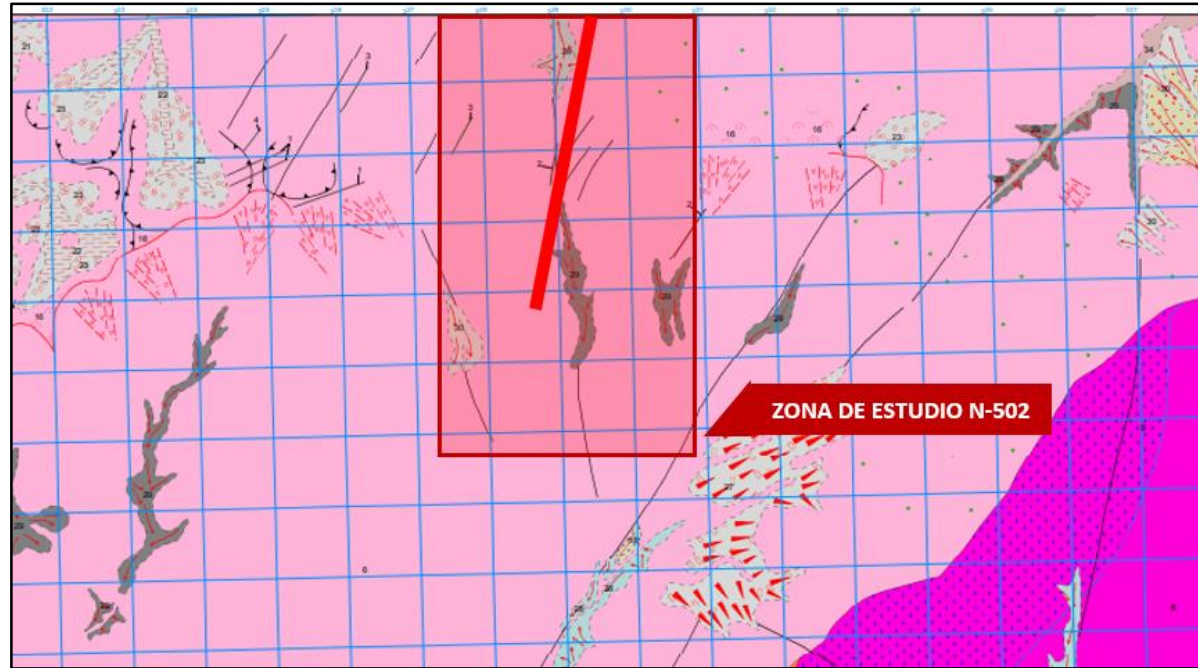


Figura 6 - Fragmento Hoja Nº 578 "Arenas de San Pedro" Mapa geológico. Fuente: IGME.

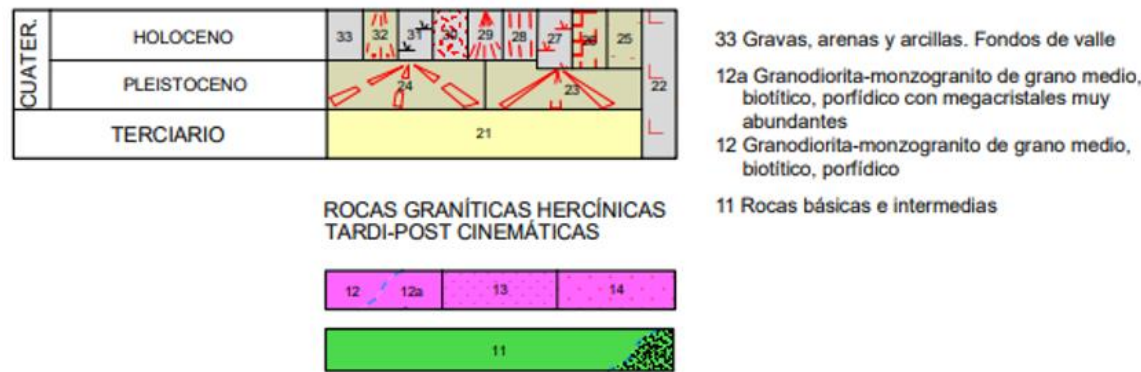


Figura 7 - Estratigrafía Hoja Nº 555-Navatalgordo. Fuente: IGME.

Por otra parte, en lo que respecta a la Nº 578 "Arenas de San Pedro", en toda su extensión, se encuentra rocas graníticas, en concreto granodiorita y granitos biotíticos porfídicos, los cuales ocupan la mayor proporción del territorio de estudio.

Se detectan afloramientos puntuales de diferentes tipologías, pertenecientes todos ellos al cuaternario, y repartidos entre el holoceno y el pliestoceno superior.

Por una parte, los correspondientes al holoceno, se corresponde con conos de deyección torrencial de segunda generación. Son aglomerados de descarga a la salida de una cuenca torrencial. Se trata de

aglomerados de bloques poco elaborados y que en algunas zonas llegan a empalmar con leves recubrimientos de laderas.

En lo que respecta al pliestoceno superior, se tienen tres tipos de afloramientos principalmente. En primer lugar, los depósitos torrenciales de fondo de cauces. se trata, igualmente de aglomerados de bloques bastante heterogéneos, ya que unos han sido más elaborados al proceder de la cabecera de la garganta mientras que otros son materiales de ladera o conos secundarios. Por otra parte, depósitos fluvio-torrenciales, presentan continuidad temporal con los anteriores, diferenciándose fundamentalmente en el hecho de que los materiales aglomerados presentan un fuerte enriquecimiento de materiales de menor granulometría, producto de cambios bruscos de dinámica a lo largo del cauce. Y, por último, derrames de ladera asociados a depósitos torrenciales. Se trata de depósitos mixtos en los cuales se presenta continuidad entre: aglomerados de grandes bloques heterométricos y subredondeados, con matriz de tamaño sefítico, que corresponden con conos de deyección de salida de gargantas torrenciales.

A continuación, se muestra la estratigrafía correspondiente a la Hoja Nº 578 – "Arenas de San Pedro".

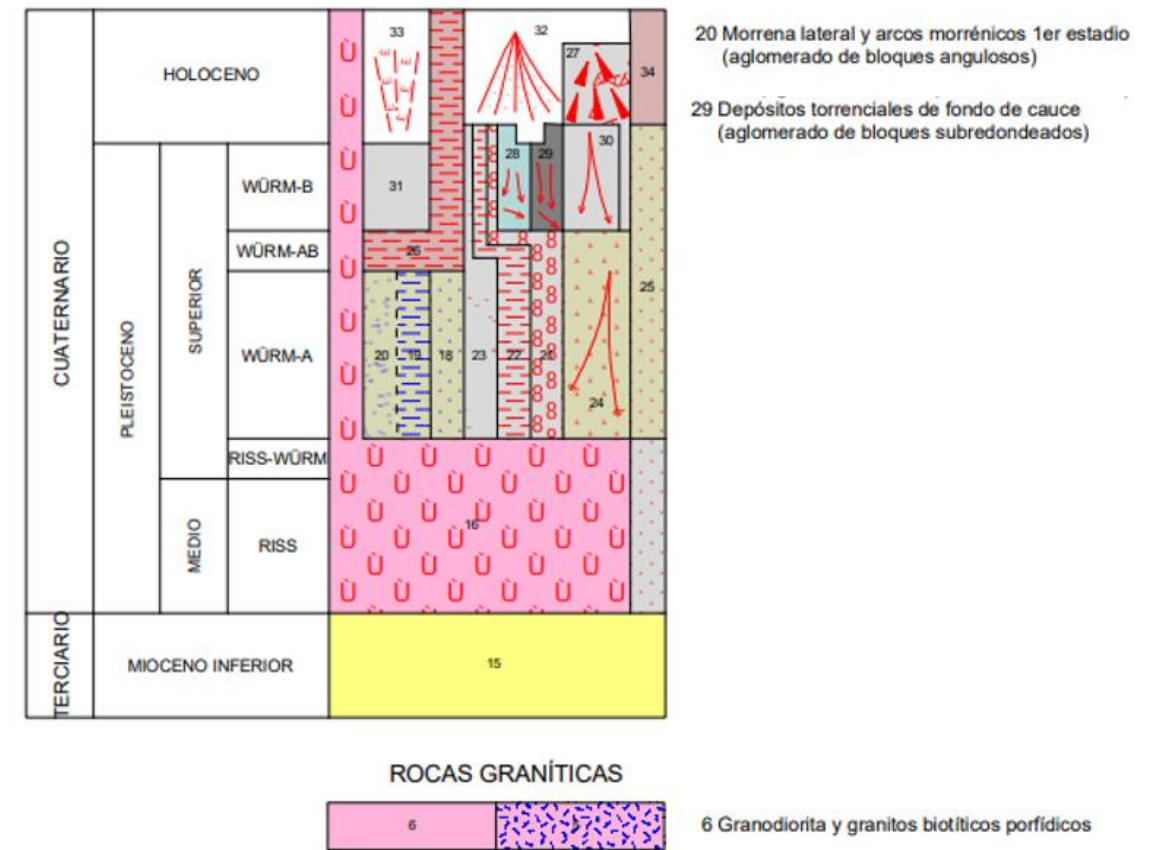


Figura 7 - Estratigrafía Hoja Nº 578 "Arenas de San Pedro" Mapa geológico. Fuente: IGME.

## **ANEJO III – FICHAS TÉCNICAS**

---



## INDICE

<b>1. OBJETO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. FICHAS TÉCNICAS TALUDES N-403.....</b>	<b>2</b>
<b>3. FICHAS TÉCNICAS TALUDES N-502.....</b>	<b>14</b>

---

## 1. OBJETO

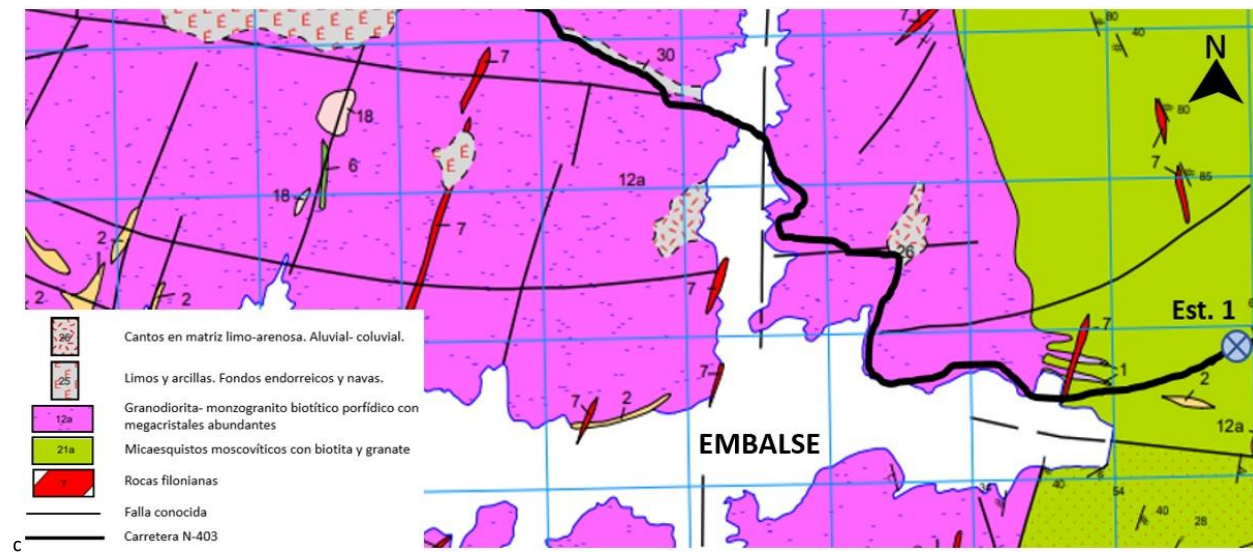
En el presente anejo se lleva a cabo una recopilación de las características técnicas más importantes de cada uno de los taludes. En ellas se encuentran datos físicos, como distancias, alturas y pendientes de los taludes. Así como una breve caracterización geológica y geotécnica, que servirán para llevar a cabo el posterior estudio. Esto se apoyará mediante las imágenes correspondientes a cada talud.



2. FICHAS TÉCNICAS TALUDES N-403

TALUD 1		94+100	Carretera N-403		Curva a izquierdas		
PK INICIO	PK FINAL	LONGITUD (m)	MARGEN	ALTURA MAX. (m)	ALTURA MEDIA. (m)	PENDIENTE (°)	CUNETA
94+100	94+210	110	Derecho	25	20	84	-

CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS	
<b>Litología</b>	Micaesquitos moscovíticos con biotita y granate pertenecientes al preordovícico
<b>Estructura</b>	Sin estructura definida
<b>Observación</b>	Proximidad a cruce



PROPUESTA DE ACTUACIONES
Se recomienda la instalación de una Malla de Triple Torsión anclada en cabeza y pie de talud, previo desbroce y saneo superficial del talud. Además, en la zona de menores PK, donde se encuentran bloques de mayor tamaño, se recomienda la instalación adicional de cables verticales para reforzar la malla.

CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA INICIAL
- En rasgos generales el macizo en toda su superficie se encuentra bastante meteorizado y alterado. Presenta bloques de caída de tamaños variables, siendo los más comunes de clase moderada ( $M < 0,2 \text{ m}^3$ ) y algún bloque de clase grande (L1) en la parte derecha del talud.
- Las juntas presentan algo de relleno duro, principalmente pequeños fragmentos de rocas meteorizadas, con una rugosidad suave y abiertas (1-5 mm). La persistencia de estas es prácticamente despreciable.

ESTACIONES GEOMECÁNICAS	
Familia 1	71/252
Familia 2	21/126
Familia 3	13/036
Familia 4	30/036

Se producen inestabilidades en toda la superficie del talud de manera general. Estas se traducen en pequeños desprendimientos.





Figura 1 – Meteorización en superficie. Bloques de caída desde zona intermedia de talud. Fuente: Propia.



Figura 2 – Estratificación del talud. Meteorización y chineo



Figura 3 – Familia de discontinuidades. Bloques en pie de talud. Chineos y meteorización. Fuente: Propia.









Figura 4 – Bloques en cabeza. Familias de discontinuidades. Plano de rotura planar y deslizamiento. Pie de talud de tamaño limitado. . Fuente: Propia.



Figura 6 – Masa rocosa de irregularidades en parte inferior del talud. Planos de deslizamiento planares. Familias de discontinuidades semihorizontales. Fuente: Propia.

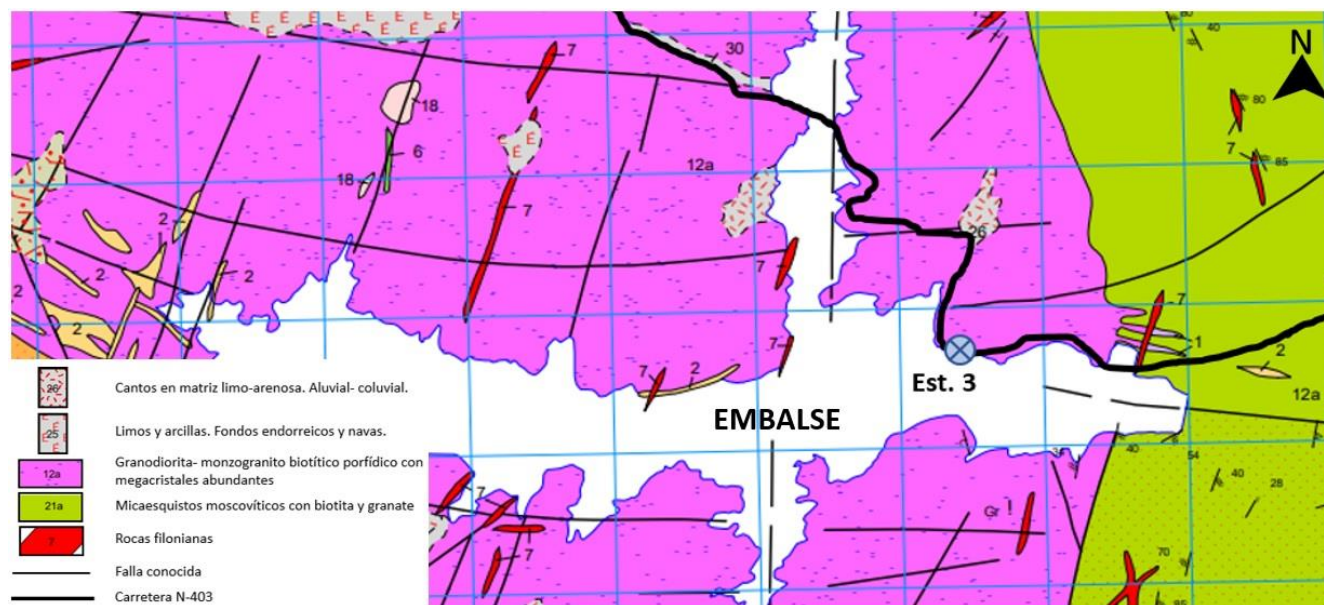


Figura 5 – Plano de rotura aleatorio. Árboles en cabeza de talud. Zona de gran masa rocosa en la parte inferior del talud. Fuente: Propia.



TALUD 3		97+050	Carretera N-403		Alineación recta		
PK INICIO	PK FINAL	LONGITUD (m)	MARGEN	ALTURA MAX. (m)	ALTURA MEDIA. (m)	PENDIENTE (°)	CUNETA
97+050	97+010	50	Derecho	8	6	86	-

CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS	
<b>Litología</b>	Granodiorita-monzogranito biotítico porfídico heterogéneo
<b>Estructura</b>	Estratificación marcada con buzamiento hacia vía
<b>Observación</b>	Bloques en cabeza de talud de gran tamaño; cuneta de ancho pequeño.



CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA INICIAL
- Se caracteriza por ser un macizo con presencia de roca bastante sana y poco alterada superficialmente, aunque fragmentada en profundidad.
- Tiene una fragmentación muy irregular, con espaciamentos variables, oscilando entre zonas de 15-20 cm hasta zonas de 1m, y con alineaciones irregulares.
- Las juntas son suaves, con nada o poco relleno perteneciente de restos de la erosión del propio talud. La separación de estas es generalmente abierta (1 - 5 mm) y nada persistentes.
- El tamaño de bloque posible de caída en general es de volumen elevado, la mayoría de estos son grandes, de clase L1 y alguno de clase L2.

ESTACIONES GEOMECÁNICAS	
Familia 1	44/328
Familia 2	69/206
Familia 3	48/136
Familia 4	10/011
Familia 5	10/075

Generalmente se tienen roturas por pequeñas cuñas y algunas zonas de roturas planares, en especial en la parte izquierda del talud.

PROPUESTA DE ACTUACIONES
- Debido al tamaño de bloque posible de caída analizado, se recomienda la instalación en toda la superficie del talud de una Red de Cable con una cuadrícula de bulones de 3x4 m, o en su defecto, la instalación de una Red de anillos con bulones cada 4x4.





Figura 7 – Bolos de gran tamaño en cabeza de talud. Familias de discontinuidades semiverticales. Fuente: Propia.



Figura 9 – Dos familias de roturas planares con buzamiento hacia vía. Berma en pie de talud de tamaño reducido. Fuente: propia.

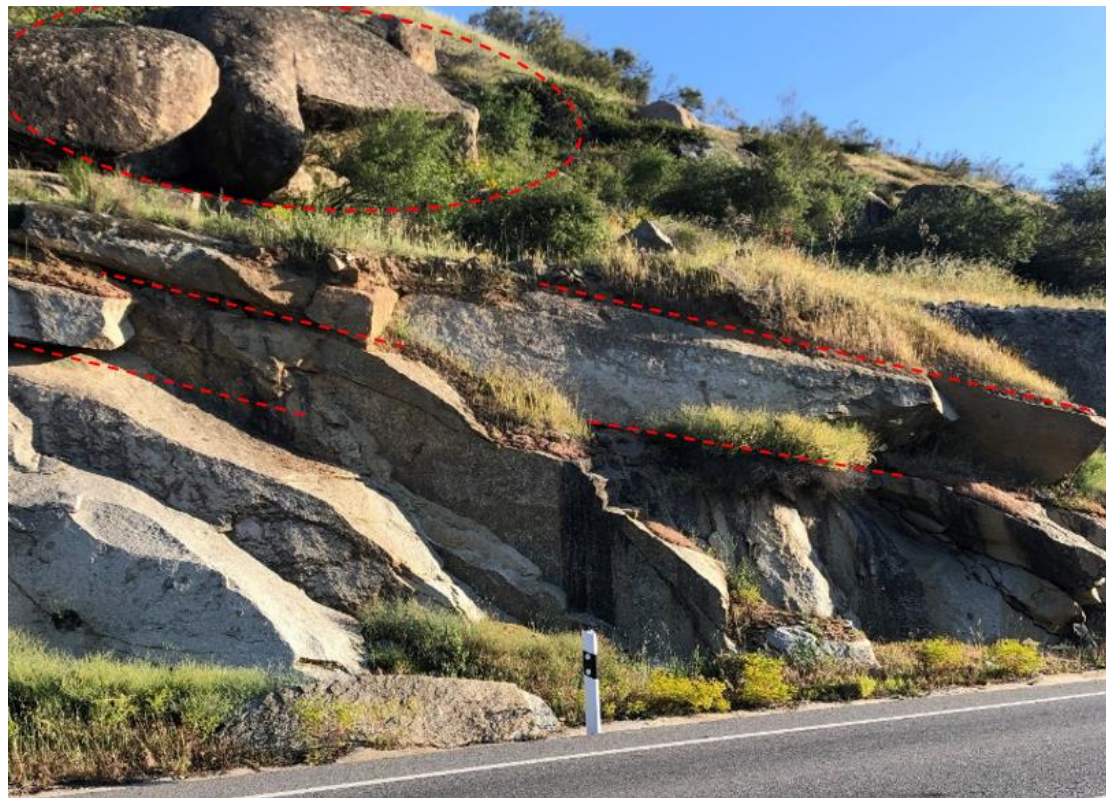
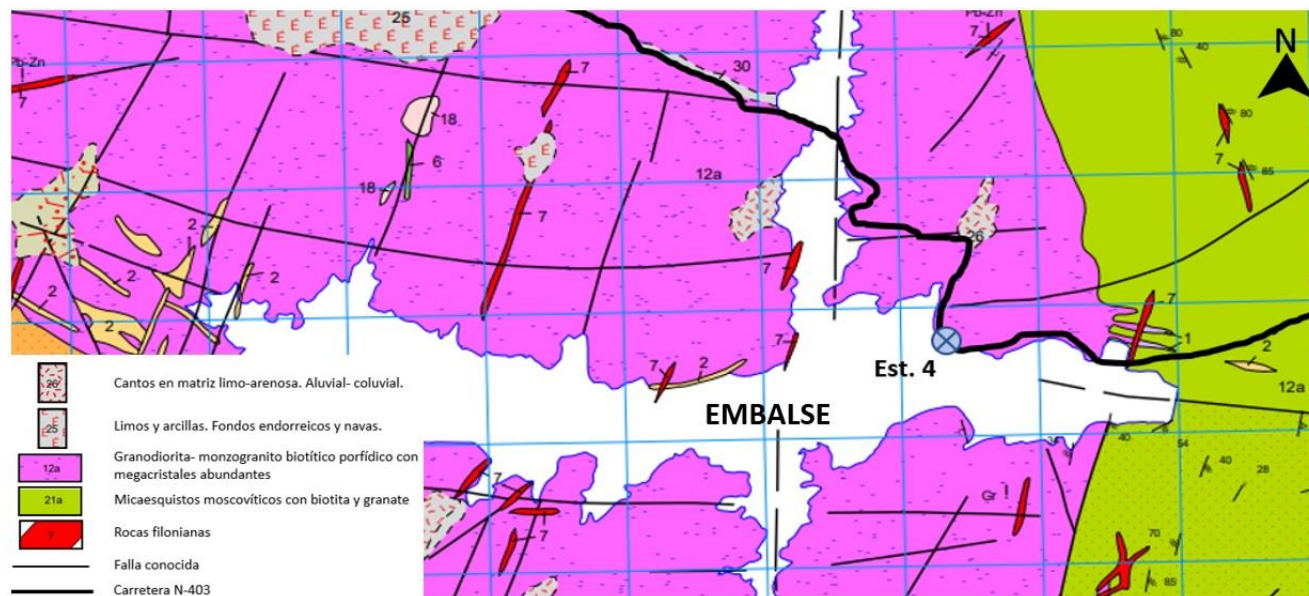


Figura 8 – Bolos de gran tamaño en cabeza de talud. Roturas planares con buzamiento hacia talud. Fuente: Propia.



TALUD 4		97+150	Carretera N-403		Alineación recta		
PK INICIO	PK FINAL	LONGITUD (m)	MARGEN	ALTURA MAX. (m)	ALTURA MEDIA. (m)	PENDIENTE (°)	CUNETA
97+150	97+200	50	Derecho	8	6	86	-

CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS	
<b>Litología</b>	Granodiorita-monzogranito biotítico porfídico heterogéneo
<b>Estructura</b>	Estratificación vertical
<b>Observación</b>	Árbol en cuneta



CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA INICIAL	
-	Se caracteriza por ser un macizo con presencia de roca bastante sana y poco alterada superficialmente, aunque fragmentada en profundidad.
-	Tiene una fragmentación muy irregular, con espaciamentos variables, oscilando entre zonas de 15-20 cm hasta zonas de 1m, y con alineaciones irregulares.
-	Las juntas son suaves, con nada o poco relleno perteneciente de restos de la erosión del propio talud. La separación de estas es generalmente abierta (1 - 5 mm) y nada persistentes.
-	El tamaño de bloque posible de caída en general es de volumen elevado, la mayoría de estos son grandes, de clase L1 y alguno de clase L2.

ESTACIONES GEOMECÁNICAS	
Familia 1	86/036
Familia 2	72/321
Familia 3	22/108
Se localizan roturas en cuña en toda la superficie del talud, y algunos desprendimientos en cabeza.	

PROPUESTA DE ACTUACIONES
- En un primer acto, se recomienda la realización de saneo y desbroce en la parte central superior del talud mediante el uso de medios mecánicos.
- Como se ha comentado, el talud se puede dividir en dos zonas diferenciadas, en los PK iniciales, debido al tamaño de bloque posible de caída, se recomienda la instalación de una Red de Cable con bulones de cuadrícula de 5x3 o 6x4, o en su defecto Red de anillos con bulones cada 4x4.
- En los PK finales, debido a la altura y a las condiciones del terreno no sería necesario la instalación de ningún elemento.





Figura 10 – Planos de rotura prácticamente verticales. Planos de rotura semihorizontales. Bloques inestables en cabeza de talud. Fuente: Propia.



Figura 11 – Familias de discontinuidades. Bloques inestables en cabeza de talud. Berma de pie de talud de tamaño reducido. Fuente: Propia.



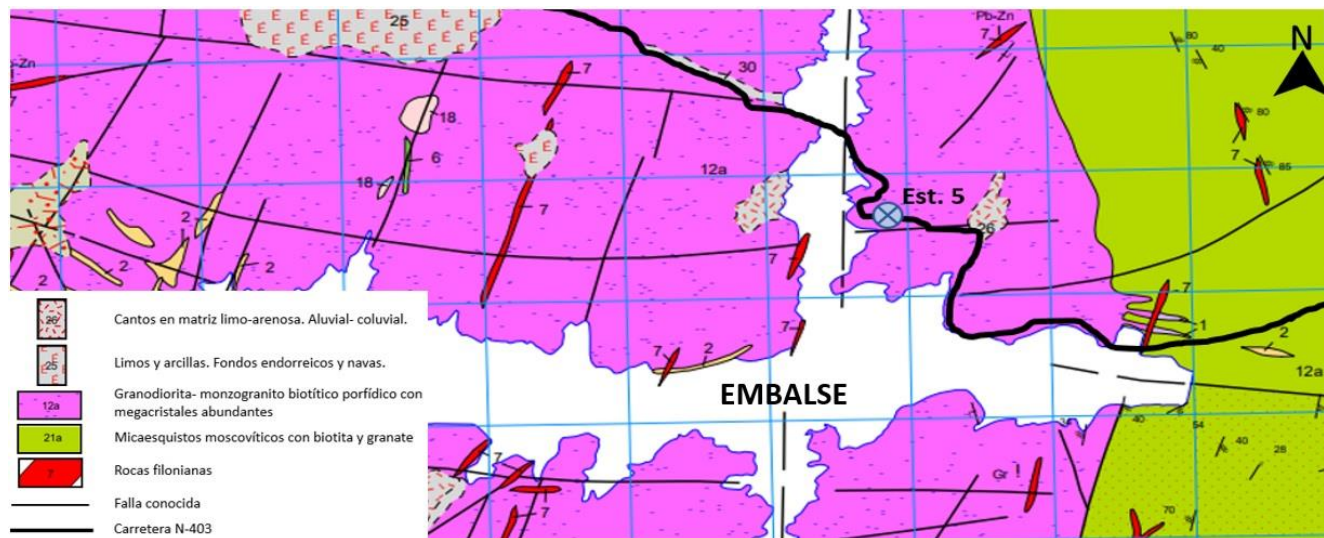
TALUD 5		98+750	Carretera N-403		Curva a derechas		
PK INICIO	PK FINAL	LONGITUD (m)	MARGEN	ALTURA MAX. (m)	ALTURA MEDIA. (m)	PENDIENTE (°)	CUNETA
98+750	98+775	25	Derecho	10	8	71	-

#### CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS

**Litología** Granodiorita-monzogranito biotítico porfídico heterogéneo

**Estructura** Estratificación horizontal muy marcada

**Observación** Cuneta de grava > 1m de ancho.



#### CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA INICIAL

- En lo que corresponde a su estado superficial, es notable una alteración de la estabilidad. Aunque es recurrente en todo el talud, en los PK iniciales es más marcada.

- En la cabeza del talud, en los PK menores, se encuentran dos voladizos de roca, que pese a que la altura no es excesiva, sí que presentan alto grado de peligrosidad debido al tamaño de los mismos. Se estima un bloque posible de caída de clase moderada ( $M < 0,3 \text{ m}^3$ ).

- Las juntas son rugosas con poco relleno y abiertas, con una separación de 1 - 5 mm, cuya persistencia es despreciable.

- La parte izquierda del talud, presenta mayor cantidad de material tipo suelo en su parte alta, y mayor presencia de roca en el pie del talud. Esta roca, se encuentra también bastante alterada y rellenada por material procedente de la parte superior.

- Presencia de pequeñas plantas en gran parte del talud, en especial entre las fisuras de la zona en la que se tiene mayor presencia de material tipo suelo.

#### ESTACIONES GEOMECÁNICAS

Familia 1	79/314
Familia 2	88/058
Familia 3	85/040
Familia 4	32/166

Se encuentran desprendimientos de tamaños moderado, así como la formación de cuñas en la zona superior del talud de considerable magnitud.

#### PROPUESTA DE ACTUACIONES

- Desde el PK 98+760 a fin del tramo, en la cual se tiene mayor presencia de suelo, se recomienda la instalación de Malla de Triple Torsión con tres líneas verticales de cable de recuerzo, que garanticen la correcta estabilidad del talud.

- Por otra parte, en la zona donde se tiene mayor alteración, se recomienda la instalación de Malla de Triple Torsión Reforzada.

- Además, en los voladizos superiores que se encuentran en los PK iniciales del talud, se recomienda la instalación de Red de anillos.





Figura 12 – Masas rocosas en cabeza de talud. Bloque inestable en cabeza de talud. Familia de discontinuidades principal en talud. Fuente: Propia.



Figura 14 – Detalle de familias de discontinuidades y bloque en cabeza de talud. Berma en pie de talud. Fuente: Propia.



Figura 13 – Masas rocosas en cabeza de talud. Familias de discontinuidades principales. Fuente: Propia.

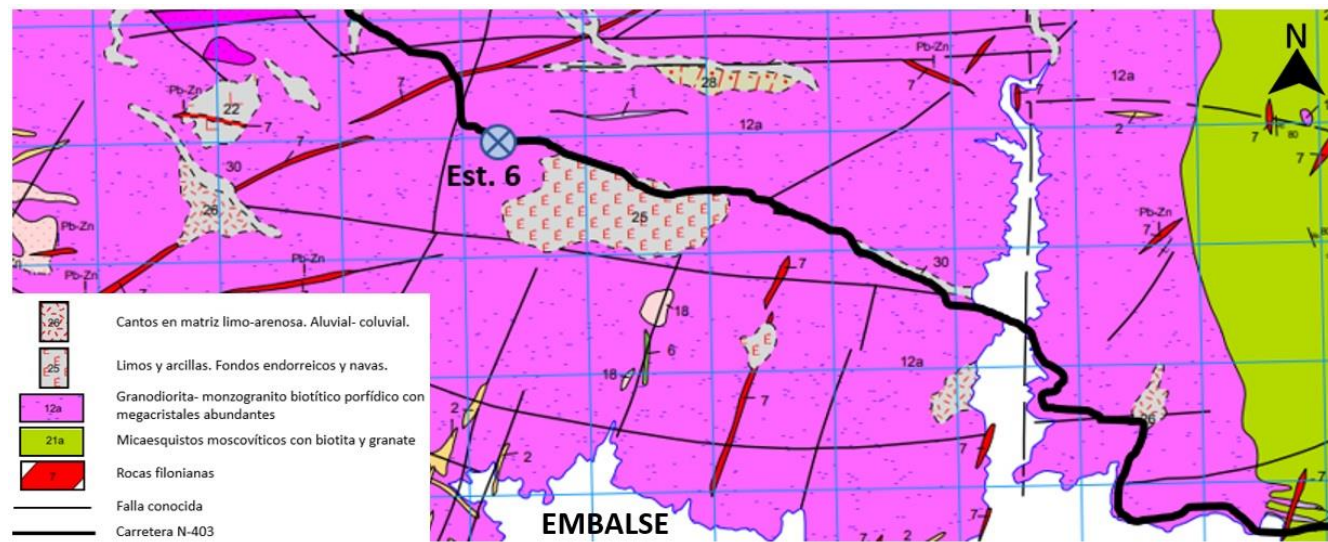


TALUD 6	111+300	Carretera N-403	Curva a derechas
---------	---------	-----------------	------------------

PK INICIO	PK FINAL	LONGITUD (m)	MARGEN	ALTURA MAX. (m)	ALTURA MEDIA. (m)	PENDIENTE (°)	CUNETA
111+300	111+420	120	Derecho	11	10	72	-

**CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS**

<b>Litología</b>	Granodiorita-monzogranito biotítico porfídico heterogéneo
<b>Estructura</b>	Estratificación muy marcada en algunas zonas; alto grado de meteorización.
<b>Observación</b>	Cuneta de poco ancho; situado en curva.



**CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA INICIAL**

- Se caracteriza por ser un macizo con una alteración superficial muy grande, presentando numerosos bloques de tamaño pequeño y moderado por toda la superficie del mismo, llegando algunos de ellos a pie de talud y cuneta.
- Presenta bolos aislados, en especial en cabeza de talud.
- Tiene una fragmentación muy irregular, con espaciamentos variables, oscilando entre zonas de 15-20 cm hasta zonas de 1m, y con alineaciones irregulares.
- En la zona central del talud, se tiene un buzamiento desfavorable, encontrándose además bloques de tamaño grande y moderado, con riesgo de deslizamiento.
- Las juntas son ligeramente rugosas y abiertas (1 - 5 mm), rellenas estas del propio material del macizo. En lo referente a su continuidad, aunque hay zonas en las cuales tienen una continuidad muy marcada, en rasgos generales tiene formaciones discontinuas y arbitrarias.
- El tamaño de bloque posible de caída predominante en todo el talud es pequeño (S) de 0,2 a 10 dm<sup>3</sup>, sin embargo, se tienen grupos de bloques de tamaño moderado (M) en numerosos puntos del talud.

**ESTACIONES GEOMECÁNICAS**

Familia 1	57/036
Familia 2	12/175
Familia 3	83/321
Familia 4	71/110

Generalmente se tienen roturas planares con deslizamiento sobre el plano de mayor buzamiento y desprendimientos en toda la superficie del talud.

Se encuentran también la presencia de pequeñas cuñas.

**PROPUESTA DE ACTUACIONES**

- Se recomienda la instalación de Malla de Triple Torsión Reforzada en toda la superficie del talud.
- Además, en la zona central del talud, en la cual se tienen en la cabeza del mismo numerosos bloques inestables, se recomienda la instalación de Red de Cable con bulones.





Figura 15 – Talud en curva a derechas. Bloques inestables en cabeza de talud. Favorable deslizamiento de la estratificación a vía. Acumulación de tierra vegetal en cabeza de talud. Fuente: Propia.



Figura 16 – Bloques inestables en cabeza de talud. Meteorización en toda su superficie y presencia de pequeños fragmentos en pie de talud. Fuente: Propia.



Figura 17 – Chineos en pie de talud. Buzamiento a vía. Familias de discontinuidades que favorecen la formación de bloques con deslizamiento a vía. Fuente: Propia.

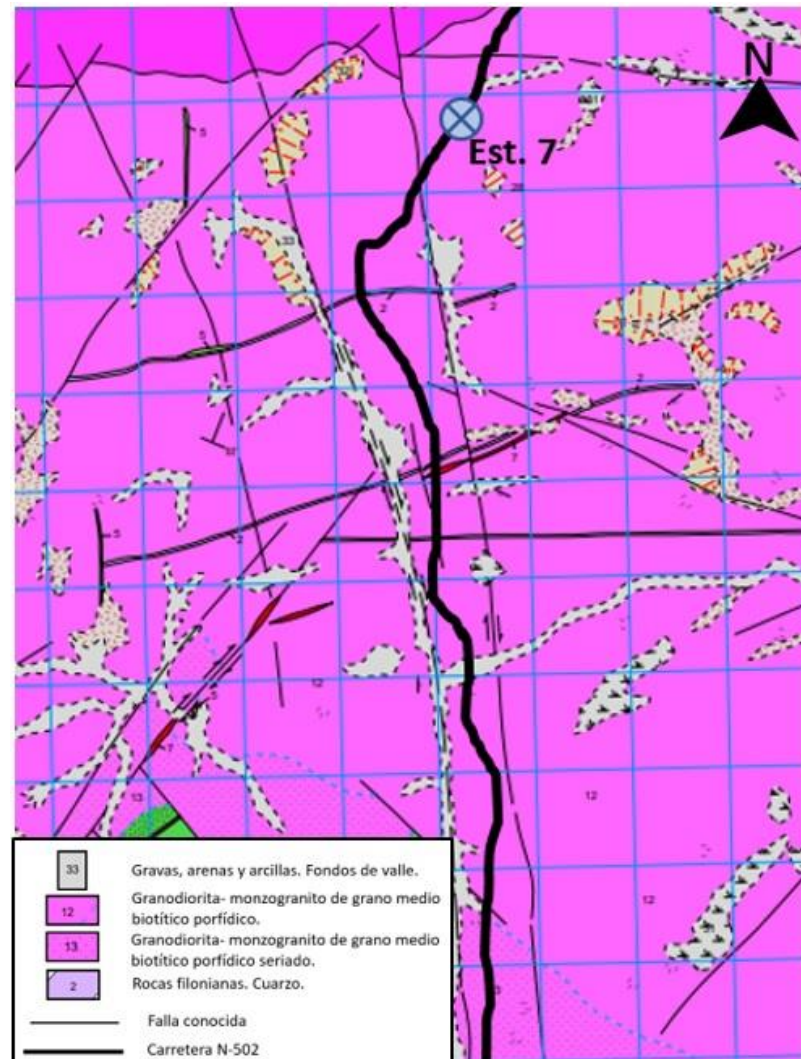


### 3. FICHAS TÉCNICAS TALUDES N-502

TALUD 7		29+780	Carretera N-502		En cruce		
PK INICIO	PK FINAL	LONGITUD (m)	MARGEN	ALTURA MAX. (m)	ALTURA MEDIA. (m)	PENDIENTE (°)	CUNETA
29+780	29+880	100	Izquierdo	15	12	90	-

CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS	
<b>Litología</b>	Granodiorita-monzogranito de grano medio, biotítico, porfídico.
<b>Estructura</b>	Planos de rotura muy marcados
<b>Observación</b>	Situado en cruce.



#### CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA INICIAL

- Se trata de un talud en su mayoría fracturado, con pequeñas zonas localizadas de suelo.
- El estado superficial general de la roca es bueno, presentando una baja meteorización.
- Tiene una fragmentación muy marcada, ocasionando planos de rotura. El espaciado entre las juntas está comprendido entre los 0,20 - 1,00 m, lo que hace que el tamaño de bloque posible de caída sea grande (L) siendo este de 0,2 a 0,5 m<sup>3</sup>.
- Las juntas son suaves, con una separación mayor a 5 mm, encontrándose las situadas en la parte inferior del talud rellenas por material del mismo.
- Se observa una parte central con predominio de suelo y presencia de pequeños restos de material procedente del talud.
- En cabeza de talud se encuentra una serie de bloques de tamaño moderado y rotura planar con buzamiento favorable a la calzada.

#### ESTACIONES GEOMECÁNICAS

Familia 1	67/267
Familia 2	29/233
Familia 3	74/037
Familia 4	66/020
Familia 5	37/127

Se encuentran roturas planas, que generan bloques de gran tamaño de manera generalizada. Además, de algunas pequeñas cuñas y bloques de menor tamaño.

#### PROPUESTA DE ACTUACIONES

- Se recomienda la instalación de una Red de Anillos en toda la superficie del talud, previo saneo y desbroce de todas aquellas zonas de mayor alteración.





Figura 18 – Familias de discontinuidades principales. Bloques inestables en cabeza de talud. Fuente: Propia.



Figura 20 – Plano de rotura planar. Bloques inestables en zona central. Detalle de cuneta. Fuente: Propia.



Figura 19 – Familias de discontinuidades secundaria que favorecen roturas planares. Fuente: Propia.



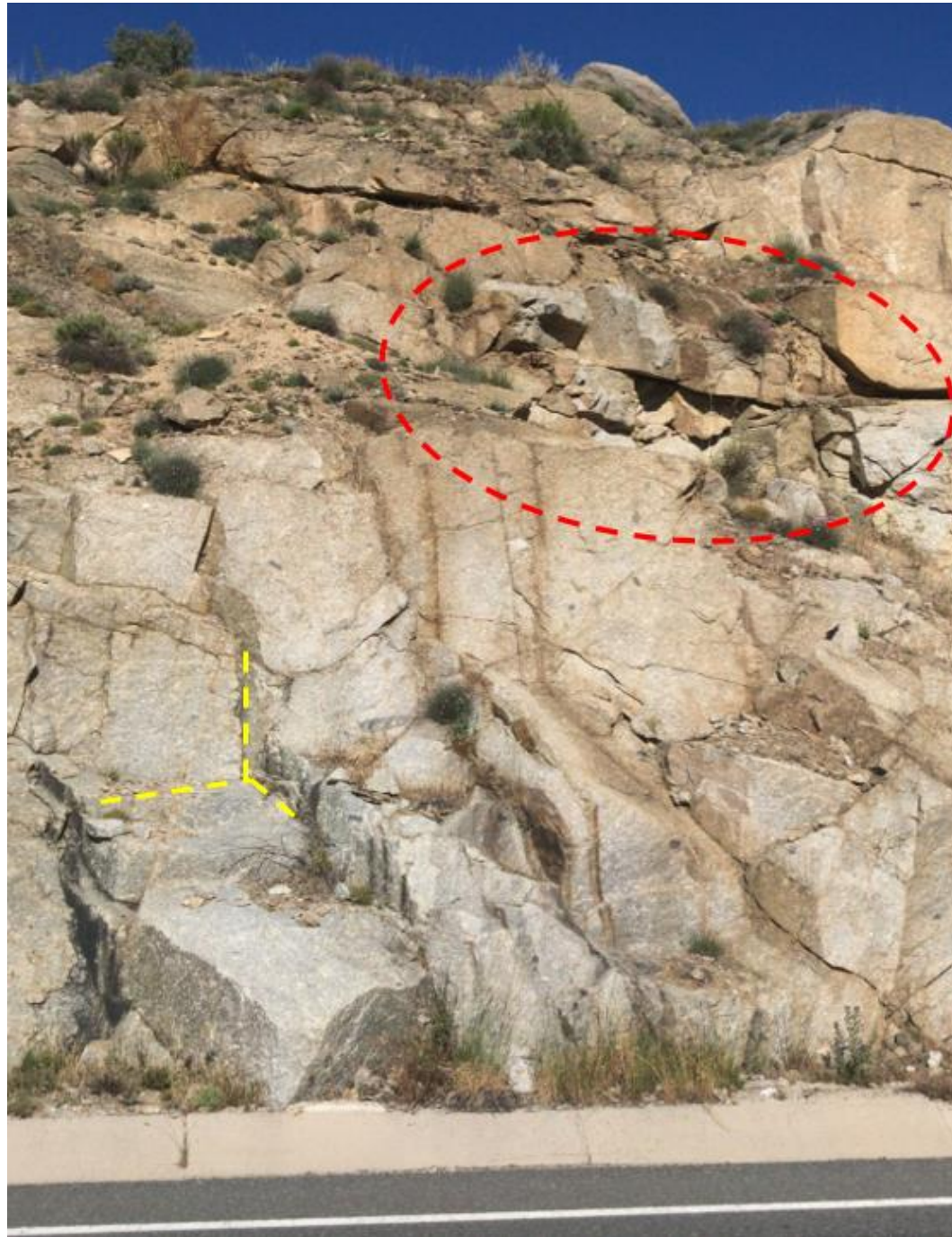
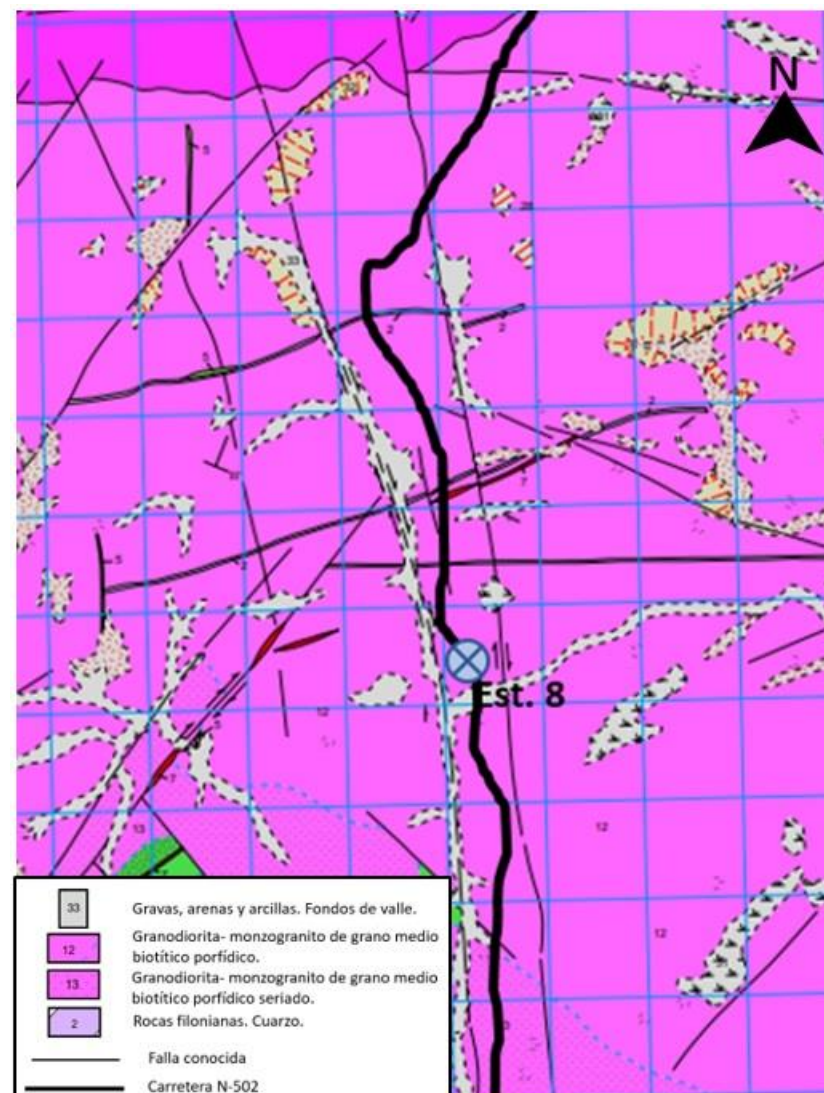


Figura 21 - Familias de discontinuidades principales. Bloques inestables en zona central del talud. Fuente: Propia.

TALUD 8		55+150	Carretera N-502		Curva a izquierdas		
PK INICIO	PK FINAL	LONGITUD (m)	MARGEN	ALTURA MAX. (m)	ALTURA MEDIA. (m)	PENDIENTE (°)	CUNETA
55+150	55+200	50	Izquierdo	10	10	76	-
CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS							
<b>Litología</b>	Granodiorita-monzogranito de grano medio, biotítico, porfídico.						
<b>Estructura</b>	Estratificación vertical y ondulada.						
<b>Observación</b>	Presenta regueros de agua en superficie.						



CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA INICIAL
- Se denota la presencia de agua de forma periódica debido a la existencia de un reguero en la zona central del talud.
- Talud muy meteorizado en superficie.
- Tiene una fragmentación muy irregular, con espaciamientos variables entre los 5 - 30 cm
- Rotura generalmente planar, aunque también se observan zonas de formaciones de pequeños bloques.
- Aunque el tamaño de bloque de caída que tiene es pequeño (S) siendo este menor a 10 dm <sup>3</sup> , la probabilidad de caída de este debido al buzamiento del talud es alta.

ESTACIONES GEOMECÁNICAS	
Familia 1	73/273
Familia 2	54/255
Familia 3	23/042
Familia 4	34/164
Generalmente se tienen roturas planares con deslizamiento sobre el plano de mayor buzamiento y desprendimientos en toda la superficie del talud.	

PROPUESTA DE ACTUACIONES
- Se recomienda la instalación de una Red de Anillos en toda su superficie.





Figura 22 – Talud en curva. Zona de reguero de agua. Muro en cabeza de talud. Fuente: Propia.

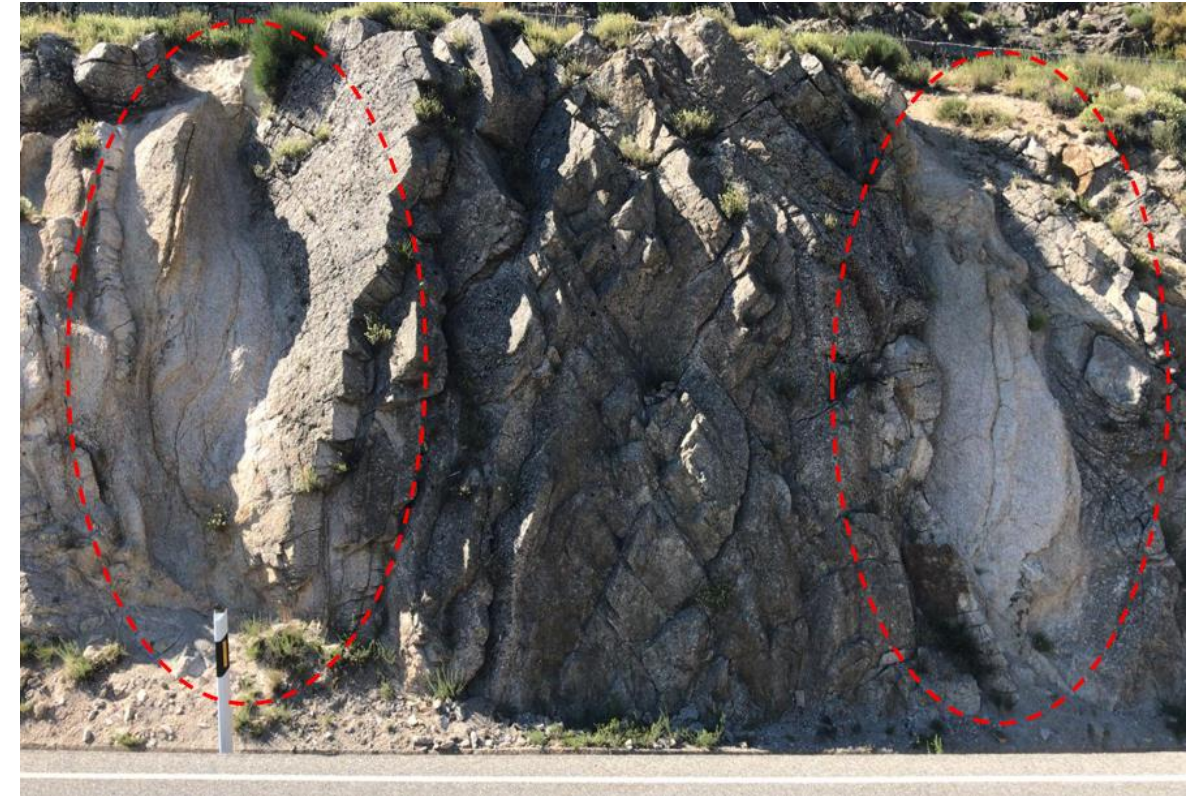


Figura 24 – Zonas de reguero de agua. Fuente: Propia.



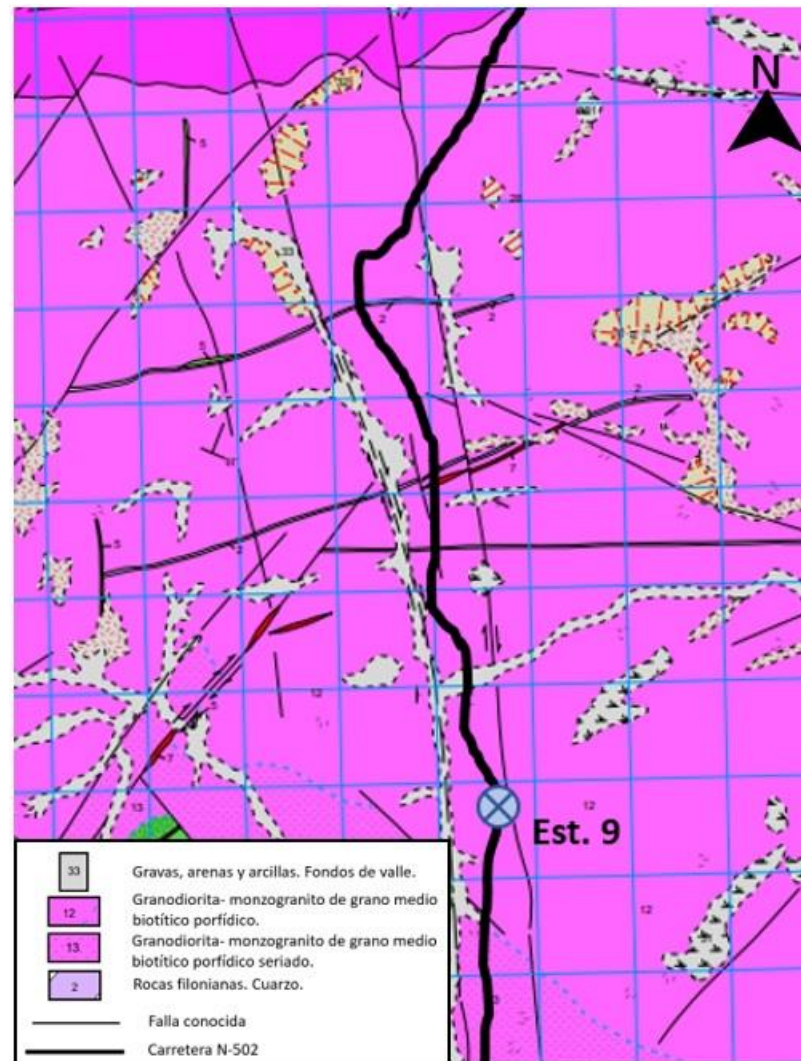
Figura 23 – Detalle de cuneta de pie de talud. Zona de reguero de agua. Talud en curva. Fuente: Propia.



Figura 25 – Zona de reguero de agua. Discontinuidades. Fuente: Propia.



TALUD 9		55+375	Carretera N-502		Alineación recta		
PK INICIO	PK FINAL	LONGITUD (m)	MARGEN	ALTURA MAX. (m)	ALTURA MEDIA. (m)	PENDIENTE (°)	CUNETA
55+275	55+320	45	Izquierdo	10	8	82	-
CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS							
<b>Litología</b>	Granodiorita-monzogranito de grano medio, biotítico, porfídico.						
<b>Estructura</b>	Estratificación oblicua						
<b>Observación</b>	Flujo de agua en superficie						



#### CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA INICIAL

- Presencia de agua en el tramo inicial del talud, en su parte inferior.
- Superficie muy meteorizada.
  - Tamaño de bloque de caída pequeño (S) pero de manera muy generalizada en todo el talud, por lo que se tiene una alta probabilidad de caída.
  - Las juntas son rugosas y abiertas (1 - 5 mm). En lo referente a su continuidad, aunque hay zonas en las cuales tienen una continuidad muy marcada.

#### ESTACIONES GEOMECÁNICAS

Familia 1	89/084
Familia 2	80/314
Familia 3	80/252
Familia 4	20/139

Rotura en pequeñas cuñas y bloques, ocasionando desprendimientos.

#### PROPUESTA DE ACTUACIONES

- Se recomienda la instalación de Malla de Triple Torsión Reforzada en la parte de menor alteración. En aquellas zonas en las cuales se tenga mayor grado de meteorización, y por consiguiente mayor tamaño de roca, se dispondrá de Red de Cable.





Figura 26 – Zona de goteo de agua. Fuente: Propia.



Figura 27 – Bloques en pie de talud. Bloques inestables en cabeza de talud. Familia de discontinuidades en talud. Fuente: Propia.



Figura 28 – Ausencia de cuneta en pie de talud. Familia de discontinuidades. Abundante vegetación en talud. Fuente: Propia.



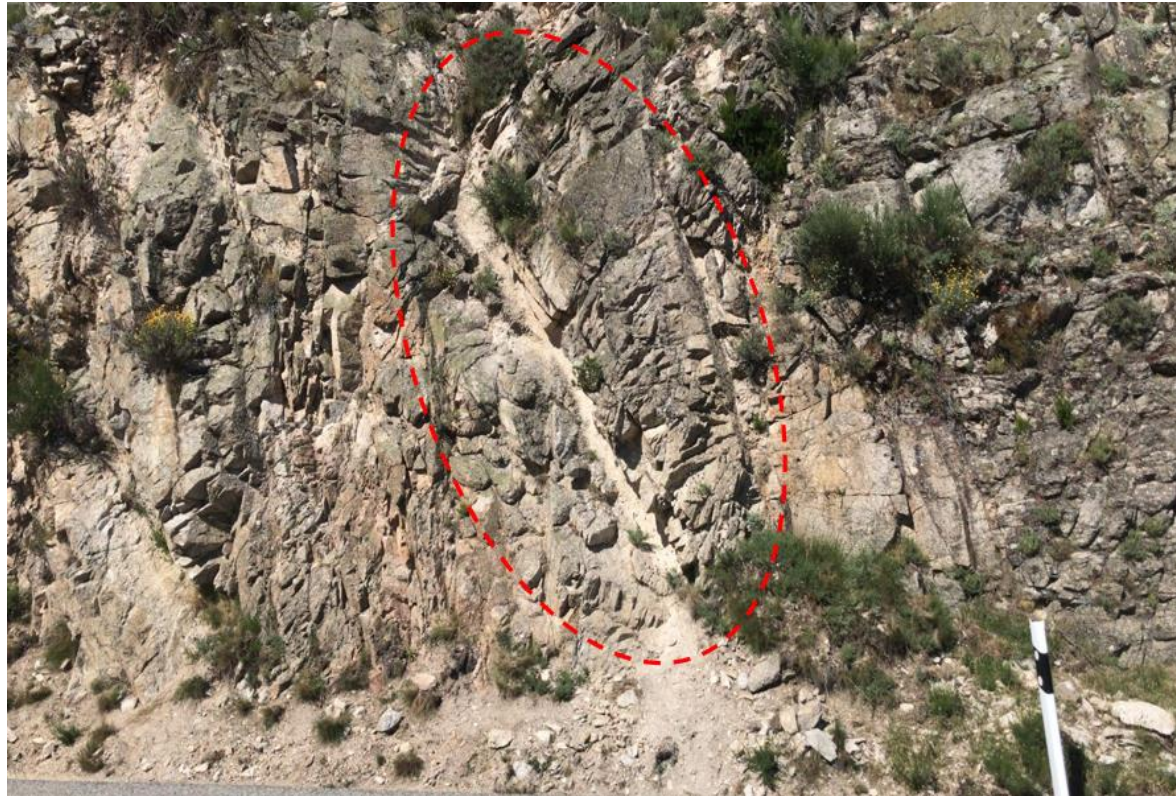
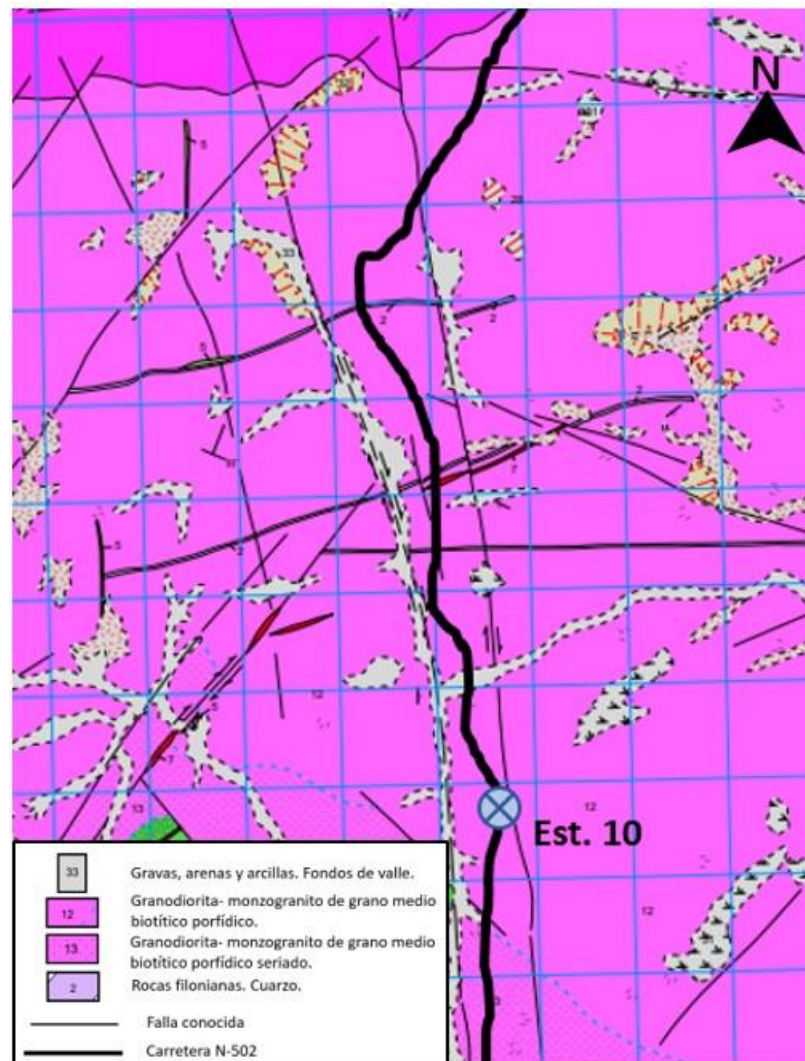


Figura 29 – Reguero de agua con arrastre de material a pie de talud. Fuente: Propia.



TALUD 10		55+550		Carretera N-502		Curva a derechas	
PK INICIO	PK FINAL	LONGITUD (m)	MARGEN	ALTURA MAX. (m)	ALTURA MEDIA. (m)	PENDIENTE (°)	CUNETA
55+550	55+650	100	Izquierdo	10	9,5	76	-
CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS							
<b>Litología</b>	Granodiorita-monzogranito de grano medio, biotítico, porfídico.						
<b>Estructura</b>	Estratificación variable						
<b>Observación</b>	Cuneta muy pequeña.						



CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA INICIAL
- Talud meteorizado con superficie irregular.
- Zonas de aparente meteorización en superficie de talud.
- Aunque en rasgos generales se puede caracterizar con un comportamiento estable, la separación entre fisuras que tiene hace que el tamaño de bloque posible de caída tenga un tamaño moderado (M) de 10 a 200 dm <sup>3</sup> .
- En los PK finales, en cabeza, se tienen bloques con riesgo de caída de tamaño moderado.
- Las juntas son suaves y abiertas (1 - 5 mm), rellenas estas del propio material del macizo. En lo referente a su continuidad, aunque hay zonas en las cuales tienen una continuidad muy marcada, en rasgos generales tiene formaciones discontinuas y arbitrarias.

ESTACIONES GEOMECÁNICAS	
Familia 1	76/081
Familia 2	86/073
Familia 3	40/261
Familia 4	61/129
Familia 5	42/034
Rotura en cuñas de pequeñas a moderadas. Presencia también de bloques con riesgo de desprendimientos.	

PROPUESTA DE ACTUACIONES
- Se recomienda la instalación de Red de Anillos en toda la superficie del talud, previo desbroce y saneo en cabeza de talud.



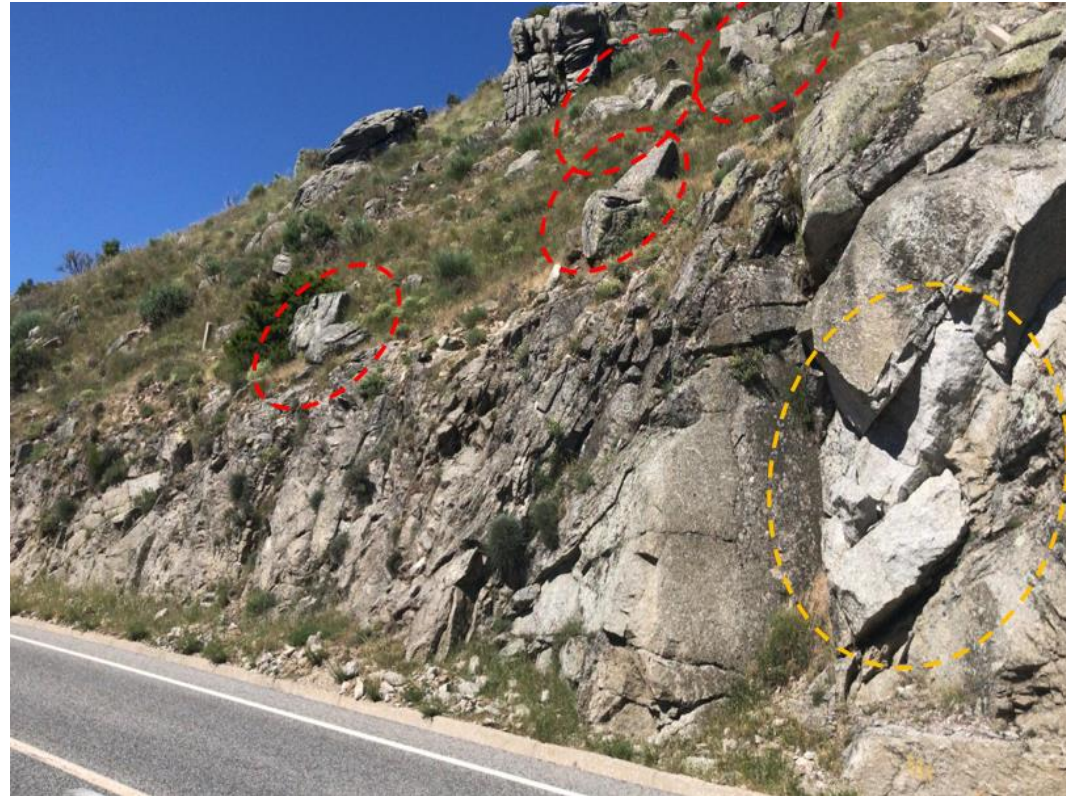


Figura 30 – Bloques inestables en parte superior del talud. Caída de bloque reciente. Ausencia de cuneta en pie de talud. Fuente: Propia.



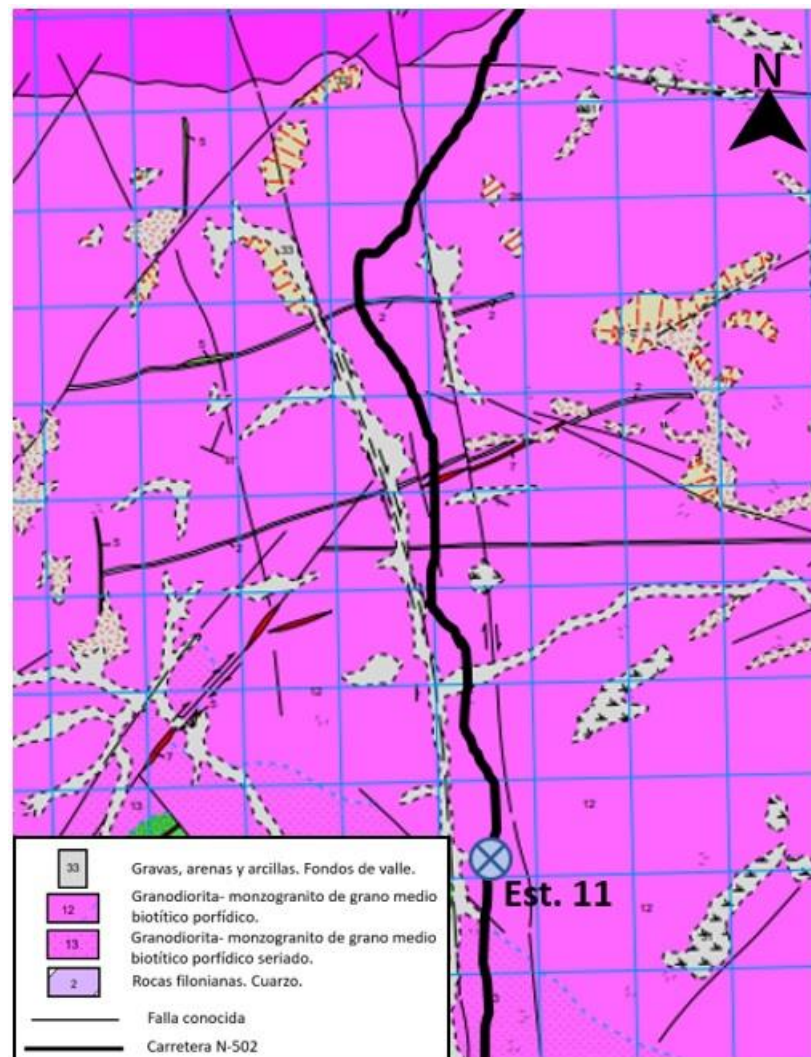
Figura 31 – Familias de discontinuidades que favorecen caída de bloques a vía. Fuente: Propia.



Figura 32 – Familia de discontinuidades que favorecen caída de bloques a vía. Bloques inestables en parte superior del talud. Fuente: Propia.



TALUD 11		58+350	Carretera N-502		Curva a derechas		
PK INICIO	PK FINAL	LONGITUD (m)	MARGEN	ALTURA MAX. (m)	ALTURA MEDIA. (m)	PENDIENTE (°)	CUNETA
58+350	58+400	50	Derecho	12	10	74	-
CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS							
<b>Litología</b>	Granodiorita-monzogranito de grano medio, biotítico, porfídico.						
<b>Estructura</b>	Estratificación oblicua junto con varias familias de discontinuidades.						
<b>Observación</b>	Mucha vegetación en superficie.						



#### CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA INICIAL

- Se caracteriza por ser un talud generalmente rocoso con alternancia de zonas tipo suelo.
- En lo que respecta al tamaño de bloque se tienen bloques de tamaño moderado (M) de 10 - 200 dm<sup>3</sup>.
- Superficie muy irregular y meteorizada.
- Juntas muy marcadas y algo rugosas, dispuestas de manera vertical y con una separación entre ellas entre los 5 - 20 cm. En lo referente a su continuidad, aunque hay zonas en las cuales tienen una continuidad muy marcada, en rasgos generales tiene formaciones discontinuas y arbitrarias.
- El tamaño de bloque posible de caída predominante en todo el talud moderado (M) de 10 a 200 dm<sup>3</sup>, encontrándose bloques con riesgo de caída en la cabeza del talud.

#### ESTACIONES GEOMECÁNICAS

Familia 1	75/309
Familia 2	63/116
Familia 3	34/141
Familia 4	45/064
Familia 5	52/136

Rotura planar en su mayoría. Presenta también pequeños bloques.

#### PROPUESTA DE ACTUACIONES

- Se recomienda la instalación de Red de Cable en toda la superficie del talud, previo saneo y desbroce de todas aquellas zonas de mayor alteración.



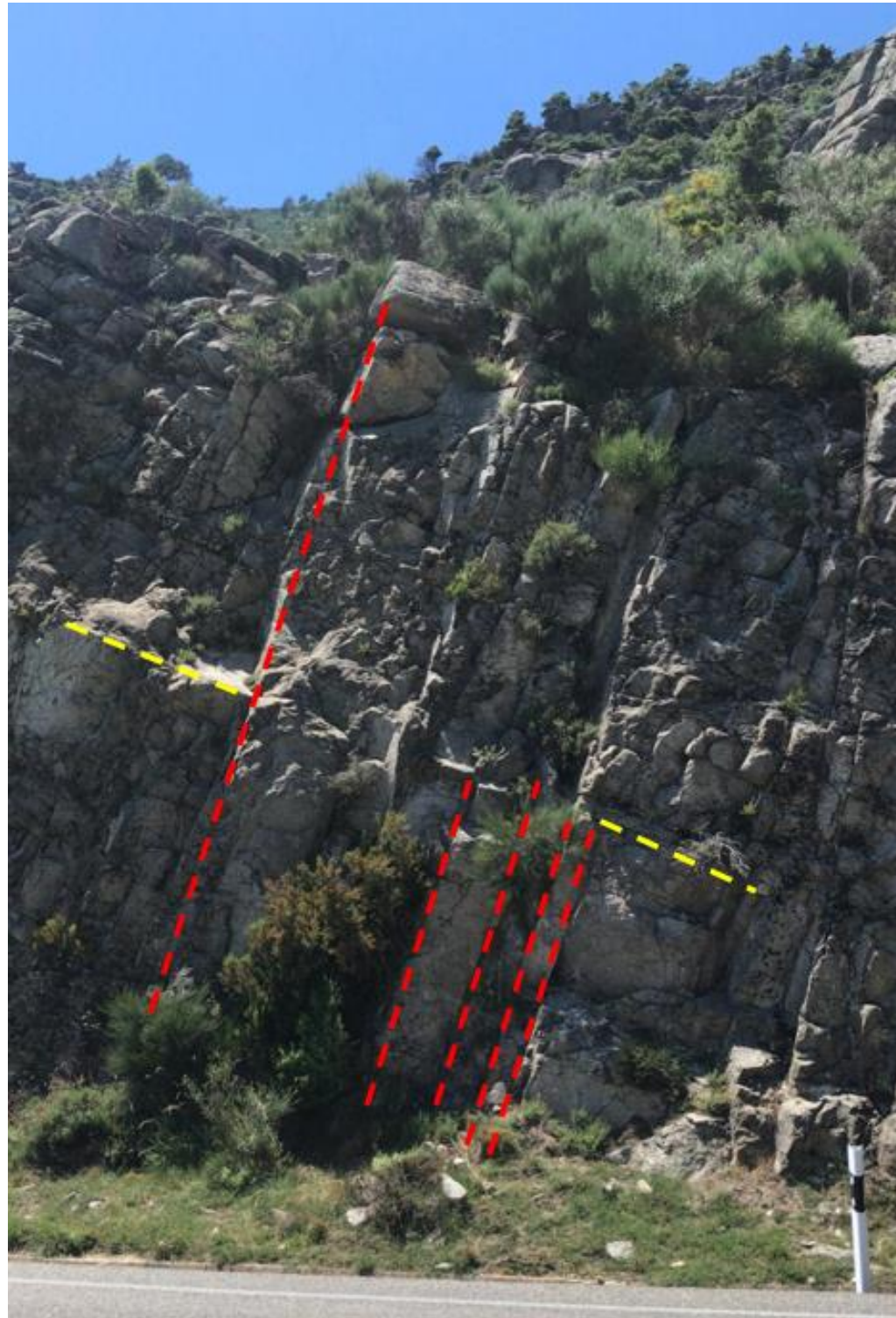


Figura 33 – Familias de discontinuidades en talud. Vegetación en cabeza de talud. Fuente: Propia.



Figura 34 – Bloques en cabeza y en pie de talud. Ausencia de cuneta. Fuente: Propia.





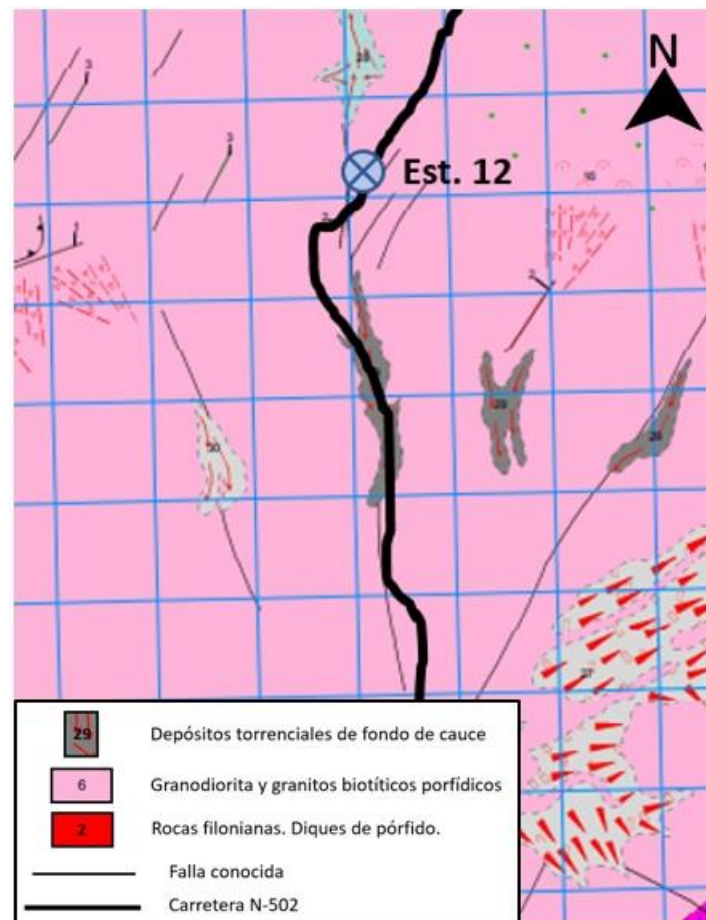
Figura 35 – Bloques inestables en cabeza de talud. Presencia de bloque caído en pie de talud. Cuneta de tamaño reducido. Talud en curva. Fuente: Propia.



Figura 36 – Discontinuidades en talud. Fuente: Propia.

TALUD 12		66+000		Carretera N-502		Curva a derechas	
PK INICIO	PK FINAL	LONGITUD (m)	MARGEN	ALTURA MAX. (m)	ALTURA MEDIA. (m)	PENDIENTE (°)	CUNETA
65+900	65+975	75	Derecho	13	10	76	-

CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS	
<b>Litología</b>	Granodiorita y granitos biotíticos porfídicos
<b>Estructura</b>	Planos de rotura muy continuos
<b>Observación</b>	Vegetación arbustiva en cabeza



CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA INICIAL
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se trata de un talud con un grado de meteorización en toda su superficie, en especial en los PK iniciales, de apreciable consideración.</li> <li>- Se tiene un tamaño de bloque probable de caída moderado (M) de 10 a 200 dm<sup>3</sup>, con una probabilidad de caída alta.</li> <li>- Las juntas son suaves y abiertas (1 - 5 mm), rellenas estas del propio material del macizo. En los PK iniciales estas son muy irregulares, mientras que en el tramo final del talud, se tiene una repetición de patrones de las mismas, con una separación más amplia.</li> </ul>

ESTACIONES GEOMECÁNICAS	
Familia 1	80/136
Familia 2	80/322
Familia 3	57/308
Familia 4	72/210
Se tienen pequeñas cuñas y bloques favorables al desprendimiento.	

PROPUESTA DE ACTUACIONES
- Se recomienda la instalación de una Malla de Triple Torsión Reforzada en toda la superficie del talud.



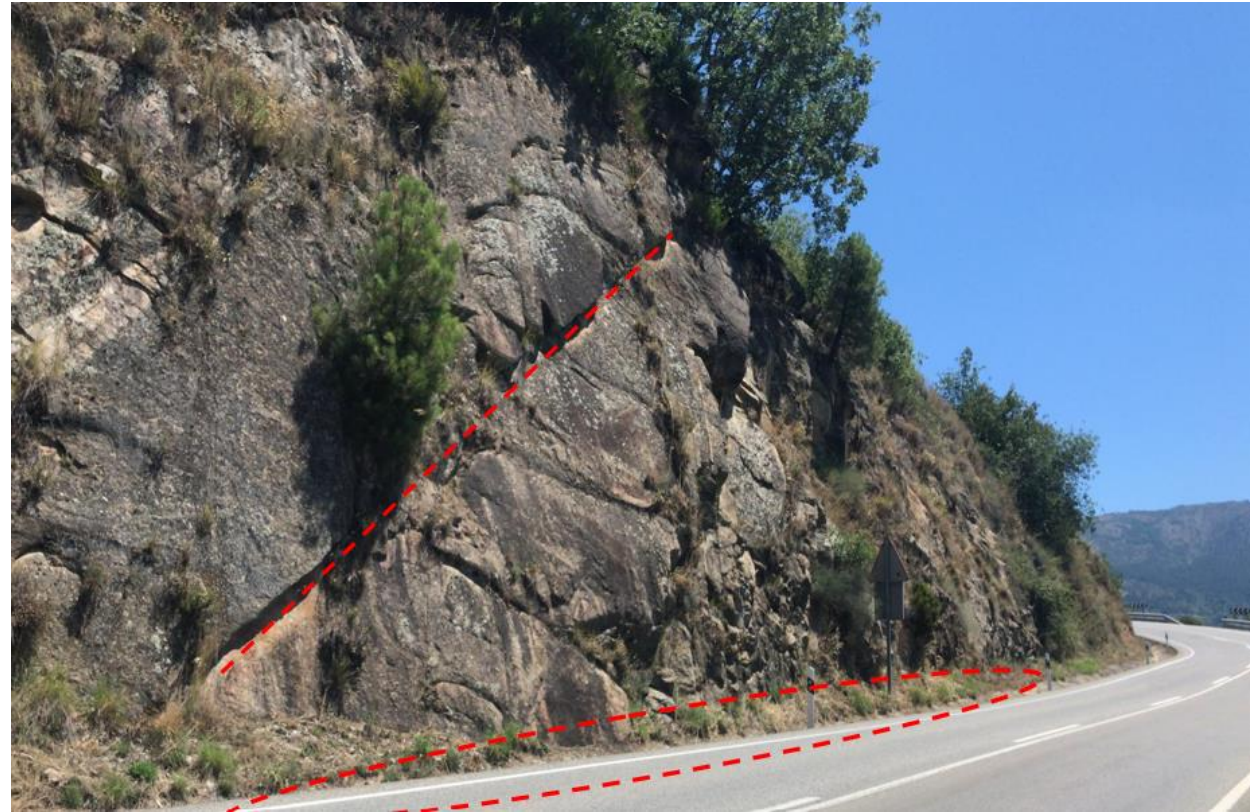


Figura 37 – Plano de rotura. Talud en curva. Cuneta en pie de talud muy pequeña. Fuente: Propia.



Figura 39 – Zona de reguero de agua. Planos de rotura. Fuente: Propia.



Figura 38 – Familias de discontinuidades. Fuente: Propia.



## **ANEJO IV – GEOTECNIA**

---



## INDICE

<b>1. OBJETO</b> .....	<b>1</b>
<b>2. CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA</b> .....	<b>1</b>
<b>2.1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL</b> .....	<b>1</b>
<b>2.1.1. MATRIZ ROCOSA</b> .....	<b>2</b>
<b>2.1.2. DISCONTINUIDADES</b> .....	<b>3</b>
<b>2.2. CLASIFICACIÓN RMR DE BIENIAWSKI</b> .....	<b>5</b>
<b>2.3. CLASIFICACIÓN SMR DE ROMANA</b> .....	<b>6</b>
<b>3. CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA N-403</b> .....	<b>7</b>
<b>3.1. CLASIFICACIÓN RMR DE BIENIAWSKI</b> .....	<b>7</b>
<b>3.2. CLASIFICACIÓN SMR DE ROMANA</b> .....	<b>10</b>
<b>4. CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA N-502</b> .....	<b>13</b>
<b>4.1. CLASIFICACIÓN RMR DE BIENIAWSKI</b> .....	<b>13</b>
<b>4.2. CLASIFICACIÓN SMR DE ROMANA</b> .....	<b>16</b>
<b>5. RECOPIACIÓN DE DATOS</b> .....	<b>19</b>

## 1. OBJETO

El objeto del presente Anejo es el análisis de los aspectos relativos a las características geotécnicas del terreno. Para ello, posterior a una campaña de campo en la cual se ha realizado la toma de datos pertinente, se establece un proceso de estudio obteniendo con ello la caracterización geotécnica de los materiales afectados.

Por tanto, se comenzará con una breve explicación de todos aquellos parámetros necesarios en los que se ha basado el estudio geotécnico, y los procedimientos de clasificación empleados. Para con ello, posteriormente, llevar a análisis cada uno de los taludes de estudio.

## 2. CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA

### 2.1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

La intensidad de una campaña geotécnica estará definida en función de la variabilidad del terreno, así como de la propia actuación a ejecutar.

Teniendo en cuenta la caracterización geológica realizada previamente, se ha determinado que se puede realizar el estudio considerando el terreno como un terreno homogéneo, con peculiaridades propias de cada talud y de cada zona, a tratar de manera individualizada en un análisis posterior.

Por tanto, se ha decidido emplear un método de reconocimiento de tipo directo, con obtención y medida de datos de los factores que afectan a la estabilidad del macizo rocoso. Estos datos se toman y se agrupan en lo que se denomina “Estaciones geomecánicas”, tal y como sugieren Romana y Serón (2003).

Para la caracterización de estos taludes, se ha procedido a realizar visitas de campo. En estas se han tomado datos necesarios para el estudio de los mismos, lo cual ha consistido en identificar y tomar muestras del tipo de material, de la estructura, formas que adoptan, discontinuidades y la interrelación de las mismas, espaciado entre discontinuidades, lo que queda reflejado en las correspondientes hojas de campo.

Para esto, se ha procedido a la siguiente toma de datos:

- Identificación y descripción de las litologías existentes.
- Identificación de los posibles mecanismos de rotura (vuelco, desprendimiento, deslizamiento...) existentes en el macizo.



- Tipo y magnitud de las discontinuidades y medida de su orientación, así como la toma de datos que definen las mismas, siendo estos el espaciado, apertura, continuidad, buzamiento...
- Análisis de los factores que pudieran afectar al talud en cuanto a su alterabilidad se refiere, como lo son la erosión, meteorización, existencia de niveles freáticos, riego...

A partir de estos, se procede a un análisis estructural de manera generalizada, complementado este por un posterior análisis del RMR, así como del SMR de cada uno de los taludes de estudio. Estos, se encuentran en apartados posteriores de este mismo Anejo.

### 2.1.1. MATRIZ ROCOSA

- **NATURALEZA DE LA ROCA**

En este caso se procede a realizar una observación visual de la litología del macizo, usar el martillo de geólogo y otros utensilios necesarios para su caracterización, así como la consulta de diferentes documentos de información.

- **RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE**

Para determinar la resistencia a compresión simple del macizo se utilizarán datos obtenidos de:

- **ENSAYOS DE CAMPO:** mediante el uso del esclerómetro o martillo Schmidt, realizando tantas mediciones como fueran necesarias y en los puntos significativos.
- **ENSAYOS DE LABORATORIO:** mediante la toma de datos en campo y el posterior análisis en laboratorio se obtienen datos relativos a la resistencia a compresión simple de los materiales.

En la siguiente tabla se encuentran recogidos los valores de la resistencia a compresión simple y su descripción, así como la identificación que correspondería a cada uno de ellos en campo.

CLASE	DESCRIPCIÓN	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO	APROXIMACIÓN AL RANGO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE (MPa)
R <sub>0</sub>	Roca extremadamente blanda	Se puede marcar con la uña	0,25 - 1
R <sub>1</sub>	Roca muy blanda	La roca se desmenuza al golpear con la punta del martillo. Con una navaja se talla fácilmente	1 - 5
R <sub>2</sub>	Roca blanda	Se talla con dificultad con una navaja. Al golpear con la punta del martillo se producen pequeñas marcas.	5 - 25
R <sub>3</sub>	Roca moderadamente dura	No puede tallarse con la navaja. Puede fracturarse con un golpe fuerte de martillo.	25 - 50
R <sub>4</sub>	Roca dura	Se requiere más de un golpe con el martillo para fracturarla.	50 - 100
R <sub>5</sub>	Roca muy dura	Se requieren muchos golpes con el martillo para fracturarla.	100 - 250
R <sub>6</sub>	Roca extremadamente dura	Al golpearlo con el martillo solo saltan esquirlas	> 250

Figura 1 - Relación de índices de campo-resistencia a compresión simple. Fuente: ISRM, 1981.

- **METEORIZACIÓN Y ALTERACIÓN**

Condiciona el comportamiento mecánico del macizo. Evaluándose este a partir de cambios de color en la roca y la progresiva alteración superficial de la misma (fresca, decolorada, desintegrada y descompuesta). En general se trata de un parámetro subjetivo que sirve como método de apoyo al resto de parámetros, dando coherencia al conjunto del estudio.

GRADO DE METEORIZACIÓN	TIPO	DESCRIPCIÓN
I	Fresco	No aparecen signos de meteorización
II	Ligeramente meteorizado	La decoloración indica alteración del material rocoso y de las superficies de discontinuidad. Todo el conjunto rocoso está decolorado por meteorización.
III	Moderadamente meteorizado	Menos de la mitad del macizo rocoso aparece descompuesto y/o transformado en suelo. La roca fresca o decolorada aparece como una estructura continua o como núcleos aislados.
IV	Altamente meteorizado	Más de la mitad del macizo rocoso aparece descompuesto y/o transformado en suelo. La roca fresca o decolorada aparece como una estructura continua o como núcleos aislados.
V	Completamente meteorizado	Todo el macizo rocoso aparece descompuesto y/o transformado en suelo. Se conserva la estructura original del macizo rocoso.
VI	Suelo residual	Todo el macizo rocoso se ha transformado en un suelo. Se ha destruido la estructura del macizo y la fábrica del material.

Figura 2 - Evaluación del grado de alteración del macizo rocoso. Fuente: ISRM, 1981.

## 2.1.2. DISCONTINUIDADES

- **PROPIEDADES DEL CONJUNTO DEL MACIZO**

- **Nº DE FAMILIAS**

El comportamiento del macizo estará condicionado en gran parte por el número de familias de discontinuidades que este presente y la orientación de las mismas. Para la determinación de esto, se utilizarán diagramas estereográficos de frecuencia, obteniendo agrupaciones estadísticas de las discontinuidades del macizo.

Tipo de macizo rocoso	Número de familias
<b>I</b>	Masivo, discontinuidades ocasionales
<b>II</b>	Una familia de discontinuidades
<b>III</b>	Una familia de discontinuidades y otras ocasionales
<b>IV</b>	Dos familias de discontinuidades
<b>V</b>	Dos familias de discontinuidades y otras ocasionales
<b>VI</b>	Tres familias de discontinuidades
<b>VII</b>	Tres familias de discontinuidades y otras ocasionales
<b>VIII</b>	Cuatro familias de discontinuidades
<b>IX</b>	Brechificado

Figura 3 - Clasificación de número de familias y tipo de macizo rocoso. Fuente: ISRM,1983.

- **BLOQUE TIPO**

El tamaño del bloque condiciona el comportamiento mecánico del macizo, dependiendo su valor del número, orientación y espaciado de las discontinuidades.

Para su estudio se tomará, según características de proyecto, tanto el bloque tipo caído, como el bloque tipo con probabilidad de caída, según condiciones de proyecto.

En la figura 4 se puede apreciar la clasificación del tamaño de bloque tipo, asociándolo a una inicial según el volumen del mismo.

TAMAÑO DE BLOQUE		CLASE
De	a	
10 cm <sup>3</sup>	200 cm <sup>3</sup>	<b>Muy pequeña (VS)</b>
0,2 dm <sup>3</sup>	10 dm <sup>3</sup>	<b>Pequeña (S)</b>
10 dm <sup>3</sup>	200 dm <sup>3</sup>	<b>Moderada (M)</b>
0,2 m <sup>3</sup>	0,6 m <sup>3</sup>	<b>L1</b>
0,6 m <sup>3</sup>	2 m <sup>3</sup>	<b>L2</b>
2 m <sup>3</sup>	4 m <sup>3</sup>	<b>L3</b>
4 m <sup>3</sup>	6 m <sup>3</sup>	<b>L4</b>
6 m <sup>3</sup>	10 m <sup>3</sup>	<b>L5</b>
10 m <sup>3</sup>	...	<b>Muy grande (VL)</b>

Figura 4 - Clasificación del tamaño de bloque. Fuente: ISRM,1983.

- **PROPIEDADES INDIVIDUALES DE CADA DISCONTINUIDAD**

Con el fin de evitar la subjetividad del estudio, se procede a expresar los datos de forma cuantitativa siguiendo para ello las recomendaciones según la ISRM.

- **ORIENTACIÓN**

Mediante la toma de datos relacionados con la dirección y buzamiento de las distintas discontinuidades se establecen grupos o familias, para posteriormente representar su orientación en planos y en diagramas estereográficos. Estos nos ayudarán a conocer las agrupaciones estadísticas, así como establecer familias y direcciones predominantes.

Estas familias resultantes de cada estación geomecánica se encuentran recogidas en las hojas relativas al estudio SMR, nombradas como F1, F2 y F3.

- **ESPACIAMIENTO**

El espaciado determina el tamaño de los bloques, el tipo de rotura y condiciona en gran medida la permeabilidad del macizo rocoso. Se recomienda, por tanto, de forma general, caracterizar cada familia en función del valor más repetido.

En función de la distancia de espaciado que se tenga, se puede catalogar de una manera u otra, tal y como se muestra en la figura 5.



DESCRIPCIÓN	ESPACIADO
<b>Extremadamente junto</b>	< 20 mm
<b>Muy junto</b>	20 - 60 mm
<b>Junto</b>	60 - 200 mm
<b>Moderadamente junto</b>	200 - 600 mm
<b>Separado</b>	600 - 2000 mm
<b>Muy separado</b>	2000 - 6000 mm
<b>Extremadamente separado</b>	> 6000 mm

Figura 5 - Clasificación del espaciado en discontinuidades. Fuente: ISRM, 1983.

Para el caso que nos ocupa, este parámetro se ha tenido en consideración en cada estación geomecánica en el estudio RMR. Quedando esta separación definida en la hoja perteneciente a cada talud, en el apartado "3. Separación entre juntas".

#### ○ CONTINUIDAD

Se considera un parámetro difícil de cuantificar, pues puede ser mayor que la extensión del afloramiento.

Es, por tanto, reseñable destacar las familias más continuas ya que estas condicionarán la rotura del macizo. También es importante caracterizar las fallas, puesto que son estructuras muy continuas y constituyen los planos de debilidad más importantes del macizo.

CONTINUIDAD	LONGITUD
<b>Muy baja continuidad</b>	< 1 m
<b>Baja continuidad</b>	1 - 3 m
<b>Continuidad media</b>	3 - 10 m
<b>Alta continuidad</b>	10 - 20 m
<b>Muy alta continuidad</b>	> 20 m

Figura 6 - Clasificación continuidad de las discontinuidades. Fuente: ISRM, 1983.

#### ○ RUGOSIDAD

La caracterización de la rugosidad, tiene como objetivo evaluar la resistencia al corte de las discontinuidades. La rugosidad, hace que aumente la resistencia al corte.

Para caracterizar esta desde un punto de vista subjetivo, se utiliza el JRC o Joint Rugosity Coefficient. Como se puede apreciar en la tabla inferior, dependiendo de la superficie del talud, este adoptará uno u otro valor.










DESCRIPCIÓN		PERFIL	Jr	JRC (200 mm)	JRC (1 m)
<b>ESCALONADA</b>	Rugosa		4	20	11
	Suave		3	14	9
	Pulida		2	11	8
<b>ONDULADA</b>	Rugosa		3	14	9
	Suave		2	11	8
	Pulida		1,5	7	6
<b>PLANA</b>	Rugosa		1,5	2,5	2,3
	Suave		1	1,5	0,9
	Pulida		0,5	0,5	0,4

Figura 7 - Clasificación de la rugosidad de las discontinuidades. Fuente: ISRM, 1983.

Para el caso que nos ocupa, este parámetro se ha tenido en consideración en cada estación geomecánica en el estudio RMR. Quedando esta separación definida en la hoja perteneciente a cada talud, en el apartado "4.1. Rugosidad/Relleno".

#### ○ APERTURA

Se considera a apertura como aquella distancia en perpendicular que separa las paredes adyacentes de una discontinuidad. Esta, influirá en la resistencia la corte, la cual a su vez está influenciada por los desplazamientos en la discontinuidades o disolución de la matriz rocosa.

En la figura 8 se pueden ver los distintos tipos de abertura según la distancia que se tiene.

DESCRIPCIÓN	ABERTURA
<b>Muy cerrada</b>	< 0,1 mm
<b>Cerrada</b>	0,1 - 0,25 mm
<b>Parcialmente abierta</b>	0,25 - 0,5 mm
<b>Abierta</b>	0,5 - 2,5 mm
<b>Moderadamente ancha</b>	2,5 - 10 mm
<b>Ancha</b>	> 10 mm
<b>Muy ancha</b>	1 - 10 cm
<b>Extremadamente ancha</b>	10 - 100 cm
<b>Cavernosa</b>	> 1 m

Figura 8 - Clasificación de la apertura de la discontinuidad. Fuente: ISRM, 1983.

○ **RELLENO**

Las discontinuidades pueden encontrarse rellenas con material de naturaleza diferente a la roca, teniendo por tanto influencia en el comportamiento general de la discontinuidad.

Las características, por tanto, del relleno a observar serían la naturaleza del mismo, el grado de meteorización, el espesor, la resistencia, la humedad y la permeabilidad. Todo ello proporcionará una idea de estabilidad global, la cual se resume en la siguiente tabla:

CLASE	DISCONTINUIDADES SIN RELLENO	DISCONTINUIDADES CON RELLENO
I	Junta muy plana y cerrada. Aparece seca y no parece posible que circule agua.	Relleno muy consolidado y seco. No es posible el flujo de agua
II	Junta seca sin evidencia de agua.	Relleno húmedo pero sin agua libre
III	Junta seca pero con evidencia de haber circulado agua	Relleno mojado con goteo ocasional
IV	Junta húmeda pero sin agua libre	Relleno que muestra señales de lavado, flujo de agua continuo (estimar caudal en l/min)
V	Junta con rezume, ocasionalmente goteo pero sin flujo continuo	Relleno localmente lavado, flujo considerable según canales preferentes (estimar caudal y presión)
VI	Junta con flujo continuo de agua (estimar el caudal en l/min y la presión)	Rellenos completamente lavados, presiones de agua elevadas

Figura 9 - Clasificación de las discontinuidades según su relleno. Fuente: ISRM, 1983.

Para el caso de estudio, este parámetro se ha tenido en consideración en cada estación geomecánica en el estudio RMR. Quedando esta separación definida en la hoja perteneciente a cada talud, en el apartado "4.1. Rugosidad/Relleno".

○ **PRESENCIA DE AGUA**

El agua es un parámetro fundamental a tener en cuenta en el estudio del macizo, pues el agua que circula por este, lo hace en general por las discontinuidades que presenta. Por tanto, debe determinarse la presencia de agua en las mismas, teniendo además en cuenta que, en las proximidades de la superficie, el agua tiene un flujo de carácter estacional.

La presencia o no de esta se tendrá en cuenta en el subapartado anterior que trata sobre el relleno.

En el presente estudio, este parámetro se ha tenido en consideración en cada estación geomecánica en el estudio RMR. Quedando esta separación definida en la hoja perteneciente a cada talud, en el apartado "5. Flujo de agua en juntas", determinándose el valor que se le otorga a las mismas según el grado de humedad que presentan.

2.2. **CLASIFICACIÓN RMR DE BIENIAWSKI**

Como se ha comentado anteriormente, debido a la naturaleza del estudio, se precisa de un estudio individualizado y detallado para cada uno de los taludes objeto del mismo. Es por ello que en el presente apartado se realiza una breve descripción relativa a la clasificación RMR de Bieniawski, realizando de este modo, el correspondiente estudio, en apartados inferiores.

La clasificación RMR de Bieniawski se ha aplicado en la versión actual (Bieniawski, 1989). Por ello, para la obtención del RMR básico se han tenido en cuenta los siguientes criterios:

- ◆ Cuando existen distintas familias en una estación geomecánica, se toma siempre para el cálculo de los correspondientes factores el valor más desfavorable de los existentes, salvo que se considere una discontinuidad aislada o un caso el cual tenga poca afección al conjunto.
- ◆ Para el cálculo del parámetro correspondiente a las condiciones de las juntas, se utilizar el criterio de valoración de Romana (1993) por ajustarse mejor a los datos de que se disponen.

Para la obtención del RMR básico, el cual es independientemente de la estructura a construir, se necesitará disponer de cinco parámetros:

- Resistencia de la matriz rocosa a compresión simple ( $C_0$ )
- RQD
- Frecuencia de las juntas
- Estado de las juntas
- Agua dentro del macizo rocoso

De este valor resultante, se deberá de restar un factor de ajuste, el cual es función de la orientación de las discontinuidades, definido cualitativamente y que tiene valores distintos según se aplique a túneles, cimentaciones o taludes.

En la siguiente tabla se muestran los distintos valores de los parámetros mencionados anteriormente para la obtención del RMR básico, según las características que presente la zona de estudio.



Valores del RMR BÁSICO								
PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN		INTERVALO DE VALORES						
1. RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA (Mpa)	COMPRESIÓN SIMPLE	> 250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	< 1 MPa
	ENSAYO DE CARGA PUNTUAL	> 10 MPa	10-4 MPa	4-2 MPa	2-1 MPa	No aplica		
2. Valor RQD (%)		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-75%	< 25%		
3. SEPARACIÓN ENTRE DICLASAS (m)		> 2m	0,6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	< 60 mm		
4. ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES	LONGITUD (m)	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m		
	ABERTURA (mm)	Nada	< 0,1 mm	0,1-1 mm	1-5 mm	> 5 mm		
	RUGOSIDAD	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave		
	RELLENO	Ninguno	Relleno duro, < 5 mm	Relleno duro, > 5 mm	Relleno blando, < 5 mm	Relleno blando, > 5 mm		
	ALTERACIONES	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta		
5. AGUA FREÁTICA		Seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo	No aplica	
6. CORRECCIÓN POR DISCONTINUIDADES		Muy favorable	Favorable	Medias	Desfavorables	Muy desfavorables	No aplica	

Figura 10 - Valores del RMR básico. Fuente: Elaboración propia.

El resultado será un valor final del RMR que puede variar entre 0 y 100, como se puede apreciar en la siguiente figura. Los macizos rocosos, por tanto, se clasificarán en 5 clases según el valor de dicho índice.

CLASES DE MACIZOS ROCOSOS SEGÚN EL VALOR DEL RMR AJUSTADO					
RMR	100-81	80-61	60-41	40-21	20-0
CLASE	I	II	III	IV	V
DESCRIPCIÓN	MUY BUENA	BUENA	MEDIA	MALA	MUY MALA

Figura 11 - Clases de macizos rocosos según el valor del RMR ajustado. Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, como se ha mencionado, se establece una valoración paramétrica parcial de las juntas, la cual estará considerada según se muestra en la tabla inferior.

Valoración paramétrica parcial condiciones de las juntas (Romana)					
PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN	INTERVALO DE VALORES				
RUGOSIDAD / RELLENO	Muy rugosa	Rugosa	Algo rugosa	Suave	Lisa con relleno
SEPARACIÓN	Cerrada < 0,1 mm	Algo abierta 0,1-1 mm	Abierta 1-5 mm	Muy abierta > 5mm	
PERSISTENCIA	No persistente		Subpersistente		Persistente. Continua
METEORIZACIÓN	Fresca / Sana	Algo meteorizada	Bastante meteorizada	Muy meteorizada	Completamente meteorizada

Figura 12 - Valoración paramétrica parcial de condiciones de las juntas por Romana. Fuente: Elaboración propia.

### 2.3. CLASIFICACIÓN SMR DE ROMANA

Son varios los índices geomecánicos publicados que se emplean para llevar a cabo una caracterización geomecánica de los taludes en roca, entre ellos el índice SMR (Romana, 1985), el cual tiene una gran aceptación a nivel mundial, resultando muy útil su aplicación en ingeniería civil.

El sistema de clasificación geomecánica de taludes rocosos denominado Slope Mass Rating (SMR) proporciona un valor numérico que se obtiene por la adición de una serie de factores de ajuste dependientes de la relación geométrica existente entre la discontinuidad y el talud, del tipo de rotura cinemáticamente compatible con el sistema de discontinuidad del talud. Así, como de la suma de un factor dado por el método de excavación, y que resulta:

$$SMR = RMR_{básico} + (F1 * F2 * F3) + F4$$

Para el cual se tiene que:

$RMR_{básico}$  es el RMR básico obtenido con la clasificación de Bieniawski (1989)

$F1$  depende del paralelismo de las direcciones de las discontinuidades ( $\alpha_j$ ) y del talud ( $\alpha_s$ )

$F2$  corresponde con el buzamiento de la discontinuidad ( $\beta_j$ )

**F3** depende de la relación entre los buzamientos del talud ( $\beta_s$ ) y las discontinuidades ( $\beta_j$ )

**F4** es un factor de ajuste por el método de excavación empleado

Por tanto, para la obtención del SMR, al igual que se ha realizado con el RMR, se obtiene el mismo de manera individualizada para cada uno de los taludes de estudio. Para ello, nos apoyaremos en una hoja de cálculo Excel, la cual se muestra en los apartados sucesivos.

### 3. CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA N-403

#### 3.1. CLASIFICACIÓN RMR DE BIENIAWSKI

Se procede a la clasificación mediante el sistema RMR, explicado esta en el apartado "2. Clasificación geomecánica", de este mismo documento, del tramo correspondiente a la N-403.

En las siguientes páginas se encuentran una serie de tablas en las cuales se recoge la valoración del macizo correspondiente a cada uno de los tramos, en las cuales se muestran todos los parámetros estudiados y su valoración final.

#### ○ Talud 1

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE BIENIAWSKI (RMR)							
<b>Proyecto:</b>	Tratamiento de taludes en la Nacional N-403						
<b>Ubicación:</b>	Nacional N-403, desde P.K. 91+850 hasta P.K. 112+100, Ávila, Castilla y León.						
<b>Fecha:</b>	05/05/2021						
<b>Talud:</b>	Talud situado en el P.K. 94+100						
<b>Estación Geomecánica:</b>	EG - Nº1						
TAMAÑO DEL POSIBLE BLOQUE DE CAÍDA							
Variable; mayoría de bloques son Clase Moderada (M) < 0,2 m <sup>3</sup> y algún bloque Clase grande (L1)							
CÁLCULO DEL RMR (RMR)							
<b>1.- RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA A COMPRESIÓN SIMPLE (Mpa)</b>						<b>70</b>	
<i>Rango de valores</i>	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	<1 MPa
<i>Puntuación</i>	15	12	7	4	2	1	0
<b>Valoración:</b>						<b>7 Puntos</b>	
<b>2.- VALOR DE RQD (%)</b>						<b>50</b>	
<i>Rango de valores</i>	91%-100%	76%-90%	51%-75%	26%-50%	<25%		
<i>Puntuación</i>	20	17	13	8	3		
<b>Nota:</b> Roca moderadamente fracturada en talud, se estima un RQD bajo.						<b>Valoración:</b>	<b>8 Puntos</b>
<b>3.- SEPARACIÓN ENTRE JUNTAS</b>						<b>&lt;60mm</b>	
<i>Rango de valores</i>	> 2 m	0,6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	< 60 mm		
<i>Puntuación</i>	20	15	10	8	5		
<b>Nota:</b> Roca sana pero muy fragmentada, la separación entre juntas es de reducidas dimensiones.						<b>Valoración:</b>	<b>5 Puntos</b>
<b>4.- CONDICIÓN DE LAS JUNTAS</b>							
<b>4.1. RUGOSIDAD/RELLENO</b>						<b>SUAVE</b>	
<i>Rango de valores</i>	MUY RUGOSA	RUGOSA	ALGO RUGOSA	SUAVE	LISA CON RELLENO BLANDO	CON RELLENO BLANDO	
<i>Puntuación</i>	10	9	8	6	5	0	
<b>Valoración:</b>						<b>6 Puntos</b>	
<b>4.2. SEPARACIÓN</b>						<b>ABIERTA</b>	
<i>Rango de valores</i>	CERRADA <0,1 mm	ALGO ABIERTA (0,1-1 mm)	ABIERTA (1-5 mm)		MUY ABIERTA (>5 mm)		
<i>Puntuación</i>	9	7	5		0		
<b>Valoración:</b>						<b>5 Puntos</b>	
<b>4.3. PERSISTENCIA</b>						<b>NO PERSISTENTE</b>	
<i>Rango de valores</i>	NO PERSISTENTE. NO CONTINUA		SUSPERSISTENTE		PERSISTENTE. CONTINUA		
<i>Puntuación</i>	5		3		0		
<b>Valoración:</b>						<b>3 Puntos</b>	
<b>4. METEORIZACIÓN</b>						<b>BASTANTE METEORIZADO</b>	
<i>Rango de valores</i>	FRESCA	ALGO METEORIZADA	BASTANTE METEO.	MUY METEORIZADO		TOTALMENTE METEO.	
<i>Puntuación</i>	6	5	3	0		0	
<b>Nota:</b> Las juntas presentan algo de relleno duro, con un grado de meteorización elevado.						<b>Valoración:</b>	<b>3 Puntos</b>
<b>5.- FLUJO DE AGUA EN LAS JUNTAS</b>						<b>LIGERAMENTE HÚMEDAS</b>	
<i>Rango de valores</i>	SECAS	LIG. HÚMEDAS	HÚMEDAS	GOTEANDO	FLUYENDO		
<i>Puntuación</i>	15	10	7	4	0		
<b>Nota:</b> Escasa vegetación en la superficie del talud.						<b>Valoración:</b>	<b>10 Puntos</b>
<b>6.- CORRECCIÓN POR DISCONTINUIDADES</b>						<b>FAVORABLE</b>	
<i>Rango de valores</i>	MUY FAVORABLE	FAVORABLE	MEDIAS	DESFAVORABLES	MUY DESFAVORABLES	NO APLICA	
<i>Puntuación</i>	0	-5	-25	-50	-60	0	
<b>Nota:</b>						<b>Valoración:</b>	<b>-5 Puntos</b>
VALOR DE RMR							
<b>RMR</b>	<b>42</b>						
<b>Clase</b>	<b>Clase III - MEDIA</b>						



○ Talud 2

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE BIENIAWSKI (RMR)	
Proyecto:	Tratamiento de taludes en la Nacional N-403
Ubicación:	Nacional N-403, desde P.K. 91+850 hasta P.K. 112+100, Ávila, Castilla y León.
Fecha:	05/05/2021
Talud:	Talud situado en el P.K. 96+630
Estación Geomecánica:	EG - Nº2

TAMAÑO DEL POSIBLE BLOQUE DE CAÍDA
Variable; mayoría de bloques son Clase Moderada (M) < 0,2 m <sup>3</sup> y 12 ml con bloques de caída de 1m3.

CÁLCULO DEL RMR (RMR)

1.- RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA A COMPRESIÓN SIMPLE (Mpa)	80
---	----

Rango de valores	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	<1 MPa
Puntuación	15	12	7	4	2	1	0

Valoración: 7 Puntos

2.- VALOR DE RQD (%)	75
----------------------	----

Rango de valores	91%-100%	76%-90%	51%-75%	26%-50%	<25%
Puntuación	20	17	13	8	3

Nota: Roca poco fracturada en talud, se estima un RQD alto. Valoración: 13 Puntos

3.- SEPARACIÓN ENTRE JUNTAS	200 - 600 mm
-----------------------------	--------------

Rango de valores	> 2 m	0,6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	< 60 mm
Puntuación	20	15	10	8	5

Nota: Roca bastante sana y poco fragmentada, la separación es de tamaño medio. Valoración: 10 Puntos

4.- CONDICIÓN DE LAS JUNTAS

4.1. RUGOSIDAD/RELLENO						ALGO RUGOSA
Rango de valores	MUY RUGOSA	RUGOSA	ALGO RUGOSA	SUAVE	LISA CON RELLENO BLANDO	CON RELLENO BLANDO
Puntuación	10	9	8	6	5	0

Valoración: 8 Puntos

4.2. SEPARACIÓN				ABIERTA
Rango de valores	CERRADA <0,1 mm	ALGO ABIERTA (0,1-1 mm)	ABIERTA (1-5 mm)	MUY ABIERTA (>5 mm)
Puntuación	9	7	5	0

Valoración: 5 Puntos

4.3. PERSISTENCIA			PERSISTENTE
Rango de valores	NO PERSISTENTE. NO CONTINUA	SUSPERSISTENTE	PERSISTENTE. CONTINUA
Puntuación	5	3	0

Valoración: 0 Puntos

4. METEORIZACIÓN					FRESCA
Rango de valores	FRESCA	ALGO METEORIZADA	BASTANTE METEO.	MUY METEORIZADO	TOTALMENTE METEO.
Puntuación	6	5	3	0	0

Nota: El estado general de la roca es bastante bueno, salvo en zonas profundas que está algo meteorizada. Valoración: 6 Puntos

5.- FLUJO DE AGUA EN LAS JUNTAS

Rango de valores	SECAS	LIG. HÚMEDAS	HÚMEDAS	GOTEANDO	FLUYENDO
Puntuación	15	10	7	4	0

Nota: Escasa vegetación en la superficie del talud. Valoración: 7 Puntos

6.- CORRECCIÓN POR DISCONTINUIDADES

Rango de valores	MUY FAVORABLE	FAVORABLE	MEDIAS	DESFAVORABLES	MUY DESFAVORABLES	NO APLICA
Puntuación	0	-5	-25	-50	-60	0

Nota: Valoración: -25 Puntos

VALOR DE RMR	
RMR	31
Clase	Clase IV - MALA

○ Talud 3

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE BIENIAWSKI (RMR)	
Proyecto:	Tratamiento de taludes en la Nacional N-403
Ubicación:	Nacional N-403, desde P.K. 91+850 hasta P.K. 112+100, Ávila, Castilla y León.
Fecha:	05/05/2021
Talud:	Talud situado en el P.K. 97+050
Estación Geomecánica:	EG - Nº3

TAMAÑO DEL POSIBLE BLOQUE DE CAÍDA
Tamaño de bloques y volumen elevado, la mayoría de estos son grandes (Clase L1) y algunos de clase L2

CÁLCULO DEL RMR (RMR)

1.- RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA A COMPRESIÓN SIMPLE (Mpa)	80
---	----

Rango de valores	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	<1 MPa
Puntuación	15	12	7	4	2	1	0

Valoración: 7 Puntos

2.- VALOR DE RQD (%)	65
----------------------	----

Rango de valores	91%-100%	76%-90%	51%-75%	26%-50%	<25%
Puntuación	20	17	13	8	3

Nota: Rocas de tamaño importante en talud, se estima un RQD medio. Valoración: 13 Puntos

3.- SEPARACIÓN ENTRE JUNTAS	200 - 600 mm
-----------------------------	--------------

Rango de valores	> 2 m	0,6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	< 60 mm
Puntuación	20	15	10	8	5

Nota: Roca aparentemente sana pero muy fragmentada, con separación muy variable. Valoración: 10 Puntos

4.- CONDICIÓN DE LAS JUNTAS

4.1. RUGOSIDAD/RELLENO						SUAVE
Rango de valores	MUY RUGOSA	RUGOSA	ALGO RUGOSA	SUAVE	LISA CON RELLENO BLANDO	CON RELLENO BLANDO
Puntuación	10	9	8	6	5	0

Valoración: 6 Puntos

4.2. SEPARACIÓN				ABIERTA
Rango de valores	CERRADA <0,1 mm	ALGO ABIERTA (0,1-1 mm)	ABIERTA (1-5 mm)	MUY ABIERTA (>5 mm)
Puntuación	9	7	5	0

Valoración: 5 Puntos

4.3. PERSISTENCIA			PERSISTENTE
Rango de valores	NO PERSISTENTE. NO CONTINUA	SUSPERSISTENTE	PERSISTENTE. CONTINUA
Puntuación	5	3	0

Valoración: 0 Puntos

4. METEORIZACIÓN					ALGO METEORIZADA
Rango de valores	FRESCA	ALGO METEORIZADA	BASTANTE METEO.	MUY METEORIZADO	TOTALMENTE METEO.
Puntuación	6	5	3	0	0

Nota: El estado general de la roca es bastante bueno, salvo en zonas profundas que está algo meteorizada. Valoración: 5 Puntos

5.- FLUJO DE AGUA EN LAS JUNTAS

Rango de valores	SECAS	LIG. HÚMEDAS	HÚMEDAS	GOTEANDO	FLUYENDO
Puntuación	15	10	7	4	0

Nota: Escasa vegetación en la superficie del talud. Valoración: 10 Puntos

6.- CORRECCIÓN POR DISCONTINUIDADES

Rango de valores	MUY FAVORABLE	FAVORABLE	MEDIAS	DESFAVORABLES	MUY DESFAVORABLES	NO APLICA
Puntuación	0	-5	-25	-50	-60	0

Nota: Valoración: -5 Puntos

VALOR DE RMR	
RMR	51
Clase	Clase III - MEDIA

○ Talud 4

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE BIENIAWSKI (RMR)							
Proyecto:	Tratamiento de taludes en la Nacional N-403						
Ubicación:	Nacional N-403, desde P.K. 91+850 hasta P.K. 112+100, Ávila, Castilla y León.						
Fecha:	05/05/2021						
Talud:	Talud situado en el P.K. 97+150						
Estación Geomecánica:	EG - Nª4						
TAMAÑO DEL POSIBLE BLOQUE DE CAÍDA							
Tamaño de bloques y volumen elevado, la mayoría de estos son grandes (Clase L1 y L2) con algunos de Clase Moderada							
CÁLCULO DEL RMR (RMR)							
1.- RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA A COMPRESIÓN SIMPLE (Mpa)						85	
Rango de valores	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	<1 MPa
Puntuación	15	12	7	4	2	1	0
Valoración:						7 Puntos	
2.- VALOR DE RQD (%)						70	
Rango de valores	91%-100%	76%-90%	51%-75%	26%-50%	<25%		
Puntuación	20	17	13	8	3		
Nota: Rocas de tamaño importante en talud, se estima un RQD medio.						Valoración: 13 Puntos	
3.- SEPARACIÓN ENTRE JUNTAS						200 - 600 mm	
Rango de valores	> 2 m	0,6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	< 60 mm		
Puntuación	15	10	8	5			
Nota: Roca aparentemente sana pero muy fragmentada, con separación muy variable.						Valoración: 10 Puntos	
4.- CONDICIÓN DE LAS JUNTAS							
4.1. RUGOSIDAD/RELLENO						RUGOSA	
Rango de valores	MUY RUGOSA	RUGOSA	ALGO RUGOSA	SUAVE	LISA CON RELLENO BLANDO	CON RELLENO BLANDO	
Puntuación	10	9	8	6	5	0	
Valoración:						9 Puntos	
4.2. SEPARACIÓN						ABIERTA	
Rango de valores	CERRADA <0,1 mm	ALGO ABIERTA (0,1-1 mm)	ABIERTA (1-5 mm)	MUY ABIERTA (>5 mm)			
Puntuación	9	7	5	0			
Valoración:						5 Puntos	
4.3. PERSISTENCIA						PERSISTENTE	
Rango de valores	NO PERSISTENTE. NO CONTINUA		SUSPERSISTENTE	PERSISTENTE. CONTINUA			
Puntuación	5		3	0			
Valoración:						0 Puntos	
4. METEORIZACIÓN						POCO METEORIZADA	
Rango de valores	FRESCA	ALGO METEORIZADA	BASTANTE METEO.	MUY METEORIZADO	TOTALMENTE METEO.		
Puntuación	6	5	3	0	0		
Nota: La roca está fragmentada en bloques grandes, salvo en zonas puntuales que está algo meteorizada.						Valoración: 5 Puntos	
5.- FLUJO DE AGUA EN LAS JUNTAS						LIGERAMENTE HÚMEDAS	
Rango de valores	SECAS	LIG. HÚMEDAS	HÚMEDAS	GOTEANDO	FLUYENDO		
Puntuación	15	10	7	4	0		
Nota: Escasa vegetación en la superficie del talud.						Valoración: 10 Puntos	
6.- CORRECCIÓN POR DISCONTINUIDADES						MEDIAS	
Rango de valores	MUY FAVORABLE	FAVORABLE	MEDIAS	DESFAVORABLES	MUY DESFAVORABLES	NO APLICA	
Puntuación	0	-5	-25	-50	-60	0	
Nota:						Valoración: -5 Puntos	

VALOR DE RMR	
RMR	54
Clase	Clase III - MEDIA

○ Talud 5

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE BIENIAWSKI (RMR)							
Proyecto:	Tratamiento de taludes en la Nacional N-403						
Ubicación:	Nacional N-403, desde P.K. 91+850 hasta P.K. 112+100, Ávila, Castilla y León.						
Fecha:	05/05/2021						
Talud:	Talud situado en el P.K. 98+750 sin bionda						
Estación Geomecánica:	EG - Nª5						
TAMAÑO DEL POSIBLE BLOQUE DE CAÍDA							
Clase Moderada (M) < 0,3 m3							
CÁLCULO DEL RMR (RMR)							
1.- RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA A COMPRESIÓN SIMPLE (Mpa)						70	
Rango de valores	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	<1 MPa
Puntuación	15	12	7	4	2	1	0
Valoración:						7 Puntos	
2.- VALOR DE RQD (%)						45	
Rango de valores	91%-100%	76%-90%	51%-75%	26%-50%	<25%		
Puntuación	20	17	13	8	3		
Nota: Rocas bastante fragmentadas en todo el talud, se estima un RQD medio.						Valoración: 8 Puntos	
3.- SEPARACIÓN ENTRE JUNTAS						200 - 600 mm	
Rango de valores	> 2 m	0,6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	< 60 mm		
Puntuación	20	15	10	8	5		
Nota: Se presenta una zona de separaciones continuas relativamente próximas.						Valoración: 10 Puntos	
4.- CONDICIÓN DE LAS JUNTAS							
4.1. RUGOSIDAD/RELLENO						LIGERAMENTE RUGOSA	
Rango de valores	MUY RUGOSA	RUGOSA	ALGO RUGOSA	SUAVE	LISA CON RELLENO BLANDO	CON RELLENO BLANDO	
Puntuación	10	9	8	6	5	0	
Valoración:						8 Puntos	
4.2. SEPARACIÓN						ABIERTA	
Rango de valores	CERRADA <0,1 mm	ALGO ABIERTA (0,1-1 mm)	ABIERTA (1-5 mm)	MUY ABIERTA (>5 mm)			
Puntuación	9	7	5	0			
Valoración:						5 Puntos	
4.3. PERSISTENCIA						NO PERSISTENTE	
Rango de valores	NO PERSISTENTE. NO CONTINUA		SUSPERSISTENTE	PERSISTENTE. CONTINUA			
Puntuación	5		3	0			
Valoración:						5 Puntos	
4. METEORIZACIÓN						BASTANTE METEORIZADA	
Rango de valores	FRESCA	ALGO METEORIZADA	BASTANTE METEO.	MUY METEORIZADO	TOTALMENTE METEO.		
Puntuación	6	5	3	0	0		
Nota: Se encuentra presencia de relleno blando, aunque en su mayoría las juntas no presentan relleno.						Valoración: 3 Puntos	
5.- FLUJO DE AGUA EN LAS JUNTAS						LIGERAMENTE HÚMEDAS	
Rango de valores	SECAS	LIG. HÚMEDAS	HÚMEDAS	GOTEANDO	FLUYENDO		
Puntuación	15	10	7	4	0		
Nota: Escasa vegetación en la superficie del talud.						Valoración: 10 Puntos	
6.- CORRECCIÓN POR DISCONTINUIDADES						MEDIAS	
Rango de valores	MUY FAVORABLE	FAVORABLE	MEDIAS	DESFAVORABLES	MUY DESFAVORABLES	NO APLICA	
Puntuación	0	-5	-25	-50	-60	0	
Nota:						Valoración: -25 Puntos	

VALOR DE RMR	
RMR	31
Clase	Clase IV - MALA



### 3.2. CLASIFICACIÓN SMR DE ROMANA

#### ○ Talud 6

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE BIENIAWSKI (RMR)							
Proyecto:	Tratamiento de taludes en la Nacional N-403						
Ubicación:	Nacional N-403, desde P.K. 91+850 hasta P.K. 112+100, Ávila, Castilla y León.						
Fecha:	05/05/2021						
Talud:	Talud situado en el P.K. 111+300						
Estación Geomecánica:	EG - Nº6						
<b>TAMAÑO DEL POSIBLE BLOQUE DE CAÍDA</b>							
Pequeño (S) < 0,2 a 10 dm <sup>3</sup>							
<b>CÁLCULO DEL RMR (RMR)</b>							
<b>1.- RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA A COMPRESIÓN SIMPLE (Mpa)</b>						<b>75</b>	
Rango de valores	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	<1 MPa
Puntuación	15	12	7	4	2	1	0
Valoración:						<b>7 Puntos</b>	
<b>2.- VALOR DE RQD (%)</b>						<b>45</b>	
Rango de valores	91%-100%	76%-90%	51%-75%	26%-50%	<25%		
Puntuación	20	17	13	8	3		
Nota: Rocas bastante fragmentadas en todo el talud, se estima un RQD medio.						Valoración: <b>8 Puntos</b>	
<b>3.- SEPARACIÓN ENTRE JUNTAS</b>						<b>0,6 - 2 m</b>	
Rango de valores	> 2 m	0,6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	< 60 mm		
Puntuación	20	15	10	8	5		
Nota: Se presenta una zona de separaciones continuas relativamente próximas.						Valoración: <b>15 Puntos</b>	
<b>4.- CONDICIÓN DE LAS JUNTAS</b>							
<b>4.1. RUGOSIDAD/RELLENO</b>						<b>LIGERAMENTE RUGOSA</b>	
Rango de valores	MUY RUGOSA	RUGOSA	ALGO RUGOSA	SUAVE	LISA CON RELLENO BLANDO	CON RELLENO BLANDO	
Puntuación	10	9	8	6	5	0	
Valoración:						<b>8 Puntos</b>	
<b>4.2. SEPARACIÓN</b>						<b>ABIERTA</b>	
Rango de valores	CERRADA <0,1 mm	ALGO ABIERTA (0,1-1 mm)	ABIERTA (1-5 mm)	MUY ABIERTA (>5 mm)			
Puntuación	9	7	5	0			
Valoración:						<b>5 Puntos</b>	
<b>4.3. PERSISTENCIA</b>						<b>PERSISTENTE</b>	
Rango de valores	NO PERSISTENTE, NO CONTINUA		SUSPERSISTENTE	PERSISTENTE, CONTINUA			
Puntuación	5		3	0			
Valoración:						<b>0 Puntos</b>	
<b>4. METEORIZACIÓN</b>						<b>BASTANTE METEORIZADA</b>	
Rango de valores	FRESCA	ALGO METEORIZADA	BASTANTE METEO.	MUY METEORIZADO	TOTALMENTE METEO.		
Puntuación	6	5	3	0	0		
Nota: Poco relleno entre las discontinuidades y de consistencia blanda.						Valoración: <b>3 Puntos</b>	
<b>5.- FLUJO DE AGUA EN LAS JUNTAS</b>						<b>LIGERAMENTE HÚMEDAS</b>	
Rango de valores	SECAS	LIG. HÚMEDAS	HÚMEDAS	GOTEANDO	FLUYENDO		
Puntuación	15	10	7	4	0		
Nota: Escasa vegetación en la superficie del talud.						Valoración: <b>10 Puntos</b>	
<b>6.- CORRECCIÓN POR DISCONTINUIDADES</b>						<b>MEDIAS</b>	
Rango de valores	MUY FAVORABLE	FAVORABLE	MEDIAS	DESFAVORABLES	MUY DESFAVORABLES	NO APLICA	
Puntuación	0	-5	-25	-50	-60	0	
Nota:						Valoración: <b>-25 Puntos</b>	

VALOR DE RMR	
RMR	31
Clase	Clase IV - MALA

#### ○ Talud 1

MÉTODO DE ANÁLISIS SMR					
Proyecto:	Tratamiento de taludes en la Nacional N-403				
Ubicación:	Nacional N-403, desde P.K. 91+850 hasta P.K. 112+100, Ávila, Castilla y León.				
Fecha:	05/05/2021				
Talud:	Talud situado en el P.K. 94+100				
Estación Geomecánica:	EG - Nº1				
<b>DETERMINACIÓN DEL VALOR SMR (SLOPE MASS RATING)</b>					
					<b>SMR = RMR + (F<sub>1</sub> x F<sub>2</sub> x F<sub>3</sub>) + F<sub>4</sub></b>
RMR					<b>42</b>
<b>1.- DATOS DE LA DISCONTINUIDAD</b>					
Dirección de buzamiento (aj) :	252	Buzamiento (bj) :	71		
Dirección de buzamiento (aj) :	136	Buzamiento (bj) :	21		
Dirección de buzamiento (aj) :	36	Buzamiento (bj) :	13		
Dirección de buzamiento (aj) :	36	Buzamiento (bj) :	30		
<b>2.- DATOS DEL TALUD</b>					
Dirección de buzamiento (as) :	142	Buzamiento (bs) :	84		
<b>3.- TIPO DE ROTURA PREDOMINANTE</b>					
Rotura por vuelco o desprendimientos					
<b>4.- FACTORES POR AJUSTE DE JUNTAS</b>					
<b>Determinación del factor de ajuste F1</b>					
Caso	Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable
Planar	>30°	30°-20°	20°-10°	10°-5°	<5°
Cuña	>180°				
Valores de F1	0,15	0,4	0,7	0,85	1
VALOR DE F1:					<b>0,15</b>
<b>Determinación del factor de ajuste F2</b>					
Caso	Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable
Planar	<20°	20°-30°	30°-35°	35°-45°	>45°
Valores de F2	0,15	0,4	0,7	0,85	1
VALOR DE F2:					<b>1</b>
<b>Determinación del factor de ajuste F3</b>					
Caso	Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable
Planar	>10°	10°-0°	0°	0-(-10°)	>-10°
Cuña	<110°	110°-120°	>120°		.....
Valores de F3	0	-6	-25	-50	-60
VALOR DE F3:					<b>-6</b>
<b>5.- FACTORES DE AJUSTE SEGÚN EL MÉTODO DE EXCAVACIÓN</b>					
Método	Talud natural	Precorte	Voladura suave	Voladura o mecánico	Voladura deficiente
F4	15	10	8	0	-8
VALOR DE F4:					<b>0</b>

VALOR DE SMR	
SMR	41,1
Clase N.º :	III
Descripción :	Normal
Estabilidad :	Parcialmente estable
Roturas :	Roturas por vuelco
Tratamiento :	Sistemático

○ Talud 2

MÉTODO DE ANÁLISIS SMR						
Proyecto:	Tratamiento de taludes en la Nacional N-403					
Ubicación:	Nacional N-403, desde P.K. 91+850 hasta P.K. 112+100, Ávila, Castilla y León.					
Fecha:	05/05/2021					
Talud:	Talud situado en el P.K. 96+930					
Estación Geomecánica:	EG - Nº2					
DETERMINACIÓN DEL VALOR SMR (SLOPE MASS RATING)						
RMR				31		
SMR = RMR + (F <sub>1</sub> x F <sub>2</sub> x F <sub>3</sub> ) + F <sub>4</sub>						
1.- DATOS DE LA DISCONTINUIDAD						
Dirección de buzamiento (aj) :	317	Buzamiento (bj) :	77			
Dirección de buzamiento (aj) :	146	Buzamiento (bj) :	33			
Dirección de buzamiento (aj) :	150	Buzamiento (bj) :	73			
Dirección de buzamiento (aj) :	342	Buzamiento (bj) :	54			
Dirección de buzamiento (aj) :	026	Buzamiento (bj) :	69			
2.- DATOS DEL TALUD						
Dirección de buzamiento (as) :	142	Buzamiento (bs) :	69			
3.- TIPO DE ROTURA PREDOMINANTE						
Rotura planar, pequeñas cuñas y desprendimientos.						
4.- FACTORES POR AJUSTE DE JUNTAS						
Determinación del factor de ajuste F1						
Caso		Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable
Planar	aj - as	>30°	30°-20°	20°-10°	10°-5°	<5°
Cuña	aj - as - 180					
Valores de F1	F1	0,15	0,4	0,7	0,85	1
VALOR DE F1: 1						
Determinación del factor de ajuste F2						
Caso		Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable
Planar	Bj	<20°	20°-30°	30°-35°	35°-45°	>45°
Valores de F2	F2	0,15	0,4	0,7	0,85	1
VALOR DE F2: 1						
Determinación del factor de ajuste F3						
Caso		Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable
Planar	Bj - Bs	>10°	10°-0°	0°	0-(-10°)	>-10°
Cuña	Bi - Bs	<110°	110°-120°	>120°		.....
Valores de F3	F3	0	-6	-25	-50	-60
VALOR DE F3: -6						
5.- FACTORES DE AJUSTE SEGÚN EL MÉTODO DE EXCAVACIÓN						
Método	Talud natural	Precorte	Voladura suave	Voladura o mecánico	Voladura deficiente	
F4	15	10	8	0	-8	
VALOR DE F4: -8						

VALOR DE SMR	
SMR	17
Clase N.º :	V
Descripción :	Muy mala
Estabilidad :	Totalmente inestable
Roturas :	Grandes roturas por planos o masas
Tratamiento :	Re-excavación

○ Talud 3

MÉTODO DE ANÁLISIS SMR						
Proyecto:	Tratamiento de taludes en la Nacional N-403					
Ubicación:	Nacional N-403, desde P.K. 91+850 hasta P.K. 112+100, Ávila, Castilla y León.					
Fecha:	05/05/2021					
Talud:	Talud situado en el P.K. 97+050					
Estación Geomecánica:	EG - Nº3					
DETERMINACIÓN DEL VALOR SMR (SLOPE MASS RATING)						
RMR				51		
SMR = RMR + (F <sub>1</sub> x F <sub>2</sub> x F <sub>3</sub> ) + F <sub>4</sub>						
1.- DATOS DE LA DISCONTINUIDAD						
Dirección de buzamiento (aj) :	328	Buzamiento (bj) :	44			
Dirección de buzamiento (aj) :	266	Buzamiento (bj) :	69			
Dirección de buzamiento (aj) :	136	Buzamiento (bj) :	18			
Dirección de buzamiento (aj) :	46	Buzamiento (bj) :	10			
Dirección de buzamiento (aj) :	75	Buzamiento (bj) :	10			
2.- DATOS DEL TALUD						
Dirección de buzamiento (as) :	222	Buzamiento (bs) :	76			
3.- TIPO DE ROTURA PREDOMINANTE						
Rotura planar y en pequeñas cuñas						
4.- FACTORES POR AJUSTE DE JUNTAS						
Determinación del factor de ajuste F1						
Caso		Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable
Planar	aj - as	>30°	30°-20°	20°-10°	10°-5°	<5°
Cuña	aj - as - 180					
Valores de F1	F1	0,15	0,4	0,7	0,85	1
VALOR DE F1: 0,15						
Determinación del factor de ajuste F2						
Caso		Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable
Planar	Bj	<20°	20°-30°	30°-35°	35°-45°	>45°
Valores de F2	F2	0,15	0,4	0,7	0,85	1
VALOR DE F2: 1						
Determinación del factor de ajuste F3						
Caso		Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable
Planar	Bj - Bs	>10°	10°-0°	0°	0-(-10°)	>-10°
Cuña	Bi - Bs	<110°	110°-120°	>120°		.....
Valores de F3	F3	0	-6	-25	-50	-60
VALOR DE F3: -25						
5.- FACTORES DE AJUSTE SEGÚN EL MÉTODO DE EXCAVACIÓN						
Método	Talud natural	Precorte	Voladura suave	Voladura o mecánico	Voladura deficiente	
F4	15	10	8	0	-8	
VALOR DE F4: 0						

VALOR DE SMR	
SMR	47,25
Clase N.º :	III
Descripción :	Normal
Estabilidad :	Parcialmente estable
Roturas :	Algunas juntas o muchas cuñas
Tratamiento :	Sistemático



○ Talud 4

MÉTODO DE ANÁLISIS SMR						
Proyecto:	Tratamiento de taludes en la Nacional N-403					
Ubicación:	Nacional N-403, desde P.K. 91+850 hasta P.K. 112+100, Ávila, Castilla y León.					
Fecha:	05/05/2021					
Talud:	Talud situado en el P.K. 97+150					
Estación Geomecánica:	EG - Nº4					
DETERMINACIÓN DEL VALOR SMR (SLOPE MASS RATING)						
SMR = RMR + (F <sub>1</sub> x F <sub>2</sub> x F <sub>3</sub> ) + F <sub>4</sub>						
RMR		54				
1.- DATOS DE LA DISCONTINUIDAD						
Dirección de buzamiento (aj) :		38	Buzamiento (bj) :		88	
Dirección de buzamiento (aj) :		321	Buzamiento (bj) :		72	
Dirección de buzamiento (aj) :		109	Buzamiento (bj) :		22	
2.- DATOS DEL TALUD						
Dirección de buzamiento (as) :		222	Buzamiento (bs) :		86	
3.- TIPO DE ROTURA PREDOMINANTE						
Roturas planares y desprendimientos.						
4.- FACTORES POR AJUSTE DE JUNTAS						
Determinación del factor de ajuste F1						
Caso		Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable
Planar	aj - as	>30°	30°-20°	20°-10°	10°-5°	<5°
Cuña	aj - as - 180					
Valores de F1		F1	0,15	0,4	0,7	0,85
						VALOR DE F1: 0,15
Determinación del factor de ajuste F2						
Caso		Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable
Planar	Bj	<20°	20°-30°	30°-35°	35°-45°	>45°
Valores de F2		F2	0,15	0,4	0,7	0,85
						VALOR DE F2: 1
Determinación del factor de ajuste F3						
Caso		Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable
Planar	Bj - Bs	>10°	10°-0°	0°	0-(-10°)	>-10°
Cuña	Bi - Bs	<110°	110°-120°	>120°		.....
Valores de F3		F3	0	-6	-25	-50
						VALOR DE F3: -50
5.- FACTORES DE AJUSTE SEGÚN EL MÉTODO DE EXCAVACIÓN						
Método		Talud natural	Precorte	Voladura suave	Voladura o mecánico	Voladura deficiente
F4		15	10	8	0	-8
						VALOR DE F4: 0

VALOR DE SMR	
SMR	46,5
Clase N.º :	III
Descripción :	Normal
Estabilidad :	Parcialmente estable
Roturas :	Algunas juntas o muchas cuñas
Tratamiento :	Sistemático

○ Talud 5

MÉTODO DE ANÁLISIS SMR						
Proyecto:	Tratamiento de taludes en la Nacional N-403					
Ubicación:	Nacional N-403, desde P.K. 91+850 hasta P.K. 112+100, Ávila, Castilla y León.					
Fecha:	05/05/2021					
Talud:	Talud situado en el P.K. 98+750 sin bionda					
Estación Geomecánica:	EG - Nº5					
DETERMINACIÓN DEL VALOR SMR (SLOPE MASS RATING)						
SMR = RMR + (F <sub>1</sub> x F <sub>2</sub> x F <sub>3</sub> ) + F <sub>4</sub>						
RMR		31				
1.- DATOS DE LA DISCONTINUIDAD						
Dirección de buzamiento (aj) :		314	Buzamiento (bj) :		79	
Dirección de buzamiento (aj) :		58	Buzamiento (bj) :		88	
Dirección de buzamiento (aj) :		40	Buzamiento (bj) :		85	
Dirección de buzamiento (aj) :		166	Buzamiento (bj) :		32	
2.- DATOS DEL TALUD						
Dirección de buzamiento (as) :		222	Buzamiento (bs) :		71	
3.- TIPO DE ROTURA PREDOMINANTE						
Rotura en cuñas y desprendimientos.						
4.- FACTORES POR AJUSTE DE JUNTAS						
Determinación del factor de ajuste F1						
Caso		Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable
Planar	aj - as	>30°	30°-20°	20°-10°	10°-5°	<5°
Cuña	aj - as - 180					
Valores de F1		F1	0,15	0,4	0,7	0,85
						VALOR DE F1: 0,15
Determinación del factor de ajuste F2						
Caso		Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable
Planar	Bj	<20°	20°-30°	30°-35°	35°-45°	>45°
Valores de F2		F2	0,15	0,4	0,7	0,85
						VALOR DE F2: 0,7
Determinación del factor de ajuste F3						
Caso		Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable
Planar	Bj - Bs	>10°	10°-0°	0°	0-(-10°)	>-10°
Cuña	Bi - Bs	<110°	110°-120°	>120°		.....
Valores de F3		F3	0	-6	-25	-50
						VALOR DE F3: 60
5.- FACTORES DE AJUSTE SEGÚN EL MÉTODO DE EXCAVACIÓN						
Método		Talud natural	Precorte	Voladura suave	Voladura o mecánico	Voladura deficiente
F4		15	10	8	0	-8
						VALOR DE F4: -8

VALOR DE SMR	
SMR	29,3
Clase N.º :	IV
Descripción :	Mala
Estabilidad :	Inestable
Roturas :	Juntas o grandes cuñas
Tratamiento :	Corrección

Talud 6

MÉTODO DE ANÁLISIS SMR					
Proyecto:	Tratamiento de taludes en la Nacional N-403				
Ubicación:	Nacional N-403, desde P.K. 91+850 hasta P.K. 112+100, Ávila, Castilla y León.				
Fecha:	05/05/2021				
Talud:	Talud situado en el P.K. 111+300				
Estación Geomecánica:	EG - Nº6				
DETERMINACIÓN DEL VALOR SMR (SLOPE MASS RATING)					
SMR = RMR + (F <sub>1</sub> × F <sub>2</sub> × F <sub>3</sub> ) + F <sub>4</sub>					
RMR	31				
1.- DATOS DE LA DISCONTINUIDAD					
Dirección de buzamiento (aj) :	38	Buzamiento (bj) :	87		
Dirección de buzamiento (aj) :	175	Buzamiento (bj) :	12		
Dirección de buzamiento (aj) :	321	Buzamiento (bj) :	83		
Dirección de buzamiento (aj) :	110	Buzamiento (bj) :	71		
2.- DATOS DEL TALUD					
Dirección de buzamiento (as) :	154	Buzamiento (bs) :	73		
3.- TIPO DE ROTURA PREDOMINANTE					
Rotura por vuelco.					
4.- FACTORES POR AJUSTE DE JUNTAS					
Determinación del factor de ajuste F1					
Caso	Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable
Planar	aj - as	>30°	30°-20°	20°-10°	10°-5°
Cuña	aj - as - 180	>30°	30°-20°	20°-10°	10°-5°
Valores de F1	F1	0,15	0,4	0,7	0,85
VALOR DE F1:					0,15
Determinación del factor de ajuste F2					
Caso	Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable
Planar	Bj	<20°	20°-30°	30°-35°	35°-45°
Cuña	aj - as - 180	<20°	20°-30°	30°-35°	35°-45°
Valores de F2	F2	0,15	0,4	0,7	0,85
VALOR DE F2:					0,15
Determinación del factor de ajuste F3					
Caso	Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable
Planar	Bj - Bs	>10°	10°-0°	0°	>-10°
Cuña	Bi - Bs	<110°	110°-120°	>120°	.....
Valores de F3	F3	0	-6	-25	-50
VALOR DE F3:					-60
5.- FACTORES DE AJUSTE SEGÚN EL MÉTODO DE EXCAVACIÓN					
Método	Talud natural	Precorte	Voladura suave	Voladura o mecánico	Voladura deficiente
F4	15	10	8	0	-8
VALOR DE F4:					0

VALOR DE SMR	
SMR	29,65
Clase N.º :	IV
Descripción :	Mala
Estabilidad :	Inestable
Roturas :	Juntas o grandes cuñas
Tratamiento :	Corrección

4. CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA N-502

4.1. CLASIFICACIÓN RMR DE BIENIAWSKI

Talud 7

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE BIENIAWSKI (RMR)							
Proyecto:	Tratamiento de taludes en la Nacional N-502						
Ubicación:	Nacional N-502, desde P.K. 29+100 hasta P.K. 76+000, Ávila, Castilla y León.						
Fecha:	01/07/2021						
Talud:	Talud situado en el P.K. 29+780						
Estación Geomecánica:	EG - Nº7						
TAMAÑO DEL POSIBLE BLOQUE DE CAÍDA							
Clase Grande (L1) < 0,2 a 0,5 m3							
CÁLCULO DEL RMR (RMR)							
1.- RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA A COMPRESIÓN SIMPLE (Mpa)							
Rango de valores	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	<1 MPa
Puntuación	15	12	7	4	2	1	0
Valoración:						7 Puntos	
2.- VALOR DE RQD (%)							
Rango de valores	91%-100%	76%-90%	51%-75%	26%-50%	<25%		
Puntuación	20	17	13	8	3		
Nota: Fragmentación en grandes bloques.						Valoración:	13 Puntos
3.- SEPARACIÓN ENTRE JUNTAS							
Rango de valores	> 2 m	0,6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	< 60 mm		
Puntuación	20	15	10	8	5		
Nota: Gran espaciamento en el diaclasado						Valoración:	15 Puntos
4.- CONDICIÓN DE LAS JUNTAS							
4.1. RUGOSIDAD/RELLENO							
Rango de valores	MUY RUGOSA	RUGOSA	ALGO RUGOSA	SUAVE	LISA CON RELLENO BLANDO	SUAVE CON RELLENO BLANDO	
Puntuación	10	9	8	6	5	0	
Valoración:						6 Puntos	
4.2. SEPARACIÓN							
Rango de valores	CERRADA (<0,1 mm)	ALGO ABIERTA (0,1-1 mm)	ABIERTA (1-5 mm)	MUY ABIERTA (>5 mm)			
Puntuación	9	7	5	0			
Valoración:						0 Puntos	
4.3. PERSISTENCIA							
Rango de valores	NO PERSISTENTE. NO CONTINUA		SUSPERSISTENTE	PERSISTENTE. CONTINUA			
Puntuación	5		3	0			
Valoración:						0 Puntos	
4. METEORIZACIÓN							
Rango de valores	FRESCA	ALGO METEORIZADA	BASTANTE METEO.	MUY METEORIZADO	BASTANTE METEORIZADA TOTALMENTE METEO.		
Puntuación	6	5	3	0	0		
Nota: Gran presencia de juntas y mayor grado de alteración en cabeza de talud.						Valoración:	3 Puntos
5.- FLUJO DE AGUA EN LAS JUNTAS							
Rango de valores	SECAS	LIG. HÚMEDAS	HÚMEDAS	GOTEANDO	FLUYENDO		
Puntuación	15	10	7	4	0		
Nota: Escasa vegetación en la superficie del talud.						Valoración:	10 Puntos
6.- CORRECCIÓN POR DISCONTINUIDADES							
Rango de valores	MUY FAVORABLE	FAVORABLE	MEDIAS	DESFAVORABLES	MUY DESFAVORABLES	NO APLICA	
Puntuación	0	-5	-25	-50	-60	0	
Nota:						Valoración:	-25 Puntos

VALOR DE RMR	
RMR	29
Clase	Clase IV - MALA



○ Talud 8

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE BIENIAWSKI (RMR)							
Proyecto:	Tratamiento de taludes en la Nacional N-502						
Ubicación:	Nacional N-502, desde P.K. 29+100 hasta P.K. 76+000, Ávila, Castilla y León.						
Fecha:	01/07/2021						
Talud:	Talud situado en el P.K. 50+150						
Estación Geomecánica:	EG - N°8						
TAMAÑO DEL POSIBLE BLOQUE DE CAÍDA							
Pequeños (S) < 10 dm <sup>3</sup>							
CÁLCULO DEL RMR (RMR)							
1.- RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA A COMPRESIÓN SIMPLE (Mpa)						75	
Rango de valores	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	<1 MPa
Puntuación	15	12	7	4	2	1	0
Valoración:						7 Puntos	
2.- VALOR DE RQD (%)						60	
Rango de valores	91%-100%	76%-90%	51%-75%	26%-50%	<25%		
Puntuación	20	17	13	8	3		
Nota: Fracturación en superficie.						Valoración: 13 Puntos	
3.- SEPARACIÓN ENTRE JUNTAS						60 - 200 mm	
Rango de valores	> 2 m	0,6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	< 60 mm		
Puntuación	15	10	8	5	3		
Nota: Proximidad de las juntas; superficie irregular.						Valoración: 8 Puntos	
4.- CONDICIÓN DE LAS JUNTAS							
4.1. RUGOSIDAD/RELLENO						SUAVE	
Rango de valores	MUY RUGOSA	RUGOSA	ALGO RUGOSA	SUAVE	LISA CON RELLENO BLANDO	CON RELLENO BLANDO	
Puntuación	10	9	8	6	5	0	
Valoración:						6 Puntos	
4.2. SEPARACIÓN						MUY ABIERTA	
Rango de valores	CERRADA <0,1 mm	ALGO ABIERTA (0,1-1 mm)	ABIERTA (1-5 mm)	MUY ABIERTA (>5 mm)			
Puntuación	9	7	5	0			
Valoración:						0 Puntos	
4.3. PERSISTENCIA						PERSISTENTE	
Rango de valores	NO PERSISTENTE. NO CONTINUA		SUSPERSISTENTE	PERSISTENTE. CONTINUA			
Puntuación	5		3	0			
Valoración:						0 Puntos	
4. METEORIZACIÓN						BASTANTE METEORIZADA	
Rango de valores	FRESCA	ALGO METEORIZADA	BASTANTE METEO.	MUY METEORIZADO	TOTALMENTE METEO.		
Puntuación	6	5	3	0	0		
Nota: Gran presencia de juntas y mayor grado de alteración en cabeza de talud.						Valoración: 3 Puntos	
5.- FLUJO DE AGUA EN LAS JUNTAS						LIGERAMENTE HÚMEDAS	
Rango de valores	SECAS	LIG. HÚMEDAS	HÚMEDAS	GOTEANDO	FLUYENDO		
Puntuación	15	10	7	4	0		
Nota: Escasa vegetación en la superficie del talud.						Valoración: 10 Puntos	
6.- CORRECCIÓN POR DISCONTINUIDADES						FAVORABLE	
Rango de valores	MUY FAVORABLE	FAVORABLE	MEDIAS	DESFAVORABLES	MUY DESFAVORABLES	NO APLICA	
Puntuación	0	-5	-25	-50	-60	0	
Nota:						Valoración: -5 Puntos	

VALOR DE RMR	
RMR	42
Clase	Clase III - MEDIA

○ Talud 9

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE BIENIAWSKI (RMR)							
Proyecto:	Tratamiento de taludes en la Nacional N-502						
Ubicación:	Nacional N-502, desde P.K. 29+100 hasta P.K. 76+000, Ávila, Castilla y León.						
Fecha:	01/07/2021						
Talud:	Talud situado en el P.K. 55+275						
Estación Geomecánica:	EG - N°9						
TAMAÑO DEL POSIBLE BLOQUE DE CAÍDA							
Pequeños (S) < 10 dm <sup>3</sup>							
CÁLCULO DEL RMR (RMR)							
1.- RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA A COMPRESIÓN SIMPLE (Mpa)						70	
Rango de valores	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	<1 MPa
Puntuación	15	12	7	4	2	1	0
Valoración:						7 Puntos	
2.- VALOR DE RQD (%)						45	
Rango de valores	91%-100%	76%-90%	51%-75%	26%-50%	<25%		
Puntuación	20	17	13	8	3		
Nota: Fracturación en superficie.						Valoración: 8 Puntos	
3.- SEPARACIÓN ENTRE JUNTAS						60 - 200 mm	
Rango de valores	> 2 m	0,6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	< 60 mm		
Puntuación	20	15	10	8	5		
Nota: Proximidad de las juntas; superficie irregular.						Valoración: 8 Puntos	
4.- CONDICIÓN DE LAS JUNTAS							
4.1. RUGOSIDAD/RELLENO						SUAVE	
Rango de valores	MUY RUGOSA	RUGOSA	ALGO RUGOSA	SUAVE	LISA CON RELLENO BLANDO	CON RELLENO BLANDO	
Puntuación	10	9	8	6	5	0	
Valoración:						6 Puntos	
4.2. SEPARACIÓN						ABIERTAS	
Rango de valores	CERRADA <0,1 mm	ALGO ABIERTA (0,1-1 mm)	ABIERTA (1-5 mm)	MUY ABIERTA (>5 mm)			
Puntuación	9	7	5	0			
Valoración:						5 Puntos	
4.3. PERSISTENCIA						PERSISTENTE	
Rango de valores	NO PERSISTENTE. NO CONTINUA		SUSPERSISTENTE	PERSISTENTE. CONTINUA			
Puntuación	5		3	0			
Valoración:						0 Puntos	
4. METEORIZACIÓN						BASTANTE METEORIZADA	
Rango de valores	FRESCA	ALGO METEORIZADA	BASTANTE METEO.	MUY METEORIZADO	TOTALMENTE METEO.		
Puntuación	6	5	3	0	0		
Nota: Meteorización en toda la zona central del talud.						Valoración: 3 Puntos	
5.- FLUJO DE AGUA EN LAS JUNTAS						GOTEANDO	
Rango de valores	SECAS	LIG. HÚMEDAS	HÚMEDAS	GOTEANDO	FLUYENDO		
Puntuación	15	10	7	4	0		
Nota: Flujo en la parte inicial del talud						Valoración: 4 Puntos	
6.- CORRECCIÓN POR DISCONTINUIDADES						FAVORABLE	
Rango de valores	MUY FAVORABLE	FAVORABLE	MEDIAS	DESFAVORABLES	MUY DESFAVORABLES	NO APLICA	
Puntuación	0	-5	-25	-50	-60	0	
Nota:						Valoración: -5 Puntos	

VALOR DE RMR	
RMR	36
Clase	Clase IV - MALA

○ Talud 10

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE BIENIAWSKI (RMR)							
Proyecto:	Tratamiento de taludes en la Nacional N-502						
Ubicación:	Nacional N-502, desde P.K. 29+100 hasta P.K. 76+000, Ávila, Castilla y León.						
Fecha:	01/07/2021						
Talud:	Talud situado en el P.K. 55+550						
Estación Geomecánica:	EG - Nº10						
<b>TAMAÑO DEL POSIBLE BLOQUE DE CAÍDA</b>							
Moderado (M) < 10 a 200 dm <sup>3</sup>							
<b>CÁLCULO DEL RMR (RMR)</b>							
<b>1.- RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA A COMPRESIÓN SIMPLE (Mpa)</b>						<b>80</b>	
Rango de valores	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	<1 MPa
Puntuación	15	12	7	4	2	1	0
Valoración:						<b>7 Puntos</b>	
<b>2.- VALOR DE RQD (%)</b>						<b>65</b>	
Rango de valores	91%-100%	76%-90%	51%-75%	26%-50%	<25%		
Puntuación	20	17	13	8	3		
Nota: Notorio grado de fracturación.						Valoración: <b>13 Puntos</b>	
<b>3.- SEPARACIÓN ENTRE JUNTAS</b>						<b>60 - 200 mm</b>	
Rango de valores	> 2 m	0,6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	< 60 mm		
Puntuación	20	15	10	8	5		
Nota: Zonas muy fracturadas; atención a los bloques en cabeza.						Valoración: <b>8 Puntos</b>	
<b>4.- CONDICIÓN DE LAS JUNTAS</b>							
<b>4.1. RUGOSIDAD/RELLENO</b>						<b>SUAVE</b>	
Rango de valores	MUY RUGOSA	RUGOSA	ALGO RUGOSA	SUAVE	LISA CON RELLENO BLANDO	CON RELLENO BLANDO	
Puntuación	10	9	8	6	5	0	
Valoración:						<b>6 Puntos</b>	
<b>4.2. SEPARACIÓN</b>						<b>ABIERTAS</b>	
Rango de valores	CERRADA <0,1 mm	ALGO ABIERTA (0,1-1 mm)	ABIERTA (1-5 mm)	MUY ABIERTA (>5 mm)			
Puntuación	9	7	5	0			
Valoración:						<b>5 Puntos</b>	
<b>4.3. PERSISTENCIA</b>						<b>PERSISTENTE</b>	
Rango de valores	NO PERSISTENTE. NO CONTINUA		SUSPERSISTENTE	PERSISTENTE. CONTINUA			
Puntuación	5		3	0			
Valoración:						<b>0 Puntos</b>	
<b>4. METEORIZACIÓN</b>						<b>BASTANTE METEORIZADA</b>	
Rango de valores	FRESCA	ALGO METEORIZADA	BASTANTE METEO.	MUY METEORIZADO	TOTALMENTE METEO.		
Puntuación	6	5	3	0	0		
Nota: Superficie muy irregular, con abundancia de juntas.						Valoración: <b>3 Puntos</b>	
<b>5.- FLUJO DE AGUA EN LAS JUNTAS</b>						<b>LIGERAMENTE HUMEDAS</b>	
Rango de valores	SECAS	LIG. HÚMEDAS	HÚMEDAS	GOTEANDO	FLUYENDO		
Puntuación	15	10	7	4	0		
Nota: Presencia de vegetación en todo el talud.						Valoración: <b>10 Puntos</b>	
<b>6.- CORRECCIÓN POR DISCONTINUIDADES</b>						<b>FAVORABLE</b>	
Rango de valores	MUY FAVORABLE	FAVORABLE	MEDIAS	DESFAVORABLES	MUY DESFAVORABLES	NO APLICA	
Puntuación	0	-5	-25	-50	-60	0	
Nota:						Valoración: <b>-5 Puntos</b>	

VALOR DE RMR	
RMR	47
Clase	Clase III - MEDIA

○ Talud 11

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE BIENIAWSKI (RMR)							
Proyecto:	Tratamiento de taludes en la Nacional N-502						
Ubicación:	Nacional N-502, desde P.K. 29+100 hasta P.K. 76+000, Ávila, Castilla y León.						
Fecha:	01/07/2021						
Talud:	Talud situado en el P.K. 58+350						
Estación Geomecánica:	EG - Nº14						
<b>TAMAÑO DEL POSIBLE BLOQUE DE CAÍDA</b>							
Moderado (M) < 10 a 200 dm <sup>3</sup>							
<b>CÁLCULO DEL RMR (RMR)</b>							
<b>1.- RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA A COMPRESIÓN SIMPLE (Mpa)</b>						<b>80</b>	
Rango de valores	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	<1 MPa
Puntuación	15	12	7	4	2	1	0
Valoración:						<b>7 Puntos</b>	
<b>2.- VALOR DE RQD (%)</b>						<b>45</b>	
Rango de valores	91%-100%	76%-90%	51%-75%	26%-50%	<25%		
Puntuación	20	17	13	8	3		
Nota: Apreciable grado de fracturación.						Valoración: <b>8 Puntos</b>	
<b>3.- SEPARACIÓN ENTRE JUNTAS</b>						<b>&lt;60 mm</b>	
Rango de valores	> 2 m	0,6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	< 60 mm		
Puntuación	20	15	10	8	5		
Nota: Fracturas en toda la superficie.						Valoración: <b>5 Puntos</b>	
<b>4.- CONDICIÓN DE LAS JUNTAS</b>							
<b>4.1. RUGOSIDAD/RELLENO</b>						<b>ALGO RUGOSA</b>	
Rango de valores	MUY RUGOSA	RUGOSA	ALGO RUGOSA	SUAVE	LISA CON RELLENO BLANDO	CON RELLENO BLANDO	
Puntuación	10	9	8	6	5	0	
Valoración:						<b>8 Puntos</b>	
<b>4.2. SEPARACIÓN</b>						<b>ABIERTAS</b>	
Rango de valores	CERRADA <0,1 mm	ALGO ABIERTA (0,1-1 mm)	ABIERTA (1-5 mm)	MUY ABIERTA (>5 mm)			
Puntuación	9	7	5	0			
Valoración:						<b>5 Puntos</b>	
<b>4.3. PERSISTENCIA</b>						<b>PERSISTENTE</b>	
Rango de valores	NO PERSISTENTE. NO CONTINUA		SUSPERSISTENTE	PERSISTENTE. CONTINUA			
Puntuación	5		3	0			
Valoración:						<b>0 Puntos</b>	
<b>4. METEORIZACIÓN</b>						<b>BASTANTE METEORIZADA</b>	
Rango de valores	FRESCA	ALGO METEORIZADA	BASTANTE METEO.	MUY METEORIZADO	TOTALMENTE METEO.		
Puntuación	6	5	3	0	0		
Nota: Alto grado de meteorización superficial.						Valoración: <b>3 Puntos</b>	
<b>5.- FLUJO DE AGUA EN LAS JUNTAS</b>						<b>LIGERAMENTE HUMEDAS</b>	
Rango de valores	SECAS	LIG. HÚMEDAS	HÚMEDAS	GOTEANDO	FLUYENDO		
Puntuación	15	10	7	4	0		
Nota: Presencia de vegetación en todo el talud.						Valoración: <b>10 Puntos</b>	
<b>6.- CORRECCIÓN POR DISCONTINUIDADES</b>						<b>FAVORABLE</b>	
Rango de valores	MUY FAVORABLE	FAVORABLE	MEDIAS	DESFAVORABLES	MUY DESFAVORABLES	NO APLICA	
Puntuación	0	-5	-25	-50	-60	0	
Nota:						Valoración: <b>-5 Puntos</b>	

VALOR DE RMR	
RMR	41
Clase	Clase IV - MALA



## 4.2. CLASIFICACIÓN SMR DE ROMANA

### ○ Talud 12

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE BIENIAWSKI (RMR)						
Proyecto:	Tratamiento de taludes en la Nacional N-502					
Ubicación:	Nacional N-502, desde P.K. 29+100 hasta P.K. 76+000, Ávila, Castilla y León.					
Fecha:	01/07/2021					
Talud:	Talud situado en el P.K. 60+050					
Estación Geomecánica:	EG - Nº12					
TAMAÑO DEL POSIBLE BLOQUE DE CAÍDA						
Pequeño (S) < 10 dm <sup>3</sup>						
CÁLCULO DEL RMR (RMR)						
<b>1.- RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA A COMPRESIÓN SIMPLE (Mpa) 80</b>						
Rango de valores	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	<1 MPa
Puntuación	15	12	7	4	2	0
Valoración:						7 Puntos
<b>2.- VALOR DE RQD (%) 75</b>						
Rango de valores	91%-100%	76%-90%	51%-75%	26%-50%	<25%	
Puntuación	20	17	13	8	3	
Nota: Fracturación superficial						Valoración: 13 Puntos
<b>3.- SEPARACIÓN ENTRE JUNTAS 200 - 600 mm</b>						
Rango de valores	> 2 m	0,6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	< 60 mm	
Puntuación	15	10	8	5	3	
Nota: Fracturas en toda la superficie.						Valoración: 10 Puntos
<b>4.- CONDICIÓN DE LAS JUNTAS</b>						
<b>4.1. RUGOSIDAD/RELLENO</b>						<b>SUAVE</b>
Rango de valores	MUY RUGOSA	RUGOSA	ALGO RUGOSA	SUAVE	LISA CON RELLENO BLANDO	CON RELLENO BLANDO
Puntuación	10	9	8	6	5	0
Valoración:						6 Puntos
<b>4.2. SEPARACIÓN</b>						<b>ABIERTAS</b>
Rango de valores	CERRADA (<0,1 mm)	ALGO ABIERTA (0,1-1 mm)	ABIERTA (1-5 mm)	MUY ABIERTA (>5 mm)		
Puntuación	9	7	5	0		
Valoración:						5 Puntos
<b>4.3. PERSISTENCIA</b>						<b>PERSISTENTE</b>
Rango de valores	NO PERSISTENTE. NO CONTINUA		SUSPERSISTENTE	PERSISTENTE. CONTINUA		
Puntuación	5		3	0		
Valoración:						0 Puntos
<b>4. METEORIZACIÓN</b>						<b>ALGO METEORIZADA</b>
Rango de valores	FRESCA	ALGO METEORIZADA	BASTANTE METEO.	MUY METEORIZADO	TOTALMENTE METEO.	
Puntuación	6	5	3	0	0	
Nota: Superficie irregular						Valoración: 5 Puntos
<b>5.- FLUJO DE AGUA EN LAS JUNTAS LIGERAMENTE HUMEDAS</b>						
Rango de valores	SECAS	LIG. HÚMEDAS	HÚMEDAS	GOTEANDO	FLUYENDO	
Puntuación	15	10	7	4	0	
Nota: Presencia de vegetación en todo el talud.						Valoración: 10 Puntos
<b>6.- CORRECCIÓN POR DISCONTINUIDADES FAVORABLE</b>						
Rango de valores	MUY FAVORABLE	FAVORABLE	MEDIAS	DESFAVORABLES	MUY DESFAVORABLES	NO APLICA
Puntuación	0	-5	-25	-50	-60	0
Nota:						Valoración: -5 Puntos

VALOR DE RMR	
RMR	51
Clase	Clase III - MEDIA

### ○ Talud 7

MÉTODO DE ANÁLISIS SMR						
Proyecto:	Tratamiento de taludes en la Nacional N-502					
Ubicación:	Nacional N-502, desde P.K. 29+100 hasta P.K. 76+000, Ávila, Castilla y León.					
Fecha:	01/07/2021					
Talud:	Talud situado en el P.K. 29+780					
Estación Geomecánica:	EG - Nº7					
DETERMINACIÓN DEL VALOR SMR (SLOPE MASS RATING)						
RMR					29	
SMR = RMR + (F <sub>1</sub> x F <sub>2</sub> x F <sub>3</sub> ) + F <sub>4</sub>						
<b>1.- DATOS DE LA DISCONTINUIDAD</b>						
Dirección de buzamiento (aj) :	67	Buzamiento (bj) :	207			
Dirección de buzamiento (aj) :	29	Buzamiento (bj) :	203			
Dirección de buzamiento (aj) :	74	Buzamiento (bj) :	37			
Dirección de buzamiento (aj) :	65	Buzamiento (bj) :	29			
Dirección de buzamiento (aj) :	37	Buzamiento (bj) :	129			
<b>2.- DATOS DEL TALUD</b>						
Dirección de buzamiento (as) :	204	Buzamiento (bs) :	80			
<b>3.- TIPO DE ROTURA PREDOMINANTE</b>						
Roturas planares, formación de cuñas y desprendimientos.						
<b>4.- FACTORES POR AJUSTE DE JUNTAS</b>						
Determinación del factor de ajuste F1						
Caso		Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable
Planar	aj - os	>30°	30°-20°	20°-10°	10°-5°	<5°
Cuña	aj - os - 180					
Valores de F1	F1	0,15	0,4	0,7	0,85	1
VALOR DE F1:					0,15	
Determinación del factor de ajuste F2						
Caso		Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable
Planar	Bj	<20°	20°-30°	30°-35°	35°-45°	>45°
Valores de F2	F2	0,15	0,4	0,7	0,85	1
VALOR DE F2:					1	
Determinación del factor de ajuste F3						
Caso		Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable
Planar	Bj - Bs	>10°	10°-0°	0°	0-(-10°)	>-10°
Cuña	Bi - Bs	<110°	110°-120°	>120°		.....
Valores de F3	F3	0	-6	-25	-50	-60
VALOR DE F3:					-50	
<b>5.- FACTORES DE AJUSTE SEGÚN EL MÉTODO DE EXCAVACIÓN</b>						
Método	Talud natural	Precorte	Voladura suave	Voladura o mecánico	Voladura deficiente	
F4	15	10	8	0	-8	
VALOR DE F4:					0	

VALOR DE SMR	
SMR	21,5
Clase N.º :	IV
Descripción :	Mala
Estabilidad :	Inestable
Roturas :	Juntas o grandes cuñas
Tratamiento :	Corrección

○ Talud 8

MÉTODO DE ANÁLISIS SMR						
Proyecto:	Tratamiento de taludes en la Nacional N-403					
Ubicación:	Nacional N-403, desde P.K. 91+850 hasta P.K. 112+100, Ávila, Castilla y León.					
Fecha:	05/05/2021					
Talud:	Talud situado en el P.K. 50+150					
Estación Geomecánica:	EG - N°8					
DETERMINACIÓN DEL VALOR SMR (SLOPE MASS RATING)				SMR = RMR + (F <sub>1</sub> x F <sub>2</sub> x F <sub>3</sub> ) + F <sub>4</sub>		
RMR				42		
1.- DATOS DE LA DISCONTINUIDAD						
Dirección de buzamiento (aj) :		273	Buzamiento (bj) :		73	
Dirección de buzamiento (aj) :		285	Buzamiento (bj) :		57	
Dirección de buzamiento (aj) :		042	Buzamiento (bj) :		23	
Dirección de buzamiento (aj) :		164	Buzamiento (bj) :		74	
2.- DATOS DEL TALUD						
Dirección de buzamiento (as) :		326	Buzamiento (bs) :		41	
3.- TIPO DE ROTURA PREDOMINANTE						
Desprendimientos y vuelcos.						
4.- FACTORES POR AJUSTE DE JUNTAS						
Determinación del factor de ajuste F1						
Caso		Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable
Planar	aj - as	>30°	30°-20°	20°-10°	10°-5°	<5°
Cuña	aj - as - 180					
Valores de F1	F1	0,15	0,4	0,7	0,85	1
VALOR DE F1:						0,85
Determinación del factor de ajuste F2						
Caso		Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable
Planar	Bj	<20°	20°-30°	30°-35°	35°-45°	>45°
Valores de F2	F2	0,15	0,4	0,7	0,85	1
VALOR DE F2:						1
Determinación del factor de ajuste F3						
Caso		Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable
Planar	Bj - Bs	>10°	10°-0°	0°	0-(-10°)	>-10°
Cuña	Bi - Bs	<110°	110°-120°	>120°		.....
Valores de F3	F3	0	-6	-25	-50	-60
VALOR DE F3:						0
5.- FACTORES DE AJUSTE SEGÚN EL MÉTODO DE EXCAVACIÓN						
Método	Talud natural	Precorte	Voladura suave	Voladura o mecánico	Voladura deficiente	
F4	15	10	8	0	-8	
VALOR DE F4:						8

VALOR DE SMR	
SMR	50
Clase N.º :	III
Descripción :	Normal
Estabilidad :	Parcialmente estable
Roturas :	Algunas juntas o muchas cuñas
Tratamiento :	Sistemático

○ Talud 9

MÉTODO DE ANÁLISIS SMR						
Proyecto:	Tratamiento de taludes en la Nacional N-403					
Ubicación:	Nacional N-403, desde P.K. 91+850 hasta P.K. 112+100, Ávila, Castilla y León.					
Fecha:	05/05/2021					
Talud:	Talud situado en el P.K. 55+275					
Estación Geomecánica:	EG - N°9					
DETERMINACIÓN DEL VALOR SMR (SLOPE MASS RATING)				SMR = RMR + (F <sub>1</sub> x F <sub>2</sub> x F <sub>3</sub> ) + F <sub>4</sub>		
RMR				36		
1.- DATOS DE LA DISCONTINUIDAD						
Dirección de buzamiento (aj) :		049	Buzamiento (bj) :		89	
Dirección de buzamiento (aj) :		314	Buzamiento (bj) :		80	
Dirección de buzamiento (aj) :		212	Buzamiento (bj) :		60	
Dirección de buzamiento (aj) :		139	Buzamiento (bj) :		20	
2.- DATOS DEL TALUD						
Dirección de buzamiento (as) :		240	Buzamiento (bs) :		82	
3.- TIPO DE ROTURA PREDOMINANTE						
Rotura planar, pequeñas cuñas y desprendimientos.						
4.- FACTORES POR AJUSTE DE JUNTAS						
Determinación del factor de ajuste F1						
Caso		Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable
Planar	aj - as	>30°	30°-20°	20°-10°	10°-5°	<5°
Cuña	aj - as - 180					
Valores de F1	F1	0,15	0,4	0,7	0,85	1
VALOR DE F1:						0,15
Determinación del factor de ajuste F2						
Caso		Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable
Planar	Bj	<20°	20°-30°	30°-35°	35°-45°	>45°
Valores de F2	F2	0,15	0,4	0,7	0,85	1
VALOR DE F2:						1
Determinación del factor de ajuste F3						
Caso		Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable
Planar	Bj - Bs	>10°	10°-0°	0°	0-(-10°)	>-10°
Cuña	Bi - Bs	<110°	110°-120°	>120°		.....
Valores de F3	F3	0	-6	-25	-50	-60
VALOR DE F3:						-6
5.- FACTORES DE AJUSTE SEGÚN EL MÉTODO DE EXCAVACIÓN						
Método	Talud natural	Precorte	Voladura suave	Voladura o mecánico	Voladura deficiente	
F4	15	10	8	0	-8	
VALOR DE F4:						0

VALOR DE SMR	
SMR	35,1
Clase N.º :	IV
Descripción :	Mala
Estabilidad :	Inestable
Roturas :	Juntas o grandes cuñas
Tratamiento :	Corrección



○ Talud 10

MÉTODO DE ANÁLISIS SMR						
Proyecto:	Tratamiento de taludes en la Nacional N-403					
Ubicación:	Nacional N-403, desde P.K. 91+850 hasta P.K. 112+100, Ávila, Castilla y León.					
Fecha:	05/05/2021					
Talud:	Talud situado en el P.K. 55+550					
Estación Geomecánica:	EG - Nº10					
DETERMINACIÓN DEL VALOR SMR (SLOPE MASS RATING)						
SMR = RMR + (F <sub>1</sub> x F <sub>2</sub> x F <sub>3</sub> ) + F <sub>4</sub>						
RMR	47					
1.- DATOS DE LA DISCONTINUIDAD						
Dirección de buzamiento (aj) :	081	Buzamiento (bj) :	70			
Dirección de buzamiento (aj) :	073	Buzamiento (bj) :	86			
Dirección de buzamiento (aj) :	261	Buzamiento (bj) :	60			
Dirección de buzamiento (aj) :	129	Buzamiento (bj) :	61			
Dirección de buzamiento (aj) :	024	Buzamiento (bj) :	43			
2.- DATOS DEL TALUD						
Dirección de buzamiento (as) :	241	Buzamiento (bs) :	76			
3.- TIPO DE ROTURA PREDOMINANTE						
Rotura planar, pequeñas cuñas y desprendimientos.						
4.- FACTORES POR AJUSTE DE JUNTAS						
Determinación del factor de ajuste F1						
Caso		Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable
Planar	αj - αs	>30°	30°-20°	20°-10°	10°-5°	<5°
Cuña	αj - αs - 180					
Valores de F1	F1	0,15	0,4	0,7	0,85	1
VALOR DE F1: 0,4						
Determinación del factor de ajuste F2						
Caso		Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable
Planar	Bj	<20°	20°-30°	30°-35°	35°-45°	>45°
Valores de F2	F2	0,15	0,4	0,7	0,85	1
VALOR DE F2: 1						
Determinación del factor de ajuste F3						
Caso		Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable
Planar	Bj - Bs	>10°	10°-0°	0°		>-10°
Cuña	Bi - Bs	<110°	110°-120°	>120°	0-(-10°)	.....
Valores de F3	F3	0	-6	-25	-50	-60
VALOR DE F3: -6						
5.- FACTORES DE AJUSTE SEGÚN EL MÉTODO DE EXCAVACIÓN						
Método	Talud natural	Precorte	Voladura suave	Voladura o mecánico	Voladura deficiente	
F4	15	10	8	0	-8	
VALOR DE F4: 0						

VALOR DE SMR	
SMR	44,6
Clase N.º :	III
Descripción :	Normal
Estabilidad :	Parcialmente estable
Roturas :	Algunas juntas o muchas cuñas
Tratamiento :	Sistemático

○ Talud 11

MÉTODO DE ANÁLISIS SMR						
Proyecto:	Tratamiento de taludes en la Nacional N-403					
Ubicación:	Nacional N-403, desde P.K. 91+850 hasta P.K. 112+100, Ávila, Castilla y León.					
Fecha:	05/05/2021					
Talud:	Talud situado en el P.K. 58+350					
Estación Geomecánica:	EG - Nº11					
DETERMINACIÓN DEL VALOR SMR (SLOPE MASS RATING)						
SMR = RMR + (F <sub>1</sub> x F <sub>2</sub> x F <sub>3</sub> ) + F <sub>4</sub>						
RMR	41					
1.- DATOS DE LA DISCONTINUIDAD						
Dirección de buzamiento (aj) :	309	Buzamiento (bj) :	75			
Dirección de buzamiento (aj) :	198	Buzamiento (bj) :	63			
Dirección de buzamiento (aj) :	141	Buzamiento (bj) :	34			
Dirección de buzamiento (aj) :	064	Buzamiento (bj) :	45			
Dirección de buzamiento (aj) :	105	Buzamiento (bj) :	52			
2.- DATOS DEL TALUD						
Dirección de buzamiento (as) :	125	Buzamiento (bs) :	74			
3.- TIPO DE ROTURA PREDOMINANTE						
Rotura planar, pequeñas cuñas y desprendimientos.						
4.- FACTORES POR AJUSTE DE JUNTAS						
Determinación del factor de ajuste F1						
Caso		Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable
Planar	αj - αs	>30°	30°-20°	20°-10°	10°-5°	<5°
Cuña	αj - αs - 180					
Valores de F1	F1	0,15	0,4	0,7	0,85	1
VALOR DE F1: 0,7						
Determinación del factor de ajuste F2						
Caso		Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable
Planar	Bj	<20°	20°-30°	30°-35°	35°-45°	>45°
Valores de F2	F2	0,15	0,4	0,7	0,85	1
VALOR DE F2: 1						
Determinación del factor de ajuste F3						
Caso		Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable
Planar	Bj - Bs	>10°	10°-0°	0°		>-10°
Cuña	Bi - Bs	<110°	110°-120°	>120°	0-(-10°)	.....
Valores de F3	F3	0	-6	-25	-50	-60
VALOR DE F3: -6						
5.- FACTORES DE AJUSTE SEGÚN EL MÉTODO DE EXCAVACIÓN						
Método	Talud natural	Precorte	Voladura suave	Voladura o mecánico	Voladura deficiente	
F4	15	10	8	0	-8	
VALOR DE F4: 8						

VALOR DE SMR	
SMR	44,8
Clase N.º :	III
Descripción :	Normal
Estabilidad :	Parcialmente estable
Roturas :	Algunas juntas o muchas cuñas
Tratamiento :	Sistemático

## 5. RECOPIACIÓN DE DATOS

Con el fin de establecer una visión global para llevar posteriormente una mejor caracterización de los taludes, se procede a realizar una recopilación de todos aquellos datos obtenidos en los apartados anteriores en la tabla siguiente:

### ○ Talud 12

MÉTODO DE ANÁLISIS SMR						
Proyecto:	Tratamiento de taludes en la Nacional N-403					
Ubicación:	Nacional N-403, desde P.K. 91+850 hasta P.K. 112+100, Ávila, Castilla y León.					
Fecha:	05/05/2021					
Talud:	Talud situado en el P.K. 60+050					
Estación Geomecánica:	EG - Nº12					
DETERMINACIÓN DEL VALOR SMR (SLOPE MASS RATING)						
RMR						51
SMR = RMR + (F <sub>1</sub> × F <sub>2</sub> × F <sub>3</sub> ) + F <sub>4</sub>						
1.- DATOS DE LA DISCONTINUIDAD						
Dirección de buzamiento (aj) :	136	Buzamiento (bj) :	89			
Dirección de buzamiento (aj) :	322	Buzamiento (bj) :	89			
Dirección de buzamiento (aj) :	306	Buzamiento (bj) :	67			
Dirección de buzamiento (aj) :	210	Buzamiento (bj) :	72			
2.- DATOS DEL TALUD						
Dirección de buzamiento (as) :	138	Buzamiento (bs) :	76			
3.- TIPO DE ROTURA PREDOMINANTE						
						Rotura planar y desprendimientos.
4.- FACTORES POR AJUSTE DE JUNTAS						
Determinación del factor de ajuste F1						
Caso		Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable
Planar	αj - αs	>30°	30°-20°	20°-10°	10°-5°	<5°
Cuña	αj - αs - 180					
Valores de F1	F1	0,15	0,4	0,7	0,85	1
VALOR DE F1:						0,15
Determinación del factor de ajuste F2						
Caso		Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable
Planar	βj	<20°	20°-30°	30°-35°	35°-45°	>45°
Valores de F2	F2	0,15	0,4	0,7	0,85	1
VALOR DE F2:						1
Determinación del factor de ajuste F3						
Caso		Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable
Planar	βj - Bs	>10°	10°-0°	0°	0-(-10°)	>-10°
Cuña	βi - Bs	<110°	110°-120°	>120°		.....
Valores de F3	F3	0	-6	-25	-50	-60
VALOR DE F3:						-6
5.- FACTORES DE AJUSTE SEGÚN EL MÉTODO DE EXCAVACIÓN						
Método	Talud natural	Precorte	Voladura suave	Voladura o mecánico	Voladura deficiente	
F4	15	10	8	0	-8	
VALOR DE F4:						0

VALOR DE SMR	
SMR	50,1
Clase N.º :	III
Descripción :	Normal
Estabilidad :	Parcialmente estable
Roturas :	Algunas juntas o muchas cuñas
Tratamiento :	Sistemático



	TALUD	ALTURA MEDIA (m)	PENDIENTE (°)	LONGITUD (m)	BERMAS	CUNETAS	ESTADO ACTUAL	RMR	SMR	ESTABILIDAD	ROTURAS	TRATAMIENTO
N-403	TALUD 1	20	84	110	Sin berma	Cuneta de guarda de hormigón de sección triangular 3:1	Talud bastante fragmentado en superficie, con muchas rocas de pequeño tamaño.	III - Normal 42	III - Normal 41,1	Parcialmente estable	Desprendimientos	Sistemático
	TALUD 2	8	69	55	Berma a 8m	Pequeña cuneta de 1 m de hormigón de sección triangular	Talud con rocas framentadas de tamaño importante (> 1 m3) y presencia de bolos aislados de tamaño importante.	IV - Mala 31	V - Muy mala 17	Totalmente inestable	Grandes roturas por planos y cuñas.	Re-excavación
	TALUD 3	6	86	50	Berma a 8m	Pequeña cuneta de 1 m de hormigón de sección triangular	Talud bastante fragmentado en superficie, con un volumen de rocas de tamaño moderado a grande.	III - Normal 51	III - Normal 47,2	Parcialmente estable	Roturas planares o algunas cuñas.	Sistemático
	TALUD 4	6	86	50	Sin berma	Cuneta de 1,5 m de hormigón de sección triangular	Talud algo fragmentado en superficie, aunque presenta bolos de tamaño importante.	III - Normal 54	III - Normal 46,5	Parcialmente estable	Roturas planares y desprendimientos.	Sistemático
	TALUD 5	8	71	25	Sin berma	Cuneta de drenaje de 1,5 m rellena con piedra pequeña	Talud muy fragmentado, con un posible bloque de caída.	IV - Mala 31	IV - Mala 29,3	Inestable	Formación de pequeñas cuñas y desprendimientos.	Corrección
	TALUD 6	10	12	120	Sin berma	Cuneta de 1,5 m de hormigón de sección triangular.	Talud bastante fragmentado, con presencia de algún bolo aislado en la parte superior.	IV - Mala 31	IV - Mala 29,6	Inestable	Vuelcos y chineos.	Corrección
N-502	TALUD 7	12	90	100	Sin berma	Cuneta triangulada de 1 m formada por hormigón en buen estado.	Talud rocoso, prácticamente vertical, con zonas de considerable alteración.	IV - Mala 29	IV - Mala 21,5	Inestable	Roturas planares y formación de cuñas. Desprendimientos.	Corrección
	TALUD 8	10	76	120	Sin berma	Cuneta pequeña y poco profunda formada por hormigón	Talud rocoso con fragmentación irregular en toda la superficie. Presenta zona de circulación de agua.	III - Normal 42	III - Normal 50	Parcialmente estable	Desprendimientos.	Sistemático
	TALUD 9	8	82	45	Sin berma	Cuneta de 0,60 m de ancho, pequeña y poco profunda.	Superficie irregular y fragmentada en bloques pequeños y moderado.	IV - Mala 36	IV - Mala 35,1	Inestable	Formación de pequeñas cuñas y desprendimientos.	Corrección
	TALUD 10	9,5	76	100	Sin berma	Cuneta de 0,60 m de ancho, pequeña y poco profunda.	Superficie irregular y fracturas continuas, aunque parcialmente estable en conjunto.	III - Normal 47	III - Normal 44,6	Parcialmente estable	Formación de pequeñas cuñas y desprendimientos.	Sistemático
	TALUD 11	12	74	50	Sin berma	Cuneta de 0,60 m de ancho, pequeña y poco profunda.	Talud rocoso irregular en superficie, con discontinuidades y pequeños bloques.	IV - Mala 41	III - Normal 44,8	Parcialmente estable	Formación de pequeñas cuñas y desprendimientos.	Sistemático
	TALUD 12	10	76	75	Sin berma	Cuneta de 0,60 m de ancho, pequeña y poco profunda.	Talud bastante rocoso y fragmentado en superficie.	III - Normal 51	III - Normal 50,1	Parcialmente estable	Roturas planares y desprendimientos.	Sistemático

Figura 13 - Recopilación de datos de los taludes de estudio. Fuente: Elaboración propia.

## **ANEJO V – ESTUDIO DE ESTABILIDAD**

---



## INDICE

<b>1. OBJETO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. TIPOS DE INESTABILIDADES .....</b>	<b>1</b>
<b>2.1. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>2</b>
<b>2.1.1. TIPOLOGÍA Y CAUSAS POTENCIALES.....</b>	<b>2</b>
<b>2.1.2. ANÁLISIS ESTÁTICO .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1.3. ANÁLISIS CINEMÁTICO .....</b>	<b>5</b>
<b>3. ANÁLISIS DE INESTABILIDADES.....</b>	<b>5</b>
<b>3.1. SOFTWARE EMPLEADO.....</b>	<b>5</b>
<b>3.2. ANÁLISIS DETALLADO .....</b>	<b>7</b>
<b>3.2.1. TALUDES DE LA CARRETERA N-403 .....</b>	<b>8</b>
<b>3.2.2. TALUDES DE LA CARRETERA N-502 .....</b>	<b>22</b>
<b>3.3. RESUMEN DE RESULTADOS .....</b>	<b>37</b>

## 1. OBJETO

En el presente anejo se lleva a cabo el estudio de las posibles inestabilidades que puedan afectar a los diversos taludes objeto de este proyecto. Para ello, se enunciarán las posibles inestabilidades que pueden afectar a un talud y el modo en el que estas los hacen. Prosiguiendo posteriormente, con el análisis cinemático de las mismas mediante el empleo de diversos softwares.

## 2. TIPOS DE INESTABILIDADES

El estudio de las inestabilidades supone un punto importante en el análisis de los taludes. Pues, será mediante estas que se podrá alcanzar una caracterización adecuada de las propiedades geomecánicas del terreno, así, como de los posibles mecanismos de rotura.

En todo diseño de estabilidad de taludes se ha de conocer la litología y estructura del mismo en una primera instancia, pero, también se ha de conocer la tipología de rotura más probable que se puede dar. Pero esto, en ocasiones suele resultar complejo, pues, por una parte, en los ensayos de laboratorio las muestras que se toman de roca no representan suficientemente el comportamiento del macizo rocoso. Esto es así debido a que el ensayo se realiza en una muestra de la matriz rocosa y no en el conjunto completo con sus diaclasas. Y, por otra parte, los ensayos que se realizan in situ a gran escala, no suelen ser factibles.

Por tanto, se puede dividir de manera generalizada las roturas en los taludes rocosos en dos grupos, por una parte, la rotura global del macizo, y por otra, la controlada por el sistema de discontinuidades que presenta. Sin embargo, también se puede ocasionar una rotura mixta.

Las primeras estudian fundamentalmente los deslizamientos traslacionales masivos y rotacionales (rotura circular), siendo menos frecuentes. Mientras que las segundas, se estudian de manera sistemática y generan roturas en cuñas, roturas planas, vuelco de estratos, pandeo y caídas de bloques.

Para llevar a cabo esto, se utilizan distintos métodos de análisis de inestabilidades:

- Métodos empíricos que empelan gráficos altura-ángulo o similares.
- Métodos de equilibrio límite basados en la determinación de un factor de seguridad y probabilidad de que se produzca la rotura.
- Métodos numéricos basados en el análisis tenso-deformacional y que permiten modelar la rotura progresiva.



La solución teórica del problema requiere el cumplimiento de las condiciones de equilibrio de fuerzas, compatibilidad de movimientos, comportamiento de acuerdo a las ecuaciones constitutivas del material y las condiciones de contorno, tanto de fuerzas como de desplazamientos.

Los análisis de estabilidad se orientan hacia la valoración de la seguridad y funcionalidad del diseño de un talud excavado o para analizar las condiciones de equilibrio natural en laderas de montaña.

## 2.1. MARCO TEÓRICO

### 2.1.1. TIPOLOGÍA Y CAUSAS POTENCIALES

Como se ha mencionado anteriormente, el primer paso para el diseño de la estabilidad de un talud consiste en reconocer, en función de la litología y la estructura de este, la tipología de rotura más probable. Se consideran según Hoek y Bray (1981) cuatro tipos fundamentales de rotura en taludes en roca, los cuales son:

#### ○ **ROTURA PLANAR**

La rotura plana es una de las tipologías básicas de inestabilidad de taludes en roca. Este tipo de inestabilidad tiene lugar cuando una masa rocosa desliza respecto al resto del macizo a través de una discontinuidad que aflora en el exterior del talud, existiendo en todo momento una superficie de contacto entre la masa deslizante y el macizo rocoso.

Geoméricamente, la ocurrencia de rotura plana en un macizo depende de la orientación de las discontinuidades respecto a la orientación del talud, así como del buzamiento de las discontinuidades respecto del talud. Del mismo modo, el deslizamiento solo podrá producirse si se supera la fuerza de rozamiento en el plano de deslizamiento.

Es importante señalar en este caso que el análisis cinemático debe realizarse de forma independiente para cada discontinuidad y para cada talud bajo estudio, ya que es más que probable que en un macizo rocoso solo algunas de las discontinuidades existentes conlleven un riesgo potencial de rotura plana.

Es por tanto que, para que se produzca una rotura plana, tienen que darse las siguientes condiciones estructurales:

- La dirección de buzamiento de la discontinuidad debe ser sensiblemente paralela a la dirección de buzamiento del talud. Por lo general, se considera que la diferencia entre la dirección de buzamiento de la discontinuidad y la dirección de buzamiento del talud, debe encontrarse en un rango de más/menos 20°.
- La discontinuidad debe aflorar en la superficie, es decir, el buzamiento de esta debe ser menor que el buzamiento del talud.
- El buzamiento de la discontinuidad debe ser mayor que el ángulo de rozamiento del plano de deslizamiento.

En la figura inferior se puede ver la dirección de buzamiento y buzamiento de la discontinuidad que favorecen el deslizamiento planar con respecto a la superficie del talud.

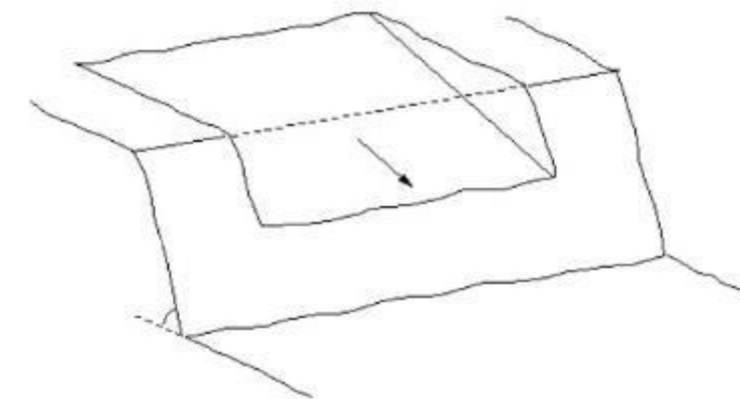


Figura 1 - Rotura plana. Fuente: Mecánica de rocas. Fundamentos e ingeniería de taludes.

#### ○ **ROTURA POR CUÑA**

Las roturas por cuña son un tipo de mecanismo de fallo de taludes en roca que se desarrollan cuando una masa rocosa desliza a lo largo de la intersección de dos discontinuidades. Las cuales, afloran en el talud de forma que se crea un bloque deslizante en forma de cuña. Al realizarse la excavación del talud, la línea de intersección que forma el eje de deslizamiento aflora en superficie y se produce el movimiento de la masa rocosa a lo largo de ambos planos simultáneamente, o a lo largo del plano de mayor inclinación.

Sin embargo, para que se produzca la rotura en cuña, geoméricamente, dependerá fundamentalmente del buzamiento de las líneas de intersección de las discontinuidades respecto al buzamiento del talud. Además, mecánicamente, el deslizamiento solo podrá tener lugar si se supera la fuerza de rozamiento en los planos de deslizamiento.

Por tanto, para que una rotura en cuña se pueda producir, deberán darse los siguientes factores:

- La línea intersección debe aflorar en la superficie del talud, por lo que su dirección debe ser similar a la dirección del buzamiento del talud, y su buzamiento, debe ser menor que el buzamiento del talud.
- El buzamiento de la línea intersección debe ser mayor que el ángulo de rozamiento de los planos de deslizamiento. Para esto, de forma general, se toma el ángulo de rozamiento de las discontinuidades.

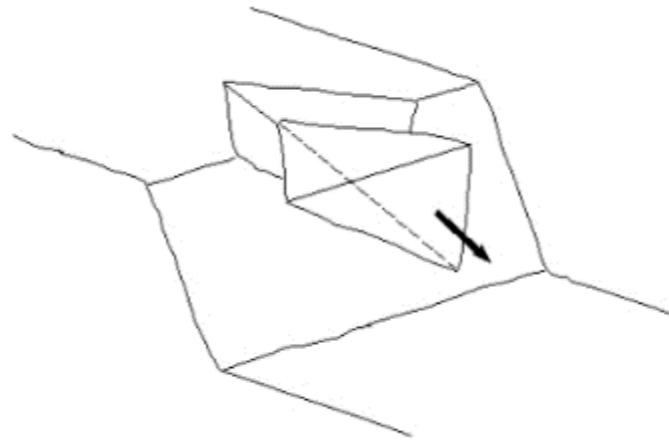


Figura 2 - Rotura por cuña. Fuente: Mecánica de rocas. Fundamentos e ingeniería de taludes.

Se considera rotura por cuña a aquella que se produce a través de dos discontinuidades oblicuas a la superficie del talud, con la línea de intersección de ambas aflorando en la superficie del mismo y buzando en sentido desfavorable.

Este tipo de rotura se producirá especialmente en macizos rocosos en los que se da una disposición adecuada, en orientación y buzamiento de las diaclasas.

#### ○ ROTURA POR VUELCO

El vuelco, o más comúnmente conocido como *toppling*, tiene lugar cuando las discontinuidades existentes en el macizo rocoso dan lugar a una serie de bloques o elementos columnares con un buzamiento muy pronunciado y contrario al buzamiento del talud, de forma que la rotura se produce, generalmente, por una rotación de dichas estructuras hacia el exterior del talud.

Este tipo de inestabilidad ocurre de manera común en masas rocosas que están subdivididas por la fracturación del macizo en una serie de bloques o columnas aproximadamente verticales, de forma que estos giran alrededor de un punto fijo, produciéndose de este modo el deslizamiento entre los propios bloques de roca.

Sin embargo, no todas las discontinuidades necesariamente producirán un vuelco. Sino que para que este se produzca los planos de discontinuidad deben ser sensiblemente paralelos al talud y aflorar abruptamente y con gran inclinación en él. Asimismo, el centro de gravedad de los bloques y columnas por los que está conformado el macizo debe estar fuera de la dimensión de la base de los mismos.

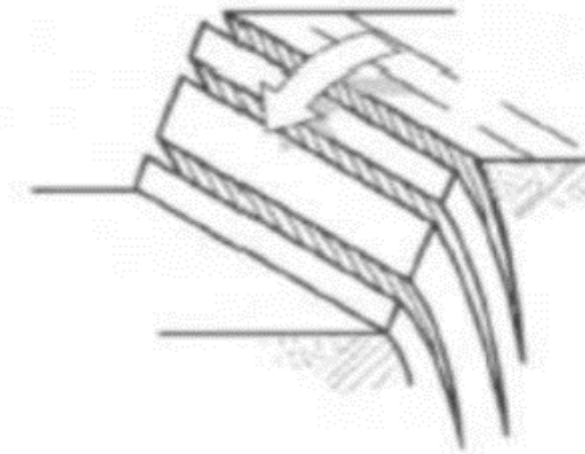


Figura 3 - Rotura por vuelco. Fuente: Mecánica de rocas. Fundamentos e ingeniería de taludes.

Los vuelcos se caracterizan por tener movimientos horizontales significativos en su parte superior, pero muy reducidos en su pie. Para poder compatibilizar este movimiento diferencial entre el pie y la parte superior, debe darse el movimiento de todo el bloque, por lo que es necesario que se supere la fuerza de rozamiento máxima para la movilización de bloques.

En la figura 3 se puede ver la dirección de buzamiento y buzamiento de las discontinuidades que favorecen al vuelco con respecto a la superficie del talud.

#### ○ ROTURA POR DESLIZAMIENTO

O también denominada rotura global, es aquella en la cual la superficie de deslizamiento es asimilable a una superficie cilíndrica cuya sección transversal se asemeja a un arco de círculo.



Este tipo de rotura se suele producir en terrenos homogéneos, ya sea suelos o rocas fracturadas, sin direcciones preferentes de deslizamiento, en los cuales además se cumple la condición de que el tamaño de las partículas de suelo o roca sea muy pequeño en comparación con el del talud.

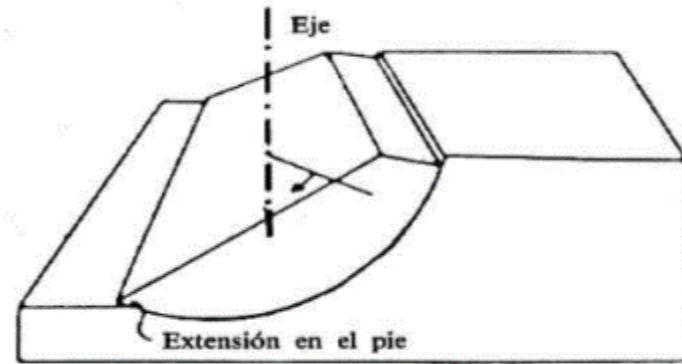


Figura 4 - Rotura por deslizamiento. Fuente: Mecánica de rocas. Fundamentos e ingeniería de taludes.

### 2.1.2. ANÁLISIS ESTÁTICO

Los métodos de cálculo que se emplean para analizar la estabilidad de un talud, desde el punto de vista de las acciones que intervienen en el mismo, se pueden clasificar en dos grandes grupos:

#### ❖ MÉTODOS DE CÁLCULO EN DEFORMACIONES

Se corresponde con aquellos en los que en el cálculo se tienen en cuenta las deformaciones del propio terreno junto con las leyes de la estática. En lo que respecta a su aplicación física en el medio, esta es de gran complejidad, debiendo estudiarse el problema dado aplicando métodos numéricos de elementos finitos.

#### ❖ MÉTODOS DE EQUILIBRIO LÍMITE

Está basado en las leyes de la estática exclusivamente, obteniendo así el estado de equilibrio de una masa de terreno previsiblemente inestable. A diferencia de los mencionados anteriormente, no tienen en cuenta las deformaciones del terreno, sino que suponen que la resistencia al corte se moviliza total y simultáneamente a lo largo de la superficie de rotura.

Estos métodos, a su vez se podrán diferenciar en dos grupos:

- **Métodos exactos:** Será posible en taludes con geometría sencilla, que presenten tipos de roturas simples como lo son la rotura planar o en cuña. Esto es debido a que la aplicación de estos métodos, al estar basada en las leyes de la estática, proporcionan una solución exacta al problema con la única salvedad de las simplificaciones propias de todos los métodos de equilibrio límite.
- **Métodos no exactos:** En la mayor parte de los casos, la geometría de la superficie de rotura no permite obtener una solución exacta del problema aplicando las leyes de la estática, por lo que ha de realizarse alguna simplificación o hipótesis previa que permita su resolución. Para ello se pueden considerar métodos que tienen en cuenta el equilibrio global de la masa que desliza, aunque hoy en día están en desuso, siendo más utilizados los métodos de las dovelas o rebanadas, el cual tiene en cuenta a la masa deslizante pero dividida en un número de pequeños cuerpos verticales. Estos métodos a su vez pueden clasificarse en dos grupos:
  - **Métodos aproximados:** su principal característica es que no cumplen los principios de la estática. Entre los más utilizados están:
    - > Método de Bishop: fue diseñado para el estudio de roturas circulares, considerando con ello que las interacciones entre las rebanas son despreciables. El cálculo, por tanto, se lleva a cabo buscando el equilibrio de momentos respecto al centro del arco circular, aunque en la versión posterior del método se puede aplicar a superficies no curvas definiendo centros ficticios.
    - > Método de Janbu: Al igual que el anterior, supone que la interacción entre rebanadas es nula, pero persigue el equilibrio de fuerzas y no de momentos. En la última versión que data, el denominado método riguroso, define una línea de empuje entre las rebanadas y busca los equilibrios en fuerzas y momentos respecto al centro de la base de cada una de ellas.
  - **Métodos precisos o rigurosos:** al contrario que los anteriores cumplen las ecuaciones de la estática.
    - > Método de Spencer: en este método se supone que la interacción entre rebanadas aparece una componente de empuje con ángulo de inclinación constante, por lo que, mediante iteraciones, se analiza tanto el equilibrio en momentos como en fuerzas en función de dicho ángulo, hasta hacerlo converger hacia un mismo valor,

calculando entonces el factor de seguridad correspondiente. Es aplicable tanto a roturas circulares como generales.

- > Método de Morgenstern y Price: del mismo modo que el anterior, también es de aplicación general, y trata de alcanzar tanto el equilibrio de momentos como de fuerzas. La principal diferencia está en que la interacción entre rebanadas viene dada por una función que evalúa esa interacción a lo largo de la superficie de deslizamiento.

### 2.1.3. ANÁLISIS CINEMÁTICO

En la estabilidad de taludes, el análisis cinemático comprende examinar geoméricamente las dimensiones probables del bloque y la disposición del mismo, de acuerdo a la orientación, espaciamiento y persistencia de las discontinuidades del macizo rocoso, obtenidas de excavaciones y laderas próximas.

En el caso en el cual la geometría de las discontinuidades tiene suma importancia en la seguridad del macizo, la estabilidad de los taludes estará afectada principalmente por el desequilibrio de las discontinuidades, que representan zonas de debilidad.

Cuando esto sucede, el análisis cinemático de la estabilidad del talud se efectúa verificando gráficamente determinadas condiciones geométricas sobre la proyección estereográfica.

Conocido es, que el análisis de las condiciones de estabilidad de taludes en roca presenta de manera general limitaciones, relacionadas sobre todo con el alto grado de incertidumbre con el cual pueden ser estabilizados algunos parámetros fundamentales. Por tanto, cuando nos referimos a análisis cinemático, estamos haciendo referencia al análisis de las condiciones que pueden determinar el movimiento de bloques delimitados estos por discontinuidades sin referirse a las fuerzas que lo producen.

## 3. ANÁLISIS DE INESTABILIDADES

Como se ha comentado en el apartado anterior, en el análisis cinemático de los macizos rocosos se analizan los sistemas de fracturación. Para ello, se recurrirá al empleo de diferentes programas informáticos, destinados cada uno de ellos para resolver distintos modos de fallo.

### 3.1. SOFTWARE EMPLEADO

A continuación, se realizará un breve desarrollo de los diversos programas informáticos utilizados para el estudio cinemático de los taludes objeto de este informe.

#### ○ DIPS

Es un software especialmente diseñado para el estudio de discontinuidades (fallas, fracturas, diaclasas...) de un macizo rocoso mediante la proyección estereográfica.

En general, las discontinuidades se asimilan a planos para su estudio. Desde la perspectiva de la estabilidad de taludes, la característica más importante de una discontinuidad es su orientación, la cual, queda definida en base a dos parámetros medidos en la línea de máxima pendiente del plano: buzamiento y dirección de buzamiento.

Se considera buzamiento al ángulo que forma la línea de máxima pendiente, en el plano vertical que la contiene, con el plano horizontal, es decir, la inclinación de la discontinuidad por debajo del plano horizontal. La dirección de buzamiento indica el ángulo respecto al norte de la línea de máxima pendiente, considerando el sentido de esta hacia el interior del terreno. Ambas medidas pueden obtenerse directamente en campo empleando una brújula de geólogo.

Para llevar a cabo el análisis de todas estas discontinuidades que conforman un macizo rocoso, se recurre al empleo de la proyección estereográfica. Esta técnica de representación geométrica permite traducir un problema tridimensional a dos dimensiones, de forma que los planos se representan mediante líneas y las líneas mediante puntos.

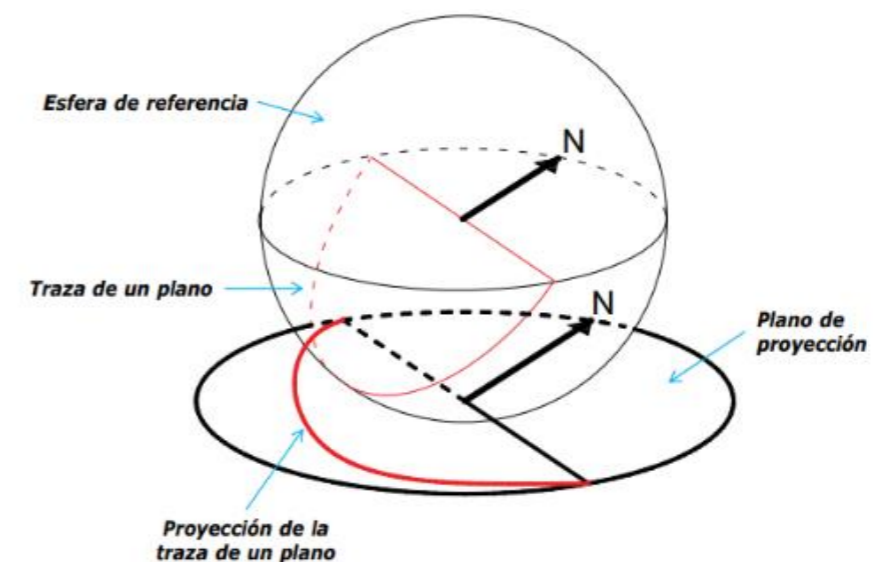


Figura 5 - Representación de un plano en proyección estereográfica. Fuente: Análisis cinemático de la estabilidad de taludes en roca por rotura plana. J.Garzón y F.J.Torrijo. UPV.



La proyección estereográfica se basa en el uso de una esfera imaginaria de referencia que tiene una orientación fija en su eje con respecto al norte y de su plano ecuatorial con respecto a la horizontal.

Este método conserva las relaciones angulares entre líneas, planos y líneas y planos, pero no conserva las relaciones espaciales, es decir, no da información sobre la posición o el tamaño de lo que se representa. Mediante el uso de la misma es posible resolver gran cantidad de problemas geométricos con facilidad y rapidez, siempre que en ellos solo intervengan valores angulares.

Mediante el empleo de la proyección estereográfica es posible representar en un macizo un único elemento gráfico tanto las discontinuidades de un macizo rocoso como los taludes a estudiar, facilitando con ello la realización del análisis cinemático.

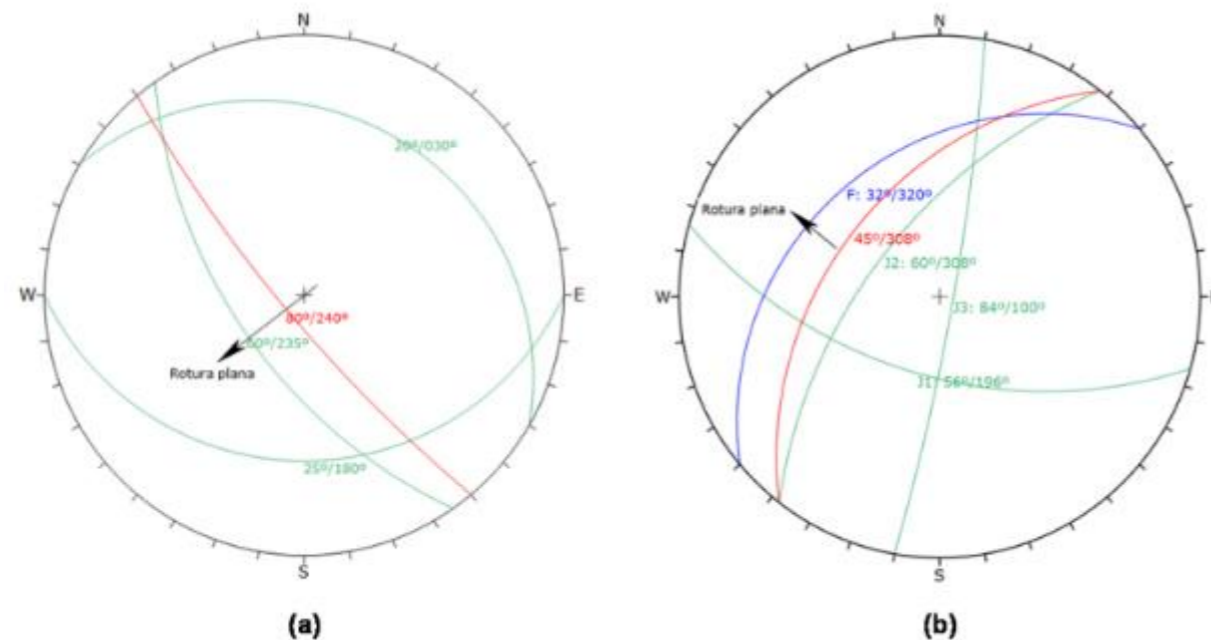


Figura 6 - Ejemplos del análisis cinemático de estabilidad de taludes en roca por roturas planas mediante DIPS. Fuente: Análisis cinemático de la estabilidad de taludes en roca por rotura plana. J.Garzón y F.J.Torrijo. UPV.

Es por tanto que, con el empleo del software Dips, mediante la introducción del buzamiento y dirección de buzamiento de las diferentes discontinuidades presentes en el macizo, tomadas todas ellas en campo, se realiza un estudio de los mecanismos de fallo más probables. Estos estarán asociados, del mismo modo a las características físicas de cada uno de los taludes, como son el buzamiento y ángulo de buzamiento del talud y la cohesión y rozamiento del material que lo conforma.

#### ○ SWEDGE

Swedge permite la simulación de diferentes situaciones para producirse el fallo por cuña. Estas posibles combinaciones estarán basadas en las diferentes familias de discontinuidades, geometría del talud, parámetros de la roca...

Para realizar este proceso, lo primero que se ha de definir es el tipo de análisis y el sistema de medición empleado. De manera general se recurre a la realización de un análisis determinístico del problema, es decir, solo se obtendrá el factor de seguridad (FS) de la discontinuidad denotada en el talud de estudio.

En el caso en el cual se quiera trabajar con rangos de datos o ampliar la validez del resultado incorporando varias mediciones, entonces lo mejor es realizar un análisis probabilístico.

Para llevar a cabo este estudio será necesario introducir en el programa las familias de discontinuidades que conforman la cuña a analizar, además de los parámetros de resistencia al corte del terreno y la propia geometría del talud.

Por otra parte, en el caso en el cual se requiera de su uso, se puede tener en cuenta tanto los efectos sísmicos sobre la inestabilidad de estudio, así como la presencia de agua y las consecuencias que estos dos factores suponen, tanto aplicados en un mismo modelo, como considerándolos por separado.

El resultado obtenido de este programa será el valor del factor de seguridad. Este valor estará asociado al caso de análisis en el cual nos encontremos. Por tanto, se considerará que la rotura por cuña analizada será estable cuando  $FS \geq 1,5$  en situaciones permanentes y  $FS \geq 1,3$  en situaciones provisionales. Por el contrario, si la situación es de sismo, este valor deberá de ser igual o superior a 1,1.

#### ○ ROCKFALL

RocFall es un programa de análisis estadístico 2D diseñado para ayudar a la evaluación de pendientes en riesgo de desprendimientos de rocas. La energía, la velocidad y las envolventes de "altura de rebote" para toda la pendiente están determinadas por el programa, al igual que la ubicación de los puntos finales de roca. Las distribuciones de energía, velocidad y altura de rebote también se calculan a lo largo del perfil de pendiente. Las distribuciones se pueden graficar y las estadísticas completas se calculan automáticamente. Este software permite al usuario realizar un análisis de caída de rocas de masa rígida y de masa concentrada.

Los tipos de movimientos que pueden tener los bloques durante su descenso ladera abajo son: caída libre, rebote, rodadura y deslizamiento. Estos movimientos no se producen por separado, sino que se pueden suceder combinaciones entre sí, como, por ejemplo: rodadura y deslizamiento, caída libre y rodadura, rodadura, deslizamiento y rebote...

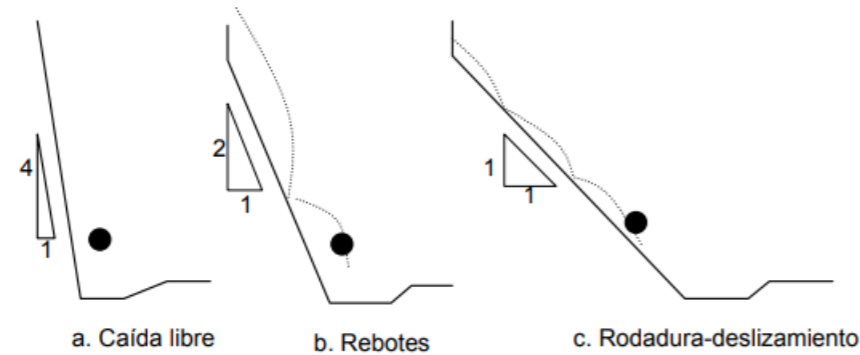


Figura 7 - Trayectorias de bloques a lo largo de distintos tipos de taludes. Fuente: UPCommons.

La caída de rocas desde un mismo área fuente puede tener comportamientos muy distintos. Es pues que, una pequeña variación en alguno de los parámetros como la forma de la roca, el tamaño, pendiente, ángulo de impacto... puede originar trayectorias, saltos y energías distintas entre dos situaciones iniciales parecidas.

Para su estudio, en primer lugar, se introduce el perfil transversal del talud. Este será el más desfavorable en cuanto a condiciones de desprendimientos se refiere, o en caso de tener varios perfiles transversales muy dispares entre sí en un mismo talud, se analizarán tantos como resulte conveniente para el correcto análisis del mismo.

El movimiento que el bloque describirá por el perfil introducido puede describirse convenientemente por la ecuación de una parábola si se desprecia la fricción ejercida por el aire. El punto de impacto con la superficie del terreno se determina por la intersección entre la parábola que describe el movimiento del bloque y la poligonal que se ajusta al perfil del talud. Esta ecuación del movimiento parabólico de la roca en un perfil bidimensional puede definirse en un sistema coordenado con el mostrado en la tabla siguiente:

Desplazamiento	Velocidad	Aceleración
$x = v_{0x}t + x_0$	$x' = v_{0x}$	$x'' = 0$
$y = -0.5gt^2 + v_{0y}t + y_0$	$y' = -gt + v_{0y}$	$y'' = -g$

Figura 8 - Ecuaciones del desplazamiento, velocidad y aceleración de una partícula en un movimiento parabólico. Fuente: UPCommons.

El punto de impacto se determina por la intersección entre la ecuación de la parábola y la poligonal correspondiente a la superficie del terreno.

El rebote de la roca, se producirá cuando esta impacte sobre la superficie del talud. La magnitud de este rebote vendrá definida por los coeficientes de restitución energética, que indican la cantidad de energía disipada durante el impacto.

En otro lugar, será necesario introducir las características geológicas de la roca que forma el talud, en lo que se refiere a su tipología (suelo, roca, cobertura vegetal...) y características físicas.

También, será necesario introducir las dimensiones de la roca, objeto de estudio de desprendimientos, así como sus características geológicas y físicas. Pudiendo realizarse el estudio de esta desde una única posición o desde posiciones diferentes del perfil transversal del talud. Estas características serán variables en función del talud de análisis.

En el modelo de simulación en dos dimensiones se parte del supuesto en que la trayectoria es conocida, estando esto basado en eventos de caídas de roca provocadas en campo. El conocer previamente la trayectoria no siempre es asumible, pues esta puede variar en función del volumen del bloque. Una predicción ajustada de las caídas de rocas es muy complicada debido a la naturaleza tridimensional real de la geometría del talud, la cual cambia lateralmente debido a la presencia de canales, vaguadas, convexidades y crestas longitudinales, cada uno de los cuales afectan a la trayectoria.

En los apartados sucesivos se pueden ver los resultados de este software aplicados en aquellos taludes en los cuales se haya denotado anteriormente probabilidad de caídas de bloques.

### 3.2. ANÁLISIS DETALLADO

Seguidamente, se realizará el análisis cinemático de los taludes objeto de este estudio. Se seguirá el mismo proceso de estudio en todos ellos. En primer lugar, para cada uno de ellos, se analizarán los datos obtenidos en las estaciones geomecánicas mediante el software Dips. Este nos mostrará la tipología de inestabilidad que puede producirse en el talud. Es por ello que posteriormente, se analizará en cada talud, según la inestabilidad que presente, la misma mediante el empleo de los diferentes softwares antes descritos.



3.2.1. TALUDES DE LA CARRETERA N-403

Seguidamente, se realizará el análisis cinemático de los taludes pertenecientes a la N-403, en base a la identificación geomecánica del macizo y al estudio de discontinuidades efectuados mediante los softwares anteriormente mencionados.

❖ **TALUD 1**

En primer lugar, se muestran los gráficos obtenidos mediante Dips para las diferentes discontinuidades que conforma el Talud 1.

✦ **ESTUDIO MEDIANTE DIPS**

- **DIAGRAMA DE POLOS**

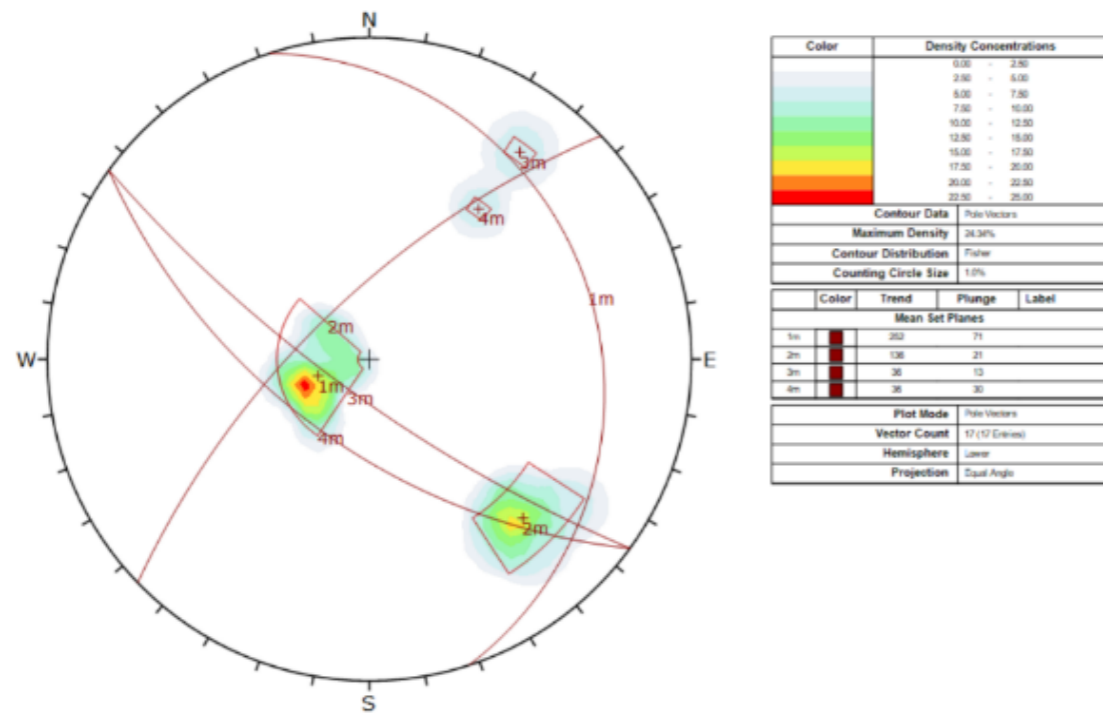


Figura 9 - Diagrama de polos talud 1. Fuente: Dips.

- **DIAGRAMA DE ROSETA**

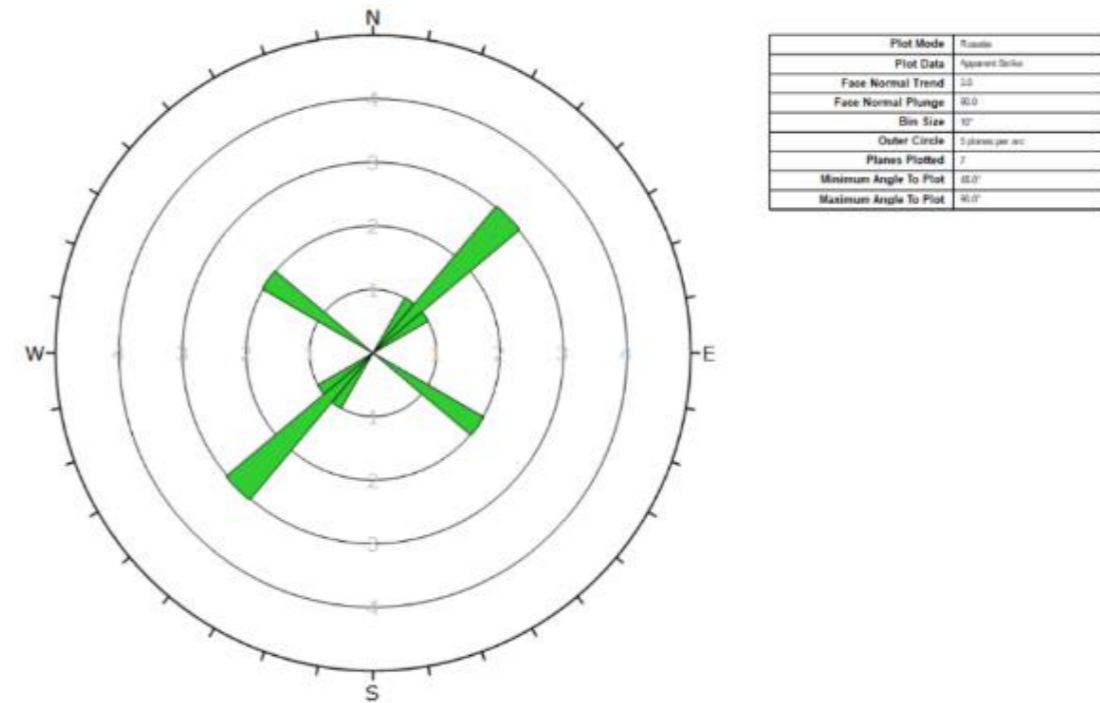


Figura 10 - Diagrama de roseta talud 1. Fuente: Dips.

- **DIAGRAMA ROTURA PLANAR**

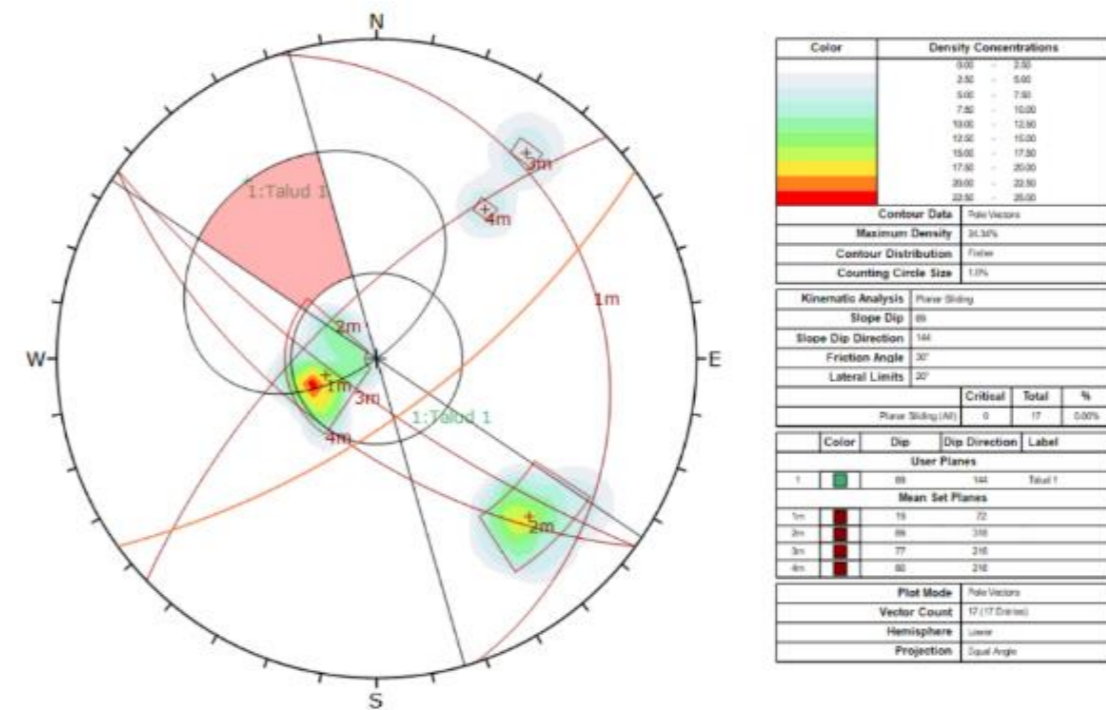


Figura 11 - Diagrama de rotura planar talud 1. Fuente: Dips.

• **DIAGRAMA ROTURA POR CUÑAS**

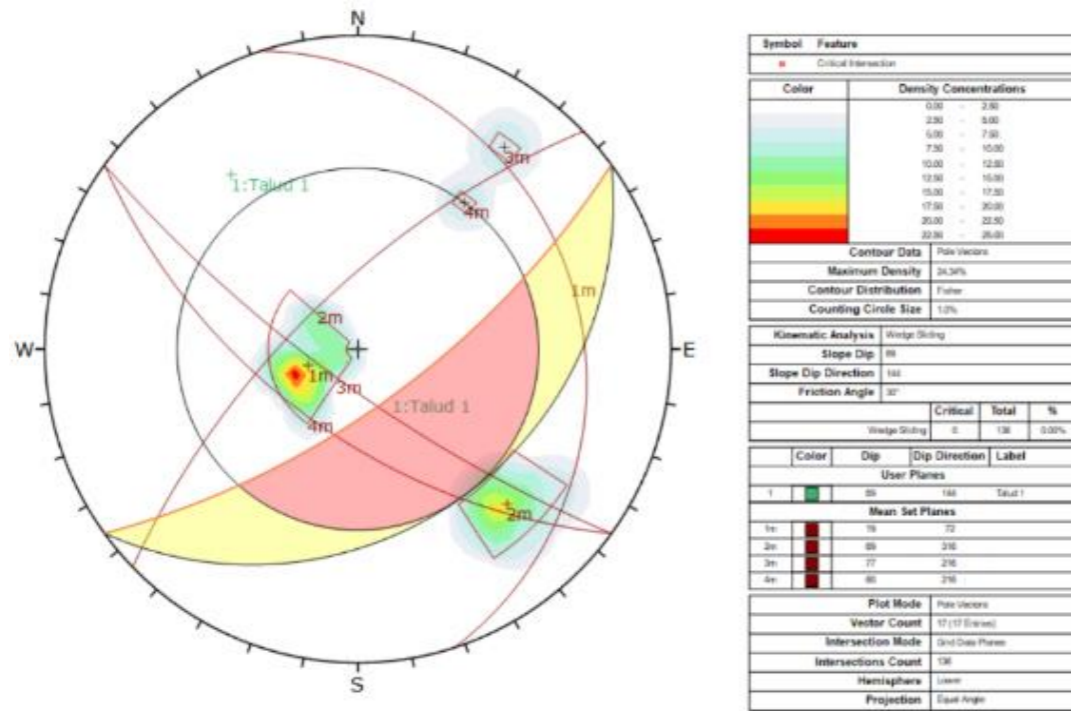


Figura 12 - Diagrama de rotura por cuña talud 1. Fuente: Dips.

• **DIAGRAMA ROTURA POR VUELCO**

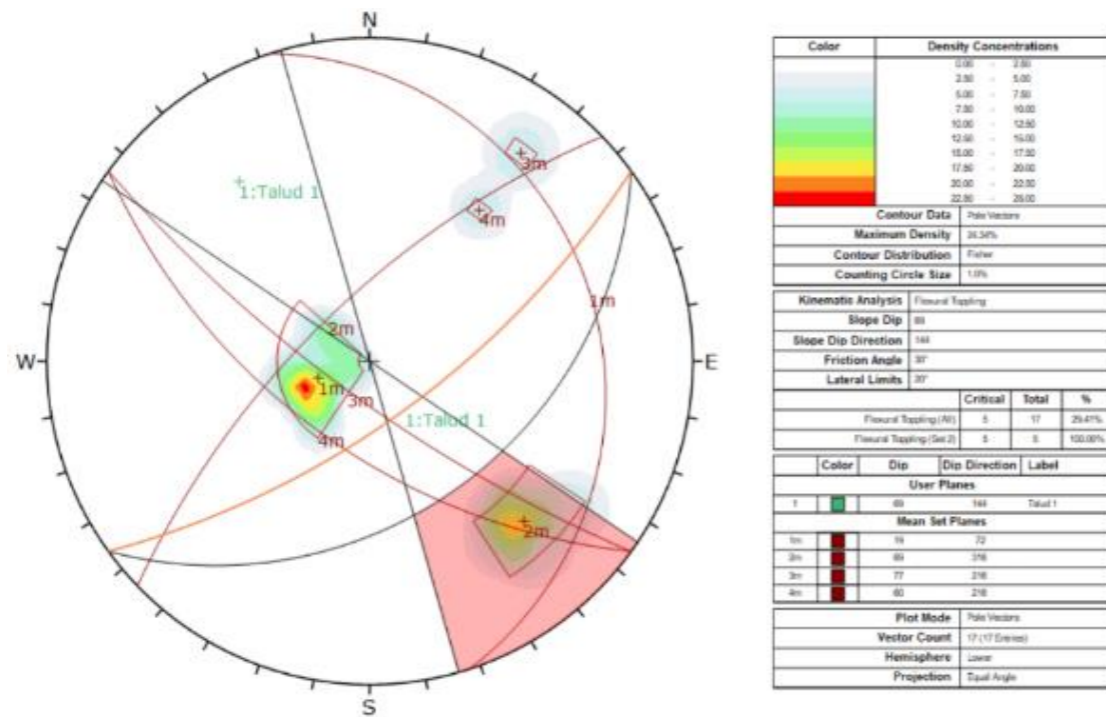


Figura 13 - Diagrama de rotura por vuelco talud 1. Fuente: Dips.

Por tanto, mediante el procesado de los datos con el software informático Dips, se obtiene que se producen vuelcos en el Talud 1. Se procederá a realizar el estudio del bloque posible de caída mediante el software Rocfall.

✦ **ESTUDIO MEDIANTE ROCFALL**

Para realizar la simulación al estudio de los bloques a vuelco se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

TALUD Nº	P.K.	P.K ESTUDIO	PUNTO MAYOR COTA (m)	CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO	COEF. RESTITUCIÓN ENERGÉTICA		COEF. ROZAMIENTO (K)	DENSIDAD (kN/m³)	VELOCIDAD DE SALIDA (m/s)	TAMAÑO BLOQUE DE CAIDA (m³)	
					RN	RT					
1	94+100	94+200	18,3	Superficie: Granodioritas moscovíticas	0,315	0,712	0,2	26,8	1,5	0,30 x 0,5 x 0,6	m
				Cuneta: Hormigón	0,4	0,712				0,09	m³
				Carretera: Asfalto	0,4	0,712					

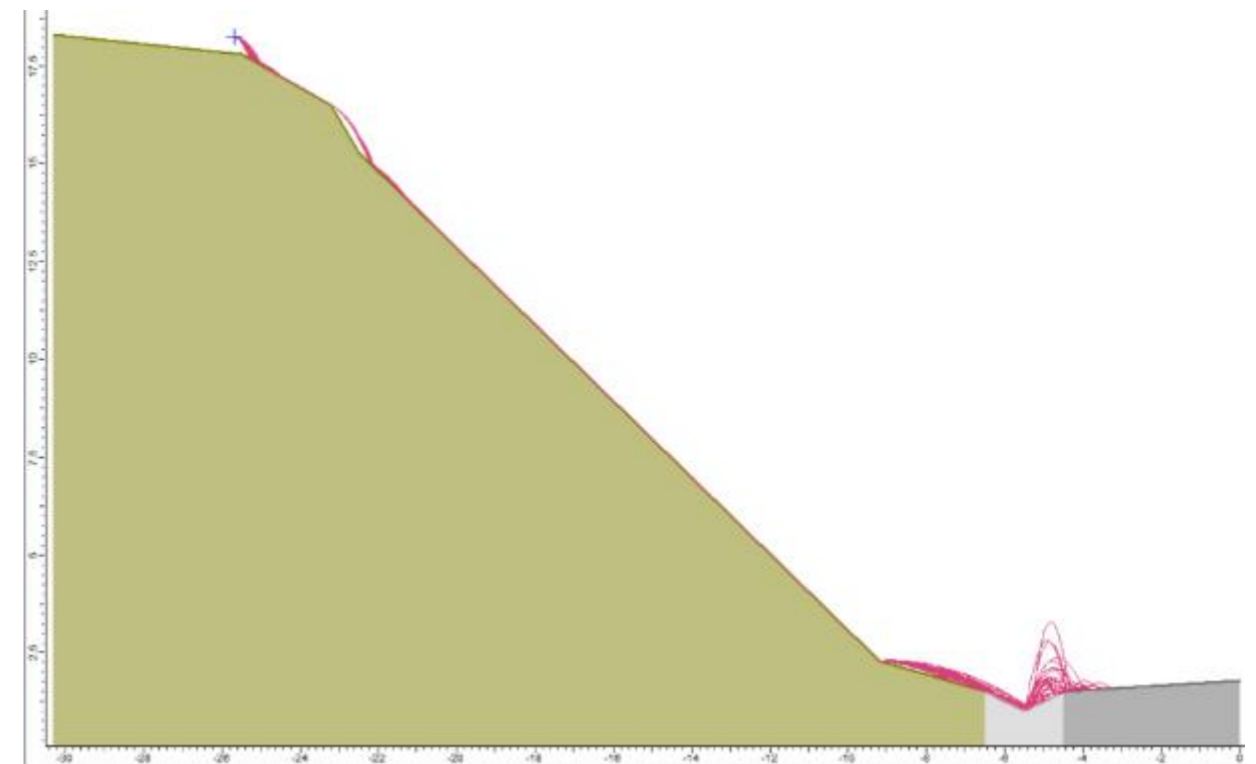


Figura 14 - Estudio trayectoria bloque de caída tipo en talud 1. Fuente: Rocfall.

A la vista de los resultados obtenidos en la simulación, se puede ver como los bloques caídos desde la zona más desfavorable del talud, superan la berma de pie y de la cuneta, llegando a la calzada en sumas ocasiones.



❖ **TALUD 2**

En primer lugar, se muestran los gráficos obtenidos mediante Dips para las diferentes discontinuidades que conforma el Talud 2.

✦ **ESTUDIO MEDIANTE DIPS**

- **DIAGRAMA DE POLOS**

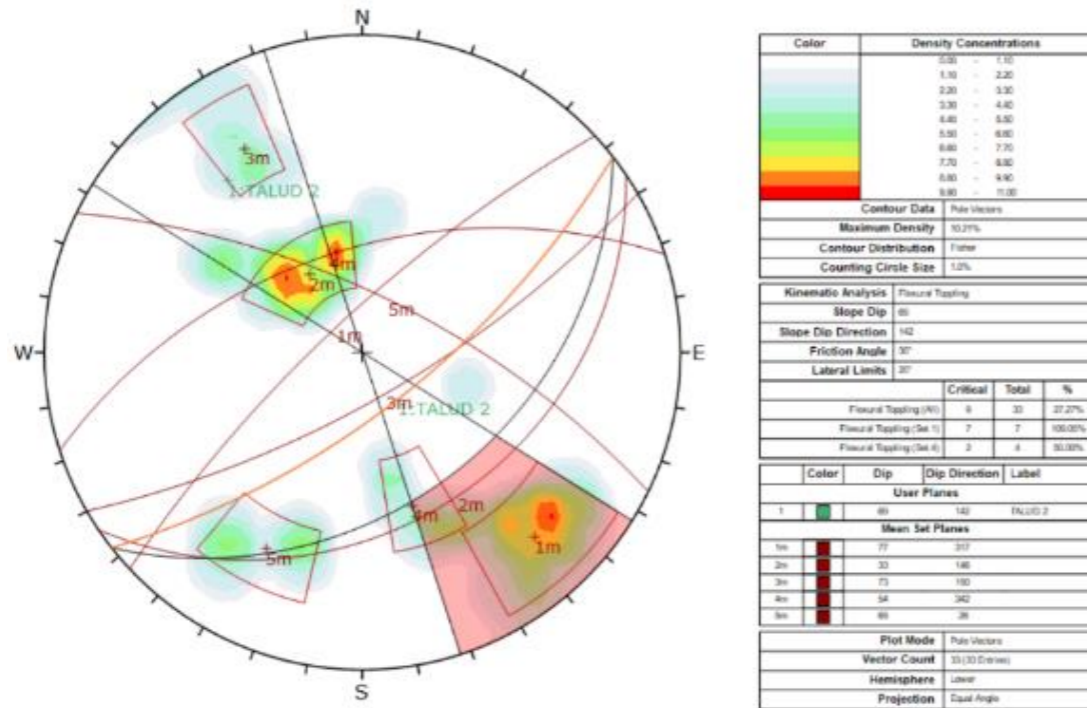


Figura 15 - Diagrama de polos talud 2. Fuente: Dips.

- **DIAGRAMA DE ROSETA**

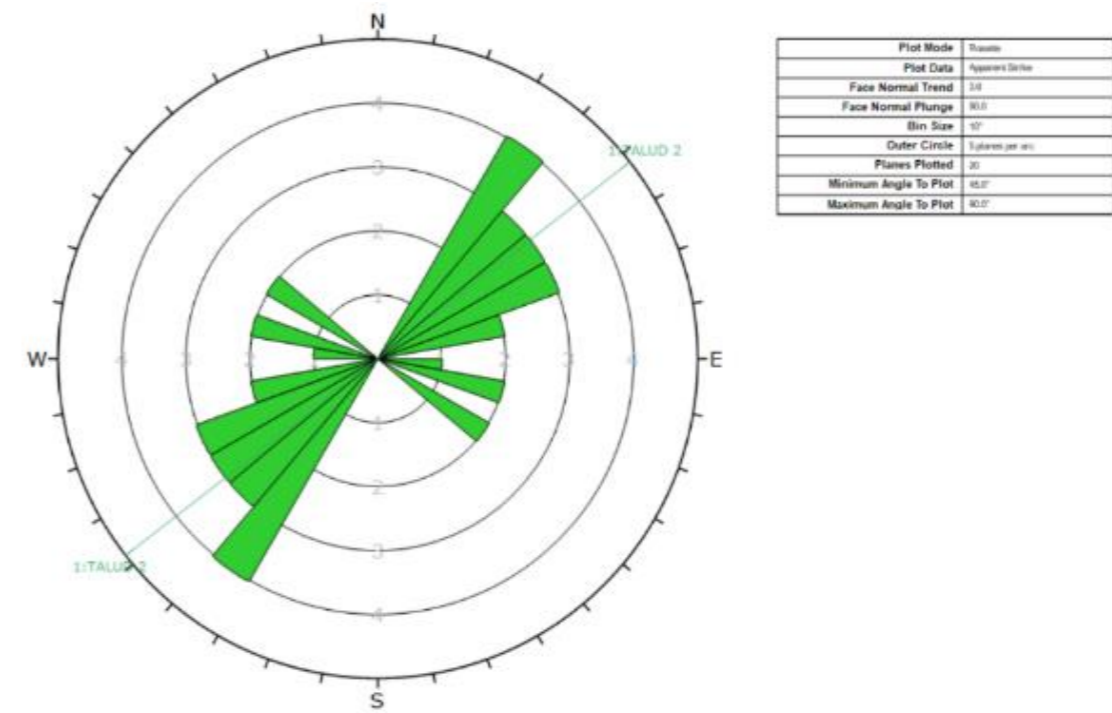


Figura 16 - Diagrama de roseta talud 2. Fuente: Dips.

- **DIAGRAMA ROTURA PLANAR**

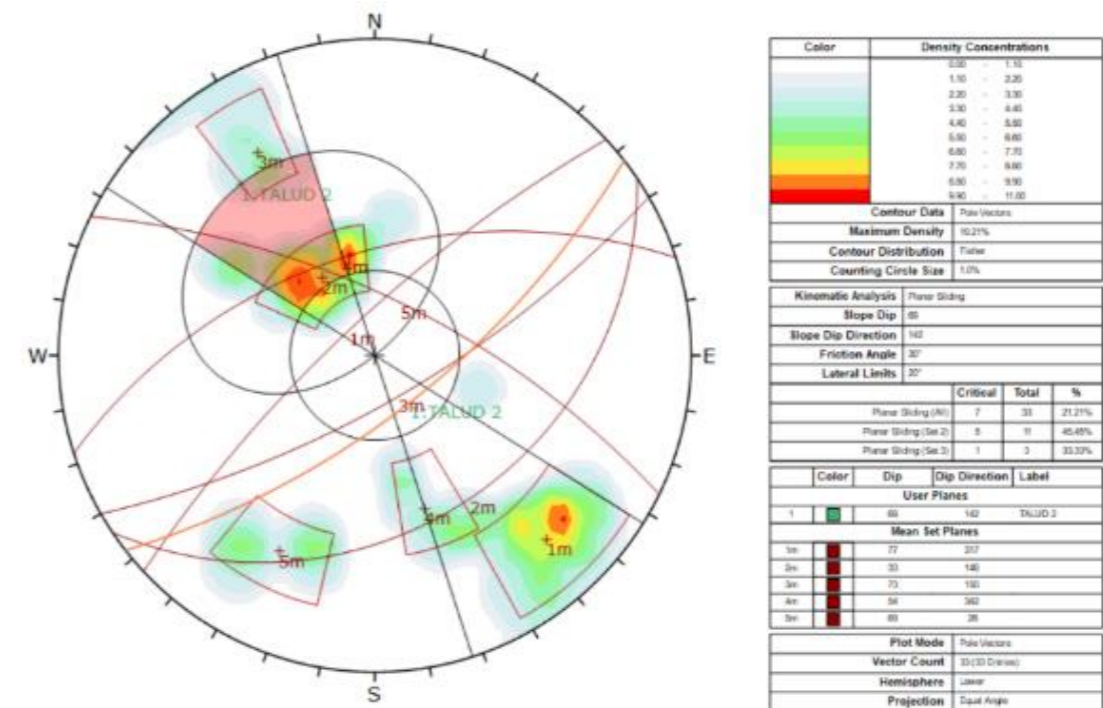


Figura 17 - Diagrama de rotura planar en talud 2. Fuente: Dips.

• **DIAGRAMA ROTURA POR CUÑAS**

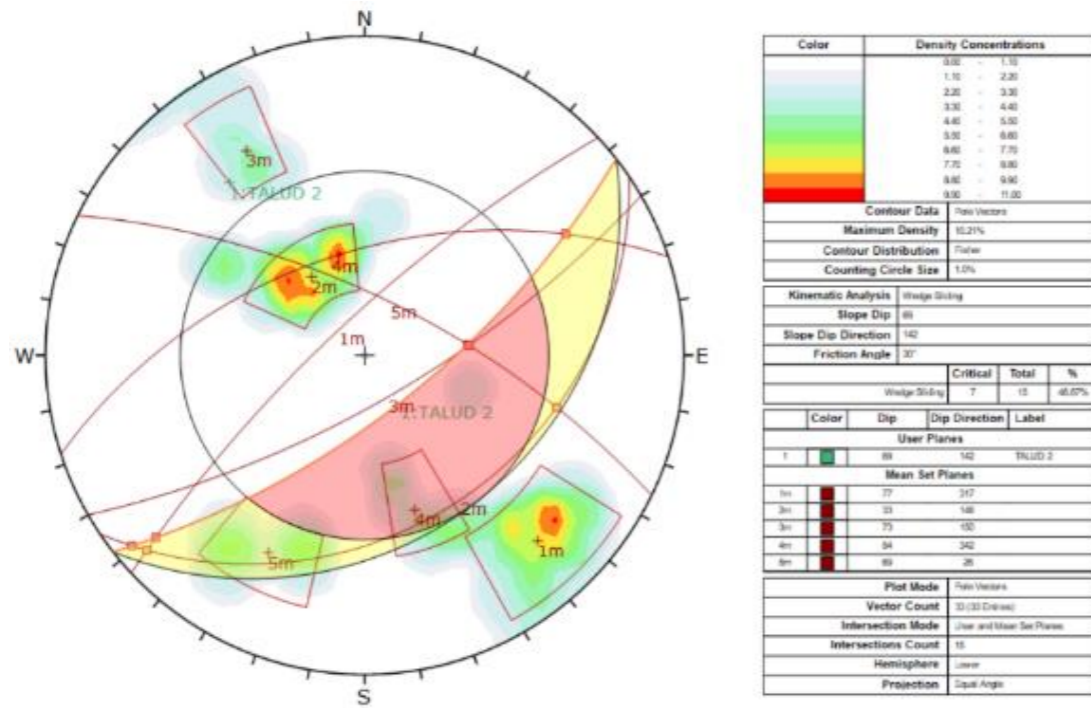


Figura 18 - Diagrama de rotura por cuña en talud 2. Fuente: Dips.

• **DIAGRAMA ROTURA POR VUELCO**

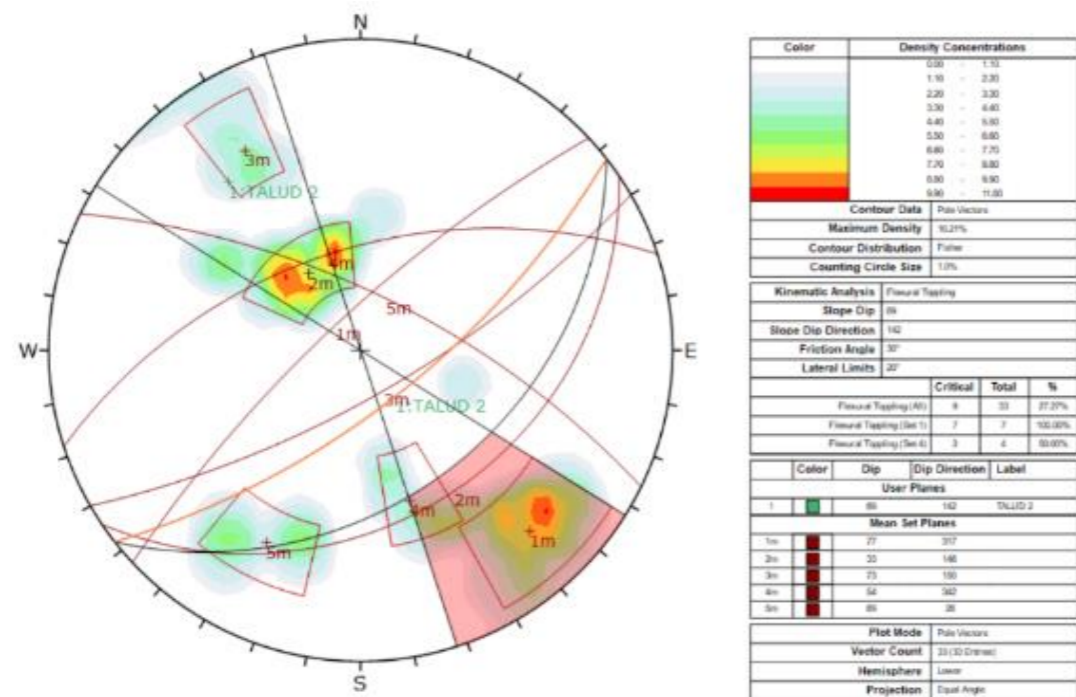


Figura 19 - Diagrama de rotura por vuelco en talud 2. Fuente: Dips.

Como se puede observar en las figuras anteriores, mediante el procesado de los datos con el software informático Dips, se obtiene que para el Talud 2 se producirán los tres tipos de inestabilidades posibles. Es decir, se producirá roturas planares, ocasionada estas por la familia de discontinuidades 2 especialmente, y alguna ocasional debido a las familias de discontinuidades 3 y 4.

Por otro lado, en lo que respecta a la rotura en cuña, esta se producirá entre las familias 3 y 5 junto con el plano del talud. La inestabilidad de la misma se analizará mediante Swedge.

Y, por último, en lo referente a desprendimientos, estos tendrán lugar especialmente entre las familias de discontinuidades 1 y 4.

✦ **ESTUDIO MEDIANTE SWEDGE**

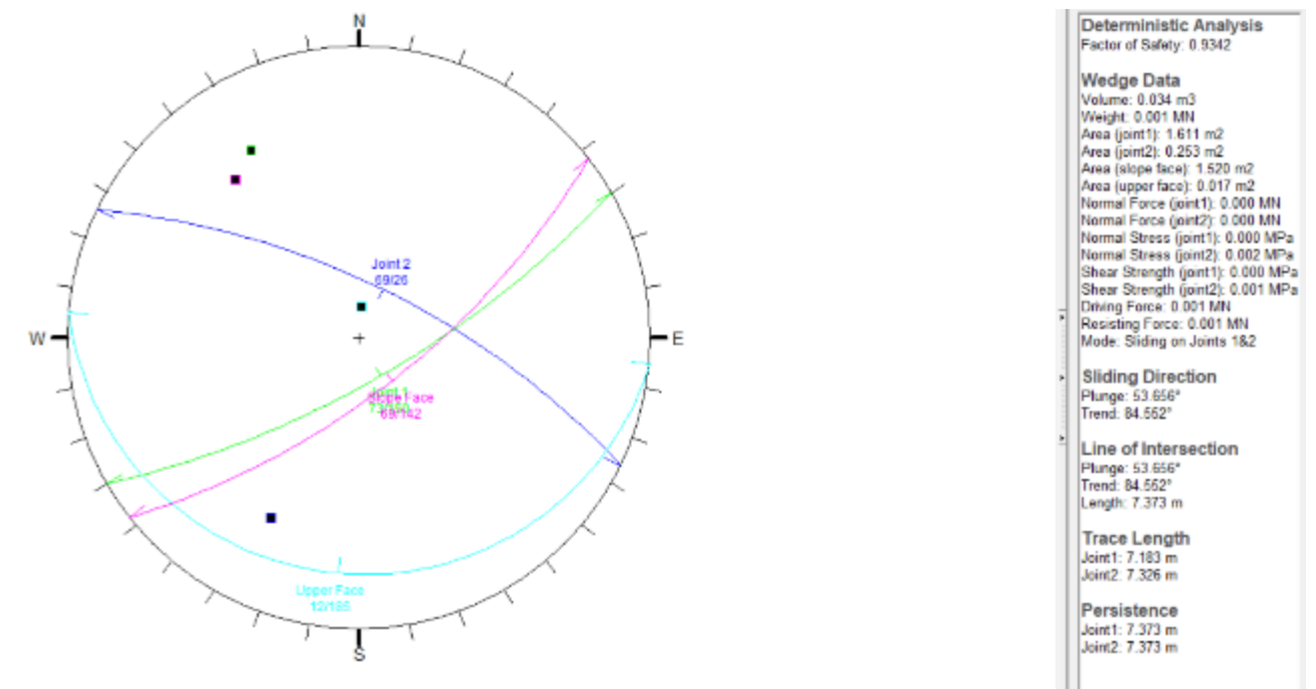


Figura 20 - Análisis de estabilidad de rotura por cuñas en talud 2. Fuente: Swedge.



### ✦ ESTUDIO MEDIANTE ROCFALL

Para el Talud 2, se analizan dos situaciones posibles, la primera de ellas, siendo la más desfavorable se corresponde con los bloques situados en la cabeza del talud, de 1,40 m<sup>3</sup>.

TALUD Nº	P.K.	P.K. ESTUDIO	PUNTO MAYOR COTA (m)	CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO	COEF. RESTITUCIÓN ENERGÉTICA		COEF. ROZAMIENTO (K)	DENSIDAD (kN/m <sup>3</sup> )	VELOCIDAD DE SALIDA (m/s)	TAMAÑO BLOQUE DE CAIDA (m <sup>3</sup> )	
					RN	RT					
2	96+930	96+850	14	Superficie: Granodioritas moscovíticas	0,315	0,712	0,2	26,8	1,5	1,20 x 0,90 x 1,3	m
				Cuneta: Hormigón	0,4	0,712				1,40	m <sup>3</sup>
				Carretera: Asfalto	0,4	0,712					

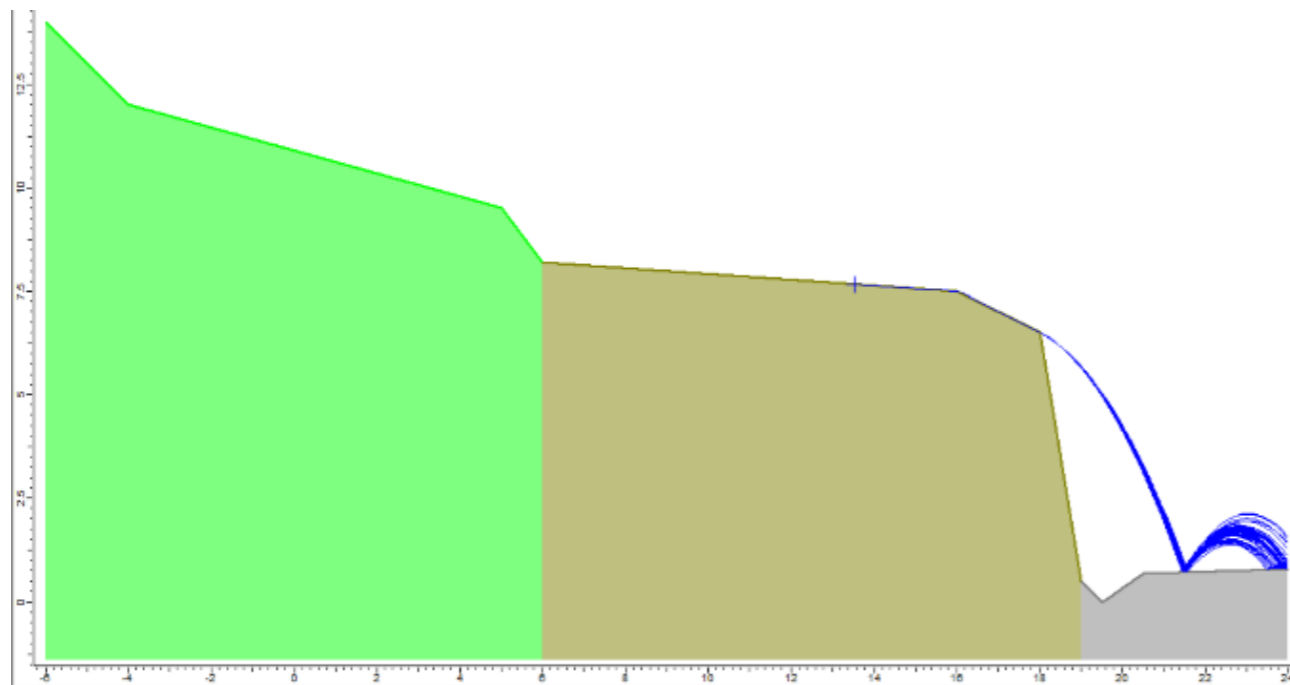


Figura 21 - Estudio trayectoria bloque de caída tipo 1 en talud 2. Fuente: Rocfall.

A la vista de los resultados mostrados mediante el software Rocfall, se puede ver como todos los bloques analizados por morfología del talud y dimensiones de los mismos, así como por su ubicación, en su movilización alcanzarán el arcén y llegarán a la calzada.

Por otra parte, en la superficie del talud y en zonas altas del mismo, se detecta la presencia de rocas de menor tamaño, de 0,07 m<sup>3</sup>. Se procede también a la realización de dicho análisis.

TALUD Nº	P.K.	P.K. ESTUDIO	PUNTO MAYOR COTA (m)	CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO	COEF. RESTITUCIÓN ENERGÉTICA		COEF. ROZAMIENTO (K)	DENSIDAD (kN/m <sup>3</sup> )	VELOCIDAD DE SALIDA (m/s)	TAMAÑO BLOQUE DE CAIDA (m <sup>3</sup> )	
					RN	RT					
2	96+930	96+850	14	Superficie: Granodioritas moscovíticas	0,315	0,712	0,2	26,8	1,5	0,45 x 0,30 x 0,5	m
				Cuneta: Hormigón	0,4	0,712				0,07	m <sup>3</sup>
				Carretera: Asfalto	0,4	0,712					

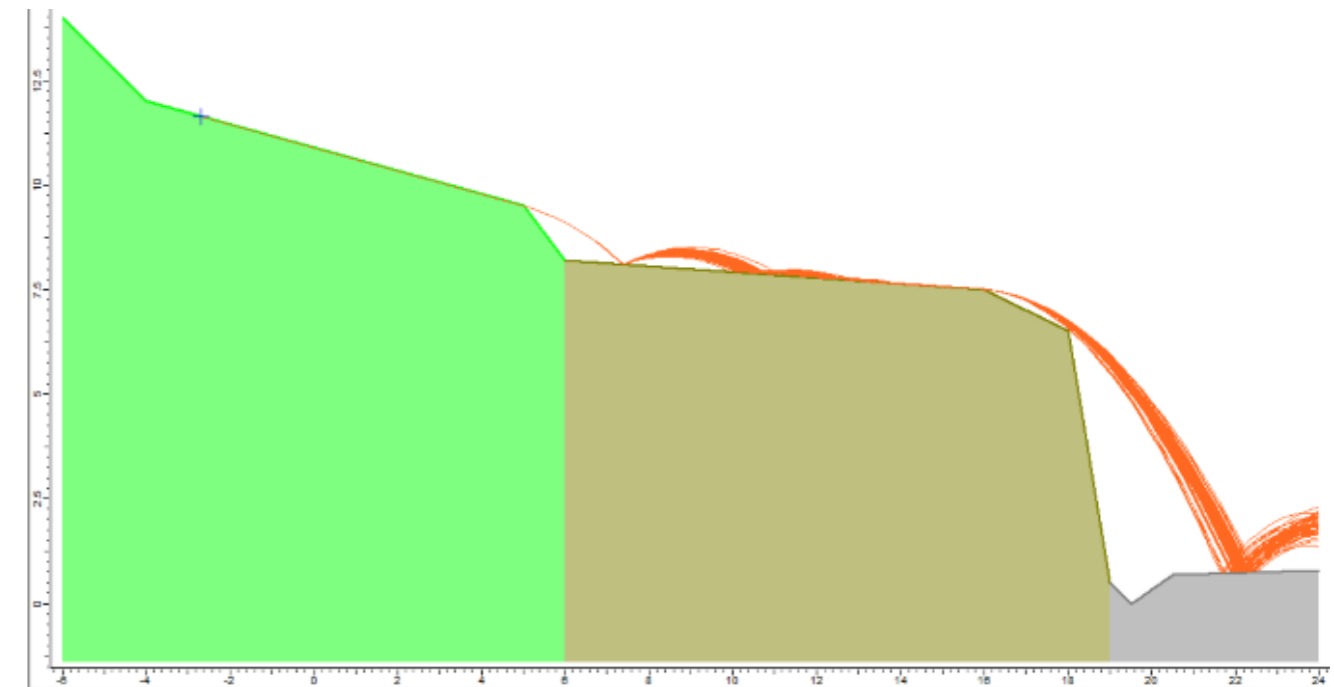


Figura 22 - Estudio trayectoria bloque de caída tipo 2 en talud 2. Fuente: Rocfall.

A la vista de la figura anterior, se observa que estos bloques llegarán del mismo modo a la calzada de forma directa.

❖ **TALUD 3**

En primer lugar, se muestran los gráficos obtenidos mediante Dips para las diferentes discontinuidades que conforma el Talud 3.

✦ **ESTUDIO MEDIANTE DIPS**

- **DIAGRAMA DE POLOS**

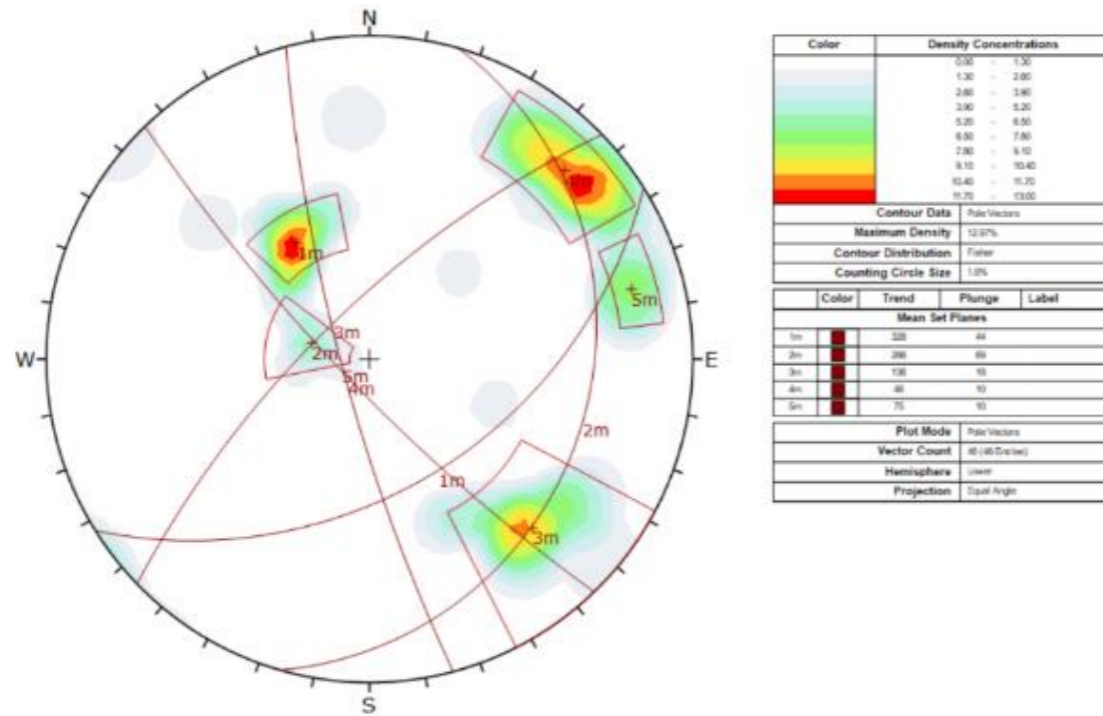


Figura 23 - Diagrama de polos en talud 3. Fuente: Dips.

- **DIAGRAMA DE ROSETA**

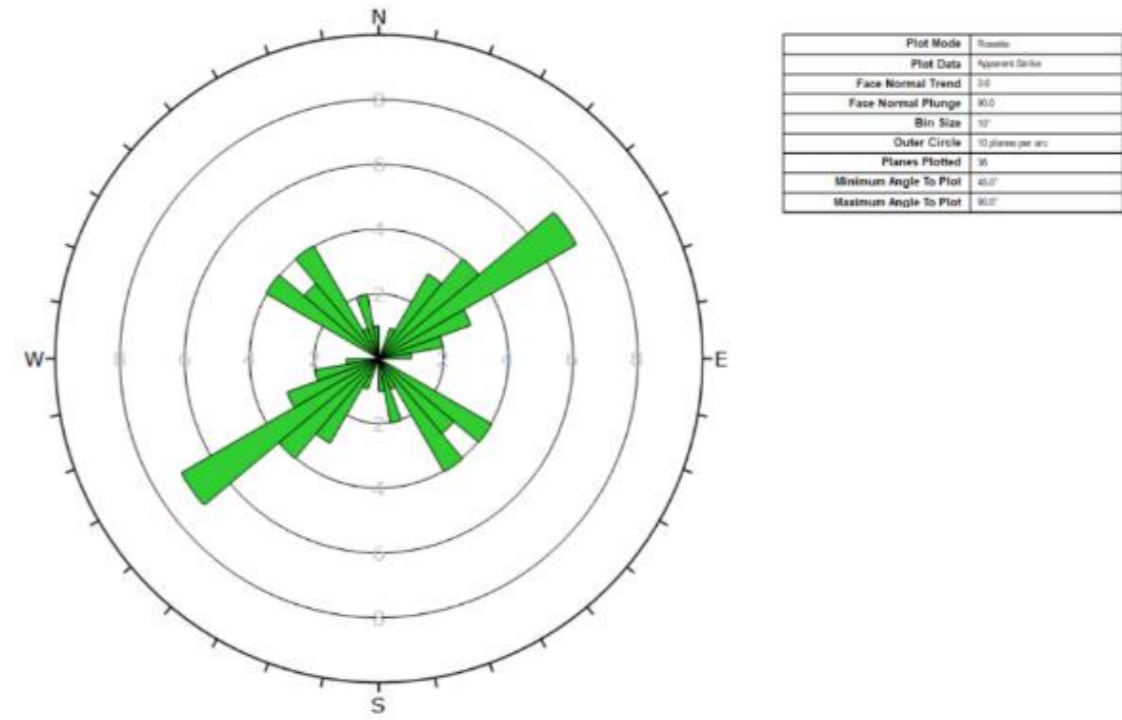


Figura 24 - Diagrama de roseta en talud 3. Fuente: Dips.

- **DIAGRAMA ROTURA PLANAR**

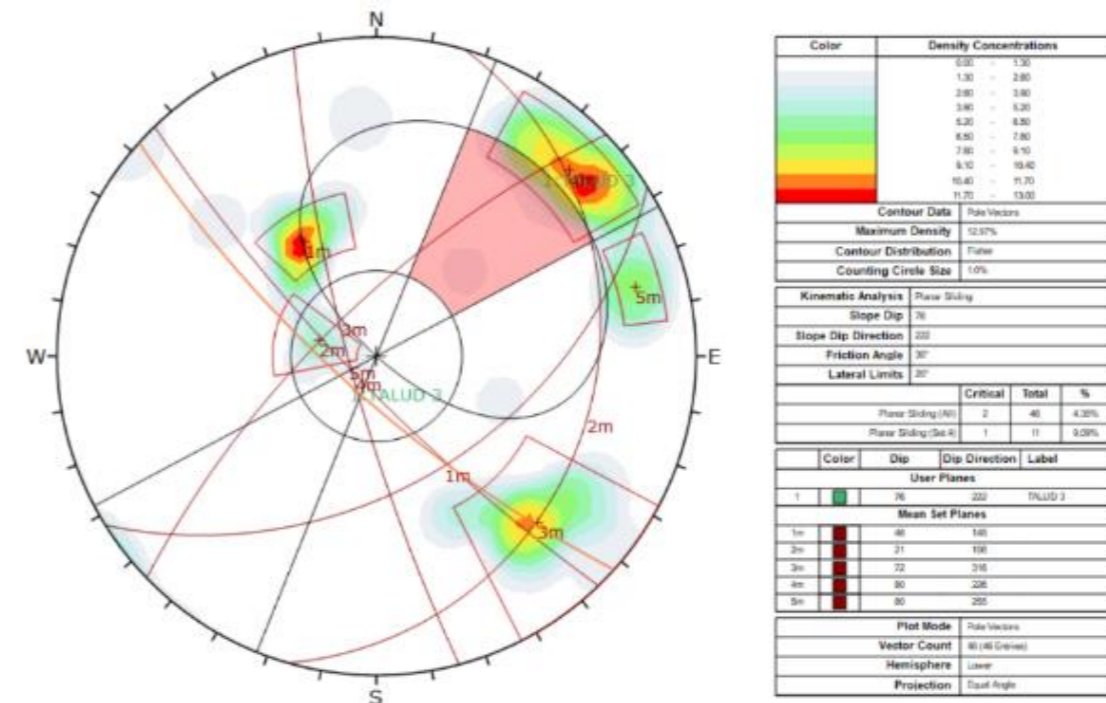


Figura 25 - Diagrama de rotura planar en talud 3. Fuente: Dips.



• **DIAGRAMA ROTURA POR CUÑAS**

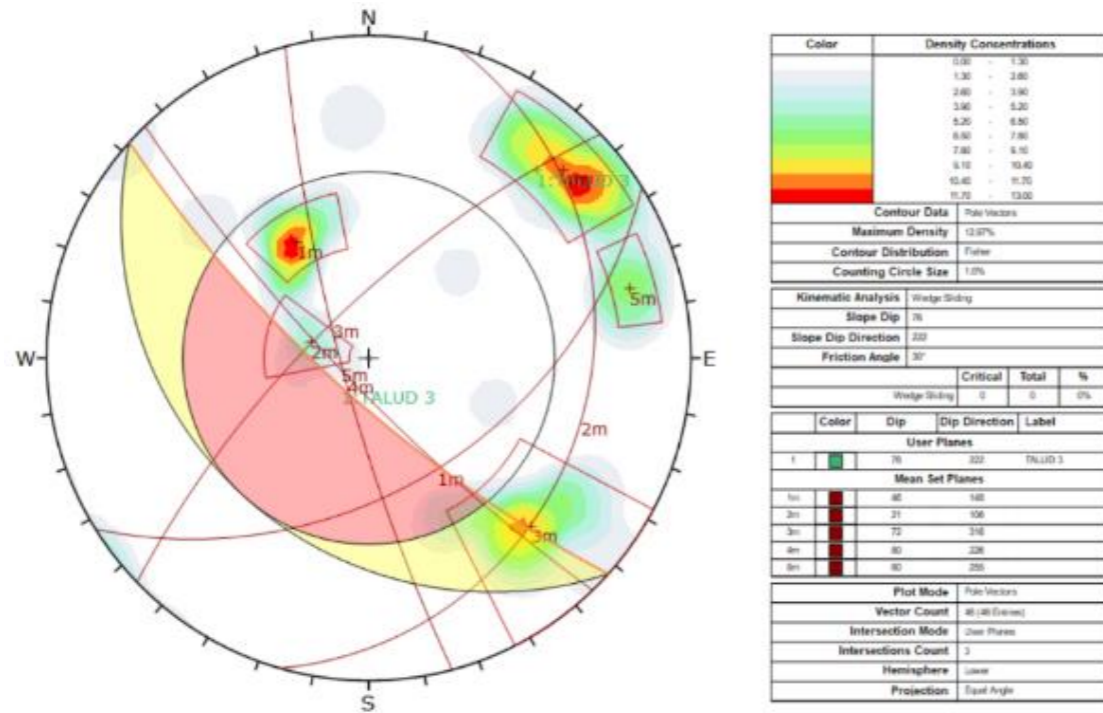


Figura 26 - Diagrama de rotura por cuña en talud 3. Fuente: Dips.

• **DIAGRAMA ROTURA POR VUELCO**

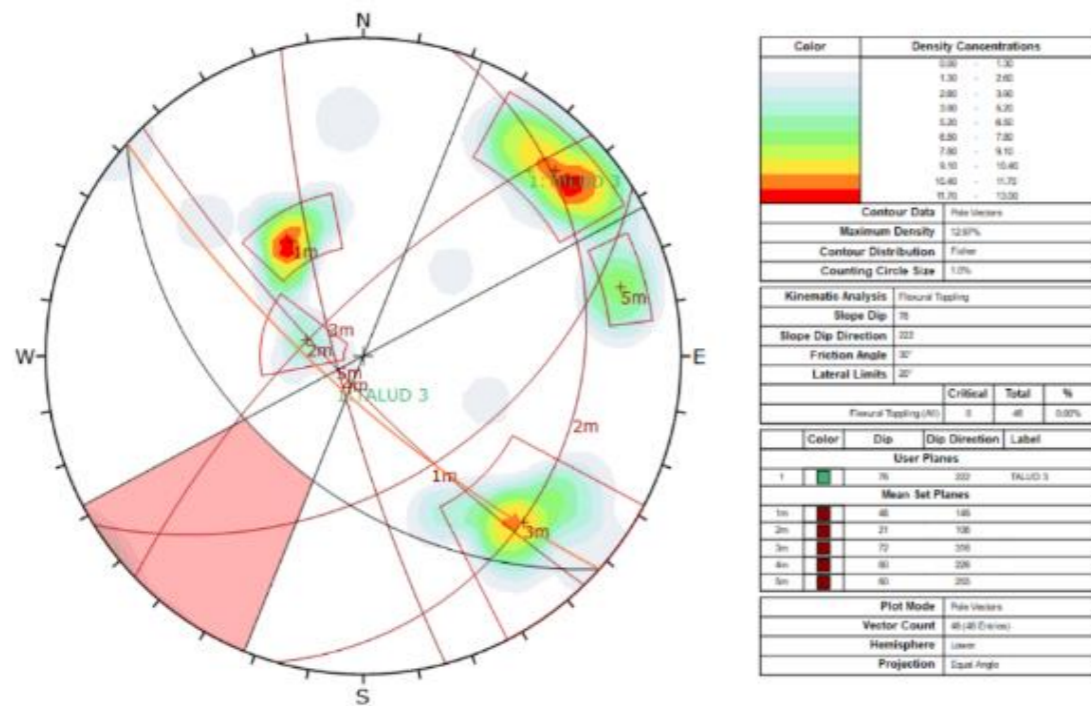


Figura 27 - Diagrama de rotura por vuelco talud 3. Fuente: Dips.

Por tanto, mediante el procesado de los datos con el software informático Dips, se obtiene que se producen tanto roturas planares como la formación de cuñas.

Estas roturas planares estarán mayormente ocasionadas por la relación entre la familia de discontinuidades 4 y la superficie del talud.

Por otra parte, en lo que respecta a la formación de cuñas, se ocasionaron con la intersección de las familias 1 y 5 junto con la superficie del talud. Estos datos, se analizan con el programa Swedge para obtener de este modo el factor de seguridad de la inestabilidad.

✦ **ESTUDIO MEDIANTE SWEDGE**

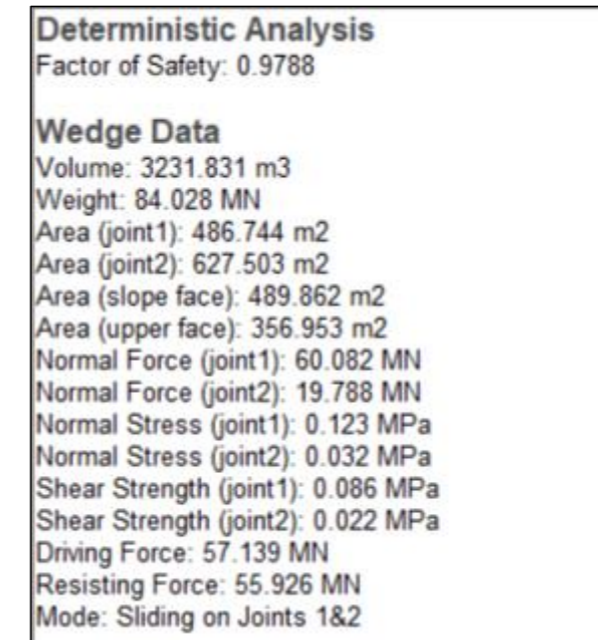


Figura 28 - Análisis de estabilidad de rotura por cuñas en talud 3. Fuente: Swedge.

❖ **TALUD 4**

En primer lugar, se muestran los gráficos obtenidos mediante Dips para las diferentes discontinuidades que conforma el Talud 4.

✦ **ESTUDIO MEDIANTE DIPS**

- **DIAGRAMA DE POLOS**

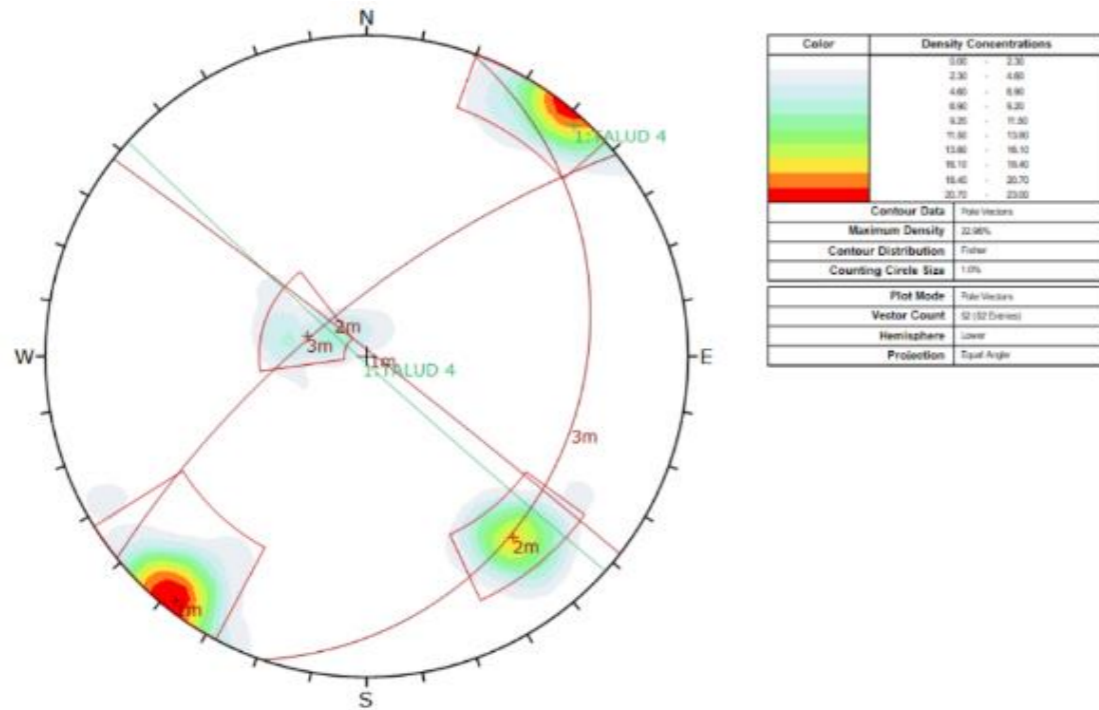


Figura 29 - Diagrama de polos en talud 4. Fuente: Dips.

- **DIAGRAMA DE ROSETA**

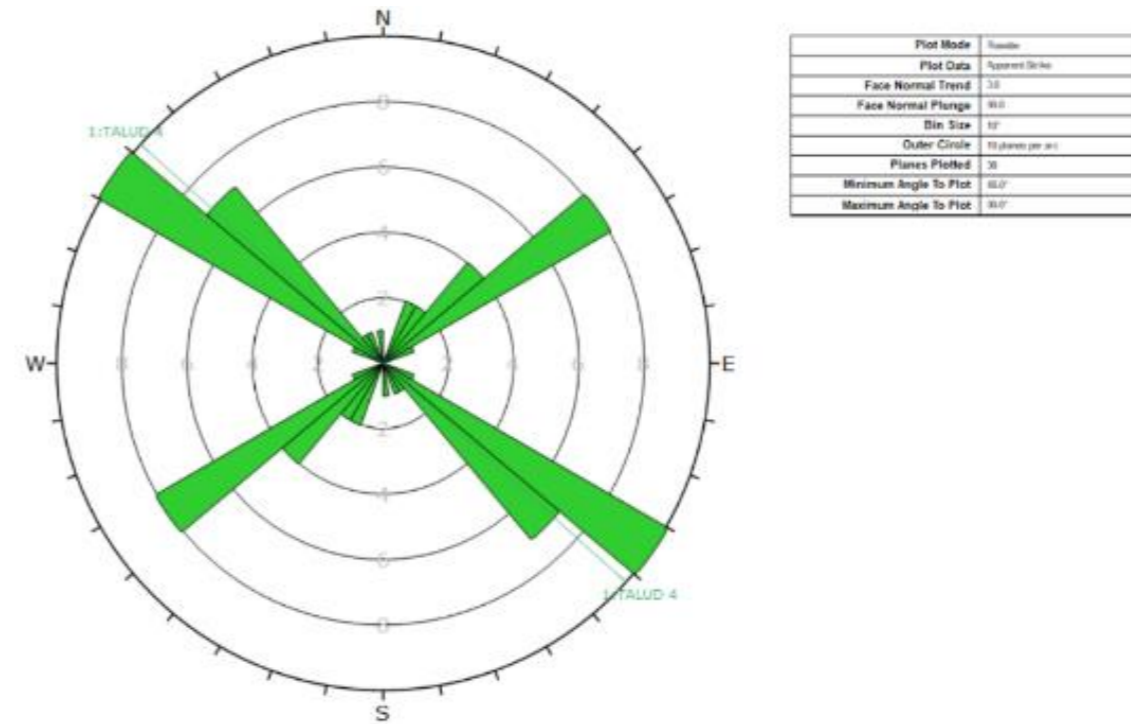


Figura 30 - Diagrama de roseta talud 4. Fuente: Dips.

- **DIAGRAMA ROTURA PLANAR**

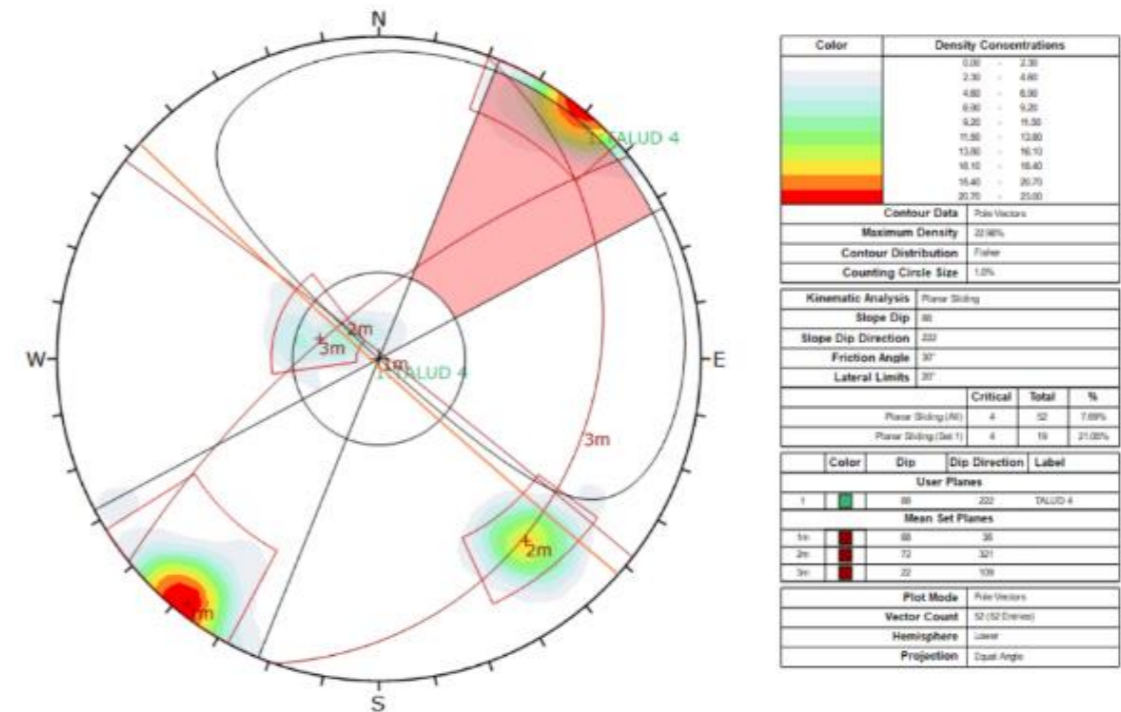


Figura 31 - Diagrama de rotura planar en talud 4. Fuente: Dips.



• **DIAGRAMA ROTURA POR CUÑAS**

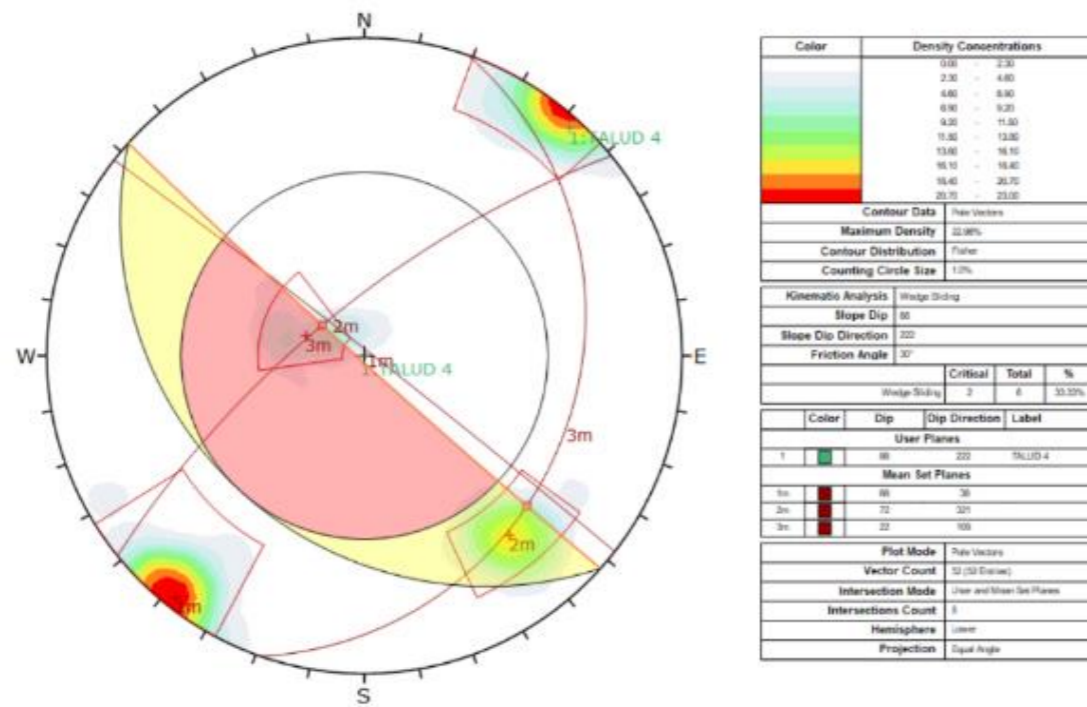


Figura 32 - Diagrama de rotura por cuña en talud 4. Fuente: Dips.

• **DIAGRAMA ROTURA POR VUELCO**

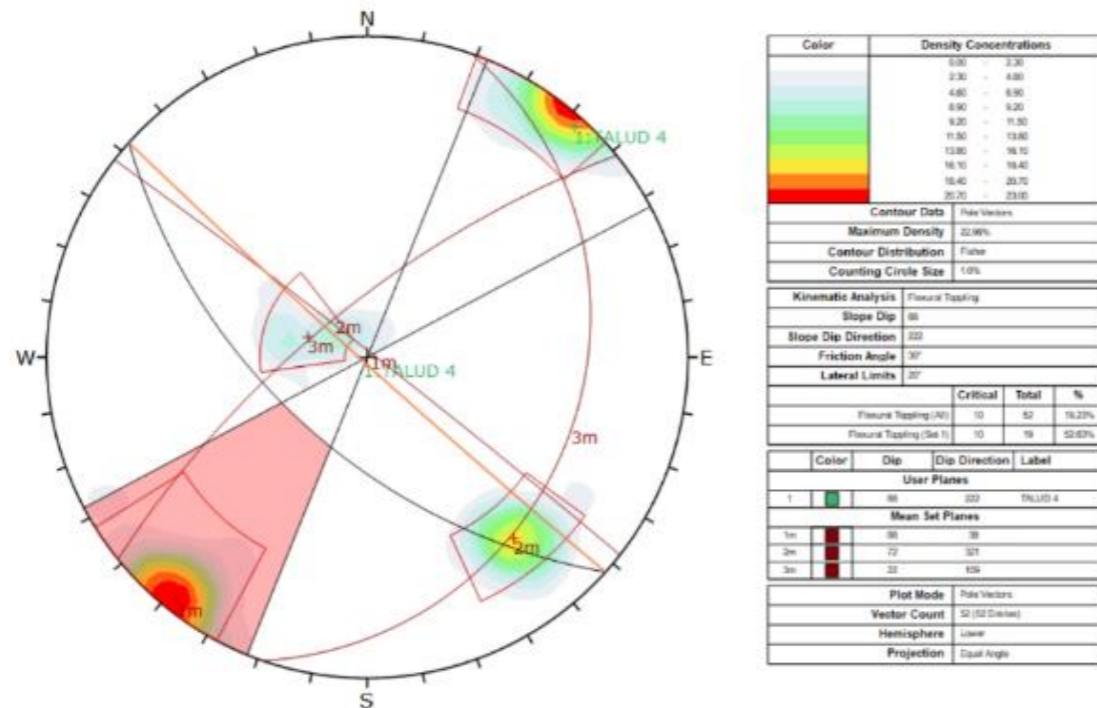


Figura 33 - Diagrama de rotura por vuelco talud 4. Fuente: Dips.

Por tanto, una vez procesados los datos de las estaciones geomecánicas correspondientes al talud 4 mediante el software Dips, obtenemos que se pueden producir los tres tipos de inestabilidades posibles, roturas planares, roturas en cuña y vuelco.

En lo que respecta a las roturas planares, estas se producirán en especial en lo referente a la familia de discontinuidades 1, cuyo buzamiento y dirección de buzamiento es 88°/038°.

Por otra parte, en lo relativo a las roturas en cuña, se tienen dos situaciones posibles. Una de ellas corresponde en el encuentro de las discontinuidades pertenecientes a la familia 2 con la superficie del talud, y la otra situación posible a la intersección de las discontinuidades pertenecientes a la familia 3 y la superficie del talud.

Por último, en lo relativo a los vuelcos que se pueden dar en el talud, estos en su mayoría estarán producidos por discontinuidades pertenecientes a la familia 1.

✦ **ESTUDIO MEDIANTE ROCFALL**

Para realizar el estudio de los bloques caídos del Talud 4 se analizarán los situados en la coronación, puesto que son aquellos que mayor probabilidad de caída presentan.

TALUD Nº	P.K.	P.K. ESTUDIO	PUNTO MAYOR COTA (m)	CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO	COEF. RESTITUCIÓN ENERGÉTICA		COEF. ROZAMIENTO (K)	DENSIDAD (kN/m³)	VELOCIDAD DE SALIDA (m/s)	TAMAÑO BLOQUE DE CAIDA (m³)	
					RN	RT				0,30 x 0,45 x 0,65	m³
4	97+150	97+160	12	Superficie: Granodioritas moscovíticas	0,315	0,712	0,2	26,8	1,5	0,09	m³
				Cuneta: Hormigón	0,4	0,712					
				Carretera: Asfalto	0,4	0,712					



Figura 34 - Estudio trayectoria bloque de caída tipo en talud 4. Fuente: Rocfall.

Como se puede observar en la figura 34, se tienen dos trayectorias posibles tras la caída y rebote del bloque. Una de ellas estará orientada hacia la calzada, lo que significará un peligro para el tránsito de la vía, y, la otra de ellas, orientada hacia la cuneta, la cual, en principio, no precisa riesgo al tráfico de vehículos.

❖ **TALUD 5**

En primer lugar, se muestran los gráficos obtenidos mediante Dips para las diferentes discontinuidades que conforma el Talud 5.

✦ **ESTUDIO MEDIANTE DIPS**

- **DIAGRAMA DE POLOS**

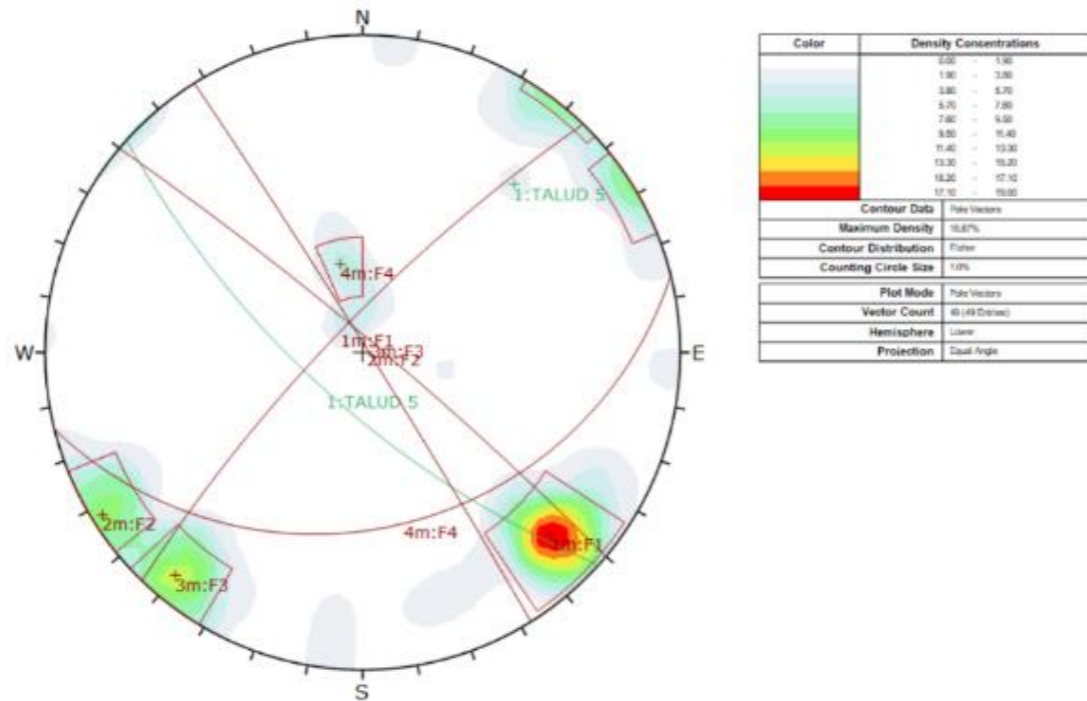


Figura 35 - Diagrama de polos en talud 5. Fuente: Dips.

- **DIAGRAMA DE ROSETA**

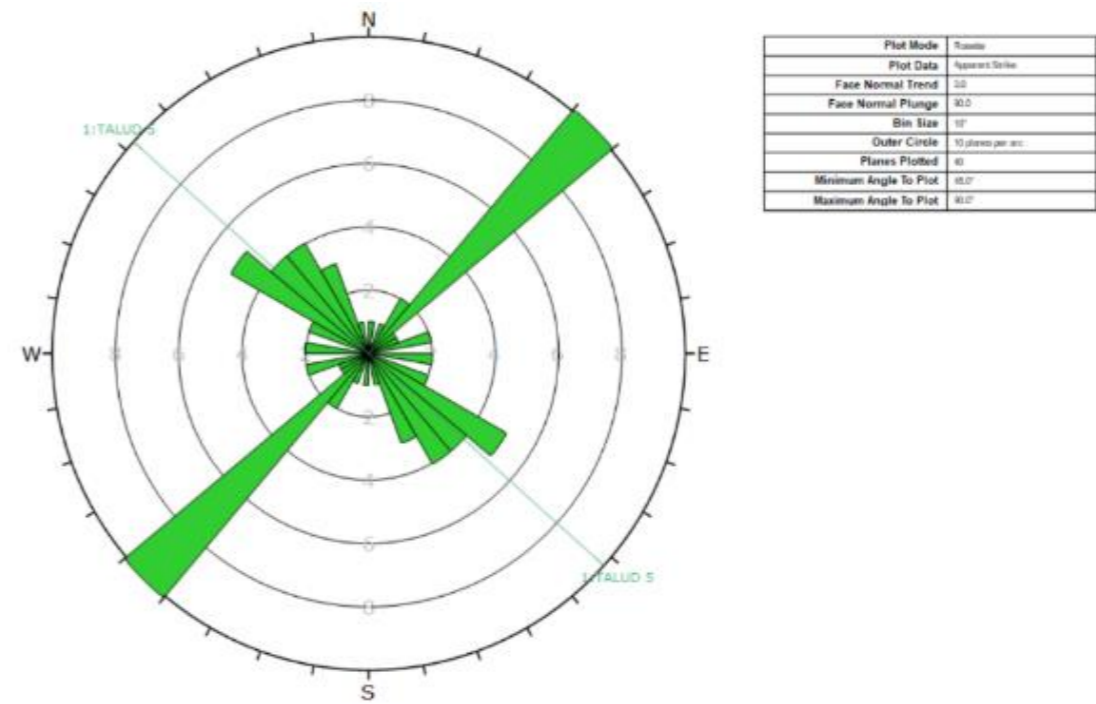


Figura 36 - Diagrama de roseta talud 5. Fuente: Dips.

- **DIAGRAMA ROTURA PLANAR**

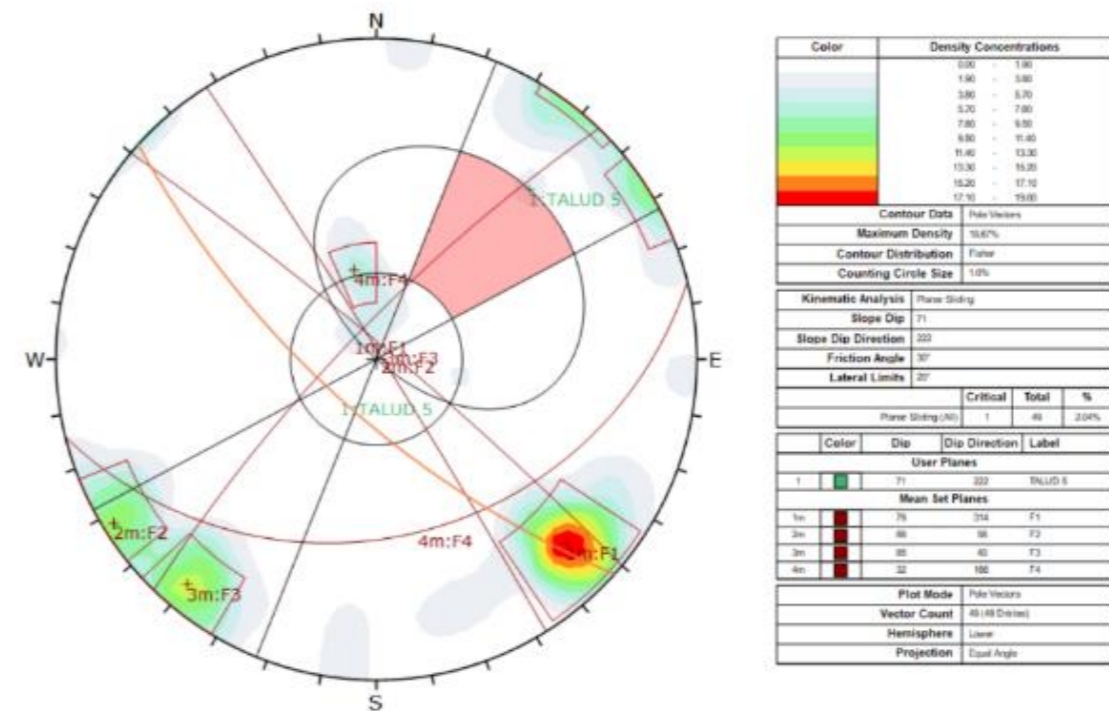


Figura 37 - Diagrama de rotura planar en talud 5. Fuente: Dips



• **DIAGRAMA ROTURA POR CUÑAS**

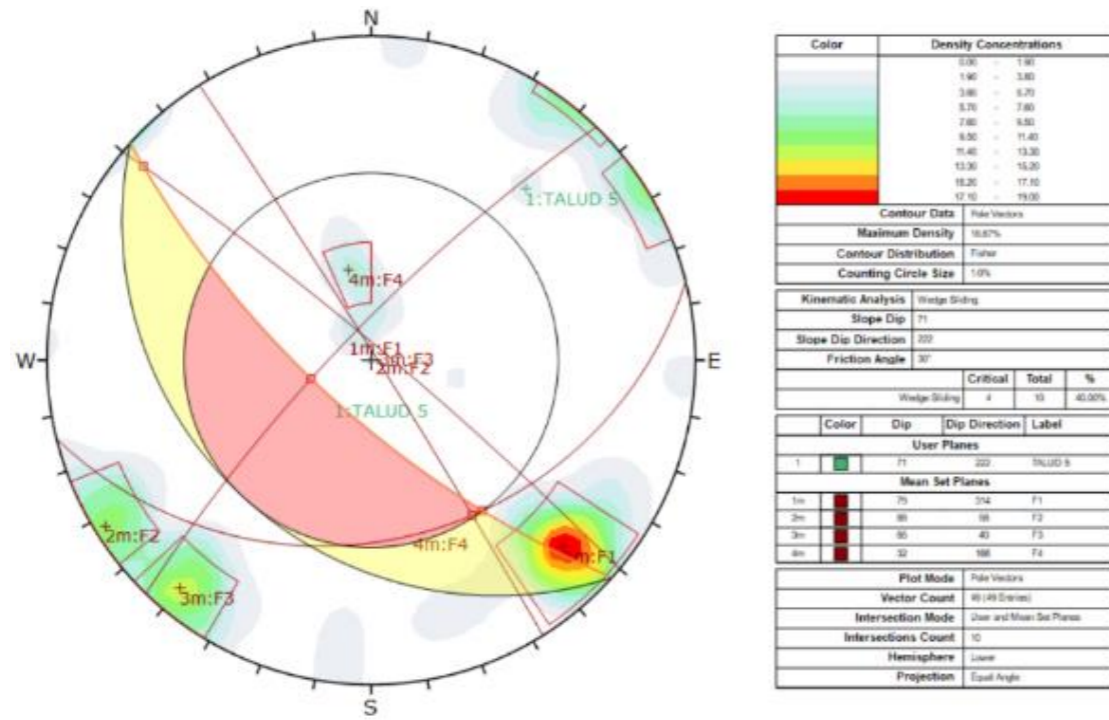


Figura 38 - Diagrama de rotura por cuña en talud 5. Fuente: Dips.

• **DIAGRAMA ROTURA POR VUELCO**

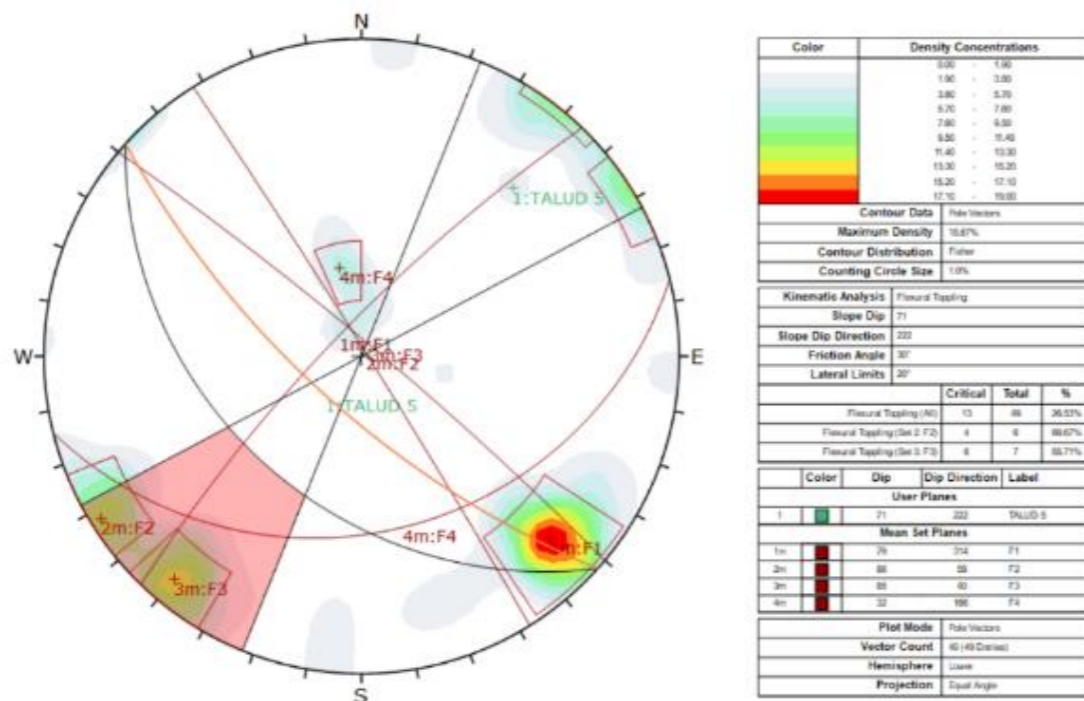


Figura 39 - Diagrama de rotura por vuelco talud 5. Fuente: Dips.

Analizando los datos obtenidos mediante el software Dips, se considera que se pueden producir los tres tipos de inestabilidades posibles, aunque la rotura planar, sea de manera ocasionar por discontinuidades puntuales.

Por otro lado, en lo que respecta a la rotura por cuña, estas se formarán tras la intersección de tres planos posibles. En primer lugar, entre la intersección de las familias de discontinuidades 2 y 4. En segundo lugar, mediante la intersección de la familia de discontinuidades 1 y la superficie del talud. Y por último, también podrán generarse cuñas mediante la intersección de la familia de discontinuidades 4 con la superficie del talud.

En lo que respecta a la rotura por vuelco, esta se podrá producir tanto en discontinuidades pertenecientes a la familia 2 como a la familia 3.

✦ **ESTUDIO MEDIANTE SWEDGE**

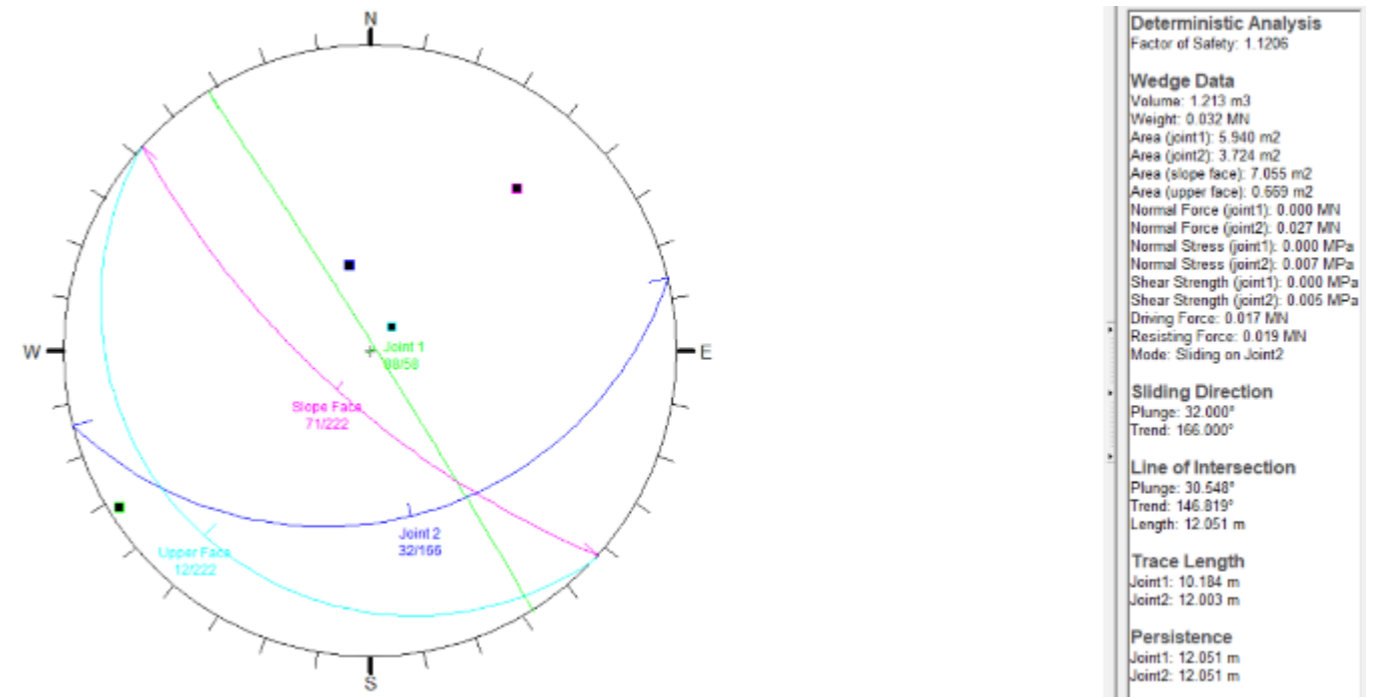


Figura 40 - Análisis de estabilidad de rotura por cuñas en talud 5. Fuente: Swedge.

Deterministic Analysis	
Factor of Safety: 1.1206	
<b>Wedge Data</b>	
Volume:	1.213 m3
Weight:	0.032 MN
Area (joint1):	5.940 m2
Area (joint2):	3.724 m2
Area (slope face):	7.055 m2
Area (upper face):	0.659 m2
Normal Force (joint1):	0.000 MN
Normal Force (joint2):	0.027 MN
Normal Stress (joint1):	0.000 MPa
Normal Stress (joint2):	0.007 MPa
Shear Strength (joint1):	0.000 MPa
Shear Strength (joint2):	0.005 MPa
Driving Force:	0.017 MN
Resisting Force:	0.019 MN
Mode:	Sliding on Joint2
<b>Sliding Direction</b>	
Plunge:	32.000°
Trend:	166.000°
<b>Line of Intersection</b>	
Plunge:	30.548°
Trend:	146.819°
Length:	12.051 m
<b>Trace Length</b>	
Joint1:	10.184 m
Joint2:	12.003 m
<b>Persistence</b>	
Joint1:	12.051 m
Joint2:	12.051 m

✦ ESTUDIO MEDIANTE ROCFALL

En lo referente a los bloques de caída del Talud 5, el resultado del análisis muestra como los bloques que se encuentran en la cara externa del talud, estando estos en voladizo, en su caída tendrán una trayectoria vertical descendiente hacia la cuneta. Esta cuneta está formada por grava, la cual hará de amortiguación, teniendo como resultado la deposición de los bloques en la cuneta sin llegar a la calzada.

TALUD Nº	P.K.	PUNTO MAYOR COTA (m)	CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO	COEF. RESTITUCIÓN ENERGÉTICA		COEF. ROZAMIENTO (K)	DENSIDAD (kN/m³)	VELOCIDAD DE SALIDA (m/s)	TAMAÑO BLOQUE DE CAIDA (m³)		
				RN	RT						
5	98+750	98+760	11,5	Superficie: Granodioritas moscovíticas	0,315	0,712	0,2	26,8	1,5	0,70 x 0,30 x 0,50	m
				Cuneta: Hormigón	0,4	0,712				0,11	m³
				Carretera: Asfalto	0,4	0,712					

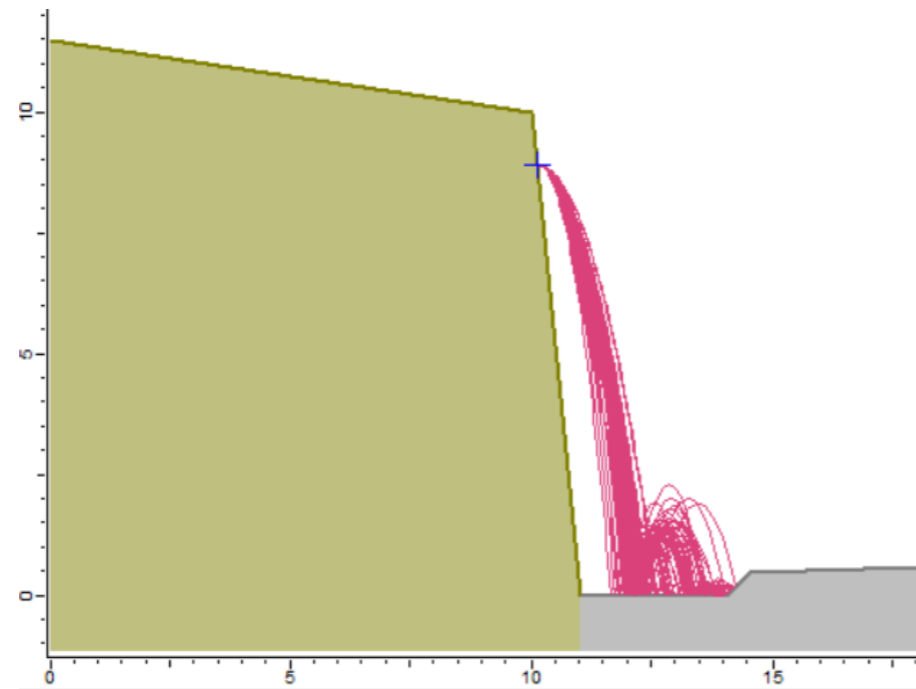


Figura 41 - Estudio trayectoria bloque de caída tipo en talud 5. Fuente: Rocfall.

❖ TALUD 6

En primer lugar, se muestran los gráficos obtenidos mediante Dips para las diferentes discontinuidades que conforma el Talud 6.

✦ ESTUDIO MEDIANTE DIPS

- DIAGRAMA DE POLOS

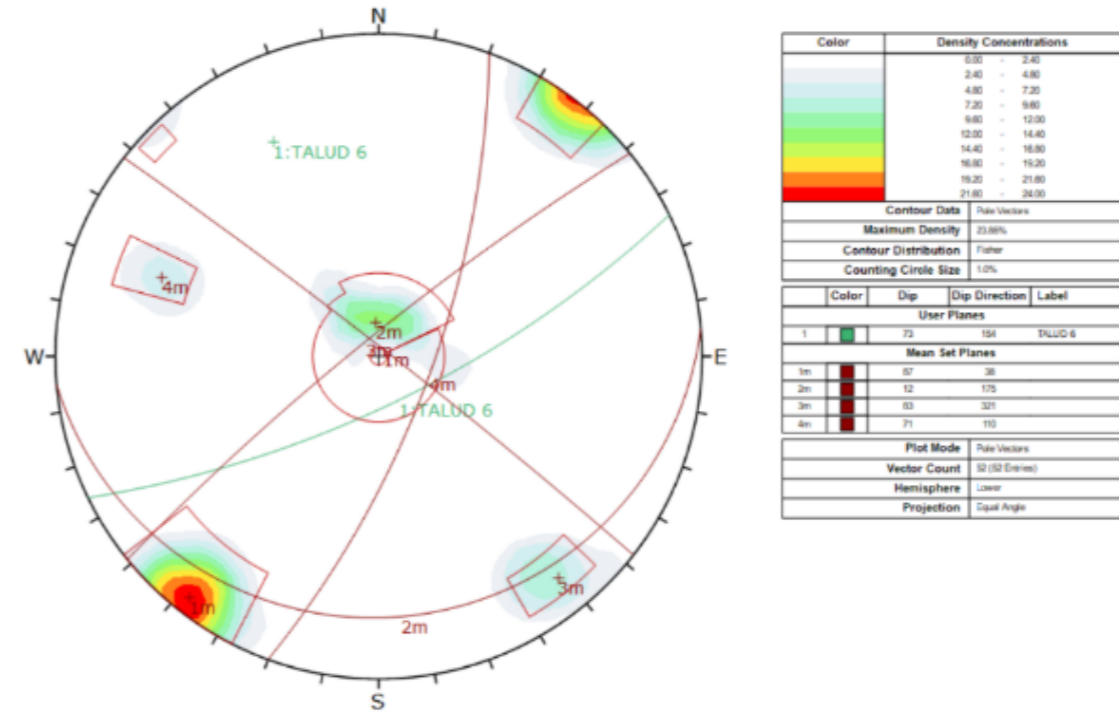


Figura 42 - Diagrama de polos en talud 6. Fuente: Dips.



• DIAGRAMA DE ROSETA

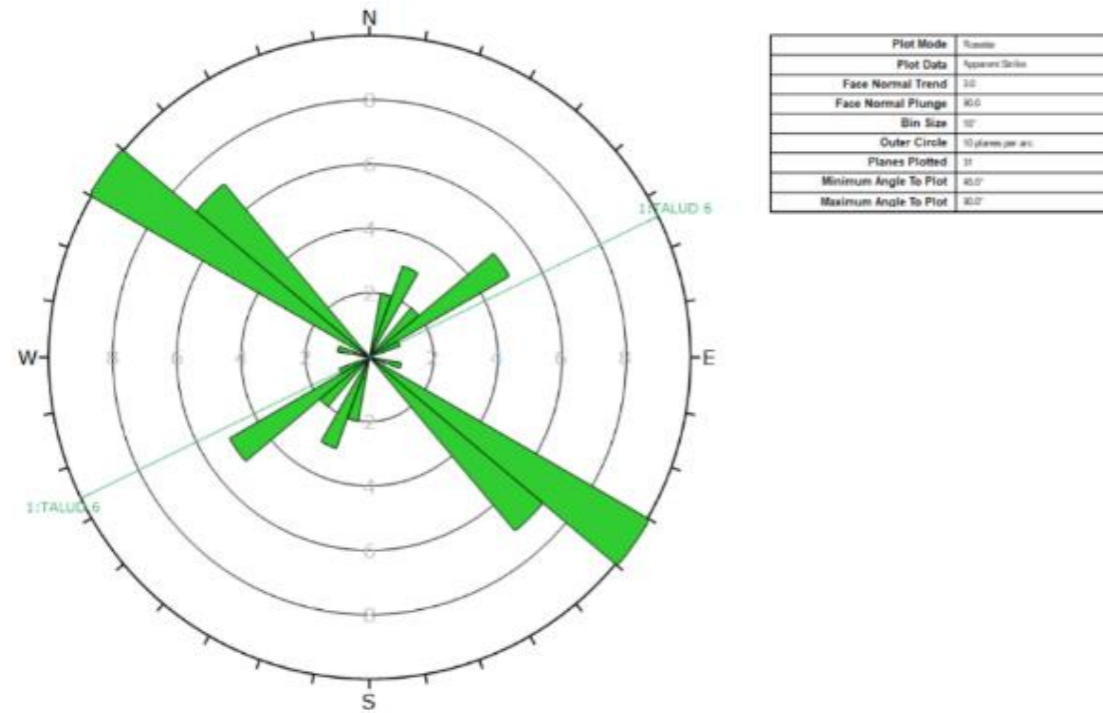


Figura 43 - Diagrama de roseta talud 6. Fuente: Dips.

• DIAGRAMA ROTURA POR CUÑAS

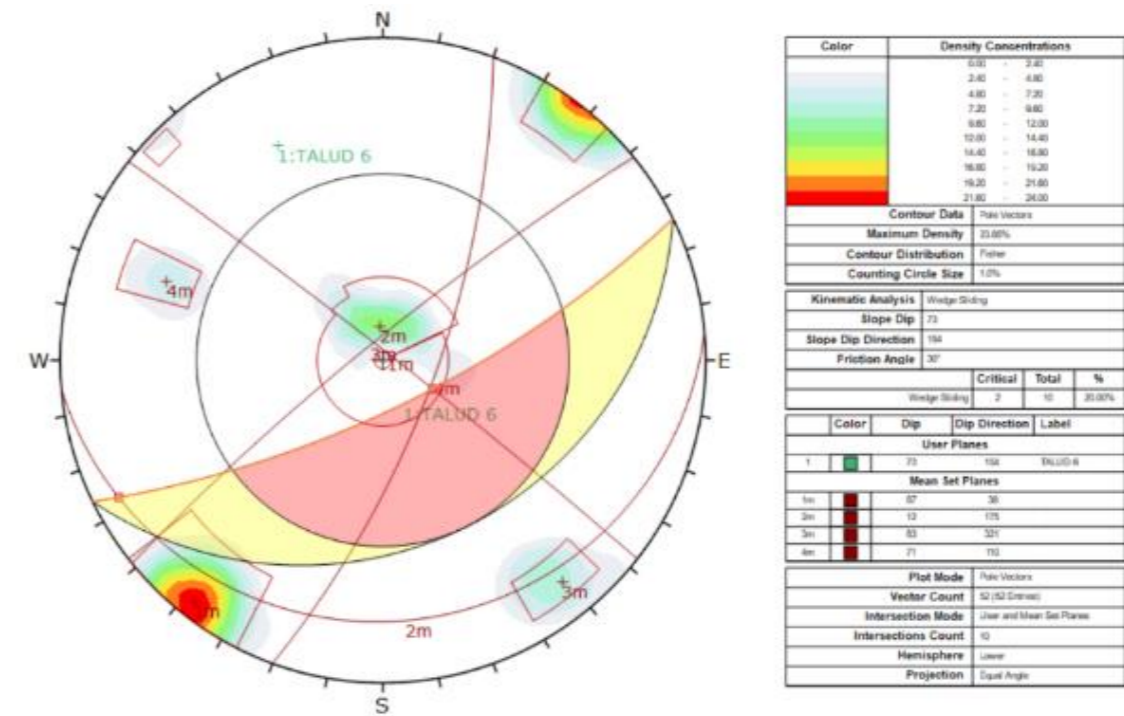


Figura 45 - Diagrama de rotura por cuña en talud 6. Fuente: Dips.

• DIAGRAMA ROTURA PLANAR

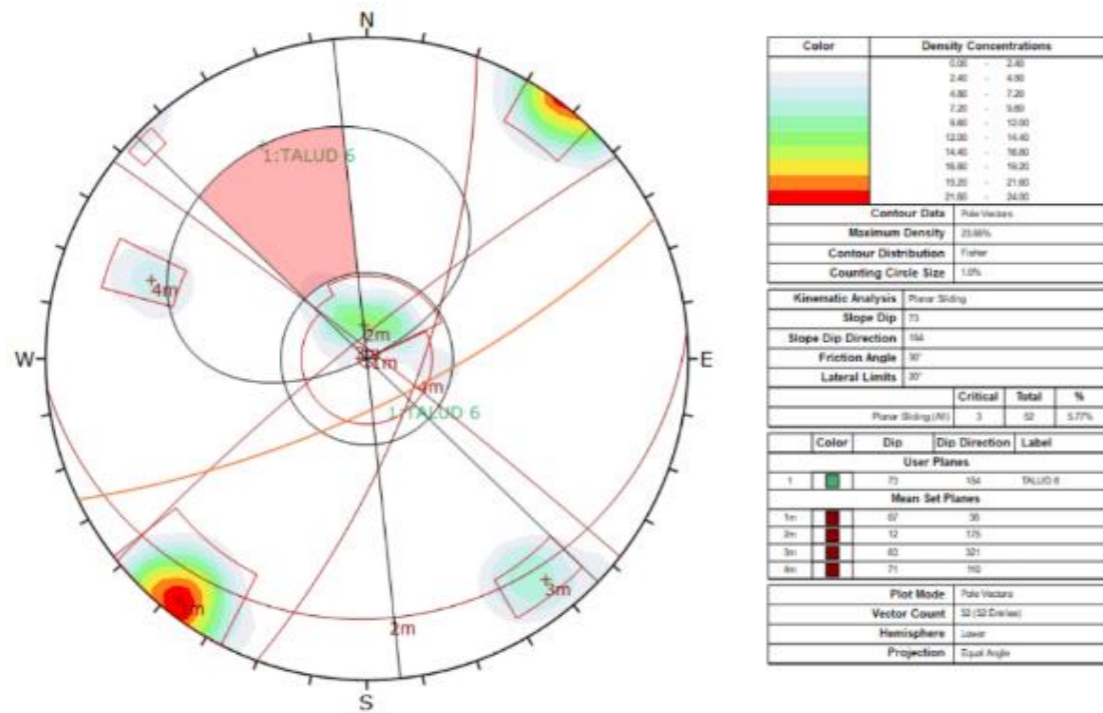


Figura 44 - Diagrama de rotura planar en talud 6. Fuente: Dips

• DIAGRAMA ROTURA POR VUELCO

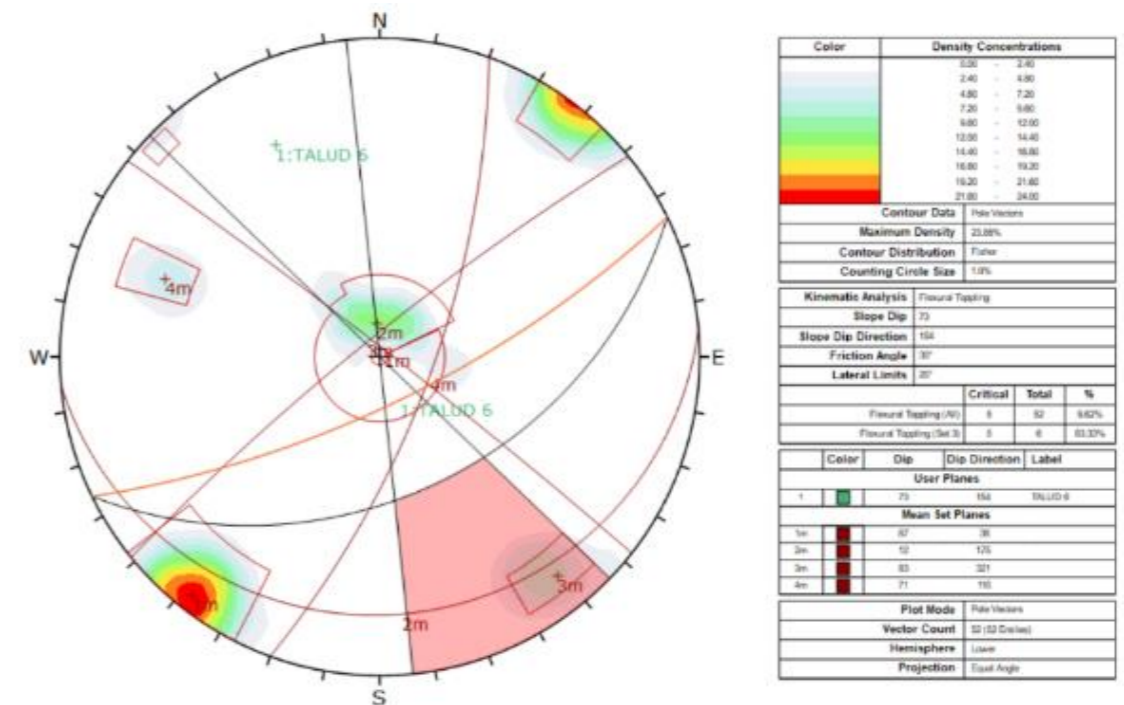


Figura 46 - Diagrama de rotura por vuelco talud 6. Fuente: Dips.

Analizando los datos resultantes del análisis de las estaciones geomecánicas correspondientes al talud 6, vemos cómo se pueden generar tanto roturas en cuña como vuelco.

Por un lado, en lo que respecta a la formación de cuñas, estas se generarán mediante la intersección de la familia de discontinuidades 1 con la superficie del talud, así como con la intersección de la familia de discontinuidades 2 con el talud.

Por otra parte, el vuelco se producirá mediante las discontinuidades pertenecientes a la familia 3.

✦ ESTUDIO MEDIANTE ROCFALL

En lo referente al análisis de caída de los bloques pertenecientes al Talud 6, estos se analizarán desde dos situaciones posibles debido a la ubicación que los bloques estudiados tienen conforme al talud.

TALUD Nº	P.K.	P.K. ESTUDIO	PUNTO MAYOR COTA (m)	CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO	COEF. RESTITUCIÓN ENERGÉTICA		COEF. ROZAMIENTO (K)	DENSIDAD (kN/m³)	VELOCIDAD DE SALIDA (m/s)	TAMAÑO BLOQUE DE CAIDA (m³)	
					RN	RT					
6	111+300	111+350	10	Superficie: Granodioritas moscovíticas	0,315	0,712	0,2	26,8	1,5	0,50 x 0,35 x 0,20	m
				Cuneta: Hormigón	0,4	0,712				0,04	m³
				Carretera: Asfalto	0,4	0,712					

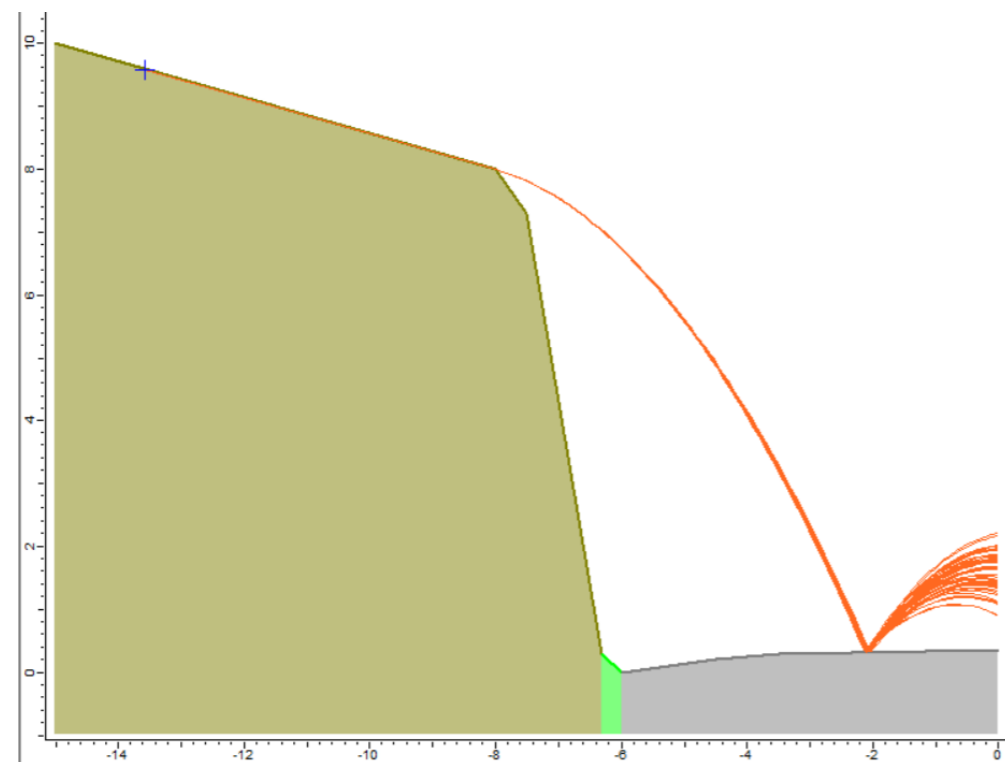


Figura 47 - Estudio trayectoria bloque de caída tipo 1 en talud 6. Fuente: Rocfall.

En la figura 47 se puede observar la primera de las situaciones a analizar. En esta, se ubicarán los bloques en la ladera superior del talud, obteniendo, que la caída de los mismos se tendrá lugar de forma directa a la calzada, debido a la pendiente tan pronunciada que tiene este talud.

Por otra parte, en la figura 48, se realiza el estudio de los bloques que se encuentran en la cabeza de talud, en voladizo. Se obtiene que la caída de la mayoría de estos será en la cuneta y en arcén, pero, que, tras el rebote, algunos de ellos alcanzarán la calzada.

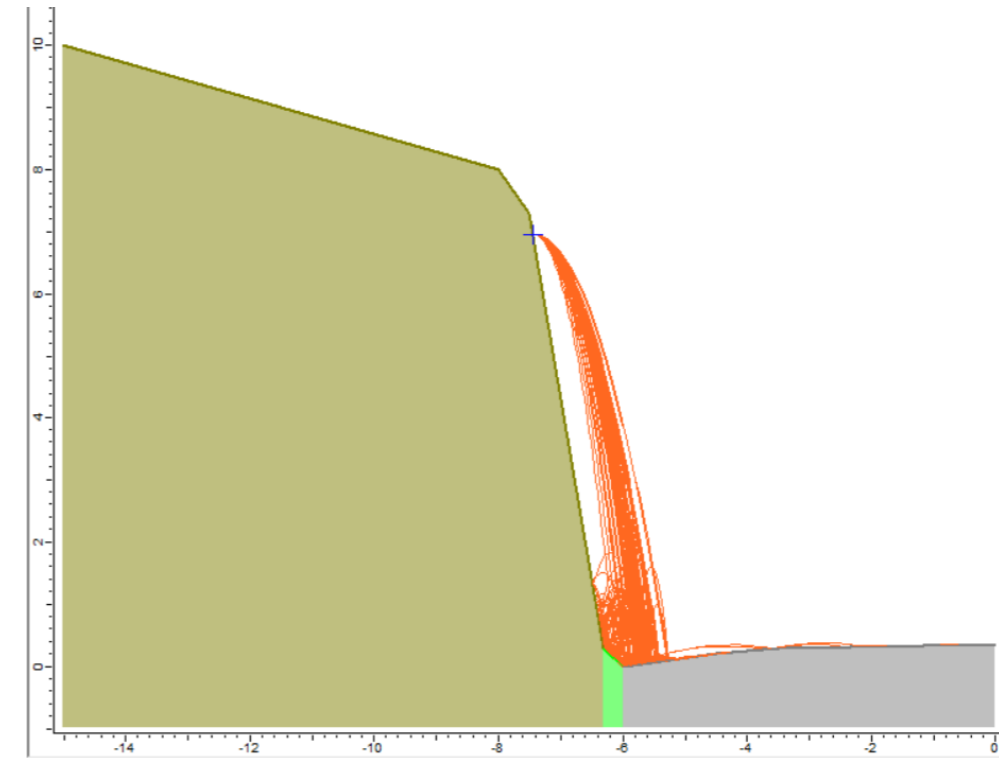


Figura 48 - Estudio trayectoria bloque de caída tipo 2 en talud 6. Fuente: Rocfall.



3.2.2. TALUDES DE LA CARRETERA N-502

Seguidamente, se realizará el análisis cinemático de los taludes pertenecientes a la N-502, en base a la identificación geomecánica del macizo y al estudio de discontinuidades efectuados mediante los softwares anteriormente mencionados.

❖ **TALUD 7**

En primer lugar, se muestran los gráficos obtenidos mediante Dips para las diferentes discontinuidades que conforma el Talud 7.

✦ **ESTUDIO MEDIANTE DIPS**

• **DIAGRAMA DE POLOS**

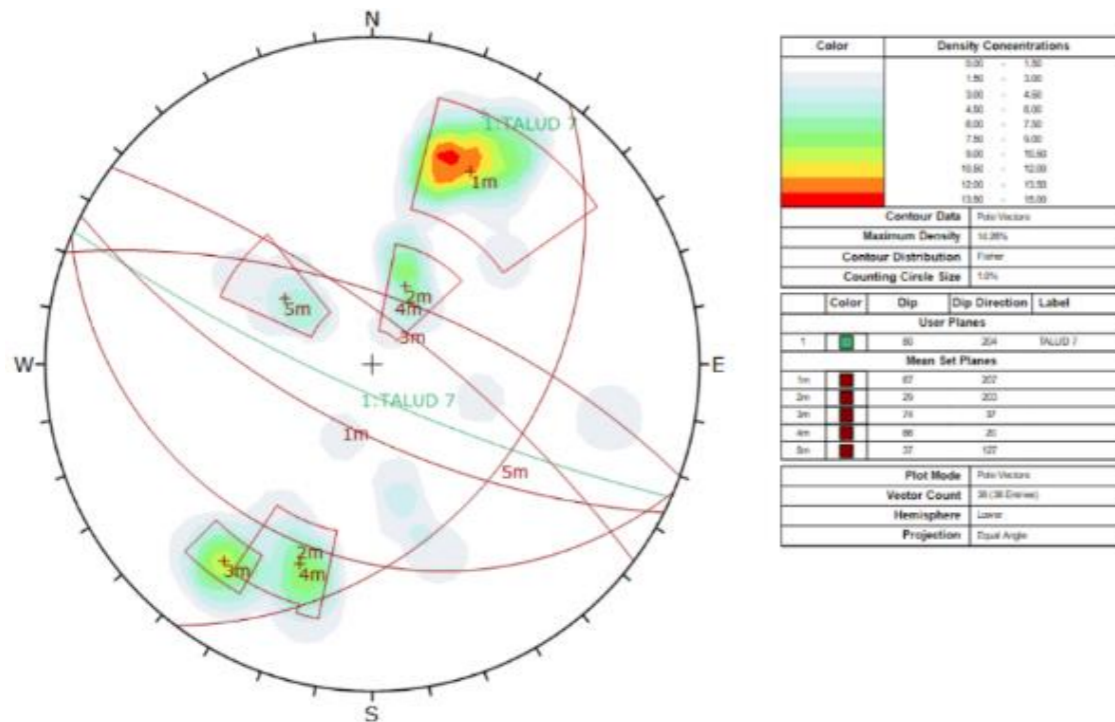


Figura 49 - Diagrama de polos en talud 7. Fuente: Dips.

• **DIAGRAMA DE ROSETA**

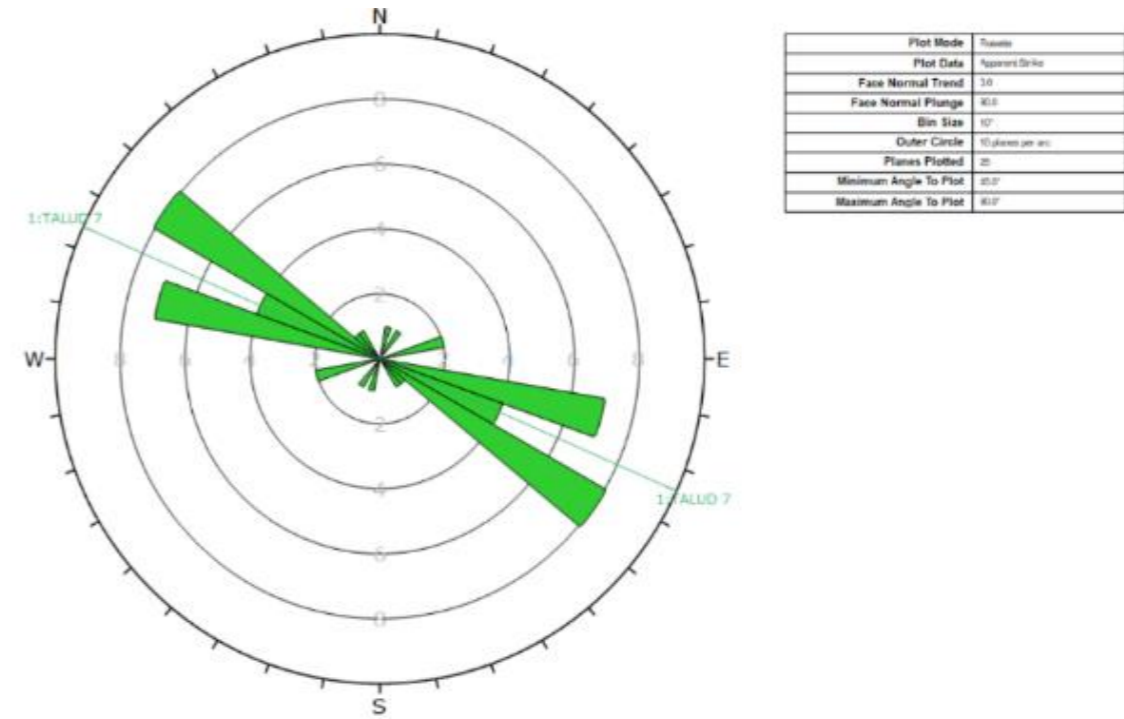


Figura 50 - Diagrama de roseta talud 7. Fuente: Dips.

• **DIAGRAMA ROTURA PLANAR**

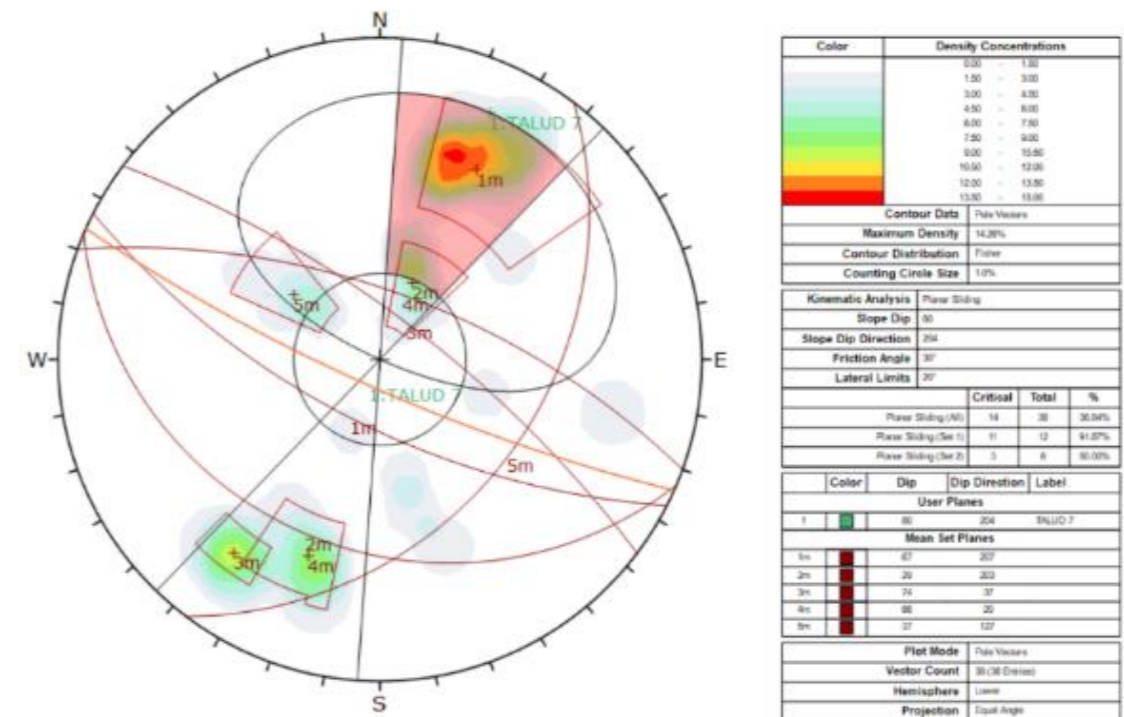


Figura 51 - Diagrama de rotura planar en talud 7. Fuente: Dips

• **DIAGRAMA ROTURA POR CUÑAS**

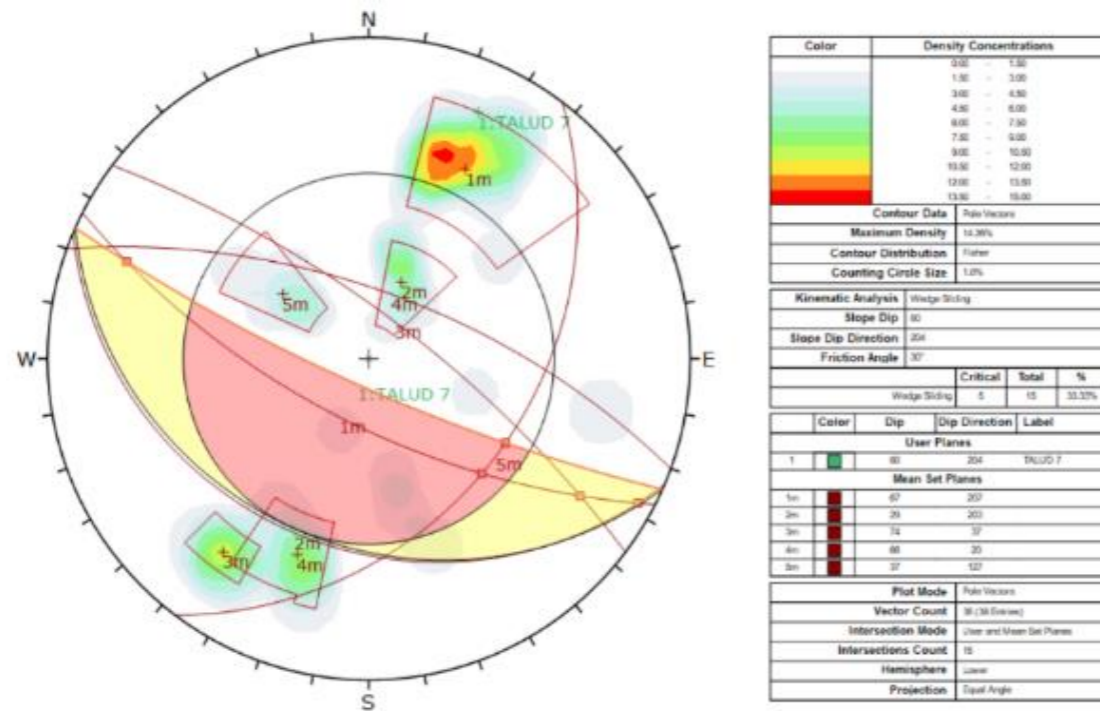


Figura 52 - Diagrama de rotura por cuña en talud 7. Fuente: Dips.

• **DIAGRAMA ROTURA POR VUELCO**

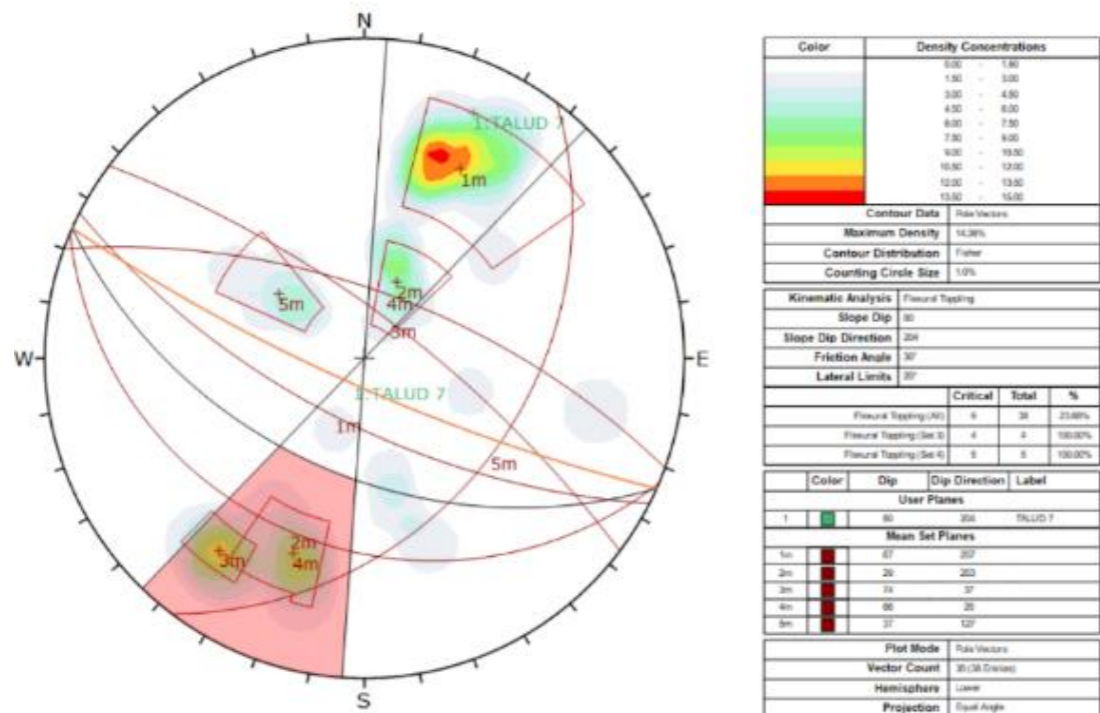


Figura 53 - Diagrama de rotura por vuelco talud 7. Fuente: Dips.

Analizados los datos obtenidos en la correspondiente estación geomecánica para el Talud 7, se obtiene, mediante el empleo del programa Dips, la obtención de los tres tipos de inestabilidades planteados.

Por una parte, en lo referente a las roturas planares, estas se producirán según los planos de discontinuidad que pertenecen tanto a la familia de discontinuidades F1 como a la F2.

También, se podrán dar lugar a formaciones de inestabilidades en forma de cuñas, ocasionadas estas por la intersección de los planos de discontinuidad que forman la familia de discontinuidades F1/F5.

Por último, se producirán desprendimientos o roturara por vuelco en aquellas familias de discontinuidades pertenecientes tanto a la familia F3 como a la F4.

✦ **ESTUDIO MEDIANTE SWEDGE**

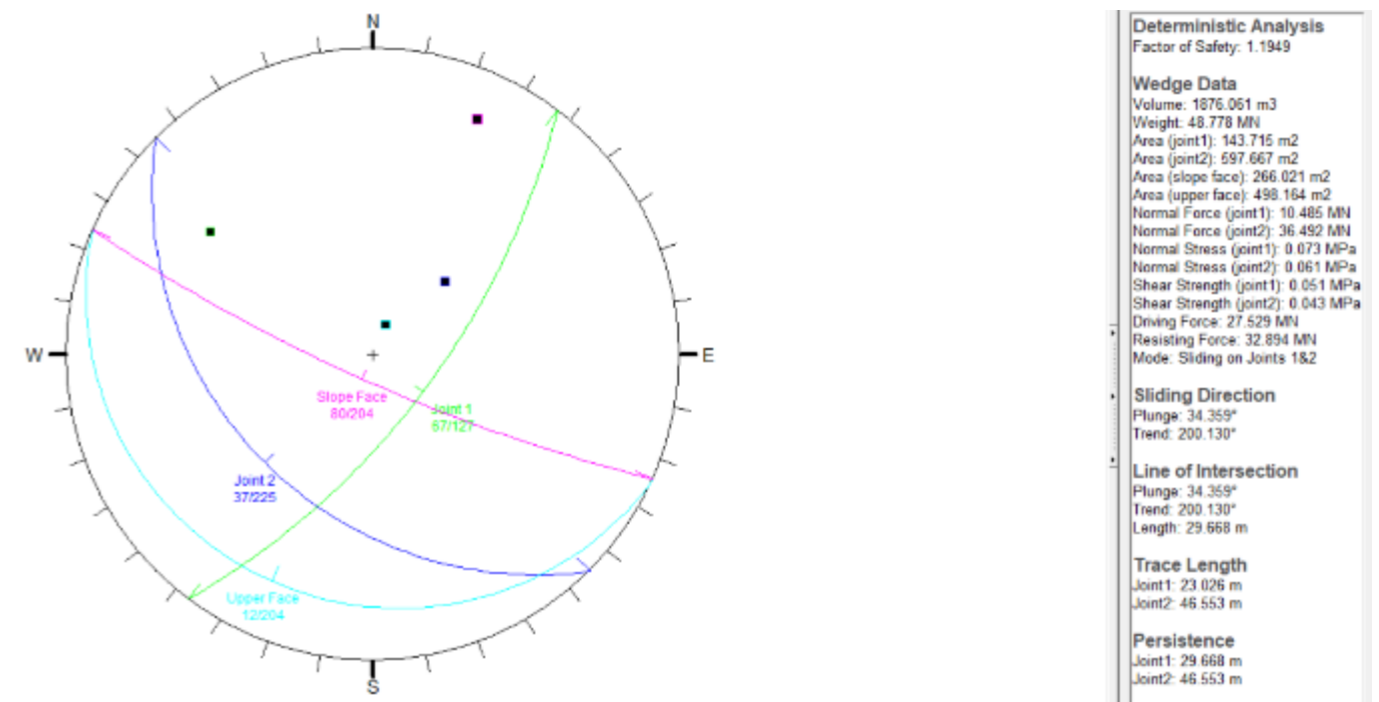


Figura 54 - Análisis de estabilidad de rotura por cuñas en talud 7. Fuente: Swedge.



### ✦ ESTUDIO MEDIANTE ROCFALL

Para realizar la simulación al estudio de los bloques a vuelco se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

TALUD Nº	P.K. P.K.	PUNTO MAYOR COTA (m)	CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO	COEF. RESTITUCIÓN ENERGÉTICA		COEF. ROZAMIENTO (K)	DENSIDAD (kN/m³)	VELOCIDAD DE SALIDA (m/s)	TAMAÑO BLOQUE DE CAIDA (m³)		
				RN	RT						
7	29+780	29+800	10	Superficie: Granodioritas moscovíticas	0,315	0,712	0,2	26,8	1,5	0,40 x 0,30 x 0,55	m
				Cuneta: Hormigón	0,4	0,712				0,07	m³
				Carretera: Asfalto	0,4	0,712					

Como se puede observar tras los resultados obtenidos por el software Rocfall, los bloques caídos desde la zona más alta del talud, y por tanto más desfavorable, finalizarán su trayectoria en vía. Esto es debido a la pendiente tan vertical que tiene dicho talud y los planos tan verticales del mismo, lo cual, unido a la carencia de cuneta para esta tipología de talud, hace que los bloques en el rebote se desplacen hasta la calzada.

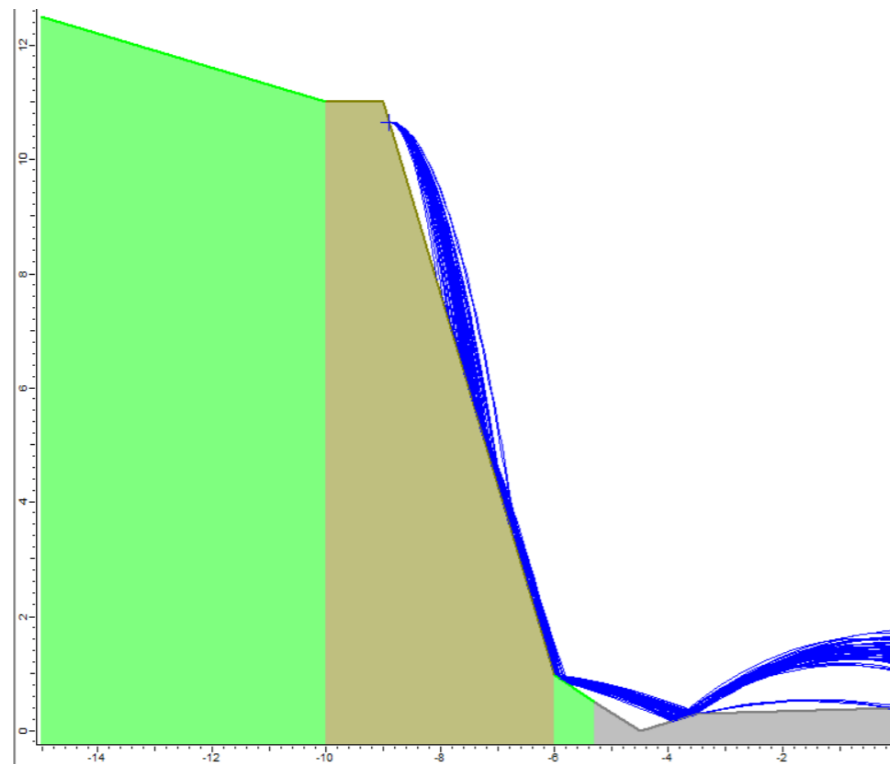


Figura 55 - Estudio trayectoria bloque de caída tipo en talud 7. Fuente: Rocfall.

### ❖ TALUD 8

En primer lugar, se muestran los gráficos obtenidos mediante Dips para las diferentes discontinuidades que conforma el Talud 8.

### ✦ ESTUDIO MEDIANTE DIPS

#### • DIAGRAMA DE POLOS

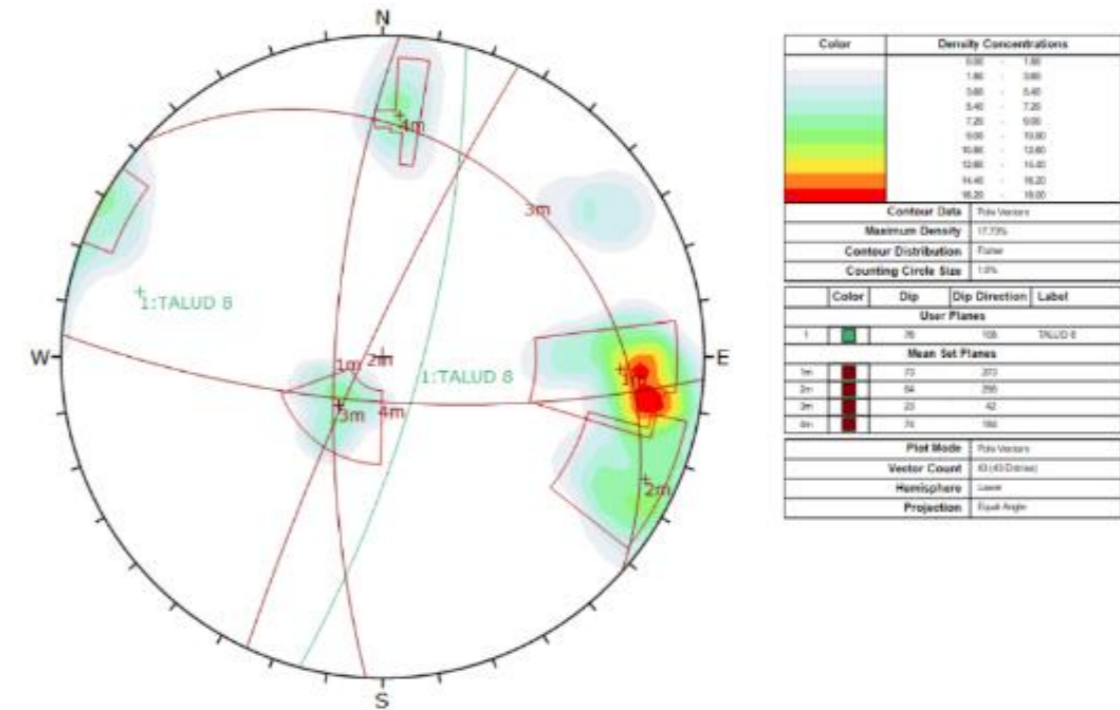


Figura 56 - Diagrama de polos en talud 8. Fuente: Dips.

• **DIAGRAMA DE ROSETA**

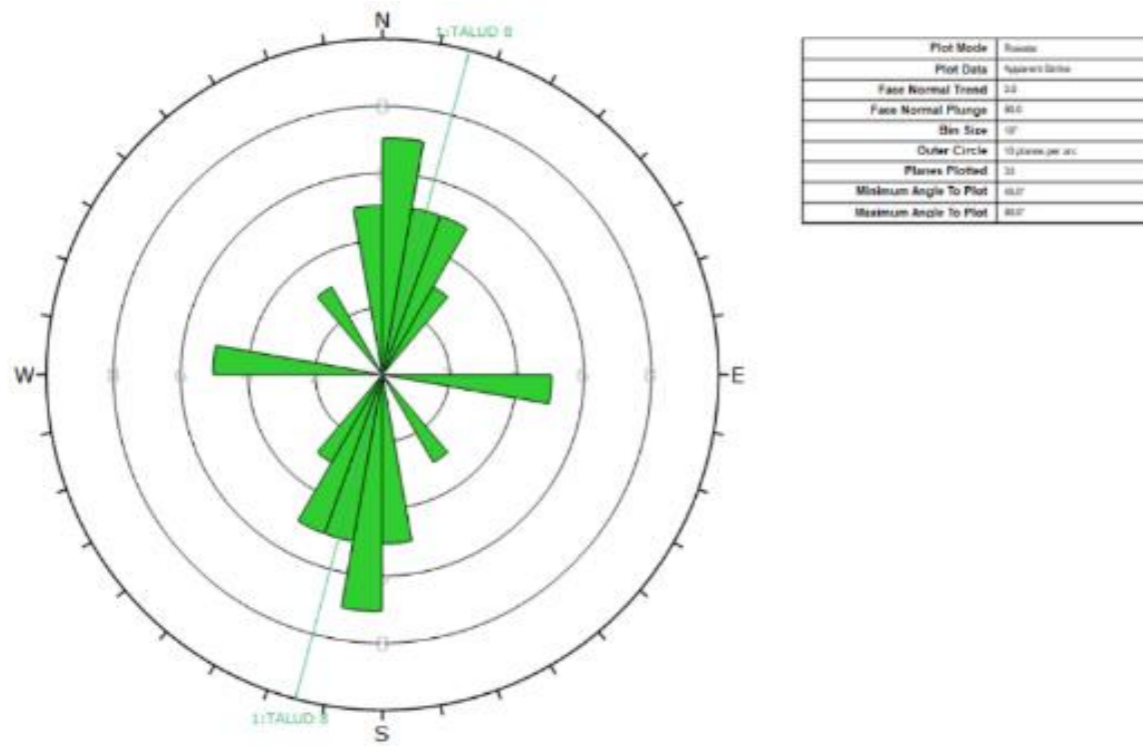


Figura 57 - Diagrama de roseta talud 8. Fuente: Dips.

• **DIAGRAMA ROTURA POR CUÑAS**

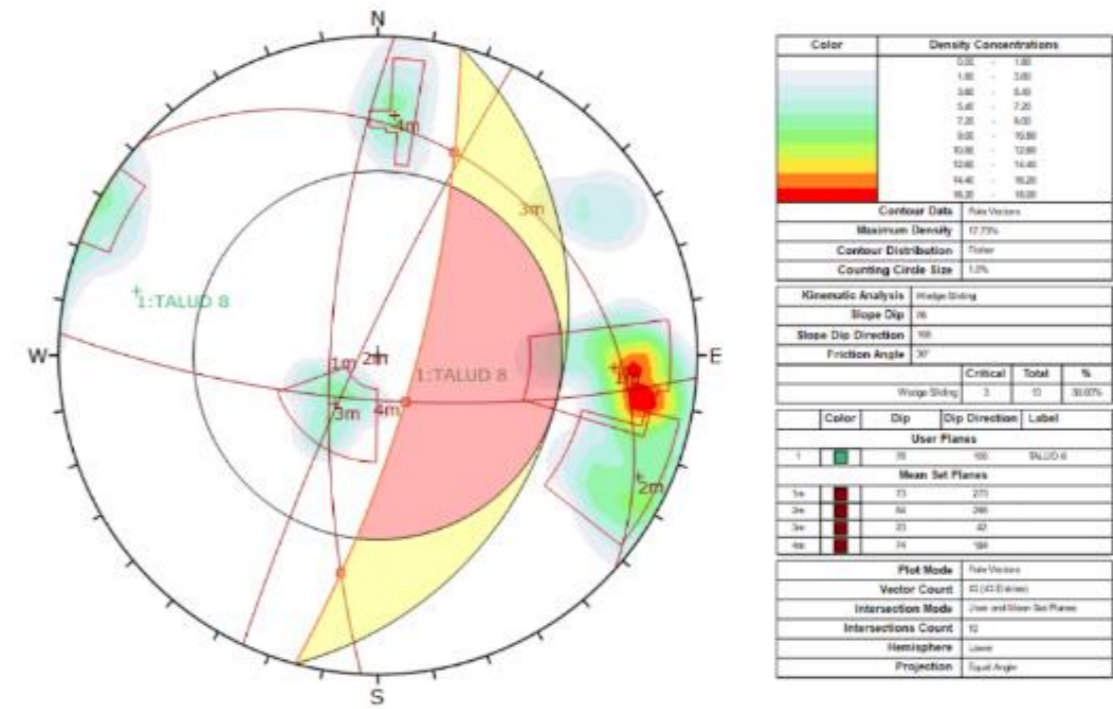


Figura 59 - Diagrama de rotura por cuña en talud 8. Fuente: Dips.

• **DIAGRAMA ROTURA PLANAR**

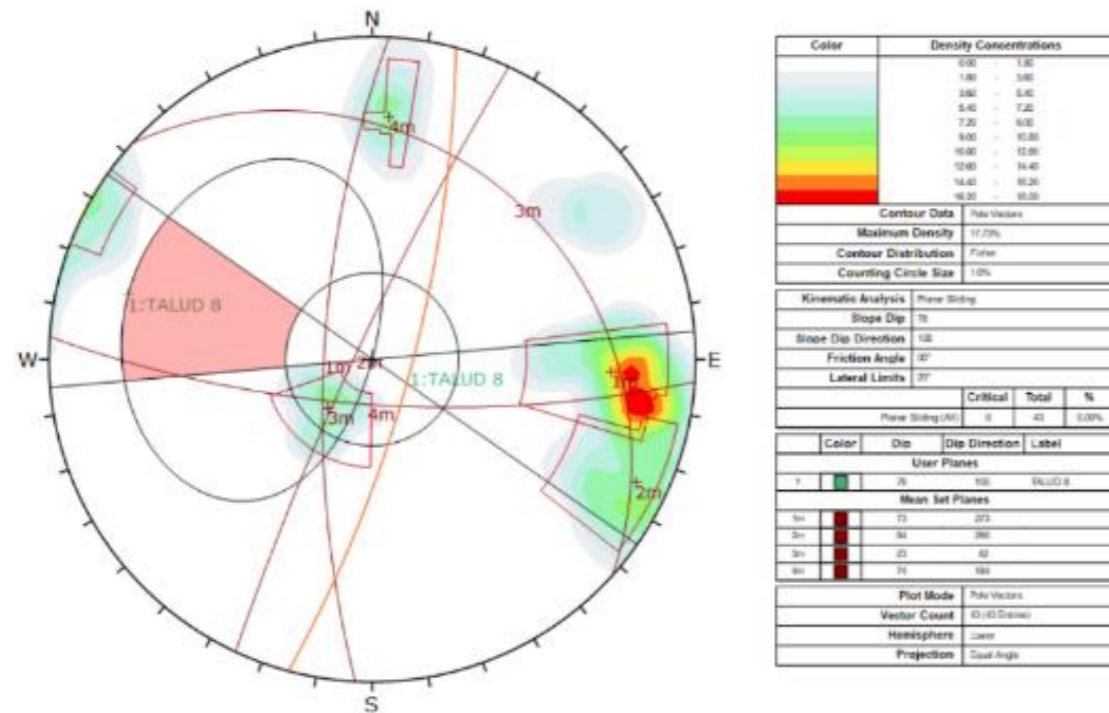


Figura 58 - Diagrama de rotura planar en talud 8. Fuente: Dips

• **DIAGRAMA ROTURA POR VUELCO**

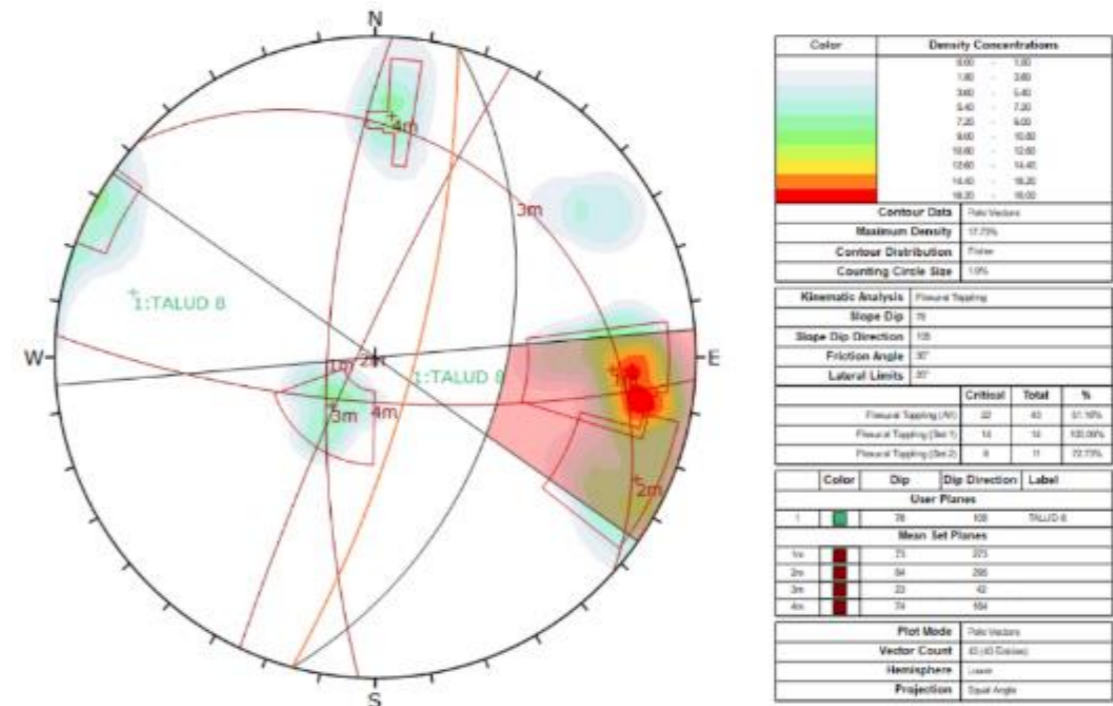


Figura 60 - Diagrama de rotura por vuelco talud 8. Fuente: Dips.



Como se puede observar en las figuras anteriores, mediante el procesado de los datos con el software informático Dips, se obtiene que para el Talud 8 se producirá únicamente vuelcos. Es decir, la rotura por deslizamientos planares y la rotura por formación de cuñas no serán las propias de este talud, siendo por tanto favorable la generación de bloques que ocasionen inestabilidades por vuelco.

#### ✦ ESTUDIO MEDIANTE ROCFALL

Para realizar la simulación al estudio de los bloques a vuelco se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

TALUD Nº	P.K.	PUNTO MAYOR COTA (m)	CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO	COEF. RESTITUCIÓN ENERGÉTICA		COEF. ROZAMIENTO (K)	DENSIDAD (kN/m <sup>3</sup> )	VELOCIDAD DE SALIDA (m/s)	TAMAÑO BLOQUE DE CAIDA (m <sup>3</sup> )	
				RN	RT					
8	55+150	55+175	Superficie: Granodioritas moscovíticas Cuneta: Hormigón Carretera: Asfalto	0,315	0,712	0,2	26,8	1,5	1,20 x 0,75 x 0,60	m
				0,4	0,712				0,54	m <sup>3</sup>
				0,4	0,712					

Como se puede apreciar en la figura 61, la totalidad de estos bloques despendidos finalizarán su trayectoria en la calzada, quedando una pequeña parte de estos en la cuneta. La verticalidad del talud y la superficie tan irregular, junto con la pequeña cuneta y berma de pie hace que la probabilidad de que los bloques se depositen en la vía sea mucho mayor que a que lo hagan en la cuneta.

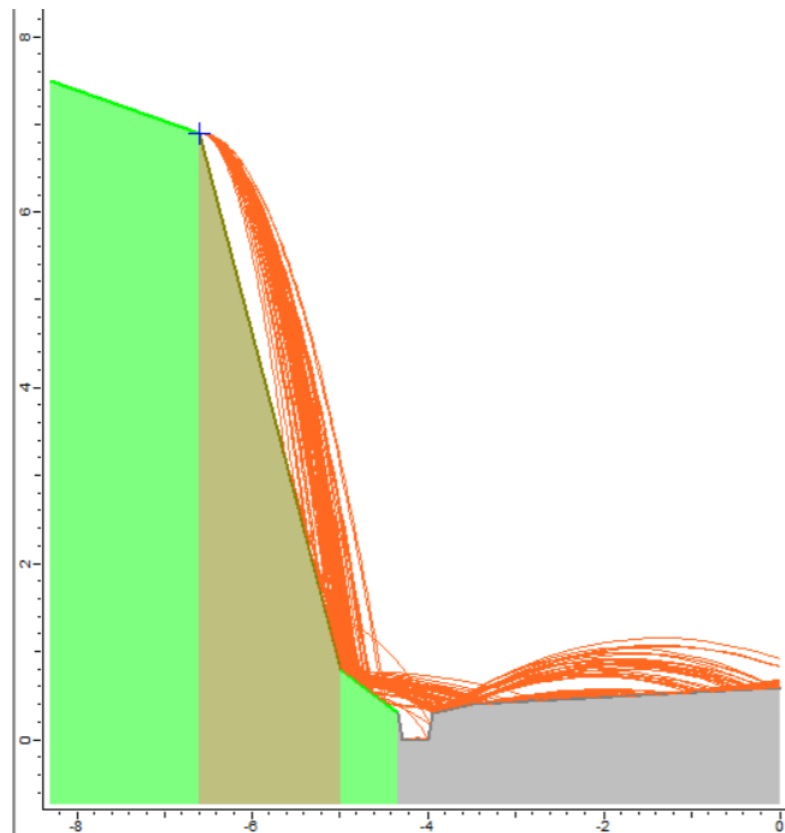


Figura 61 - Estudio trayectoria bloque de caída tipo en talud 8. Fuente: Rocfall.

#### ❖ TALUD 9

En primer lugar, se muestran los gráficos obtenidos mediante Dips para las diferentes discontinuidades que conforma el Talud 9.

#### ✦ ESTUDIO MEDIANTE DIPS

- DIAGRAMA DE POLOS

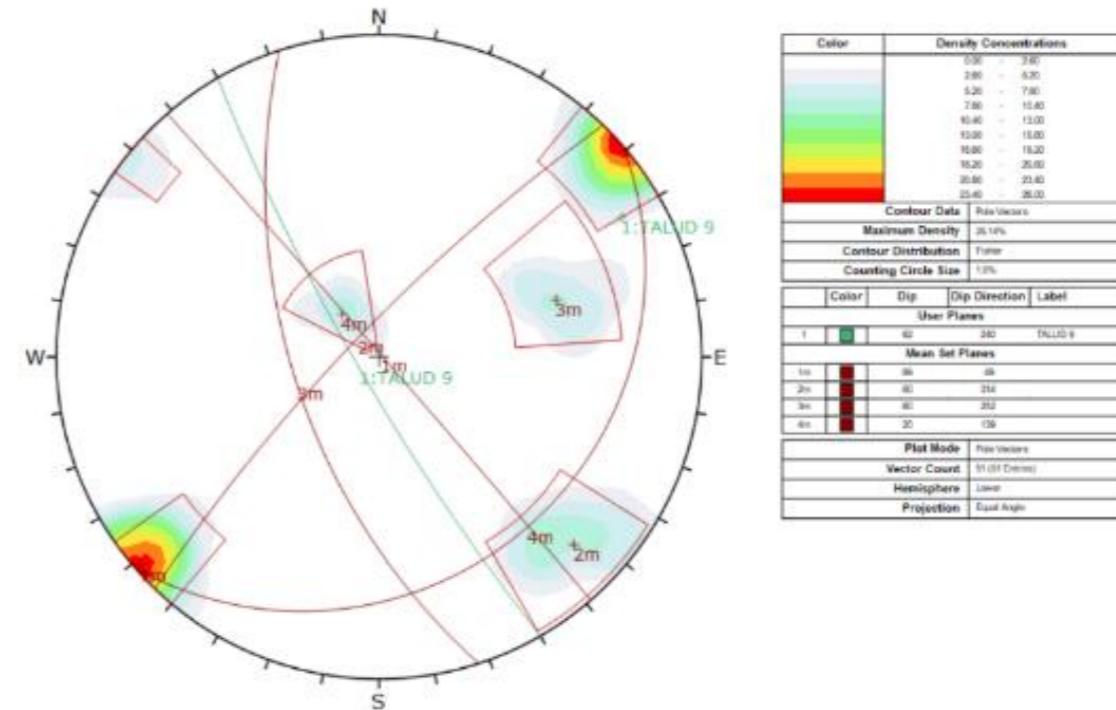


Figura 62 - Diagrama de polos en talud 9. Fuente: Dips.

• DIAGRAMA DE ROSETA

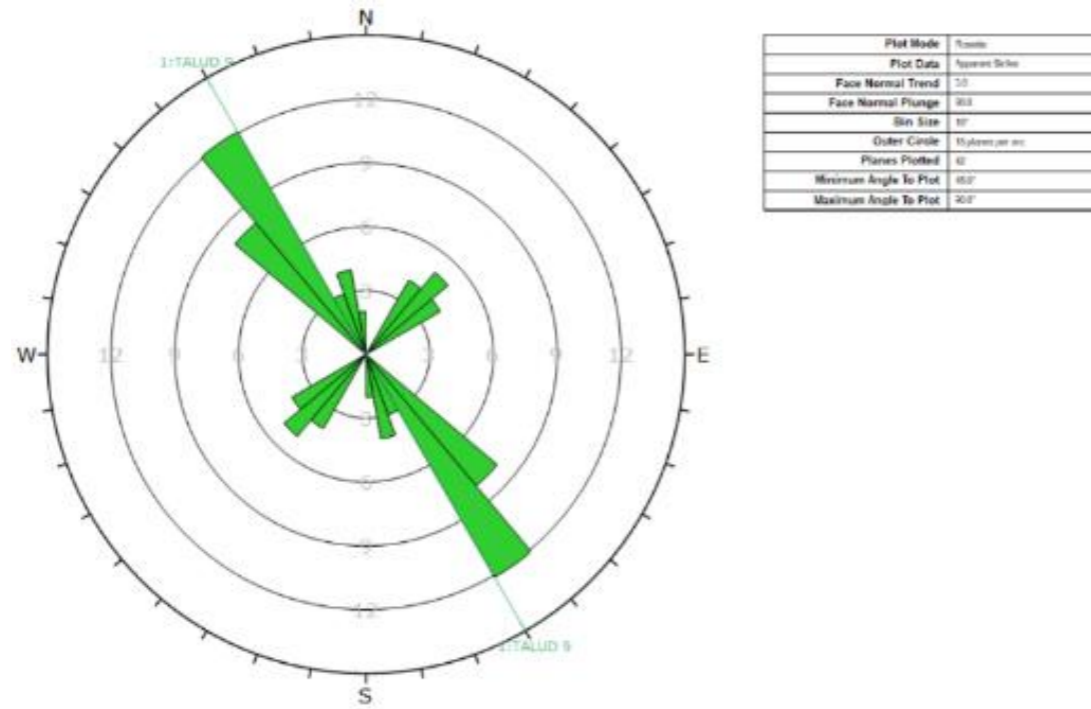


Figura 63 - Diagrama de roseta talud 9. Fuente: Dips.

• DIAGRAMA ROTURA POR CUÑAS

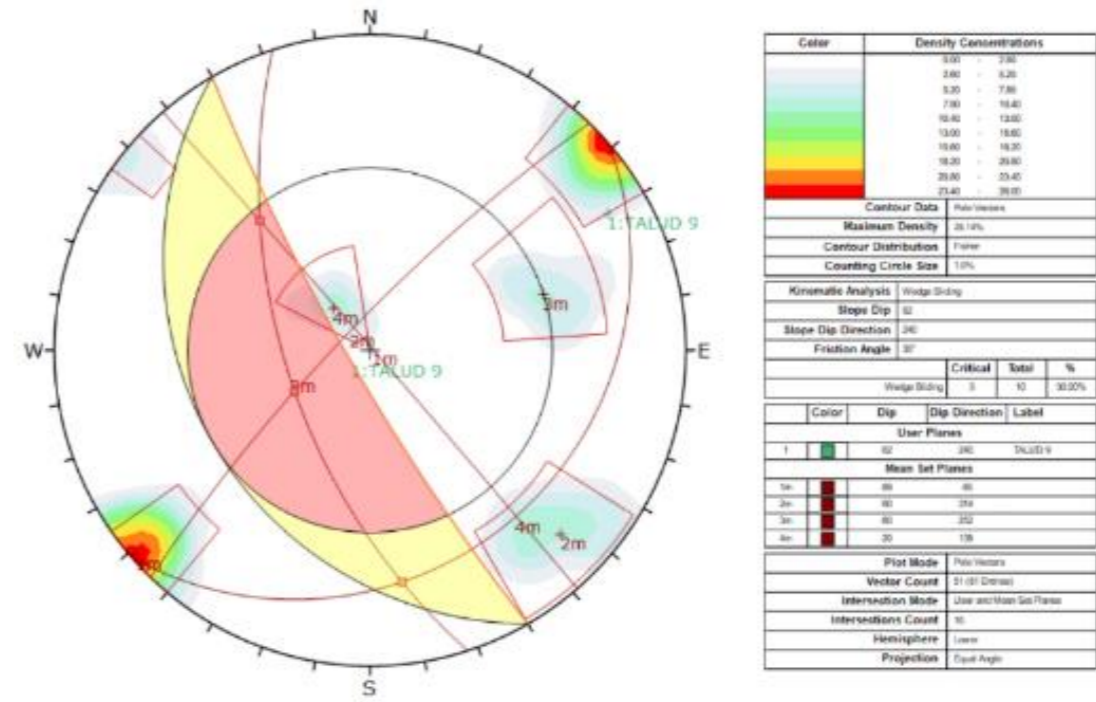


Figura 65 - Diagrama de rotura por cuña en talud 9. Fuente: Dips.

• DIAGRAMA ROTURA PLANAR

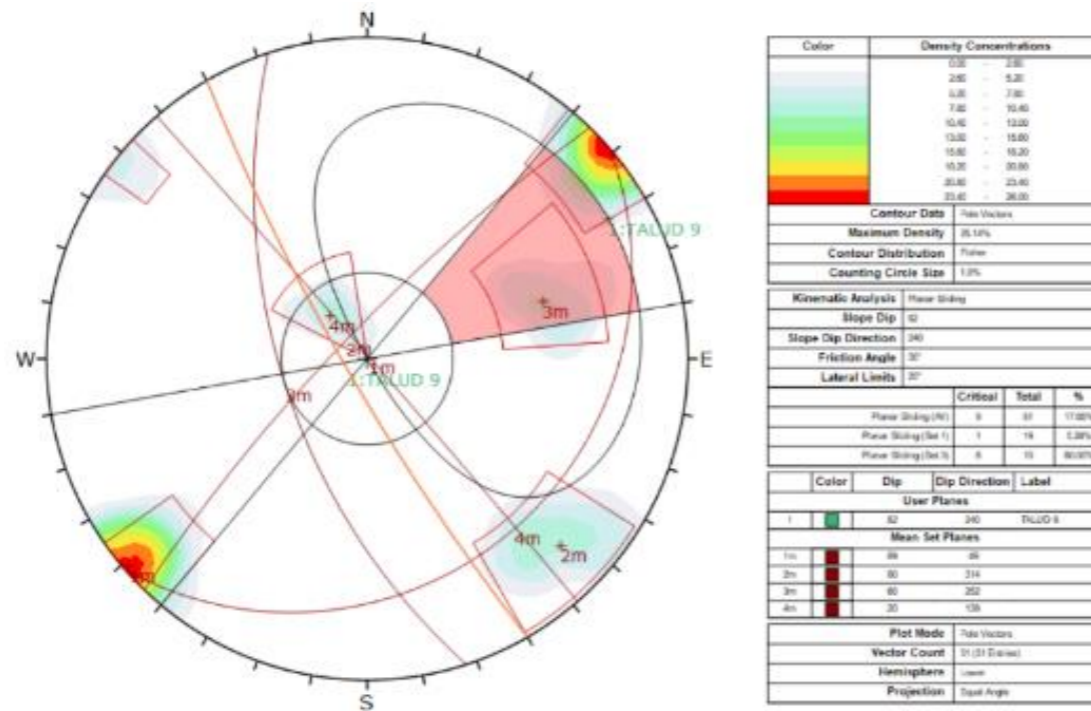


Figura 64 - Diagrama de rotura planar en talud 9. Fuente: Dips.

• DIAGRAMA ROTURA POR VUELCO

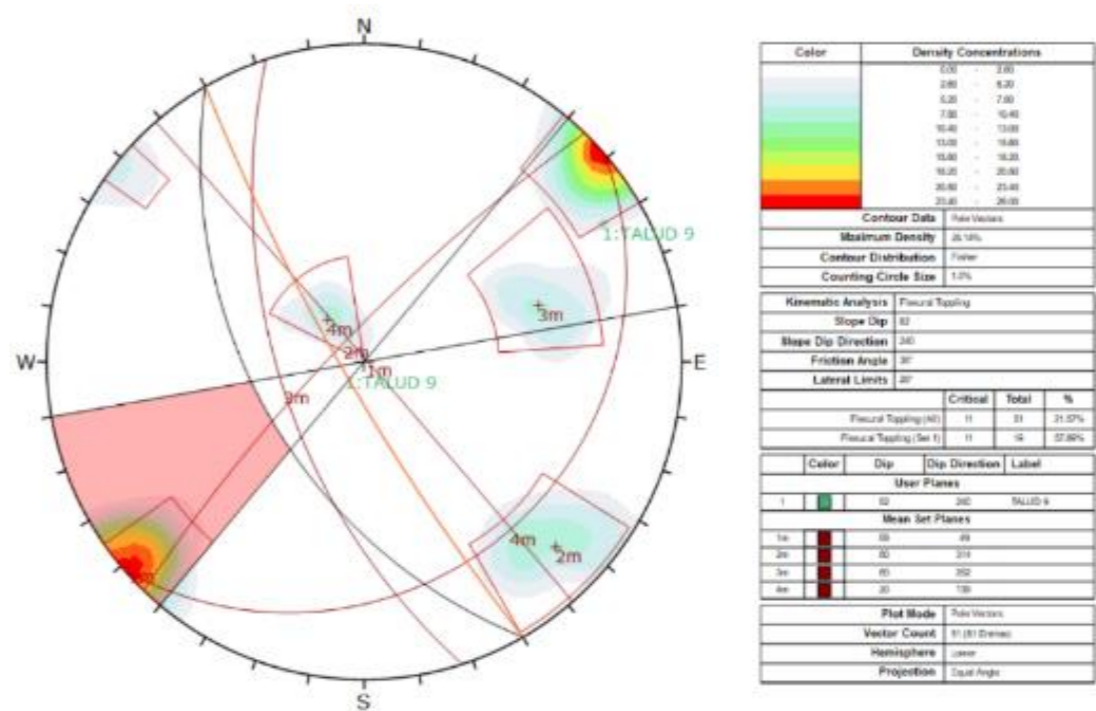


Figura 66 - Diagrama de rotura por vuelco talud 9. Fuente: Dips.



A la vista de los resultados obtenidos tras el procesado de los datos pertenecientes a la estación geomecánica referente al Talud 9, se obtiene que se pueden producir los tres tipos de inestabilidades planteados.

En primer lugar, en lo referente a las inestabilidades producidas por la rotura planar, esta tendrá lugar en la intersección de las familias de discontinuidades F3, y F1, aunque esta última en menor medida.

En lo que respecta a la formación de cuñas, estas se ocasionarán debido a la intersección de la familia de discontinuidades F3/F2 junto con la superficie del talud.

Y, por último, se tendrán desprendimientos por vuelco, generados estos en mayor medida debido a la orientación de la familia de discontinuidades F3.

✦ ESTUDIO MEDIANTE SWEDGE

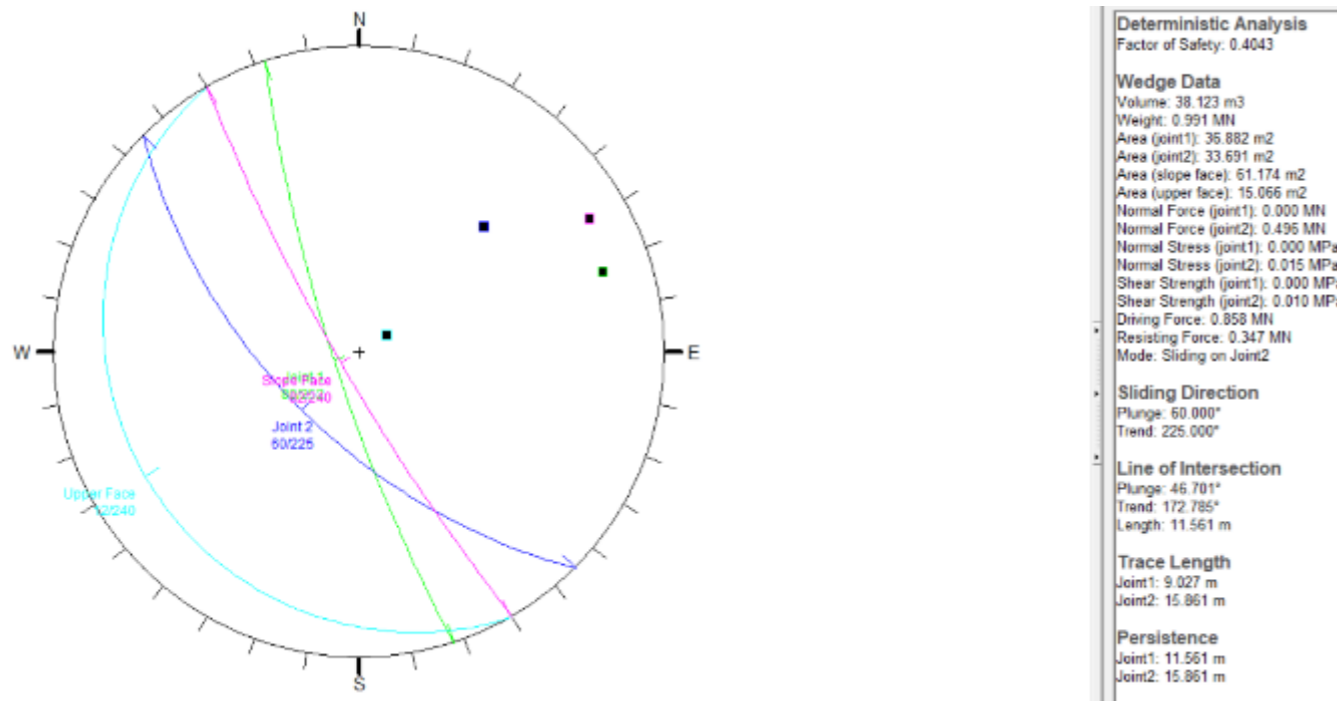


Figura 67 - Análisis de estabilidad de rotura por cuñas en talud 9. Fuente: Swedge.

✦ ESTUDIO MEDIANTE ROCFALL

Para realizar la simulación al estudio de los bloques a vuelco se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

TALUD		P.K. ESTUDIO	PUNTO MAYOR COTA (m)	CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO	COEF. RESTITUCIÓN ENERGÉTICA		COEF. ROZAMIENTO (K)	DENSIDAD (kN/m³)	VELOCIDAD DE SALIDA (m/s)	TAMAÑO BLOQUE DE CAIDA (m³)
Nº	P.K.				RN	RT				
9	55+275	55+280	10	Superficie: Granodioritas moscovíticas	0,315	0,712	0,2	26,8	1,5	0,35 x 0,20 x 0,25 m
				Cuneta: Hormigón	0,4	0,712				0,02 m³
				Carretera: Asfalto	0,4	0,712				

A la vista de los resultados volcados por el software Rocfall, se aprecia que la trayectoria de los bloques caídos finalizará en la calzada, previo rebote en la cuneta. Esto será debido a la altura desde la que caen dichos bloques, así como a la aparición de pequeñas bermas de forma irregular en la superficie del talud, las cuales, en el caso más desfavorable, como se muestra en la figura 68, suponen un punto de rebote de los bloques.

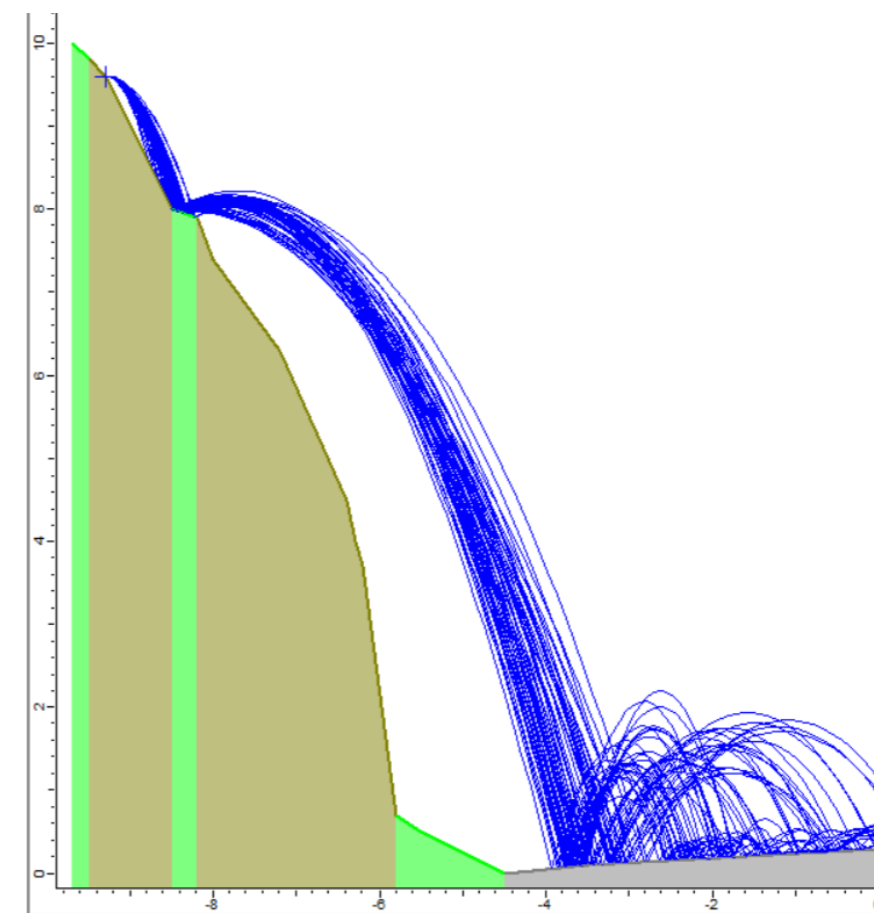


Figura 68 - Estudio trayectoria bloque de caída tipo en talud 9. Fuente: Rocfall.

❖ **TALUD 10**

En primer lugar, se muestran los gráficos obtenidos mediante Dips para las diferentes discontinuidades que conforma el Talud 10.

✦ **ESTUDIO MEDIANTE DIPS**

- **DIAGRAMA DE POLOS**

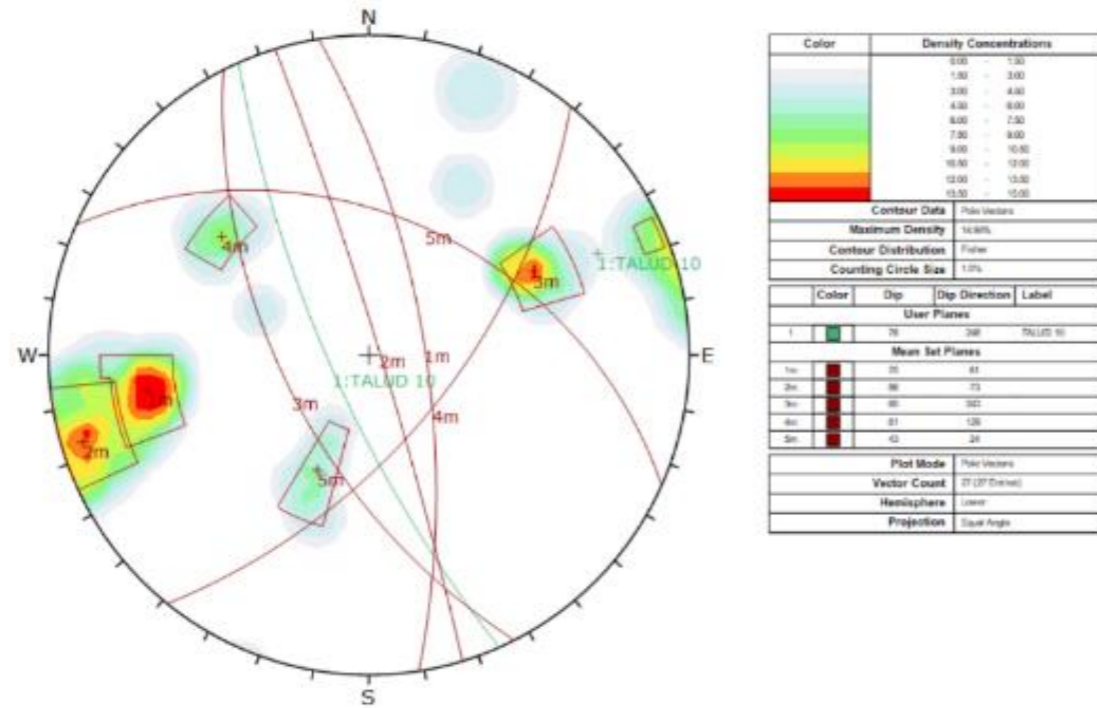


Figura 69 - Diagrama de polos en talud 10. Fuente: Dips.

- **DIAGRAMA DE ROSETA**

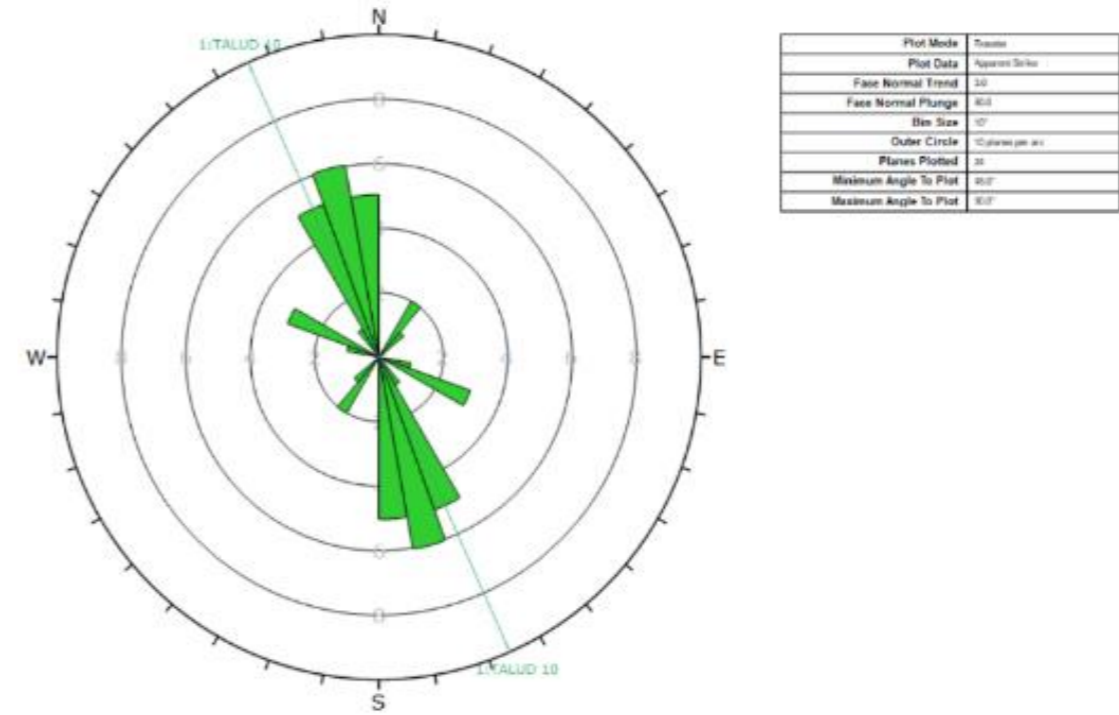


Figura 70 - Diagrama de roseta talud 10. Fuente: Dips.

- **DIAGRAMA ROTURA PLANAR**

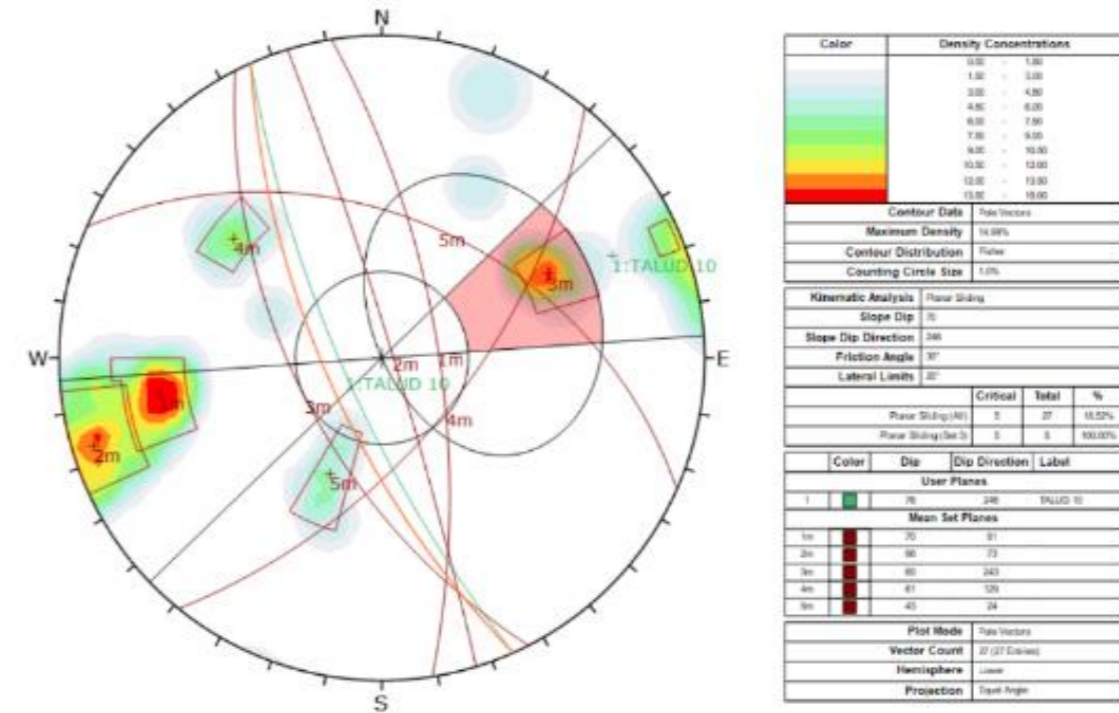


Figura 71 - Diagrama de rotura planar en talud 10. Fuente: Dips.



• **DIAGRAMA ROTURA POR CUÑAS**

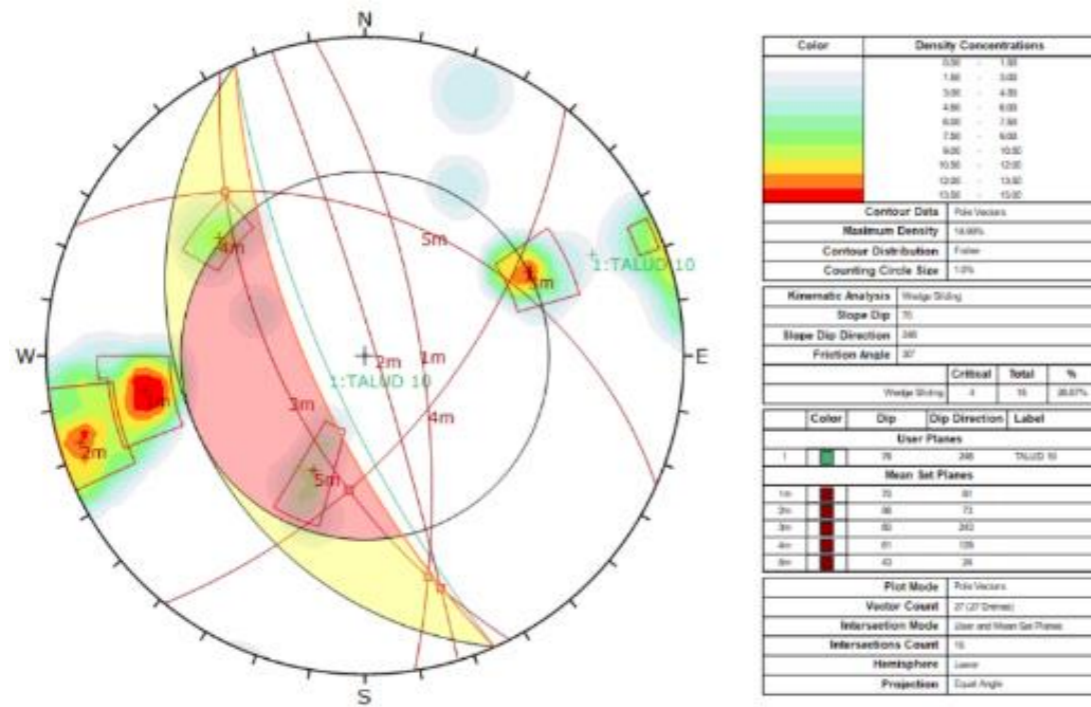


Figura 72 - Diagrama de rotura por cuña en talud 10. Fuente: Dips.

• **DIAGRAMA ROTURA POR VUELCO**

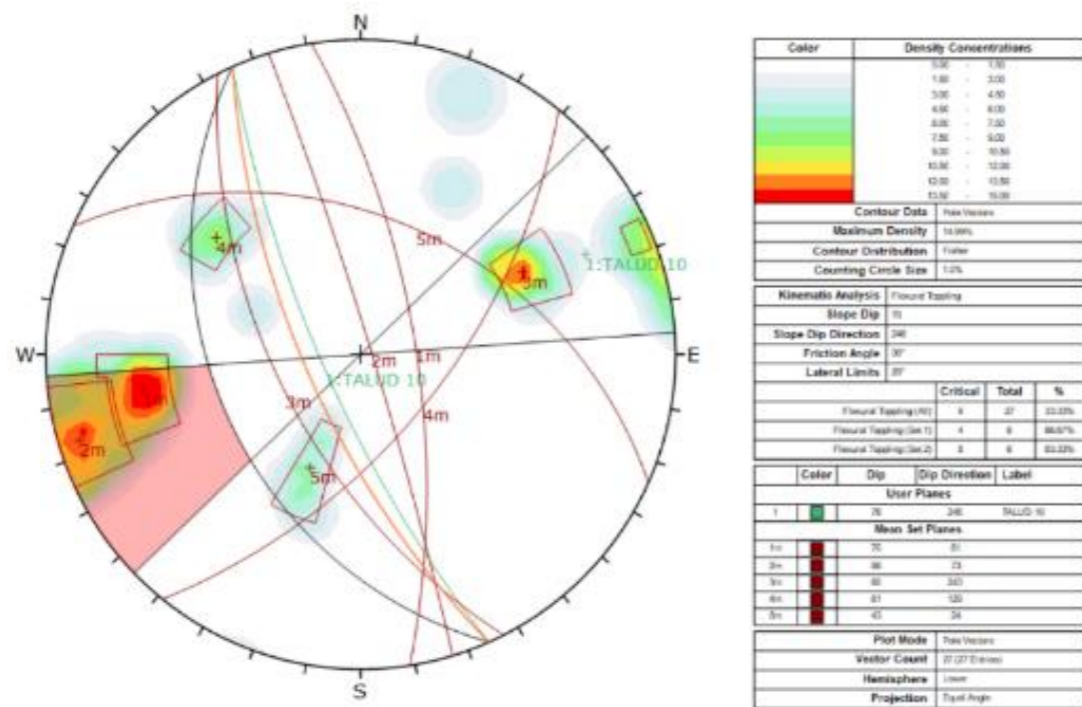


Figura 73 - Diagrama de rotura por vuelco talud 10. Fuente: Dips.

En lo que respecta a las diferentes inestabilidades que se pueden producir en el Talud 10 estas se han analizado con el programa informático Dips. De ello, se ha obtenido que es posible la formación de inestabilidades que ocasionen roturas planares, roturas en cuña y vuelcos.

Por una parte, en lo que respecta a la rotura planar, esta se generará principalmente en la intersección de la familia de discontinuidades F3 junto con la superficie del talud. Aunque, no son muy numerosas sus formaciones.

Por otro lado, en lo referente a la formación de cuñas, se generarán de la intersección de las familias de discontinuidades F5/F4 junto con la superficie del talud.

Y, por último, la formación de bloques que ocasionen en vuelco, será favorable en aquellos casos en los que se interseque la familia de discontinuidades F1 o F2 junto con la superficie del talud.

✦ **ESTUDIO MEDIANTE SWEDGE**

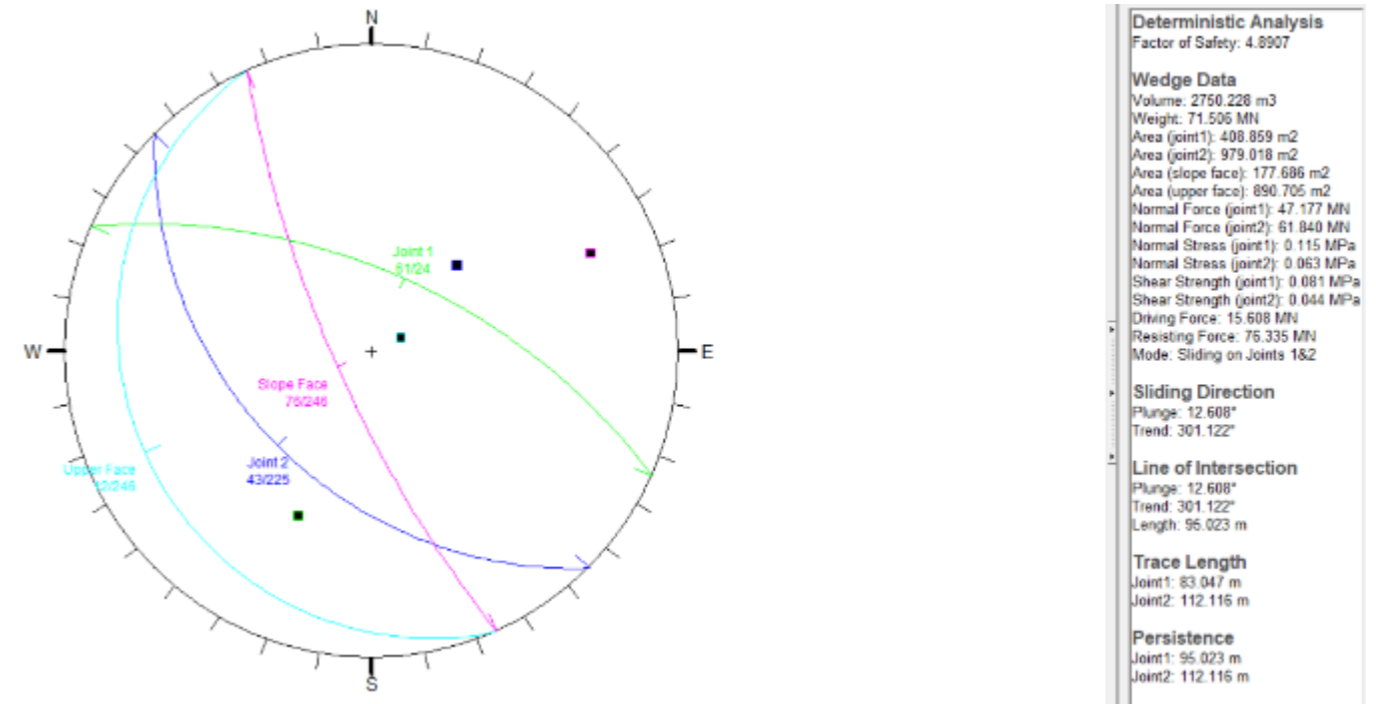


Figura 74 - Análisis de estabilidad de rotura por cuñas en talud 10. Fuente: Swedge.

### ✦ ESTUDIO MEDIANTE ROCFALL

En el talud 10, se ha procedido a analizar los bloques ubicados en la cabeza de talud, los cuales se encuentran sueltos, simplemente apoyos en el terreno tipo suelo de la coronación del talud. Para ello, se han tenido en consideración las siguientes características.

TALUD Nº	P.K.	P.K. ESTUDIO	PUNTO MAYOR COTA (m)	CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO	COEF. RESTITUCIÓN ENERGÉTICA		COEF. ROZAMIENTO (K)	DENSIDAD (kN/m <sup>3</sup> )	VELOCIDAD DE SALIDA (m/s)	TAMAÑO BLOQUE DE CAIDA (m <sup>3</sup> )	
					RN	RT					
10	55+550	55+560	10	Superficie: Granodioritas moscovíticas	0,315	0,712	0,2	26,8	1,5	0,65 x 0,90 x 0,85	m
				Cuneta: Hormigón	0,4	0,712					
				Carretera: Asfalto	0,4	0,712				0,50	m <sup>3</sup>

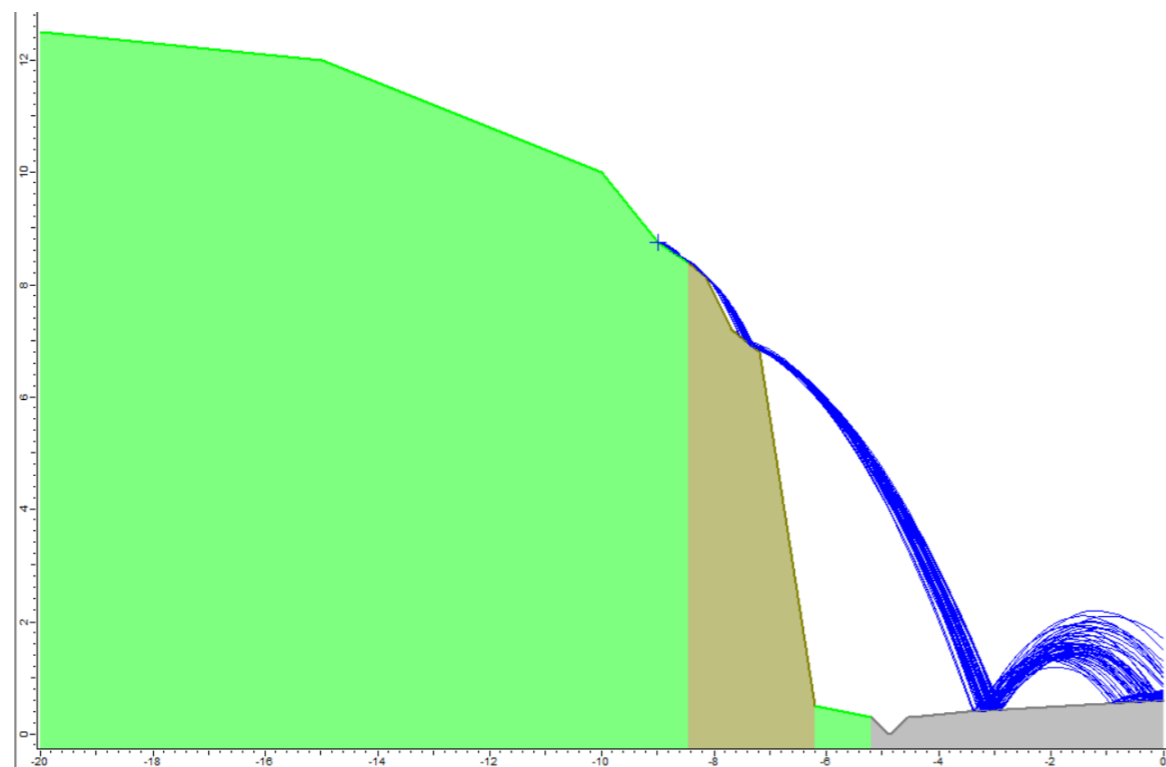


Figura 75 - Estudio trayectoria bloque de caída tipo en talud 10. Fuente: Rocfall.

Como se puede observar en la figura 75, el bloque situado en la ladera superior del talud, rebotará en el punto de mayor cota de este y caerá en la calzada. Esto es debido principalmente a las dimensiones tan pequeñas que tienen tanto la cuneta como la berma de pie.

### ❖ TALUD 11

En primer lugar, se muestran los gráficos obtenidos mediante Dips para las diferentes discontinuidades que conforma el Talud 11.

### ✦ ESTUDIO MEDIANTE DIPS

#### • DIAGRAMA DE POLOS

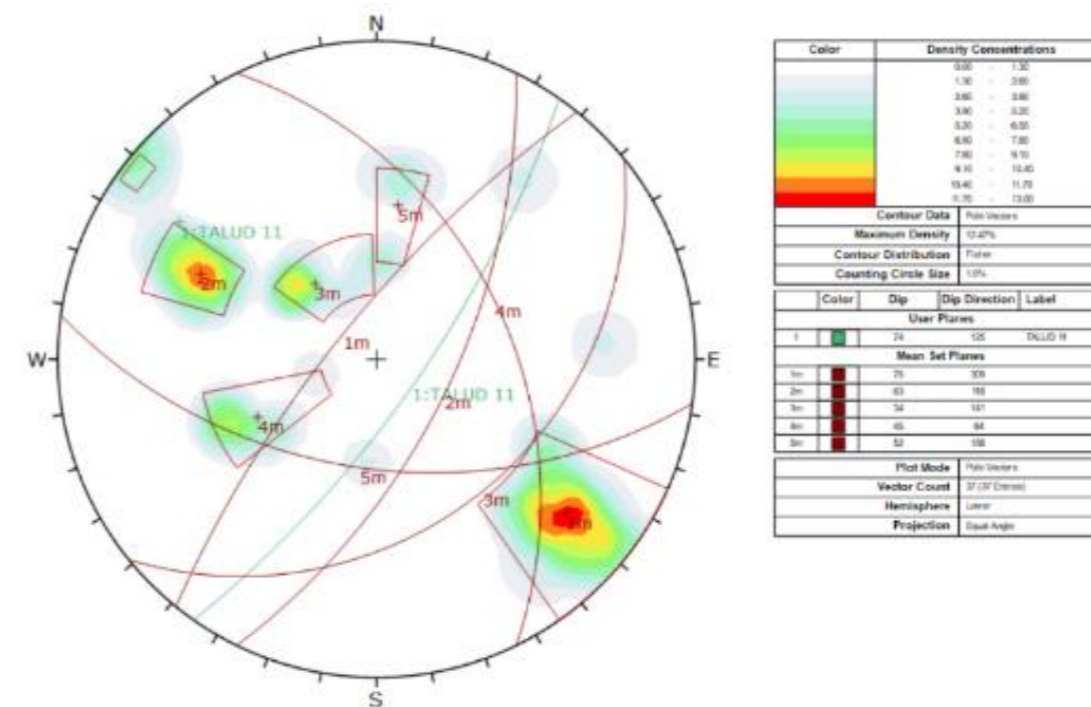


Figura 76 - Diagrama de polos en talud 11. Fuente: Dips.



• **DIAGRAMA DE ROSETA**

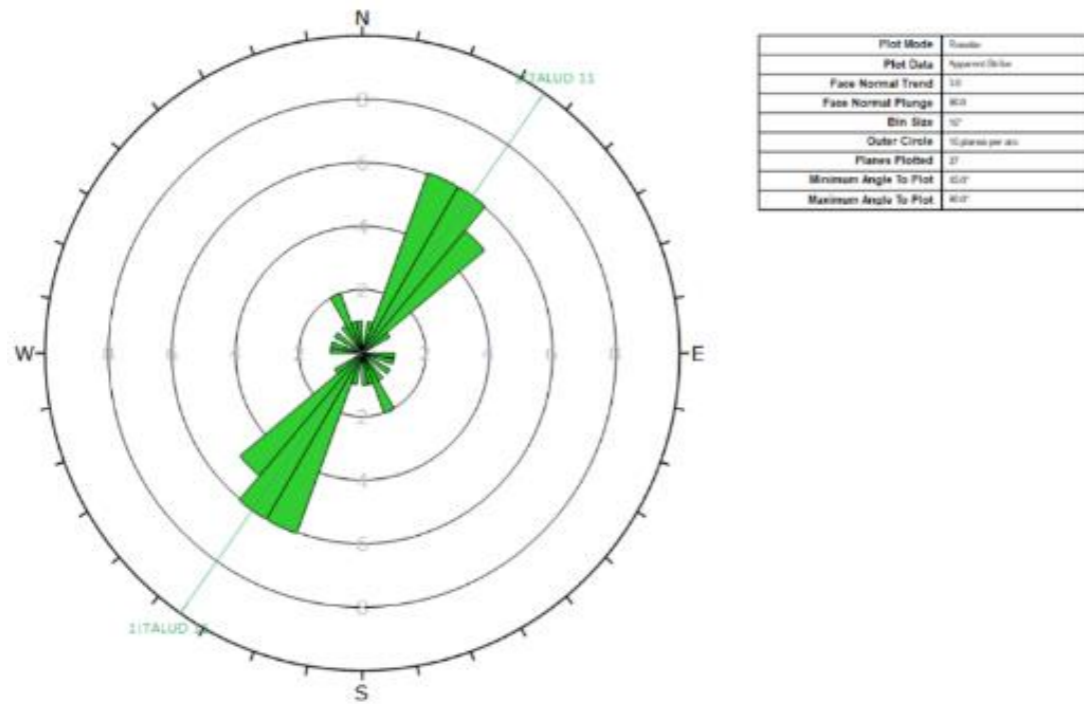


Figura 77 - Diagrama de roseta talud 11. Fuente: Dips.

• **DIAGRAMA ROTURA POR CUÑAS**

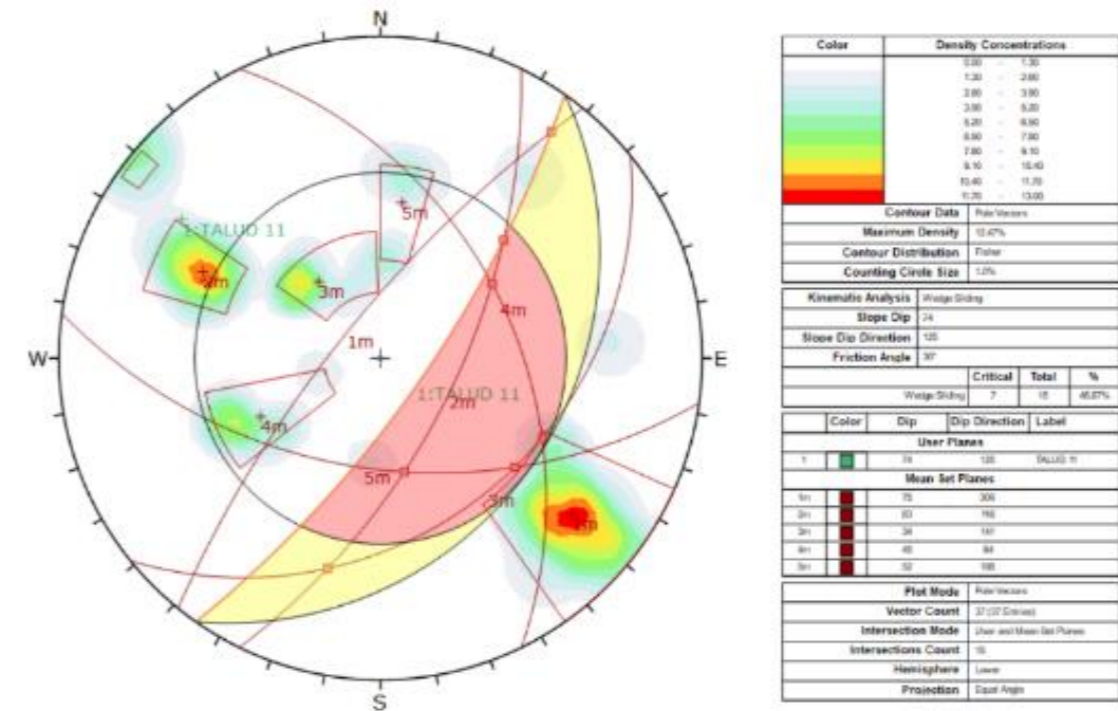


Figura 79 - Diagrama de rotura por cuña en talud 11. Fuente: Dips.

• **DIAGRAMA ROTURA PLANAR**

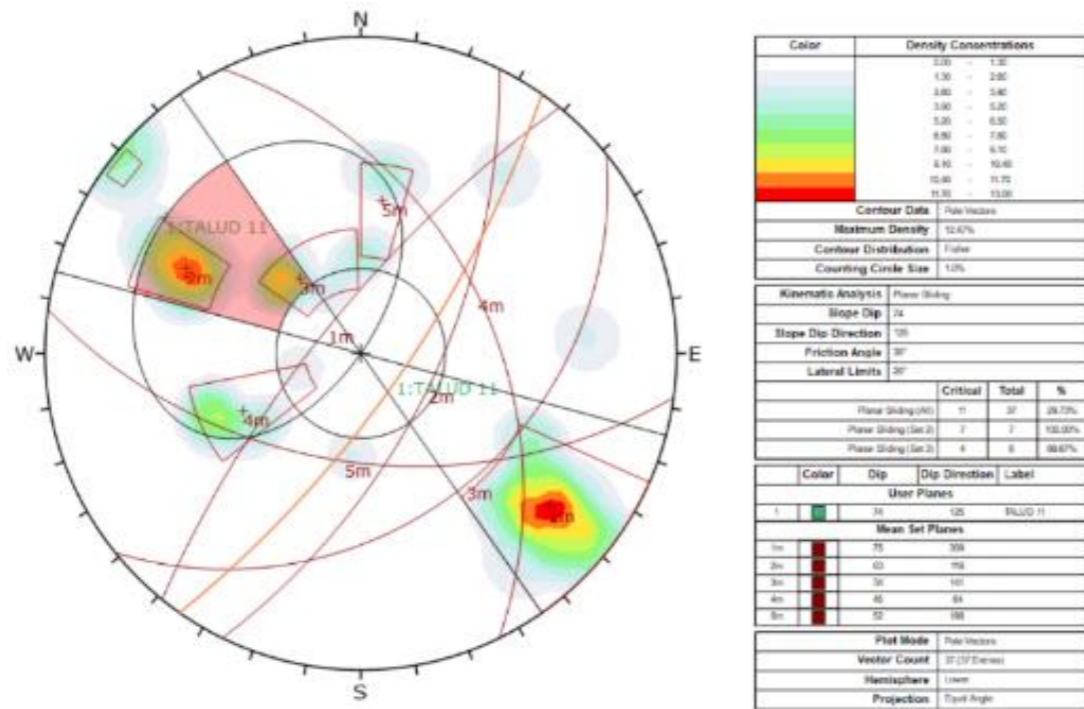


Figura 78 - Diagrama de rotura planar en talud 11. Fuente: Dips.

• **DIAGRAMA ROTURA POR VUELCO**

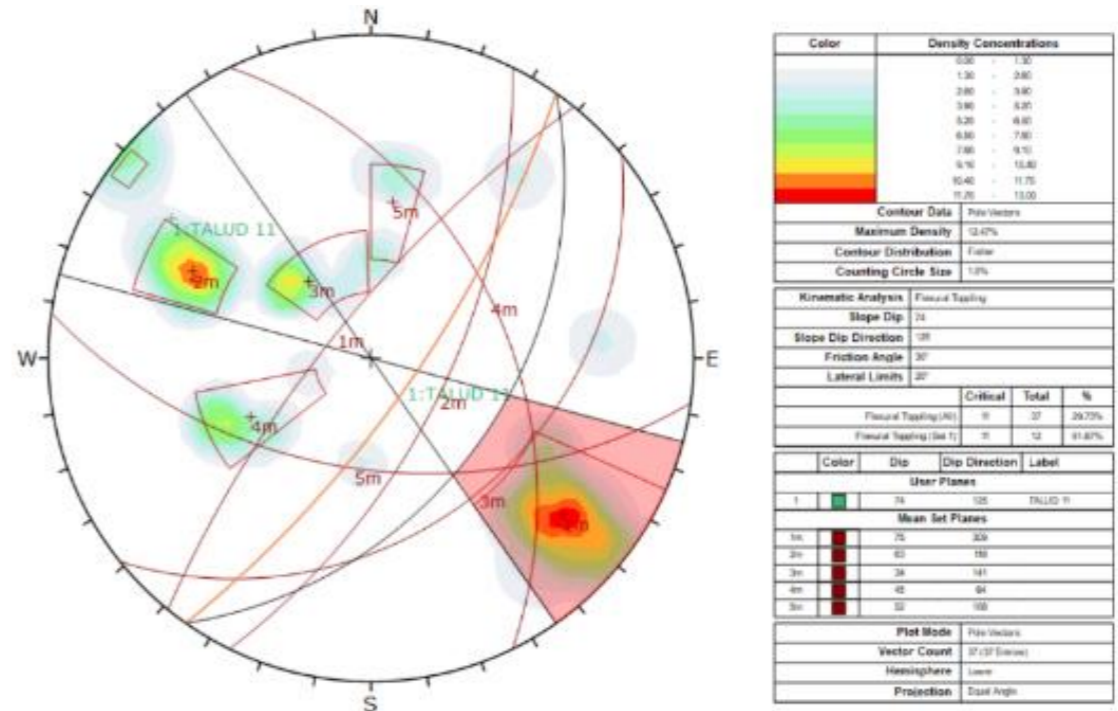


Figura 80 - Diagrama de rotura por vuelco talud 11. Fuente: Dips.

En lo referente a los resultados obtenidos para el análisis de las inestabilidades, se obtiene que se pueden producir tanto la formación de roturas planares, la formación de cuñas y la rotura por vuelco.

Por un lado, las roturas planares se producirán en la intersección de las familias de discontinuidades F2 y F3 con la superficie del talud.

Por otro lado, la formación de cuñas en este talud será de gran relevancia, ya que se detectan cuatro formaciones de cuñas posibles para las distintas familias de discontinuidades. Estas posibles intersecciones que generarán la formación de cuñas junto con la superficie del talud son: F5/F2, F5/F3, F4/F2, F4/F3.

Por último, también se podrán producir desprendimientos que ocasionen rotura por vuelco, generados estos principalmente por la familia de discontinuidades F1.

✦ ESTUDIO MEDIANTE SWEDGE

FORMACIÓN F2/F5

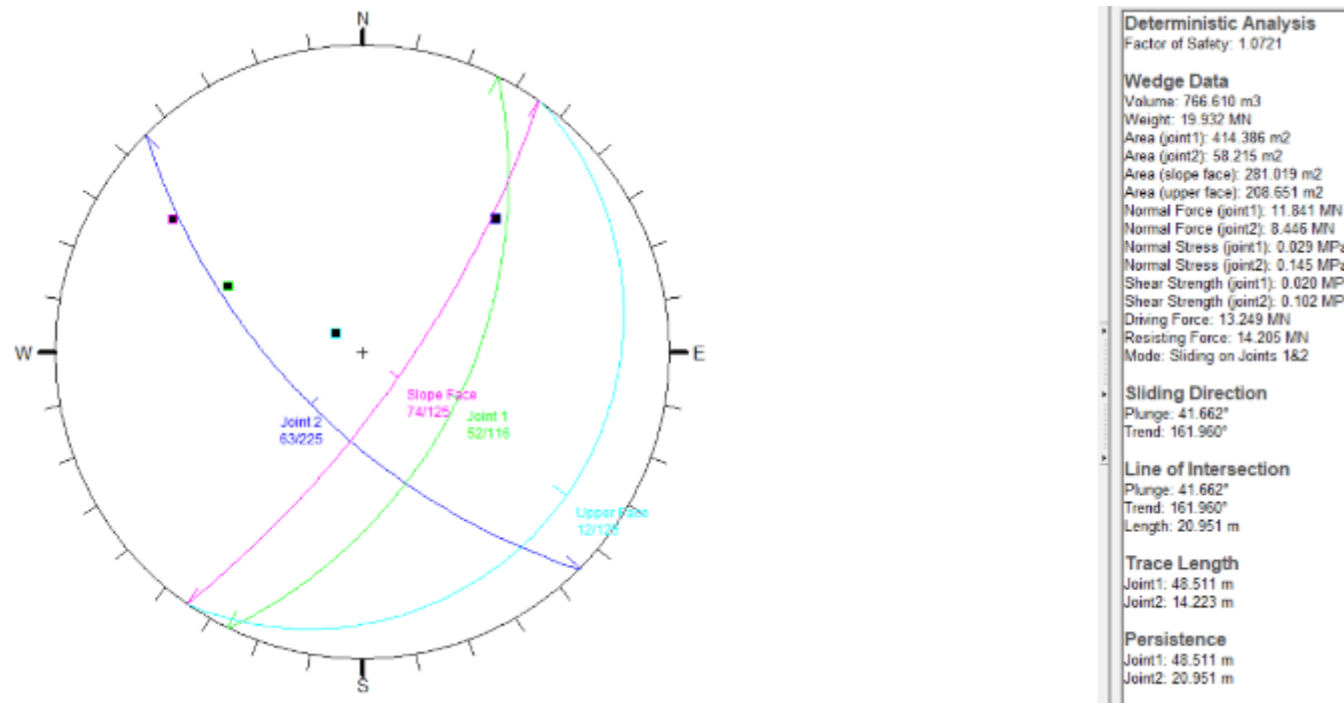


Figura 81 - Análisis de estabilidad de rotura por cuñas F2/F5 en talud 11. Fuente: Swedge.

FORMACIÓN F2/F4

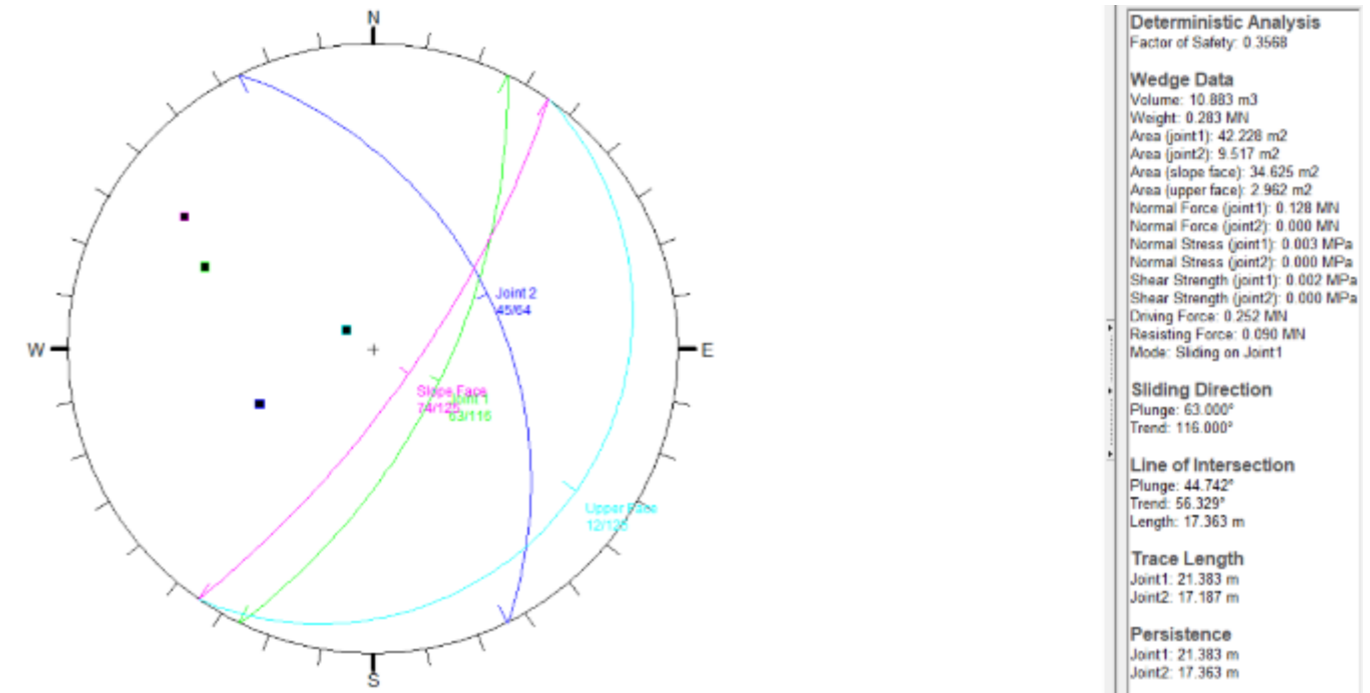


Figura 82 - Análisis de estabilidad de rotura por cuñas F2/F4 en talud 11. Fuente: Swedge.

FORMACIÓN F5/F3

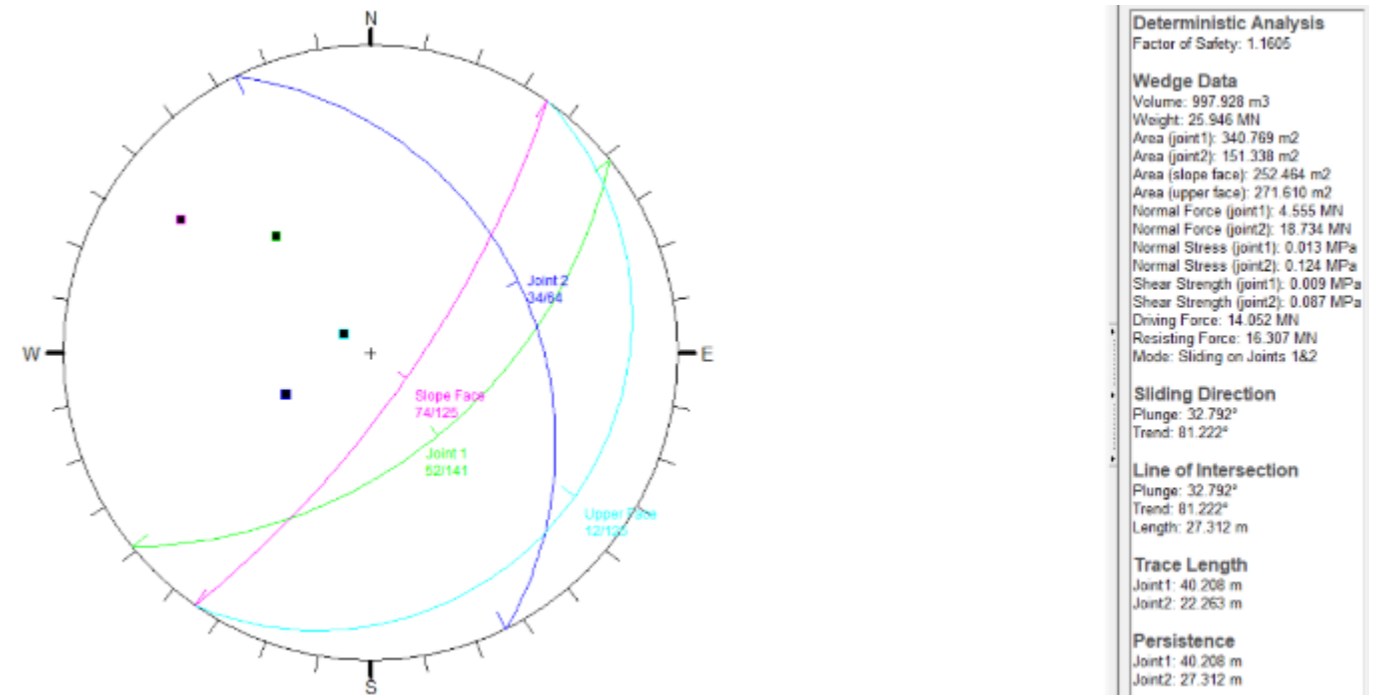


Figura 83 - Análisis de estabilidad de rotura por cuñas F5/F3 en talud 11. Fuente: Swedge.



FORMACIÓN F4/F3

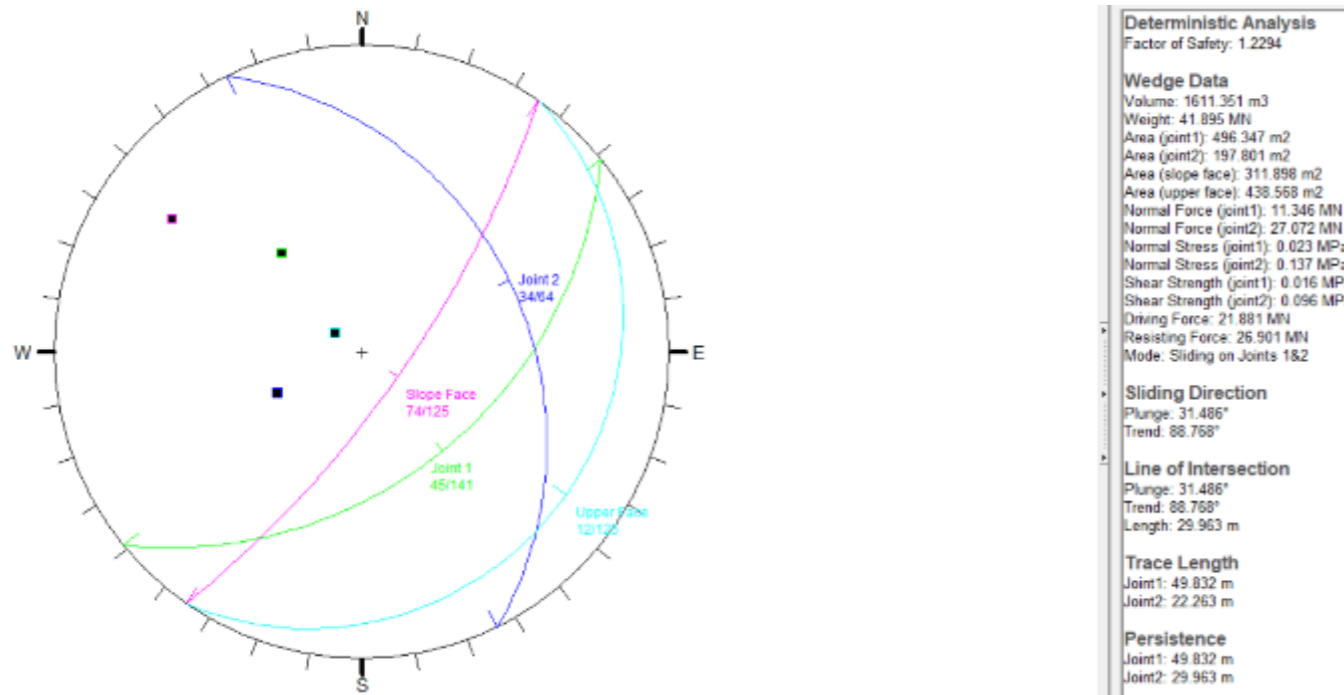


Figura 84 - Análisis de estabilidad de rotura por cuña F4/F3 en talud 11. Fuente: Swedge.

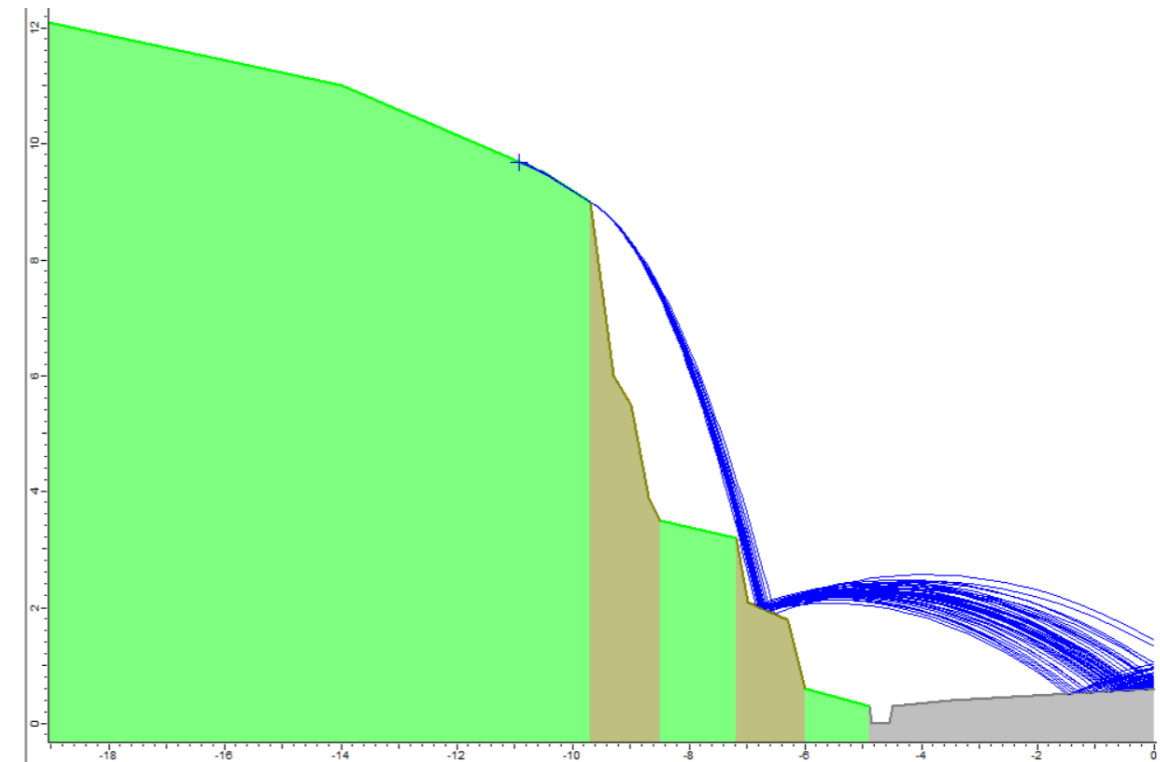


Figura 85 - Estudio trayectoria bloque de caída tipo en talud 11. Fuente: Rocfall.

✦ ESTUDIO MEDIANTE ROCFALL

Para realizar el estudio de los bloques caídos del Talud 11 se analizarán los situados en la zona alta del talud, puesto que son aquellos que mayor probabilidad de caída presentan.

Para este análisis se considerarán los datos que aparecen en la tabla siguiente.

TALUD Nº	P.K. ESTUDIO	PUNTO MAYOR COTA (m)	CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO	COEF. RESTITUCIÓN ENERGÉTICA		COEF. ROZAMIENTO (K)	DENSIDAD (kN/m <sup>3</sup> )	VELOCIDAD DE SALIDA (m/s)	TAMAÑO BLOQUE DE CAIDA (m <sup>3</sup> )	
				RN	RT					
11	58+350	58+375	Superficie: Granodioritas moscovíticas Cuneta: Hormigón Carretera: Asfalto	0,315	0,712	0,2	26,8	1,5	0,80 x 0,70 x 0,65	m
				0,4	0,712				0,36	m <sup>3</sup>
				0,4	0,712					

Como se puede ver en la figura 85, resultante del análisis de la trayectoria del bloque de caída estudiado en el talud 11, este acabará en vía. Debido a la sección transversal del talud, con pequeñas bermas intermedias en toda su superficie, tras la caída del bloque y rebote en ellas, este terminará en la calzada.

❖ **TALUD 12**

En primer lugar, se muestran los gráficos obtenidos mediante Dips para las diferentes discontinuidades que conforma el Talud 12.

✦ **ESTUDIO MEDIANTE DIPS**

- **DIAGRAMA DE POLOS**

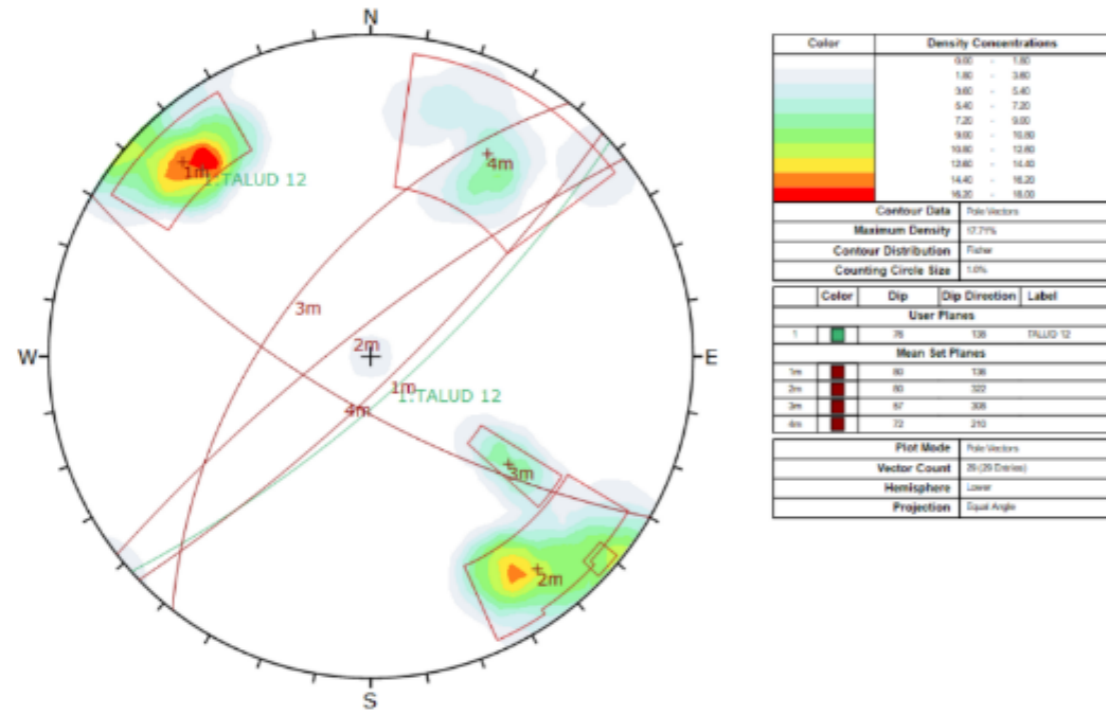


Figura 86 - Diagrama de polos en talud 12. Fuente: Dips.

- **DIAGRAMA DE ROSETA**

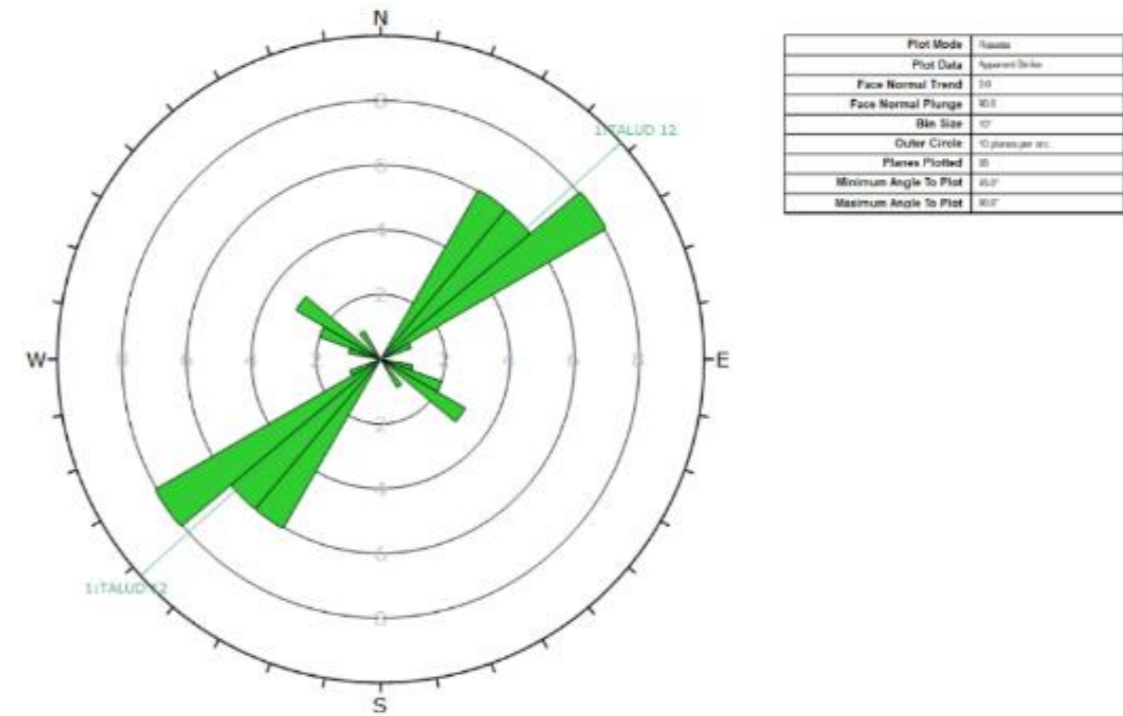


Figura 87 - Diagrama de roseta talud 12. Fuente: Dips.

- **DIAGRAMA ROTURA PLANAR**

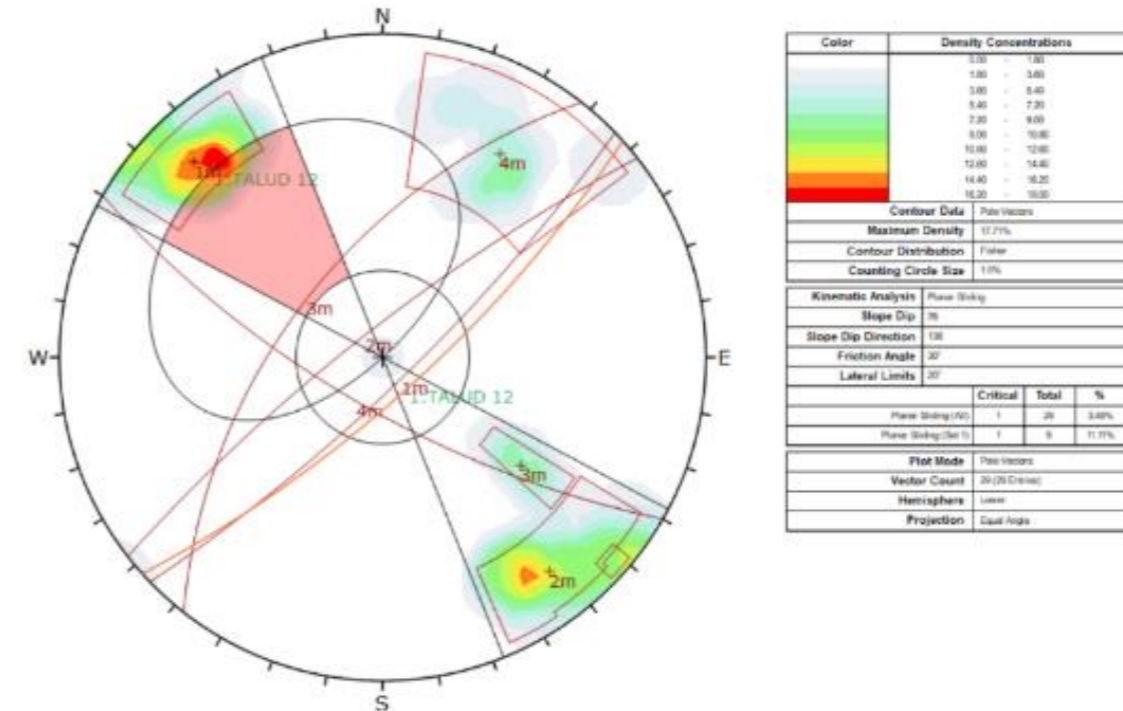


Figura 88 - Diagrama de rotura planar en talud 12. Fuente: Dips.



• **DIAGRAMA ROTURA POR CUÑAS**

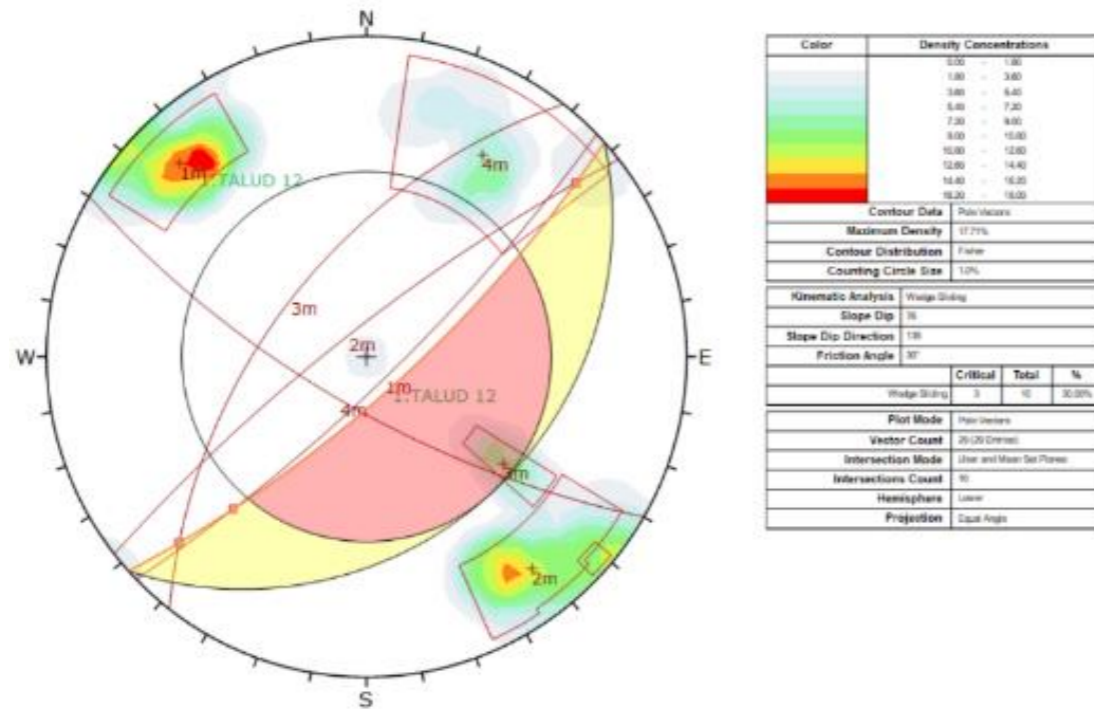


Figura 89 - Diagrama de rotura por cuña en talud 12. Fuente: Dips.

• **DIAGRAMA ROTURA POR VUELCO**

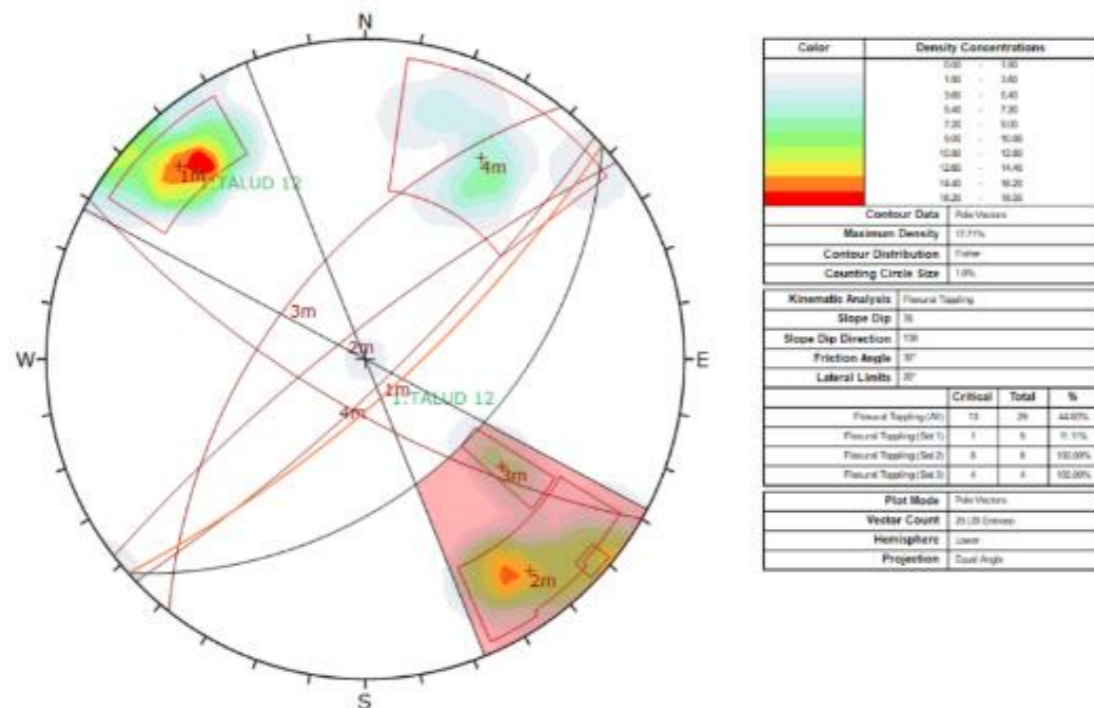


Figura 90 - Diagrama de rotura por vuelco talud 12. Fuente: Dips.

Analizando los datos resultantes del análisis de las estaciones geomecánicas correspondientes al talud 12, vemos cómo se pueden generar vuelcos y alguna rotura planar.

Por un lado, en lo que respecta a la formación de roturas planares, éstas se darán principalmente por la familia de discontinuidades 1. Por otra parte, el fallo por vuelco de los bloques inestables tendrá mayor probabilidad de producirse, pues este puede darse en las familias de discontinuidades F1, F2 y F3.

✦ **ESTUDIO MEDIANTE ROCFALL**

Para realizar la simulación al estudio de los bloques a vuelco se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

TALUD Nº	P.K. ESTUDIO	PUNTO MAYOR COTA (m)	CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO	COEF. RESTITUCIÓN ENERGÉTICA		COEF. ROZAMIENTO (K)	DENSIDAD (kN/m³)	VELOCIDAD DE SALIDA (m/s)	TAMAÑO BLOQUE DE CAIDA (m³)	
				RN	RT				0,80 x 0,50 x 0,60	0,24
12	66+000	66+050	10	Superficie: Granodioritas moscovíticas Cuneta: Hormigón Carretera: Asfalto	0,315 0,4 0,4	0,712 0,712 0,712	0,2	26,8	1,5	m m³

Como se puede observar en la figura 91, se obtienen dos trayectorias posibles tras la caída y rebote del bloque. Una de ellas estará orientada hacia la calzada, lo que significará un peligro para el tránsito de la vía, y, la otra de ellas, orientada hacia la cuneta, la cual, en principio, no precisa riesgo al tráfico de vehículos.

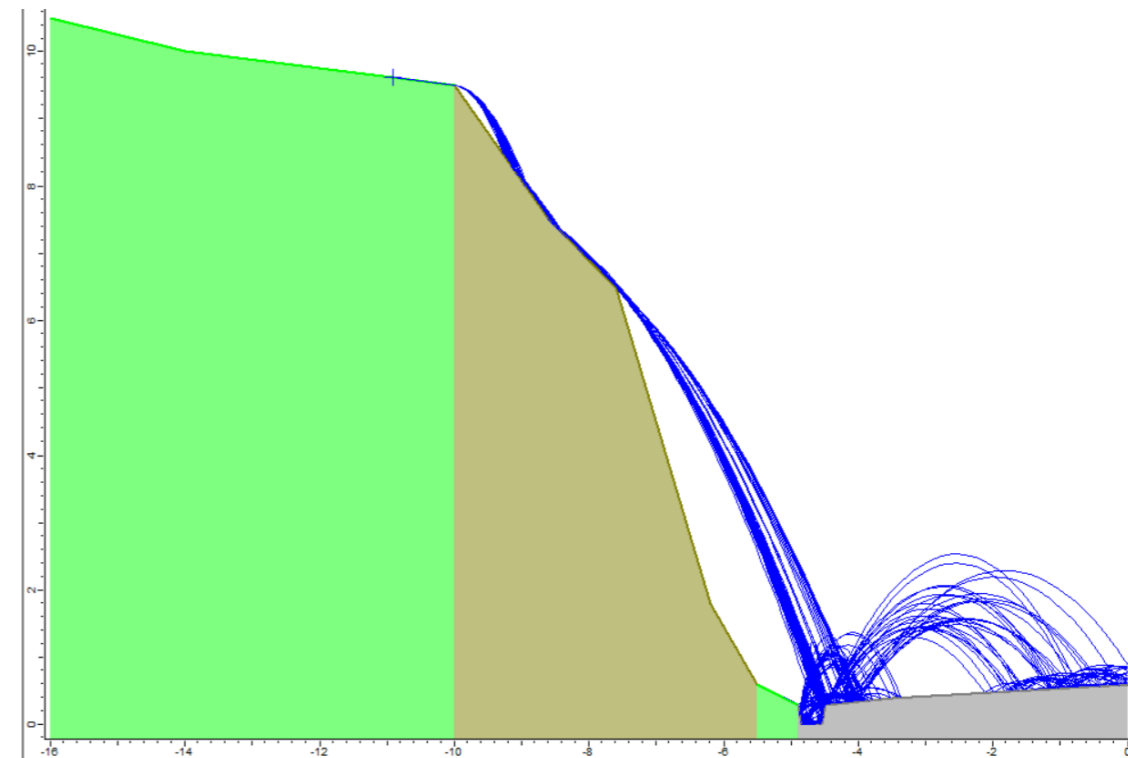


Figura 91 - Estudio trayectoria bloque de caída tipo en talud 12. Fuente: Rocfall.

## 3.3. RESUMEN DE RESULTADOS

Tabla 1 – Resumen de resultados según inestabilidad y software de estudio. Fuente: Elaboración propia.

TALUD		TIPO DE INESTABILIDAD. ESTUDIO MEDIANTE DIPS		ESTUDIO MEDIANTE SWEDGE	ESTUDIO MEDIANTE ROCFALL	
Nº	P.K.					
N-403	1	94+100	Roturas planares	No presenta	No precisa	Bloques superan berma de pie y cuneta y llegan a calzada.
			Rotruas por cuñas	No presenta		
			Vuelco/Desprendimientos	Producidos por F2		
	2	96+930	Roturas planares	Producidas por F2 y F3	Obtención FS=0,9342. INESTABLE.	En ambos casos de estudio, los bloques llegan directamente a la calzada.
			Rotruas por cuñas	Formación por F3/F5		
			Vuelco/Desprendimientos	Producidos por F1 y F4		
3	97+050	Roturas planares	Producidas por F4	Obtención FS=0,9788. INESTABLE.	No precisa	
		Rotruas por cuñas	Formación por F1/F5			
		Vuelco/Desprendimientos	No presenta			
4	97+150	Roturas planares	Producidas por F1	No precisa	La trayectoria de los bloques es variable, llegando algunos a cuneta y otros a la calzada.	
		Rotruas por cuñas	No presenta			
		Vuelco/Desprendimientos	Producidos por F1			
5	98+750	Roturas planares	No presenta	Obtención FS=1,1206. INESTABLE.	Caída de bloques en cuneta de grava.	
		Rotruas por cuñas	Producidas por F2/F4			
		Vuelco/Desprendimientos	Producidos por F2 y F3			
6	111+300	Roturas planares	No presenta	No precisa	En ambas situaciones los bloques llegan a calzada y a cuneta.	
		Rotruas por cuñas	No presenta			
		Vuelco/Desprendimientos	Producidos por F3			
N-502	7	29+780	Roturas planares	Producidas por F1 y F2	Obtención FS=1,1949. INESTABLE.	Caída de bloques a la calzada posterior a rebotes en el talud.
			Rotruas por cuñas	Producidas por F1/F5		
			Vuelco/Desprendimientos	Producidos por F3 y F4		
	8	55+150	Roturas planares	No presenta	No precisa	Trayectoria variable, bloques en cuneta, pero la mayoría caen a la calzada.
			Rotruas por cuñas	No presenta		
			Vuelco/Desprendimientos	Producidos por F1 y F2		
	9	55+275	Roturas planares	Producidas por F3 y F1	Obtención FS=0,4043. INESTABLE.	Rebote de bloques en el talud y caída a calzada.
			Rotruas por cuñas	Producidas por F2/F3		
			Vuelco/Desprendimientos	Producidos por F3		
	10	55+550	Roturas planares	Producidas por F3	Obtención FS=4,8907. ESTABLE.	Rebote de bloques en el talud y caída a calzada.
			Rotruas por cuñas	Producidas por F5/F4		
			Vuelco/Desprendimientos	Producidos por F1 y F2		
11	58+350	Roturas planares	Producidas por F2 y F3	F2/F5-Obt FS=1,0721.INESTABLE F2/F4-Obt FS=0,3568.INESTABLE F3/F5-Obt FS=1,1605.ESTABLE F3/F4-Obt FS=1,2294.ESTABLE	Rebote de bloques en el talud y caída a calzada.	
		Rotruas por cuñas	Producidas por F5/F2, F5/F3, F4/F2, F4/F3			
		Vuelco/Desprendimientos	Producidos por F1			
12	66+000	Roturas planares	Producidas por F1	No precisa	La trayectoria de los bloques es variable, llegando algunos a cuneta y otros a la calzada.	
		Rotruas por cuñas	No presenta			
		Vuelco/Desprendimientos	Producidos por F1, F2 y F3			



## **ANEJO VI – ESTUDIO DE RIESGO**

---

## INDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA RHRS .....</b>	<b>1</b>
<b>3. VALORES LÍMITE DEL SISTEMA RHRS .....</b>	<b>2</b>
<b>4. AFORO REALIZADO.....</b>	<b>2</b>
<b>5. SISTEMA DE EVALUACIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS .....</b>	<b>7</b>
<b>7. CONCLUSIONES .....</b>	<b>15</b>

---



## 1. INTRODUCCIÓN

Para cuantificar el Riesgo de Desprendimiento en cada tramo, se ha aplicado el sistema RHRS (Rockfall Hazard Rating System) desarrollado por Pierson y Van Vickle en 1993.

Se considerará cada talud como un tramo de estudio, es decir, se tienen tantos tramos como taludes. Esto se decide así debido a las distancias que hay entre ellos y a la variabilidad que presentan.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA RHRS

En primer lugar, se ha realizado una recopilación de las condiciones de estabilidad de cada talud, de forma que puedan ser clasificados de acuerdo con el riesgo potencial que presenten. Para ello se identifican una serie de parámetros o categorías y se le asigna, mediante un criterio de cuantificación del riesgo, que supone para cada talud. Las categorías estudiadas en el sistema de evaluación son:

1. *Altura del talud (m).*
2. *Efectividad de la cuneta.* Define la capacidad que tiene esta de recoger los desprendimientos.
3. *Riesgo medio por vehículo.* Define la probabilidad de que un vehículo, sea alcanzado por un desprendimiento. Está relacionado con la IMD, la longitud del tramo y la velocidad. Cabe destacar que valores superiores al 100% implica que existe la posibilidad de que un desprendimiento alcance a más de un vehículo.
4. *Distancia de visión.* Se define en función de los parámetros de diseño.
5. *Ancho de vía.* Define el ancho de la vía incluyendo los arcenes (m).
6. *Características geológicas.*
  - a. *Condición estructural.* Definido en función de las discontinuidades y de la erosión.
  - b. *Fricción de la roca.* Definido en función del rozamiento.
7. *Tamaño de bloque (m)*
8. *Volumen del bloque (m<sup>3</sup>)*
9. *Climatología y presencia de agua.*
10. *Historial de caída*

A estas características enumeradas, en función del cuadro que se presenta, se le asigna una puntuación entre 3 y 81 puntos. Estas puntuaciones siguen una ley exponencial incremental en base 3, como se puede ver en la figura 1.

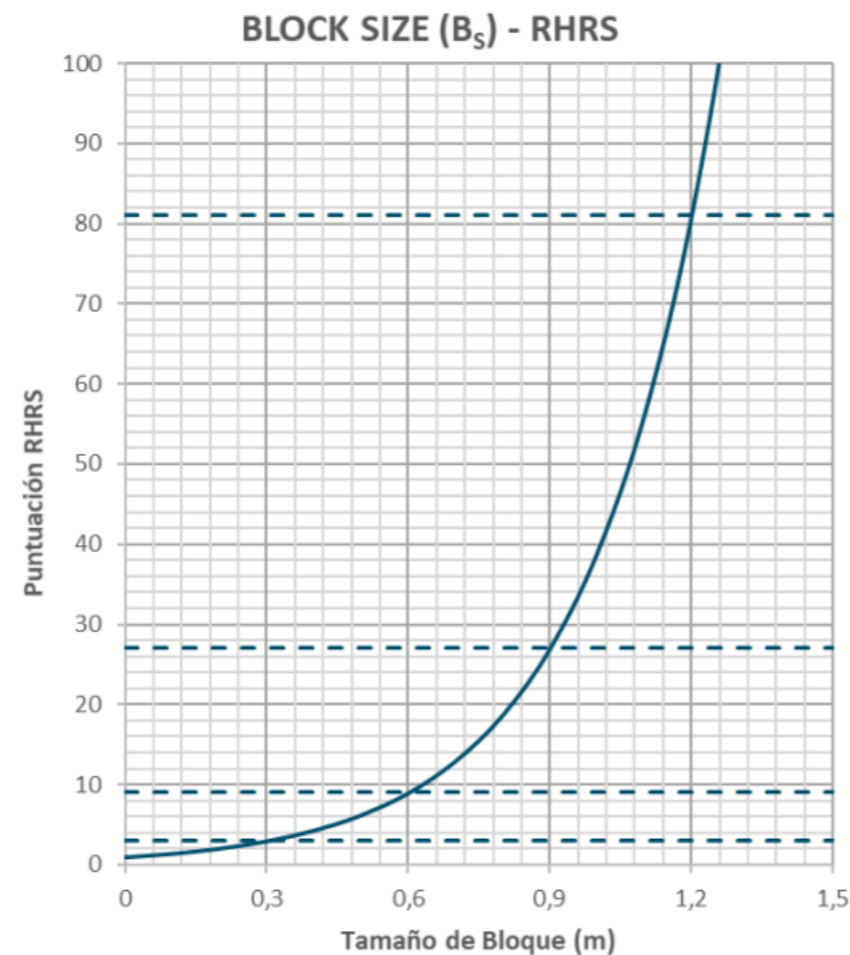


Figura 1 - Ejemplo gráfico de la ley exponencial, categoría tamaño de bloque. Fuente: Aplicación de clasificaciones para la evaluación del riesgo en la gestión de la explotación de corredores viales. (X Simposio nacional sobre taludes).

Para cada apartado de estudio, es decir, para cada ecuación, hay un factor exponencial que define a cada categoría. Estos, se encuentran recogidos en la figura inferior.

Es de consideración mencionar que el sistema de evaluación RHRS no incluye recomendaciones sobre las acciones a considerar en cada punto, siendo dependientes estas de cada intervención y de sus características. Sino que se corresponde con un sistema que gradúa el riesgo de desprendimiento de cada talud.

Categoría	Exponente	Autor
$H_s$ (Altura de talud)	$y = 3^{\left(\frac{Ht}{7,5}\right)}$	Pierson 1990
$D_{eff}$ (Efectividad de cuneta)	$y = 3^{\left(\frac{125-Def}{30}\right)}$	Geoconsult 2019
AVR (Riesgo vehículo promedio)	$y = 3^{\left(\frac{\%AVR}{25}\right)}$	Budetta 2004
DSD (Distancia toma de decisiones)	$y = 3^{\left(\frac{120-\%DSD}{20}\right)}$	Budetta 2004
$R_w$ (Ancho de calzada)	$y = 3^{\left(\frac{17,5-Rw}{3,5}\right)}$	Geoconsult 2019
SMR (Slope Mass Rating)	$y = 3^{\left(\frac{80}{SMR}\right)}$	Budetta 2004
$B_s$ (Tamaño de bloque)	$y = 3^{\left(\frac{Db}{0,3}\right)}$	Budetta 2004
$V_{fall}$ (Volumen de bloque-inestabilidad)	$y = 3^{\left(\frac{V_{fall}}{2,3}\right)}$	Budetta 2004
Cl (Climatología)	$y = 3^{\left(\frac{h}{300}\right)}$	Budetta 2004
$R_f$ (Registro histórico - frecuencia de inestabilidades)	$y = 3^{(1+1,5*f)}$	Corominas 2009

Figura 2 - Relaciones exponenciales RHRS. Fuente: Aplicación de clasificaciones para la evaluación del riesgo en la gestión de la explotación de corredores viales. (X Simposio nacional sobre taludes).

### 3. VALORES LÍMITE DEL SISTEMA RHRS

De la experiencia de los autores en los taludes de Oregón (EEUU) se establecen los valores límite en función de la puntuación obtenida en cada tramo.

- A. Puntuación inferior a 300: Bajo riesgo y prioridad de actuación
- B. Puntuación entre 300 – 500: Medio riesgo y prioridad de actuación.
- C. Puntuación superior a 500: Alto riesgo y prioridad de actuación.

Estos límites serán los que marcarán el grado de prioridad en la actuación sobre el talud.

### 4. AFORO REALIZADO

Para el Riesgo medio por vehículo, y puesto que no se dispone de aforo, en la tabla se ha puntuado de la misma forma todos los tramos. Esto se realiza así debido a las características que comparten las carreteras de análisis. Ambas se corresponden con una vía principal de acceso a la ciudad de Ávila desde la zona sur de la misma. Tienen una morfología similar en cuanto a trazado, exceptuando la zona perteneciente a puerto de montaña de la N-502, la cual debido a la ubicación en la que se encuentra, tiene curvas más cerradas.

Además, ambas vías disponen de las secciones transversales similares de la traza, teniendo 3,5 m por carril por norma general y siendo el límite de velocidad máximo de 90 km/h.



## 5. SISTEMA DE EVALUACIÓN

La puntuación obtenida de cada tramo será la suma de las 10 categorías antes relacionadas y son la que se presentan en la tabla que se incluye a continuación. Cada una de estas categorías tendrá una puntuación que varía entre 3 y 81, dependiendo de las características tanto del talud, como de su entorno estudiado.

Los datos que se van a analizar, y la puntuación que se tiene de cada uno de ellos en función de las características de los mismos se realiza del siguiente modo:

- **ALTURA DEL TALUD**
- **EFFECTIVIDAD DE LA ZANJA O ZONA COLECTORA**

Se clasifica en función de la capacidad que tiene para evitar que los materiales desprendidos alcancen la calzada. Se deben de considerar factores tales como:

- Altura y ángulo del talud
- Anchura, profundidad y forma de la cuneta
- Estimación del tamaño de bloque y cantidad de material que puede caer
- Influencia de las irregularidades sobre las rocas que caen (bermas, salientes...)

EFFECTIVIDAD DE LA ZANJA O CUNETAS COLECTORA		
<b>BUENA</b>	Todas/casi todas en la zanja	3 Puntos
<b>MODERADA</b>	Algunas en la vía	9 Puntos
<b>LIMITADA</b>	Frecuentemente algunas a la vía	27 Puntos
<b>MALA</b>	Inexistencia/Ineficiencia	81 Puntos

- **RIESGO DE PASO DE VEHÍCULO (AVR)**

Mide el riesgo asociado al tiempo (en porcentaje) en el que se encuentren los vehículos en el tramo de carretera con posibilidad de desprendimientos. Su valor se obtiene mediante la fórmula:

$$AVR \% = \frac{ADT \text{ (coches/día)} \times \text{longitud tramo (km)} \times 100\%}{Psl \text{ (Limite de velocidad en km/h)} \times 24 \text{ h/día}}$$

Depende de:

- IMD o Intensidad Media Diaria, es decir, los vehículos que pasan por ese tramo de carretera al día.
- Velocidad límite establecida para dicha vía.

Una valoración del 100% indicaría que habría como media, un vehículo en el tramo el 100% del tiempo. Se debe atender con especial importancia a la medida de la longitud para la cual se presente un riesgo real de

caída de bloques, ya que si se sobreestima la longitud los resultados del AVR estarán desproporcionados. En función del porcentaje obtenido tras la aplicación de la fórmula anterior, se tiene la siguiente clasificación.

RIESGO DE PASO DE VEHÍCULO	
25%	3 Puntos
50%	9 Puntos
75%	27 Puntos
100%	81 Puntos

- **PORCENTAJE DE DECISIÓN DE DISTANCIA DE VISIÓN**

Se corresponde a la distancia de reacción a la longitud (en m), que necesita tener por delante un conductor para tomar una decisión compleja e instantánea. Para su obtención se utilizará la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de DSD} = \frac{\text{Visibilidad (SD)}}{\text{Distancia de reaccion (DSD)}} \times 100 \%$$

Donde:

- SD es la visibilidad o distancia visible a la cual un conductor puede distinguir de manera continua un objeto de 15 cm de alto sobre la calzada.
- DSD es la distancia de reacción, la cual será variable en función de la máxima velocidad permitida en la zona. En la siguiente tabla se muestran los valores que corresponden a la distancia de reacción en función del límite de velocidad.

Límite de velocidad (km/h)	Distancia de reacción (m)
50	140
60	170
70	195
80	225
90	265
100	300
110	330
120	350

En función del porcentaje obtenido tras la aplicación de la fórmula anterior, se tiene la siguiente clasificación.

% DE DECISIÓN DE DISTANCIA DE VISIÓN	
Adecuada - 100%	3 Puntos
Moderada - 80%	9 Puntos
Limitada - 60%	27 Puntos
Muy limitada - 40%	81 Puntos

- **ANCHO DE VÍA**

Se considerará perteneciente al ancho de la calzada toda aquella distancia medida de forma perpendicular a la mediana y desde el borde del asfalto, incluyendo los arcenes pavimentados.

ANCHO DE VÍA	
13,20 m	3 Puntos
10,80 m	9 Puntos
8,40 m	27 Puntos
6 m	81 Puntos

- **CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS**

Dentro de la clasificación geológica, se evaluarán cuatro aspectos diferentes, dos de ellos referentes a los desprendimientos asociados a la presencia de discontinuidades en el macizo rocoso, y otros dos asociados a fenómenos erosivos.

- **Condición estructural:** tiene en cuenta la orientación y el tipo de discontinuidad. Se deberá de considerar también la presencia de relleno y la presión del agua.

CASO 1 - CONDICIÓN ESTRUCTURAL	
Juntas discontinuas; orientación favorable	3 Puntos
Juntas discontinuas; orientación aleatoria	9 Puntos
Juntas discontinuas; orientación adversa	27 Puntos
Juntas continuas; orientación adversa	81 Puntos

- **Fricción de la roca:** La fricción que se tenga entre dos rocas próximas definirá el potencial de deslizamiento de un bloque, viniendo determinada por las rugosidades de las discontinuidades.

CASO 1 - FRICCIÓN DE LA ROCA	
Rugosa	3 Puntos
Ondulada	9 Puntos
Planar	27 Puntos
Rellenas de arcilla o deslizante	81 Puntos

- **Diferencias en las características erosivas:** en especial en aquellos taludes en los cuales la erosión diferencial tiene un papel importante. En estas se incluirán taludes contraplomados, estratos en voladizo o cualquier otra geometría o situación la cual pueda dar lugar a un desprendimiento.

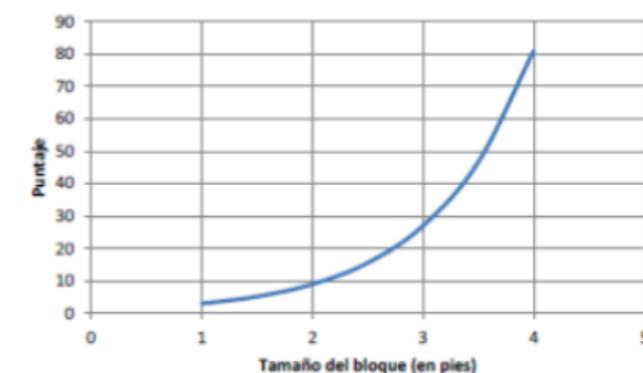
CASO 2 - CARACTERÍSTICAS EROSIVAS	
Poca erosión diferencial	3 Puntos
Erosión ocasional	9 Puntos
Bastante erosión	27 Puntos
Muchísima erosión	81 Puntos

- **Diferencias en las velocidades de erosión:** Está relacionado directamente con el potencial de desprendimientos. El nivel de riesgo a determinar, así como la valoración deberá reflejar la rapidez con la que se produce la erosión, el tamaño de las rocas o los bloques que van quedando expuestos, la frecuencia de desprendimientos y la cantidad de material caído por evento.

CASO 2 - VELOCIDAD DE EROSIÓN	
Pequeña	3 Puntos
Moderada	9 Puntos
Larga	27 Puntos
Extrema	81 Puntos

- **TAMAÑO DE BLOQUE DE CAÍDA**

Debe de representar el tamaño de desprendimiento más probable. Si se trata de bloques individuales, el tamaño de estos es lo que se valora. Si, por el contrario, se espera la caída de una masa de roca rota, se evalúa la cantidad de material por desprendimiento.



- **CLIMA Y PRESENTACIÓN DE AGUA EN EL TALUD**

El agua y los ciclos de hielo-deshielo contribuyen a la meteorización y al deslizamiento de materiales rocosos. Los valores especificados para esta categoría varían desde “precipitación baja a moderada sin periodos de helada” hasta “elevada precipitación y periodos largos de helada”. Obsérvese que los criterios entre estos dos extremos contienen la disyuntiva “o”. Es por ello que, las áreas que reciben menos de 500



mm de precipitación al año, son áreas de baja precipitación y aquellas áreas que reciben más de 1250 mm al año son áreas de elevada precipitación.

EFECTIVIDAD DE LA ZANJA O CUNETAS COLECTORA	
Baja a moderada precipitación sin agua en el talud	3 Puntos
Moderada precipitación o agua intermitente en talud	9 Puntos
Alta precipitación o agua continuada en el talud	27 Puntos
Muy alta precipitación de agua contenida en el talud	81 Puntos

- **HISTORIAL DE CAÍDAS**

Tiene en cuenta los desprendimientos pasados para indicar los futuros. Para ello, la mejor forma para recopilar la información es basarse en los informes realizados por los equipos de mantenimiento. En los casos en los que no se precise de dicha información, se aproximaría basándose en supuestos razonables.

HISTORIAL DE CAÍDAS	
<b>POCAS</b>	3 Puntos
<b>OCASIONALES</b>	9 Puntos
<b>BASTANTES CAÍDAS</b>	27 Puntos
<b>CAIDAS CONSISTENTES</b>	81 Puntos

Todos estos datos de análisis se pueden resumir en la tabla que se muestra a continuación:

Tabla 1 - Parametrización de datos según el método RHRS. Fuente: Elaboración propia.

CATEGORÍA		3 PUNTOS	9 PUNTOS	27 PUNTOS	81 PUNTOS	
1	Altura del talud	7,6	14,5	23	>30	
2	Efectividad de la cuneta	Buena captación de rocas	Moderada captación de rocas	Captación limitada de rocas	Sin capacidad de rocas	
3	Riesgo medio por vehículo	25	50	75	100	
4	Distancia de atención	Adecuada (100%)	Moderada (80%)	Limitada (60%)	Muy limitada (40%)	
5	Ancho de vía con arcenes	13,5	11	8,5	6	
6	Características geológicas					
	Caso 1:	Condición estructural	Diaclasas discontinuas; orientación favorable	Diaclasas discontinuas, orientación aleatoria.	Diaclasas discontinuas, orientación desfavorable	Diaclasas continuas, orientación desfavorable
		Rozamiento	Rugosa, irregular	Ondulada	Planar	Rellenos arcillosos o paredes pulidas
	Caso 2:	Características erosivas	Pocas características erosivas diferenciales	Características erosivas ocasionales	Muchas características erosivas	Máximas características erosivas
Diferencia en los grados erosivos		Pequeña	Media	Amplia	Extrema	
7	A. Tamaño de bloque (m)	0,3	0,6	1	1,2	
	B. Volumen de roca desprendida (m <sup>3</sup> )	2,25	4,5	7	9	
8	Climatología y presencia de agua en el talud	Precipitación baja o moderada; sin periodos de congelación; sin agua en el talud.	Precipitación moderada o cortos periodos de congelación o presencia intermitente de agua en el talud.	Alta precipitación o largos periodos de congelación o presencia de agua en el talud.	Alta precipitación y largos periodos de congelación o presencia continua de agua en el talud y largos periodos de congelación.	
9	Desprendimientos rocosos antiguos	Pocos	Ocasionales	Muchos	Continuos	



## 6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS

Para cada uno de los taludes estudiados se recogen a continuación una serie de fichas. En estas, se encuentran detalladas las características estudiadas mencionadas anteriormente y analizadas según observaciones y mediciones pertinentes.

Como se puede observar en cada una de ellas, se tienen todos los parámetros mencionados, al cual se le ha asignado una puntuación según características que presenta el talud. Así mismo, se establece también la suma resultante de esos parámetros, la cual nos servirá como ayuda para la determinación del riesgo que presenta el talud en las condiciones de estudio, y establecer, de este modo, un orden de actuación prioritario.

### ♦ Talud 1

DATOS DE CAMPO			
Fecha:	29-jun	PK Inicial:	94+100
Carretera:	N-403	PK Final:	94+210
Ancho:	12,5 m	Longitud tramo:	110 m
Margen:	MI	Vel. Max:	90 km/h
IMD:	5975		

CRITERIO DE EVALUACIÓN				
	3 puntos	9 puntos	27 puntos	81 puntos
<b>1. Altura/Talud de desmonte</b>	7,5 m	15 m	22,5 m	> 30 m
			x	
	20			
<b>2. Efectividad cuneta</b>	Buena captación; con barreras	Captación moderada	Captación limitada; diseño incorrecto	No captación; sin cuneta
	x			
	3			
<b>3. Riesgo paso vehículo</b>	25%	50%	75%	100%
	x			
AVR	30,43			
	3			
<b>4. Distancia de visión</b>	Adecuada (100%)	Moderada (80%)	Limitada (60%)	Muy limitada (40%)
ASD	100			
DSD	270			
%DSD	37,04			x
	81,00			
<b>5. Ancho de vía</b>	13,20 m	10,80 m	8,40 m	6 m
			x	
	27			
<b>6. Características geológicas</b>	Juntas disc; favorable	Juntas discon; orientación aleat	Juntas discon; orientación adver	Juntas con; orientación adver
<b>6.1 Condición estructural</b>			x	
	27			
		Poca erosión	Erosión ocasional	Bastante erosión
	81			Mucha erosión
<b>6.2. Fricción de la roca</b>	Rugosa	Ondulada	Planar	Rellenas
			x	
	27			
		Pequeña	Moderada	Larga
	9		x	Extrema
<b>7. Tamaño del bloque</b>	0,30 m	0,60 m	0,90 m	1,20 m
			x	
	27			
<b>8. Volumen de bloque</b>	26 dm <sup>3</sup>	0,21 m <sup>3</sup>	0,73 m <sup>3</sup>	1,74 m <sup>3</sup>
			x	
	9			
<b>9. Clima / Presencia agua</b>	Baja-moderada precip; sin agua	Moderada precip; agua intermitente	Alta precip; agua continuada	Muy alta precip; agua contenida
		x		
	9			
<b>10. Historial de caída</b>	Pocas	Ocasionales	Continuadas	Consistentes
				x
	81			

<b>404,00</b>	<b>RIESGO MEDIO</b>
---------------	---------------------

♦ Talud 2

DATOS DE CAMPO			
Fecha:	29-jun	PK Inicial:	96+930
Carretera:	N-403	PK Final:	96+985
Ancho:	9 m	Longitud tramo:	55 m
Margen:		Vel. Max:	90 km/h
IMD:	5975		

CRITERIO DE EVALUACIÓN				
	3 puntos	9 puntos	27 puntos	81 puntos
<b>1. Altura/Talud de desmonte</b>	7,5 m	15 m	22,5 m	> 30 m
	8	x		
<b>2. Efectividad cuneta</b>	Buena captación; con barreras	Captación moderada	Captación limitada; diseño incorrecto	No captación; sin cuneta
	81			x
<b>3. Riesgo paso vehículo</b>	25%	50%	75%	100%
AVR	15,21	x		
	3			
<b>4. Distancia de visión</b>	Adecuada (100%)	Moderada (80%)	Limitada (60%)	Muy limitada (40%)
ASD	150			
DSD	270			
%DSD	55,56		x	
	27,00			
<b>5. Ancho de vía</b>	13,20 m	10,80 m	8,40 m	6 m
	27		x	
<b>6. Características geológicas</b>	Juntas disc; favorable	Juntas discon; orientación aleat	Juntas discon; orientación adver	Juntas con; orientación adver
<b>6.1 Condición estructural</b>				
	27		x	
		Poca erosión	Erosión ocasional	Bastante erosión
	9		x	Mucha erosión
<b>6.2. Fricción de la roca</b>	Rugosa	Ondulada	Planar	Rellenas
	27		x	
		Pequeña	Moderada	Larga
	27			Extrema
	27		x	
<b>7. Tamaño del bloque</b>	0,30 m	0,60 m	0,90 m	1,20 m
	81			x
<b>8. Volumen de bloque</b>	26 dm <sup>3</sup>	0,21 m <sup>3</sup>	0,73 m <sup>3</sup>	1,74 m <sup>3</sup>
	81			x
<b>9. Clima / Presencia agua</b>	Baja-moderada precip; sin agua	Moderada precip; agua intermitente	Alta precip; agua continuada	Muy alta precip; agua contenida
	9		x	
<b>10. Historial de caída</b>	Pocas	Ocasionales	Continuadas	Consistentes
	3	x		

410,00 RIESGO MEDIO

♦ Talud 3

DATOS DE CAMPO			
Fecha:	29-jun	PK Inicial:	97+050
Carretera:	N-403	PK Final:	97+100
Ancho:	9 m	Longitud tramo:	50 m
Margen:	Derecha	Vel. Max:	90 km/h
IMD:	5975		

CRITERIO DE EVALUACIÓN				
	3 puntos	9 puntos	27 puntos	81 puntos
<b>1. Altura/Talud de desmonte</b>	7,5 m	15 m	22,5 m	> 30 m
	6	x		
<b>2. Efectividad cuneta</b>	Buena captación; con barreras	Captación moderada	Captación limitada; diseño incorrecto	No captación; sin cuneta
	27		x	
<b>3. Riesgo paso vehículo</b>	25%	50%	75%	100%
AVR	13,83	x		
	3			
<b>4. Distancia de visión</b>	Adecuada (100%)	Moderada (80%)	Limitada (60%)	Muy limitada (40%)
ASD	150			
DSD	270			
%DSD	55,56		x	
	27,00			
<b>5. Ancho de vía</b>	13,20 m	10,80 m	8,40 m	6 m
	27		x	
<b>6. Características geológicas</b>	Juntas disc; favorable	Juntas discon; orientación aleat	Juntas discon; orientación adver	Juntas con; orientación adver
<b>6.1 Condición estructural</b>				
	9		x	
		Poca erosión	Erosión ocasional	Bastante erosión
	27			Mucha erosión
<b>6.2. Fricción de la roca</b>	Rugosa	Ondulada	Planar	Rellenas
	9		x	
		Pequeña	Moderada	Larga
	27			Extrema
	27		x	
<b>7. Tamaño del bloque</b>	0,30 m	0,60 m	0,90 m	1,20 m
	81			x
<b>8. Volumen de bloque</b>	26 dm <sup>3</sup>	0,21 m <sup>3</sup>	0,73 m <sup>3</sup>	1,74 m <sup>3</sup>
	27			x
<b>9. Clima / Presencia agua</b>	Baja-moderada precip; sin agua	Moderada precip; agua intermitente	Alta precip; agua continuada	Muy alta precip; agua contenida
	9		x	
<b>10. Historial de caída</b>	Pocas	Ocasionales	Continuadas	Consistentes
	9		x	

288,00 RIESGO BAJO



♦ Talud 4

DATOS DE CAMPO			
Fecha:	29-jun	PK Inicial:	97+150
Carretera:	N-403	PK Final:	97+200
Ancho:	9 m	Longitud tramo:	50 m
Margen:	Derecha	Vel. Max:	90 km/h
IMD:	5975		

CRITERIO DE EVALUACIÓN				
	3 puntos	9 puntos	27 puntos	81 puntos
<b>1. Altura/Talud de desmorte</b>	7,5 m	15 m	22,5 m	> 30 m
	6	x		
<b>2. Efectividad cuneta</b>	Buena captación; con barreras	Captación moderada	Captación limitada; diseño incorrecto	No captación; sin cuneta
	27	x		
<b>3. Riesgo paso vehículo</b>	25%	50%	75%	100%
AVR	13,83	x		
	3			
<b>4. Distancia de visión</b>	Adecuada (100%)	Moderada (80%)	Limitada (60%)	Muy limitada (40%)
ASD	150			
DSD	270			
%DSD	55,56		x	
	27,00			
<b>5. Ancho de vía</b>	13,20 m	10,80 m	8,40 m	6 m
	27		x	
<b>6. Características geológicas</b>	Juntas disc; favorable	Juntas discon; orientación aleat	Juntas discon; orientación adver	Juntas con; orientación adver
<b>6.1 Condición estructural</b>				
	3	x		
		Poca erosión	Erosión ocasional	Bastante erosión
	9		x	
<b>6.2 Fricción de la roca</b>	Rugosa	Ondulada	Planar	Rellenas
	27		x	
		Pequeña	Moderada	Larga
	27		x	
<b>7. Tamaño del bloque</b>	0,30 m	0,60 m	0,90 m	1,20 m
	81			x
<b>8. Volumen de bloque</b>	26 dm <sup>3</sup>	0,21 m <sup>3</sup>	0,73 m <sup>3</sup>	1,74 m <sup>3</sup>
	27		x	
<b>9. Clima / Presencia agua</b>	Baja-moderada precip; sin agua	Moderada precip; agua intermitente	Alta precip; agua continuada	Muy alta precip; agua contenida
	9	x		
<b>10. Historial de caída</b>	Pocas	Ocasionales	Continuadas	Consistentes
	3	x		

276,00

RIESGO BAJO

♦ Talud 5

DATOS DE CAMPO			
Fecha:	30-jun	PK Inicial:	98+750
Carretera:	N-403	PK Final:	98+775
Ancho:	9 m	Longitud tramo:	25 m
Margen:	Derecha	Vel. Max:	90 km/h
IMD:	5975		

CRITERIO DE EVALUACIÓN				
	3 puntos	9 puntos	27 puntos	81 puntos
<b>1. Altura/Talud de desmorte</b>	7,5 m	15 m	22,5 m	> 30 m
	8	x		
<b>2. Efectividad cuneta</b>	Buena captación; con barreras	Captación moderada	Captación limitada; diseño incorrecto	No captación; sin cuneta
	3	x		
<b>3. Riesgo paso vehículo</b>	25%	50%	75%	100%
AVR	6,92	x		
	3			
<b>4. Distancia de visión</b>	Adecuada (100%)	Moderada (80%)	Limitada (60%)	Muy limitada (40%)
ASD	150			
DSD	270			
%DSD	55,56		x	
	27,00			
<b>5. Ancho de vía</b>	13,20 m	10,80 m	8,40 m	6 m
	27		x	
<b>6. Características geológicas</b>	Juntas disc; favorable	Juntas discon; orientación aleat	Juntas discon; orientación adver	Juntas con; orientación adver
<b>6.1 Condición estructural</b>				
	27		x	
		Poca erosión	Erosión ocasional	Bastante erosión
	81			x
<b>6.2 Fricción de la roca</b>	Rugosa	Ondulada	Planar	Rellenas
	27		x	
		Pequeña	Moderada	Larga
	9		x	
<b>7. Tamaño del bloque</b>	0,30 m	0,60 m	0,90 m	1,20 m
	27		x	
<b>8. Volumen de bloque</b>	26 dm <sup>3</sup>	0,21 m <sup>3</sup>	0,73 m <sup>3</sup>	1,74 m <sup>3</sup>
	9	x		
<b>9. Clima / Presencia agua</b>	Baja-moderada precip; sin agua	Moderada precip; agua intermitente	Alta precip; agua continuada	Muy alta precip; agua contenida
	9	x		
<b>10. Historial de caída</b>	Pocas	Ocasionales	Continuadas	Consistentes
	9	x		

266,00

RIESGO BAJO

♦ Talud 6

DATOS DE CAMPO			
Fecha:	30-jun	PK Inicial:	111+300
Carretera:	N-403	PK Final:	111+420
Ancho:	9 m	Longitud tramo:	120 m
Margen:	Derecha	Vel. Max:	90 km/h
IMD:	5975		

CRITERIO DE EVALUACIÓN				
	3 puntos	9 puntos	27 puntos	81 puntos
<b>1. Altura/Talud de desmonte</b>	7,5 m	15 m	22,5 m	> 30 m
	10	x		
<b>2. Efectividad cuneta</b>	Buena captación; con barreras	Captación moderada	Captación limitada; diseño incorrecto	No captación; sin cuneta
	9	x		
<b>3. Riesgo paso vehículo</b>	25%	50%	75%	100%
AVR	33,19	x		
	3			
<b>4. Distancia de visión</b>	Adecuada (100%)	Moderada (80%)	Limitada (60%)	Muy limitada (40%)
ASD	75			
DSD	270			
%DSD	27,78			x
	81,00			
<b>5. Ancho de vía</b>	13,20 m	10,80 m	8,40 m	6 m
	27		x	
<b>6. Características geológicas</b>	Juntas disc; favorable	Juntas discon; orientación aleat	Juntas discon; orientación adver	Juntas con; orientación adver
<b>6.1 Condición estructural</b>				
	9	x		
		Poca erosión	Erosión ocasional	Bastante erosión
	81			Mucha erosión
				x
<b>6.2 Fricción de la roca</b>	Rugosa	Ondulada	Planar	Rellenas
	27		x	
		Pequeña	Moderada	Larga
	9		x	Extrema
<b>7. Tamaño del bloque</b>	0,30 m	0,60 m	0,90 m	1,20 m
	9	x		
<b>8. Volumen de bloque</b>	26 dm <sup>3</sup>	0,21 m <sup>3</sup>	0,73 m <sup>3</sup>	1,74 m <sup>3</sup>
	3	x		
<b>9. Clima / Presencia agua</b>	Baja-moderada precip; sin agua	Moderada precip; agua intermitente	Alta precip; agua continuada	Muy alta precip; agua contenida
	9	x		
<b>10. Historial de caída</b>	Pocas	Ocasionales	Continuadas	Consistentes
	27		x	

304,00 RIESGO MEDIO

♦ Talud 7

DATOS DE CAMPO			
Fecha:	29-jun	PK Inicial:	29+780
Carretera:	N-502	PK Final:	29+875
Ancho:	9 m	Longitud tramo:	40 m
Margen:	Izquierdo	Vel. Max:	90 km/h
IMD:	4082		

CRITERIO DE EVALUACIÓN				
	3 puntos	9 puntos	27 puntos	81 puntos
<b>1. Altura/Talud de desmonte</b>	7,5 m	15 m	22,5 m	> 30 m
	9	x		
<b>2. Efectividad cuneta</b>	Buena captación; con barreras	Captación moderada	Captación limitada; diseño incorrecto	No captación; sin cuneta
	9	x		
<b>3. Riesgo paso vehículo</b>	25%	50%	75%	100%
AVR	7,56	x		
	3			
<b>4. Distancia de visión</b>	Adecuada (100%)	Moderada (80%)	Limitada (60%)	Muy limitada (40%)
ASD	150			
DSD	270			
%DSD	55,56			x
	27,00			
<b>5. Ancho de vía</b>	13,20 m	10,80 m	8,40 m	6 m
	27		x	
<b>6. Características geológicas</b>	Juntas disc; favorable	Juntas discon; orientación aleat	Juntas discon; orientación adver	Juntas con; orientación adver
<b>6.1 Condición estructural</b>				
	81			x
		Poca erosión	Erosión ocasional	Bastante erosión
	27			Mucha erosión
				x
<b>6.2 Fricción de la roca</b>	Rugosa	Ondulada	Planar	Rellenas
	27		x	
		Pequeña	Moderada	Larga
	27		x	Extrema
<b>7. Tamaño del bloque</b>	0,30 m	0,60 m	0,90 m	1,20 m
	27	x		
<b>8. Volumen de bloque</b>	26 dm <sup>3</sup>	0,21 m <sup>3</sup>	0,73 m <sup>3</sup>	1,74 m <sup>3</sup>
	9	x		
<b>9. Clima / Presencia agua</b>	Baja-moderada precip; sin agua	Moderada precip; agua intermitente	Alta precip; agua continuada	Muy alta precip; agua contenida
	9	x		
<b>10. Historial de caída</b>	Pocas	Ocasionales	Continuadas	Consistentes
	9	x		

291,00 RIESGO BAJO



♦ Talud 8

DATOS DE CAMPO			
Fecha:	30-jun	PK Inicial:	50+150
Carretera:	N-502	PK Final:	50+270
Ancho:	8 m	Longitud tramo:	120 m
Margen:	Izquierdo	Vel. Max:	90 km/h
IMD:	4082		

CRITERIO DE EVALUACIÓN				
	3 puntos	9 puntos	27 puntos	81 puntos
<b>1. Altura/Talud de desmorte</b>	7,5 m	15 m	22,5 m	> 30 m
	3	x		
<b>2. Efectividad cuneta</b>	Buena captación; con barreras	Captación moderada	Captación limitada; diseño incorrecto	No captación; sin cuneta
	27		x	
<b>3. Riesgo paso vehículo</b>	25%	50%	75%	100%
AVR	22,68	x		
	3			
<b>4. Distancia de visión</b>	Adecuada (100%)	Moderada (80%)	Limitada (60%)	Muy limitada (40%)
ASD	40			
DSD	270			
%DSD	14,81			x
	81,00			
<b>5. Ancho de vía</b>	13,20 m	10,80 m	8,40 m	6 m
	27		x	
<b>6. Características geológicas</b>	Juntas disc; favorable	Juntas discon; orientación aleat	Juntas discon; orientación adver	Juntas con; orientación adver
<b>6.1 Condición estructural</b>				
	27		x	
		Poca erosión	Erosión ocasional	Bastante erosión
	27		x	
<b>6.2 Fricción de la roca</b>	Rugosa	Ondulada	Planar	Rellenas
	27		x	
		Pequeña	Moderada	Larga
	9		x	
<b>7. Tamaño del bloque</b>	0,30 m	0,60 m	0,90 m	1,20 m
	3	x		
<b>8. Volumen de bloque</b>	26 dm <sup>3</sup>	0,21 m <sup>3</sup>	0,73 m <sup>3</sup>	1,74 m <sup>3</sup>
	3	x		
<b>9. Clima / Presencia agua</b>	Baja-moderada precip; sin agua	Moderada precip; agua intermitente	Alta precip; agua continuada	Muy alta precip; agua contenida
	27		x	
<b>10. Historial de caída</b>	Pocas	Ocasionales	Continuadas	Consistentes
	9	x		

273,00

RIESGO BAJO

♦ Talud 9

DATOS DE CAMPO			
Fecha:	30-jun	PK Inicial:	55+275
Carretera:	N-502	PK Final:	55+320
Ancho:	8 m	Longitud tramo:	45 m
Margen:	Izquierdo	Vel. Max:	90 km/h
IMD:	4082		

CRITERIO DE EVALUACIÓN				
	3 puntos	9 puntos	27 puntos	81 puntos
<b>1. Altura/Talud de desmorte</b>	7,5 m	15 m	22,5 m	> 30 m
	3	x		
<b>2. Efectividad cuneta</b>	Buena captación; con barreras	Captación moderada	Captación limitada; diseño incorrecto	No captación; sin cuneta
	27		x	
<b>3. Riesgo paso vehículo</b>	25%	50%	75%	100%
AVR	8,50	x		
	3			
<b>4. Distancia de visión</b>	Adecuada (100%)	Moderada (80%)	Limitada (60%)	Muy limitada (40%)
ASD	50			
DSD	270			
%DSD	18,52			x
	81,00			
<b>5. Ancho de vía</b>	13,20 m	10,80 m	8,40 m	6 m
	27		x	
<b>6. Características geológicas</b>	Juntas disc; favorable	Juntas discon; orientación aleat	Juntas discon; orientación adver	Juntas con; orientación adver
<b>6.1 Condición estructural</b>				
	27		x	
		Poca erosión	Erosión ocasional	Bastante erosión
	27		x	
<b>6.2 Fricción de la roca</b>	Rugosa	Ondulada	Planar	Rellenas
	9		x	
		Pequeña	Moderada	Larga
	9		x	
<b>7. Tamaño del bloque</b>	0,30 m	0,60 m	0,90 m	1,20 m
	9	x		
<b>8. Volumen de bloque</b>	26 dm <sup>3</sup>	0,21 m <sup>3</sup>	0,73 m <sup>3</sup>	1,74 m <sup>3</sup>
	3	x		
<b>9. Clima / Presencia agua</b>	Baja-moderada precip; sin agua	Moderada precip; agua intermitente	Alta precip; agua continuada	Muy alta precip; agua contenida
	27		x	
<b>10. Historial de caída</b>	Pocas	Ocasionales	Continuadas	Consistentes
	27		x	

279,00

RIESGO BAJO

♦ Talud 10

DATOS DE CAMPO			
Fecha:	30-jun	PK Inicial:	55+550
Carretera:	N-502	PK Final:	55+650
Ancho:	8 m	Longitud tramo:	100 m
Margen:	Izquierdo	Vel. Max:	90 km/h
IMD:	4082		

CRITERIO DE EVALUACIÓN				
	3 puntos	9 puntos	27 puntos	81 puntos
<b>1. Altura/Talud de desmonte</b>	7,5 m	15 m	22,5 m	> 30 m
	3	x		
<b>2. Efectividad cuneta</b>	Buena captación; con barreras	Captación moderada	Captación limitada; diseño incorrecto	No captación; sin cuneta
	27	x		
<b>3. Riesgo paso vehículo</b>	25%	50%	75%	100%
AVR	18,90	x		
	3			
<b>4. Distancia de visión</b>	Adecuada (100%)	Moderada (80%)	Limitada (60%)	Muy limitada (40%)
ASD	50			
DSD	270			
%DSD	18,52			x
	81,00			
<b>5. Ancho de vía</b>	13,20 m	10,80 m	8,40 m	6 m
	27		x	
<b>6. Características geológicas</b>	Juntas disc; favorable	Juntas discon; orientación aleat	Juntas discon; orientación adver	Juntas con; orientación adver
<b>6.1 Condición estructural</b>				
	81			x
		Poca erosión	Erosión ocasional	Bastante erosión
	27			Mucha erosión
<b>6.2. Fricción de la roca</b>	Rugosa	Ondulada	Planar	Rellenas
	9	x		
		Pequeña	Moderada	Larga
	27			Extrema
				x
<b>7. Tamaño del bloque</b>	0,30 m	0,60 m	0,90 m	1,20 m
	3	x		
<b>8. Volumen de bloque</b>	26 dm <sup>3</sup>	0,21 m <sup>3</sup>	0,73 m <sup>3</sup>	1,74 m <sup>3</sup>
	3	x		
<b>9. Clima / Presencia agua</b>	Baja-moderada precip; sin agua	Moderada precip; agua intermitente	Alta precip; agua continuada	Muy alta precip; agua contenida
	9	x		
<b>10. Historial de caída</b>	Pocas	Ocasionales	Continuadas	Consistentes
	9	x		

309,00 RIESGO MEDIO

♦ Talud 11

DATOS DE CAMPO			
Fecha:	30-jun	PK Inicial:	58+350
Carretera:	N-502	PK Final:	58+400
Ancho:	8 m	Longitud tramo:	50 m
Margen:	Derecho	Vel. Max:	90 km/h
IMD:	4082		

CRITERIO DE EVALUACIÓN				
	3 puntos	9 puntos	27 puntos	81 puntos
<b>1. Altura/Talud de desmonte</b>	7,5 m	15 m	22,5 m	> 30 m
	9	x		
<b>2. Efectividad cuneta</b>	Buena captación; con barreras	Captación moderada	Captación limitada; diseño incorrecto	No captación; sin cuneta
	27	x		
<b>3. Riesgo paso vehículo</b>	25%	50%	75%	100%
AVR	9,45	x		
	3			
<b>4. Distancia de visión</b>	Adecuada (100%)	Moderada (80%)	Limitada (60%)	Muy limitada (40%)
ASD	70			
DSD	270			
%DSD	25,93			x
	81,00			
<b>5. Ancho de vía</b>	13,20 m	10,80 m	8,40 m	6 m
	27		x	
<b>6. Características geológicas</b>	Juntas disc; favorable	Juntas discon; orientación aleat	Juntas discon; orientación adver	Juntas con; orientación adver
<b>6.1 Condición estructural</b>				
	27			x
		Poca erosión	Erosión ocasional	Bastante erosión
	27			Mucha erosión
<b>6.2. Fricción de la roca</b>	Rugosa	Ondulada	Planar	Rellenas
	27	x		
		Pequeña	Moderada	Larga
	27			Extrema
				x
<b>7. Tamaño del bloque</b>	0,30 m	0,60 m	0,90 m	1,20 m
	9	x		
<b>8. Volumen de bloque</b>	26 dm <sup>3</sup>	0,21 m <sup>3</sup>	0,73 m <sup>3</sup>	1,74 m <sup>3</sup>
	3	x		
<b>9. Clima / Presencia agua</b>	Baja-moderada precip; sin agua	Moderada precip; agua intermitente	Alta precip; agua continuada	Muy alta precip; agua contenida
	9	x		
<b>10. Historial de caída</b>	Pocas	Ocasionales	Continuadas	Consistentes
	27			x

303,00 RIESGO MEDIO



♦ Talud 12

DATOS DE CAMPO			
Fecha:	30-jun	PK Inicial:	66+000
Carretera:	N-502	PK Final:	66+075
Ancho:	9 m	Longitud tramo:	75 m
Margen:	Derecho	Vel. Max:	90 km/h
IMD:	4082		

CRITERIO DE EVALUACIÓN				
	3 puntos	9 puntos	27 puntos	81 puntos
<b>1. Altura/Talud de desmante</b>	7,5 m	15 m	22,5 m	> 30 m
	9	x		
<b>2. Efectividad cuneta</b>	Buena captación; con barreras	Captación moderada	Captación limitada; diseño incorrecto	No captación; sin cuneta
	9	x		
<b>3. Riesgo paso vehículo</b>	25%	50%	75%	100%
AVR	14,17	x		
	3			
<b>4. Distancia de visión</b>	Adecuada (100%)	Moderada (80%)	Limitada (60%)	Muy limitada (40%)
ASD	90			
DSD	270			
%DSD	33,33			x
	81,00			
<b>5. Ancho de vía</b>	13,20 m	10,80 m	8,40 m	6 m
	27		x	
<b>6. Características geológicas</b>	Juntas disc; favorable	Juntas discon; orientación aleat	Juntas discon; orientación adver	Juntas con; orientación adver
<b>6.1 Condición estructural</b>		x		
	9			
	Poca erosión	Erosión ocasional	Bastante erosión	Mucha erosión
	9	x		
<b>6.2 Fricción de la roca</b>	Rugosa	Ondulada	Planar	Rellenas
	9	x		
	Pequeña	Moderada	Larga	Extrema
	9	x		
<b>7. Tamaño del bloque</b>	0,30 m	0,60 m	0,90 m	1,20 m
	9	x		
<b>8. Volumen de bloque</b>	26 dm <sup>3</sup>	0,21 m <sup>3</sup>	0,73 m <sup>3</sup>	1,74 m <sup>3</sup>
	3	x		
<b>9. Clima / Presencia agua</b>	Baja-moderada precip; sin agua	Moderada precip; agua intermitente	Alta precip; agua continuada	Muy alta precip; agua contenida
	9	x		
<b>10. Historial de caída</b>	Pocas	Ocasionales	Continuadas	Consistentes
	3	x		

189,00 RIESGO BAJO

A continuación, se muestra una gráfica resumen, en la cual se muestran todos los valores obtenidos del análisis RHRS según el talud de estudio. Como se puede observar, se aprecian 6 taludes por encima de 300, valor considerado como límite y a partir del cual es necesaria una actuación debido a la probabilidad de riesgo que le compete al talud.

Del gráfico se puede observar como los dos primeros taludes están muy por encima de este límite, y los taludes 6, 7, 10 y 11, se encuentran por encima del mismo, aunque de una manera muy leve.

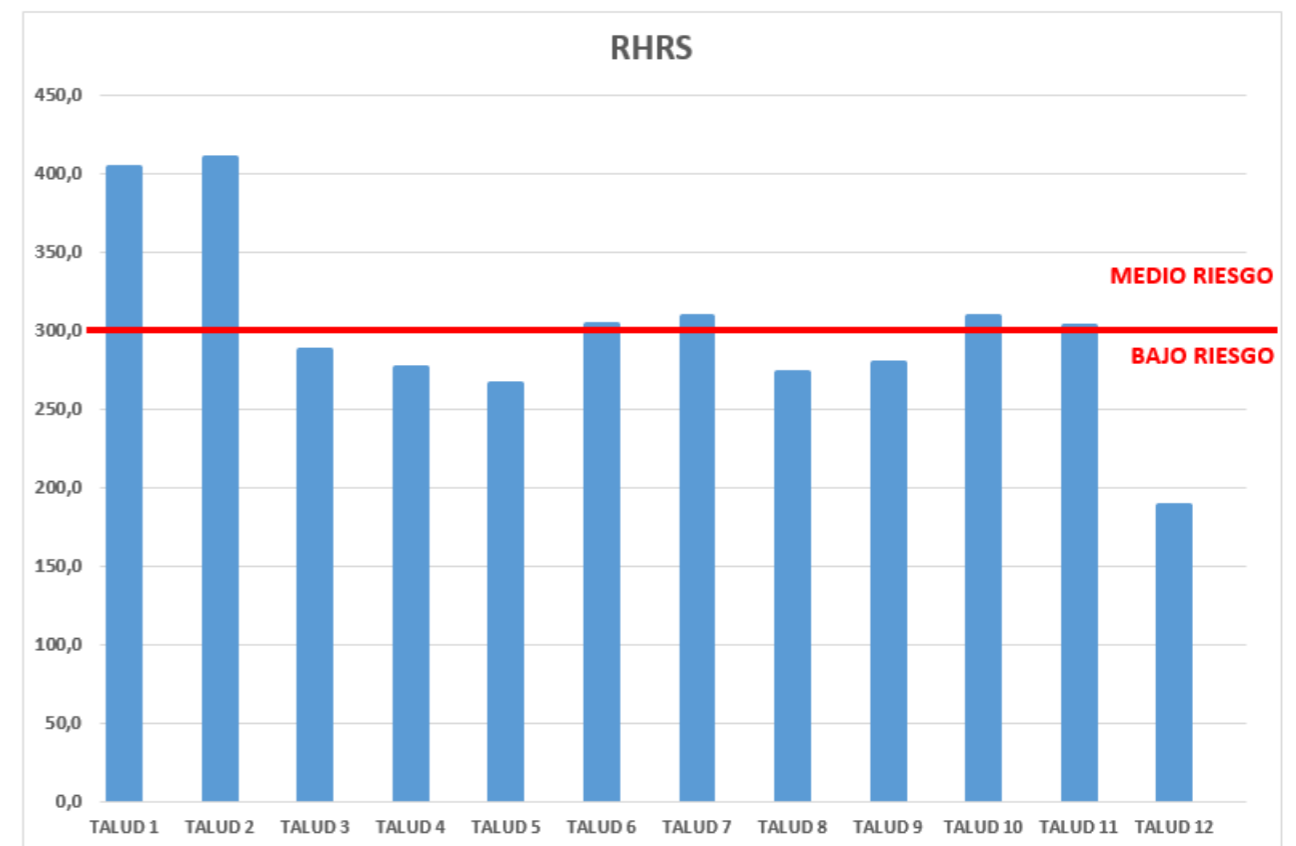


Figura 3 - Tabla resumen de la evaluación RHRS. Fuente: Elaboración propia.

Seguidamente se muestra una tabla, en la que se recogen de manera general todos los valores analizados de cada uno de los taludes estudiados, con la suma que cada uno de ellos ha proporcionado. Además, se ordenan los mismos, de mayor a menor probabilidad de riesgo obtenido.

Tabla 3 - Evaluación de riesgo según RHRS. Fuente: Elaboración propia.

	Dato	Valor	CUNETA	RIESGO PASO VEHICULO				DISTANCIA DE VISIÓN			ANCHO VÍA (m)	CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS				TAMAÑO BLOQUE CAIDA	VOLUMEN ESPERADO	CLIMA	HISTORIAL
				IMD	VELOC. VIA	LONGITUD	AVR	ASD	DSD	%		Juntas	Rugosidad	Estructura	Fricción				
												Parámetro tablas							
<b>TALUD 1</b>	Dato	20	Buena	5975	90	110	30,43	100	270	37,04	12,5	Disc Advr	Rellenas	Bastante erosión	Moderada	0,60-0,90m	0,21m3	Moderada precip	Consistentes
	Valor	20	3			3,00			81,00		27,00	27	81	27	9	27	9	9	81
<b>TALUD 2</b>	Dato	8	Mala	5975	90	55	15,21	150	270	55,56	9	Disc Advr	Ondulada	Bastante erosión	Larga	0,90-1,20m	1,74m3	Moderada precip	Pocas
	Valor	8	81			3,00			27,00		27,00	27	9	27	27	81	81	9	3,00
<b>TALUD 3</b>	Dato	6	Limitada	5975	90	50	13,83	150	270	55,56	9	Disc Aleat	Planar	Erosión ocasional	Larga	0,90-1,20m	0,73m3	Moderada precip	Ocasionales
	Valor	6	27			3,00			27,00		27,00	9	27	9	27	81	27	9	9,00
<b>TALUD 4</b>	Dato	6	Limitada	5975	90	50	13,83	150	270	55,56	9	Discon Fav	Ondulada	Bastante erosión	Larga	0,90-1,20m	0,73m3	Moderada precip	Pocas
	Valor	6	27			3,00			27,00		27,00	3	9	27	27	81	27	9	3,00
<b>TALUD 5</b>	Dato	8	Buena	5975	90	25	6,92	150	270	55,56	9	Disc Advr	Rellenas	Bastante erosión	Moderada	0,60-0,90m	0,21m3	Moderada precip	Ocasionales
	Valor	8	3			3,00			27,00		27,00	27	81	27	9	27	9	9	9,00
<b>TALUD 6</b>	Dato	10	Moderada	5975	90	120	33,19	75	270	27,78	9	Disc Aleat	Rellenas	Bastante erosión	Moderada	0,30-0,60m	<26dm3	Moderada precip	Bastantes
	Valor	10	9			3,00			81,00		27,00	9	81	27	9	9	3	9	27,00
<b>TALUD 7</b>	Dato	9	Moderada	4082	90	40	7,56	150	270	55,56	9	Cont Advr	Planar	Bastante erosión	Larga	0,60-0,90m	0,73m3	Moderada precip	Ocasionales
	Valor	9	9			3,00			27,00		27,00	81	27	27	27	27	27	9	9,00
<b>TALUD 8</b>	Dato	3	Limitada	4082	90	120	22,68	40	270	14,81	8	Disc Advr	Planar	Bastante erosión	Moderada	<0,30m	<26dm3	Alta precip	Ocasionales
	Valor	3	27			3,00			81,00		27,00	27	27	27	9	3	3	27	9,00
<b>TALUD 9</b>	Dato	3	Limitada	4082	90	45	8,50	50	270	18,52	8	Disc Advr	Planar	Erosión ocasional	Moderada	0,30-0,60m	<26dm3	Alta precip	Bastantes
	Valor	3	27			3,00			81,00		27,00	27	27	9	9	9	3	27	27,00
<b>TALUD 10</b>	Dato	3	Limitada	4082	90	100	18,90	50	270	18,52	8	Cont Advr	Planar	Erosión ocasional	Larga	<0,30m	<26dm3	Moderada precip	Ocasionales
	Valor	3	27			3,00			81,00		27,00	81	27	9	27	3	3	9	9,00
<b>TALUD 11</b>	Dato	9	Limitada	4082	90	50	9,45	70	270	25,93	8	Disc Advr	Planar	Bastante erosión	Larga	0,30-0,60m	<26dm3	Moderada precip	Bastantes
	Valor	9	27			3,00			81,00		27,00	27	27	27	27	9	3	9	27,00
<b>TALUD 12</b>	Dato	9	Moderada	4082	90	75	14,17	90	270	33,33	9	Disc Aleat	Ondulada	Erosión ocasional	Moderada	0,30-0,60m	<26dm3	Moderada precip	Pocas
	Valor	9	9			3,00			81,00		27,00	9	9	9	9	9	3	9	3,00



## 7. CONCLUSIONES

Del estudio de riesgo realizado se pueden obtener varias conclusiones, tal y como se puede ver en la figura 2. En primer lugar, en lo referente al Talud 2, se obtiene un gran riesgo debido al gran tamaño de bloque posible de caída que se toma como objeto de estudio. Aunque dicho bloque represente una probabilidad baja de caída, en caso de que este suceso ocurriese, el daño sería muy grande, por lo que es riesgo a considerar, es, por lo tanto, elevado.

En lo que respecta al Talud 1, el cual resulta el segundo mayor en la escala obtenida, su riesgo está asociado a la zona en la que se encuentra, es decir, a la distancia de visión, puesto que se encuentra en un cruce junto al carril de aceleración. Esto, unido a las características geológicas que presenta, debido a su notable alteración superficial, y al historial de caídas, hace que el riesgo del mismo sea de consideración para el tránsito correcto de vehículos por la vía.

Por otra parte, los taludes 10 y 11, están condicionados por la visibilidad que se tiene en la vía, siendo esta reducida debido que se encuentran en zona de puerto de montaña, en la cual la visibilidad en subida es más reducida. Esto, junto con las características geológicas que presentan, teniendo un bloque de estudio de tamaño moderado, hacen que sea de consideración la importancia de actuación en los mismos.

En lo que respecta al Talud 7, la peligrosidad del mismo estará basada principalmente por las características geológicas que presenta, teniendo bloques de estudio de caída de tamaño moderado/grande, los cuales, ocasionarán un daño significativo en la vía, en caso de que se produjese su caída.

Por último, el Talud 6, la peligrosidad del mismo estará dada por la visibilidad que presenta, encontrándose en una curva, lo que, junto con el alto grado de meteorización que tiene, así como con el historial de caídas que presenta, hace que sea el riesgo sea de consideración.

VALOR		ORDEN DE PELIGROSIDAD	
TALUD 1	404,0	TALUD 2	410,0
TALUD 2	410,0	TALUD 1	404,0
TALUD 3	288,0	TALUD 7	309,0
TALUD 4	276,0	TALUD 10	309,0
TALUD 5	266,0	TALUD 6	304,0
TALUD 6	304,0	TALUD 11	303,0
TALUD 7	309,0	TALUD 3	288,0
TALUD 8	273,0	TALUD 9	279,0
TALUD 9	279,0	TALUD 4	276,0
TALUD 10	309,0	TALUD 8	273,0
TALUD 11	303,0	TALUD 5	266,0
TALUD 12	189,0	TALUD 12	189,0

Figura 4 - Resultados obtenidos de la evaluación RHRS. Fuente: Elaboración propia.

## **ANEJO VII – PROPUESTA DE ACTUACIÓN**

---



## INDICE

<b>1. OBJETO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. ALTERNATIVAS VIABLES .....</b>	<b>1</b>
<b>2.1. MEDIDAS TEMPORALES ACTIVAS.....</b>	<b>2</b>
<b>2.2. MEDIDAS TEMPORALES PASIVAS.....</b>	<b>3</b>
<b>2.3. MEDIDAS PERMANENTES ACTIVAS.....</b>	<b>3</b>
<b>2.4. MEDIDAS PERMANENTES PASIVAS .....</b>	<b>6</b>
<b>3. JUSTIFICACIÓN DE MEDIDAS ADOPTADAS.....</b>	<b>11</b>
<b>3.1. MALLA DE TRIPLE TORSIÓN ADOSADA – ROTURA POR DESCALCE.....</b>	<b>11</b>
<b>3.2. MALLA REFORZADA CON CABLE 4X4 – ROTURA POR DESCALCE.....</b>	<b>15</b>
<b>3.3. RED DE CABLE 3X3 – ROTURA POR DESCALCE.....</b>	<b>20</b>
<b>3.4. RED DE CABLE 3X3 – ROTURA POR CUÑA.....</b>	<b>23</b>
<b>3.5. RED DE ANILLOS 4X4 – ROTURA POR DESCALCE .....</b>	<b>27</b>
<b>3.6. RED DE ANILLOS 4X4 – ROTURA POR CUÑA .....</b>	<b>31</b>
<b>4. ACTUACIÓN RECOMENDADA .....</b>	<b>35</b>

## 1. OBJETO

Examinados los posibles tipos de inestabilidades dados en los taludes de estudio, el siguiente paso que se lleva a cabo es la evaluación y valoración de las posibilidades de actuación, así como la propuesta de una solución que considere criterios técnicos y económicos.

Para determinar estas, el razonamiento seguido estará basado en las conclusiones obtenidas en los anejos de estudio anteriores.

## 2. ALTERNATIVAS VIABLES

En este tipo de actuación, la cual se corresponde a un entorno asentado y de considerable tráfico en determinadas épocas del año, siendo estas vías las principales de paso para algunos municipios, pese a tratarse de vías secundarias, la modificación del trazado de la vía supondría un impacto de gran consideración en la población y probablemente un gran daño medioambiental que no se justifica. Es por ello, que las únicas alternativas viables en los taludes de estudio son la protección y/o estabilización de los mismos.

De forma tradicional, se han considerado como soluciones técnicas a llevar a cabo para resolver problemas de inestabilidades dos grandes grupos:

- **Medidas de prevención y sostenimiento:** Su principal función es prever los posibles riesgos de una inestabilidad de materiales rocosos en un talud, controlando de este modo el recorrido de los materiales, evitando así daños mayores.
- **Medidas de sostenimiento y corrección:** Su función principal es la de corregir el peligro potencial, de forma que este se mantenga en su posición inmovilizado en la medida de lo posible.

En la mayoría de los casos, lo óptimo es la combinación de los tres tipos de actuaciones (corrección, sostenimiento y prevención). Ya que como es lógico es imprescindible elaborar una revisión previa de las diferentes soluciones de estabilización, así como de los métodos de protección más frecuentes empleados en la actualidad.



También es cierto, que, en algunos casos, las medidas de prevención y sostenimiento y las medidas de sostenimiento y corrección son difíciles de diferenciar y se solapan. Es por ello que según relató Berthet-Rambaud, estas medidas se pueden clasificar principalmente en dos grandes grupos:

- **MEDIDAS ACTIVAS:** Intentan modificar las condiciones iniciales del desprendimiento.
- **MEDIDAS PASIVAS:** Intentan modificar el alcance del desprendimiento.

Al mismo tiempo, cada una de ellas podrá ser dependiente del tiempo, clasificándolas en:

- **MEDIDAS TEMPORALES:** Se dan en unas condiciones puntuales o excepcionales.
- **MEDIDAS PERMANENTES:** Funcionan de manera continuada en el tiempo sin necesidad de intervención.

Por tanto, atendiendo a lo enunciado anteriormente, las medidas de prevención, protección y/o corrección se podrán clasificar dentro de cuatro grandes grupos, siendo estos:

- **MEDIDAS TEMPORALES ACTIVAS**
- **MEDIDAS TEMPORALES PASIVAS**
- **MEDIDAS PERMANENTES ACTIVAS**
- **MEDIDAS PERMANENTES PASIVAS**

Seguidamente se procederá a realizar un pequeño análisis de todas las medidas que puedan ser incluidas en estos grupos.

### 2.1. MEDIDAS TEMPORALES ACTIVAS

Se consideran como medidas temporales activas aquellas en las cuales el principal objetivo es provocar la caída de los bloques en aquellas zonas en las que estos tengan un carácter potencialmente inestable y siempre y cuando se tengan unas condiciones controladas.

Entre estas medidas podemos encontrar: Limpieza y saneo y voladuras.

#### ➤ **LIMPIEZA Y SANEO**

Se trata de una actividad simple, y probablemente la más conocida y recurrente, que consiste en visualizar fragmentos de roca o bloques inestables y provocar intencionadamente la caída de los mismos.

En líneas generales, esta actividad se realiza como paso inicial en los emplazamientos en los cuales se aplicará posteriormente alguna medida de estabilización o protección.

Para llevarla a cabo en primer lugar hay que realizar una inspección de las zonas o puntos potencialmente peligrosos. En el caso de carreteras, como en el caso que nos ocupa, se trata de un procedimiento simple en vías de poco tránsito y baja frecuencia.

Para su realización se recurre a martillos demoledores o picadores, palancas o “patas de cabra”, gatos hidráulicos, morteros expansivos... En aquellos lugares en los que la maquinaria es inaccesible, el saneo deberá realizarse de forma manual mediante personal cualificado, que con el uso de técnicas de escala llega a los puntos de actuación y mediante medios manuales realiza las tareas de derribo. Ejemplo de esto se muestra en la figura 1.

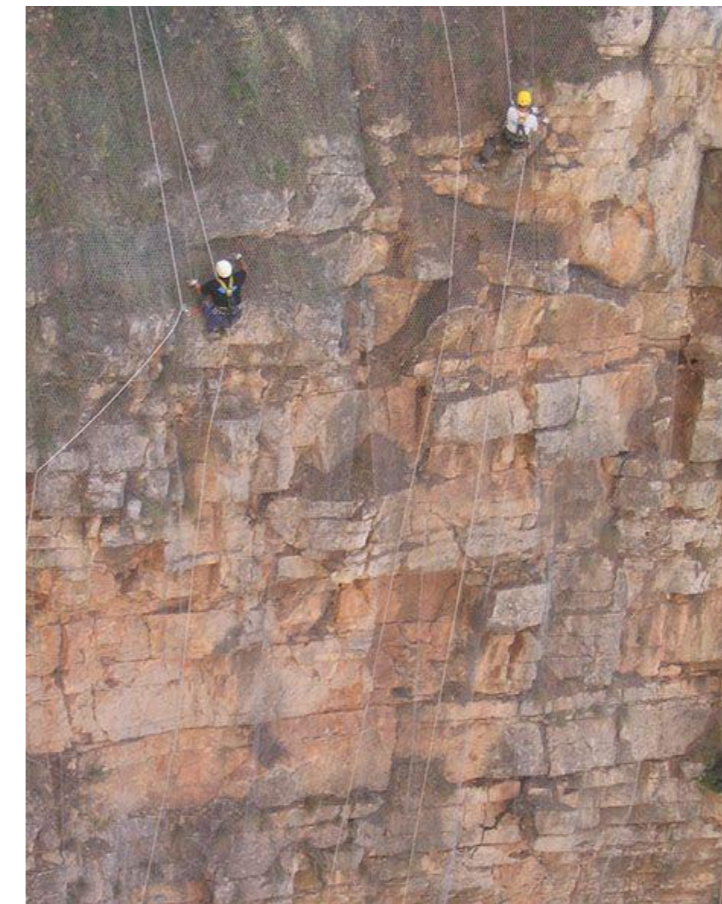


Figura 1 - Saneo y desbroce. Fuente: Google Imágenes.

#### ➤ **VOLADURAS**

Este método es realizado tanto para la retirada de bloques inestables de tamaño considerable, que no son accesibles por maquinaria y que por medios manuales no es posible su retirada, como para técnicas de

precorte. Estas técnicas de corte del talud permiten por un lado modificar la superficie del mismo y por otro, reducir el volumen de roca de posibles desprendimientos, minimizando de este modo la necesidad de emplear otro sistema de estabilización permanente.

## 2.2. MEDIDAS TEMPORALES PASIVAS

Dentro de este grupo se puede encontrar el caso de señalización o balizamiento. Esto es así debido a que las medidas temporales pasivas son las que surgen en primer lugar cuando se producen por primera vez desprendimientos en un talud o cuando se reactivan desprendimientos que se creían estabilizados.

La señalización es un método habitual que se da en zonas en las que hay desprendimientos (Figura 2), pero, aunque bien es cierto que se trata de un elemento pasivo, su temporalidad estará cuestionada en función del carácter de los desprendimientos.



Figura 2 - Señalización de desprendimientos. Fuente: Google Imágenes.

## 2.3. MEDIDAS PERMANENTES ACTIVAS

Son adecuadas en problemas puntuales y previamente definidos, ya que su objetivo principal es evitar que el fenómeno pueda iniciarse, aunque también pueden darse en situaciones de gran extensión y poco definidas.

### ➤ REEXCAVACIÓN

Se trata de uno de los métodos más usados para mejorar las condiciones de estabilidad de los taludes, ya que corrige el problema de raíz, especialmente en los deslizamientos. Pero hay que tener en cuenta que la excavación para la modificación de la superficie del talud supone un volumen de obra importante, y, por consiguiente, un costo en la ejecución de la misma.

Un factor que influye de manera significativa en la inestabilidad de los cortes en roca es la sección tipo. Por ello, cuando la estructura del macizo lo permita, se puede reducir el peligro realizando el corte escalonado del talud, para así crear una serie de bermas que sirvan de captación para futuras caídas de rocas.

### ➤ REFUERZO

La realización de un refuerzo mediante anclajes o bulones se trata de una de las medidas más utilizadas en la estabilización de taludes. Se utilizan tanto para el cosido de macizos rocosos fisurados o para la sujeción de bloques o rocas individuales, como para evitar el deslizamiento de taludes en roca o sueltos y para el sostenimiento de excavaciones.

Actualmente hay un amplio abanico de variedades de este tipo de refuerzos, cuyas diferencias residen principalmente en el tipo de armadura que utilizan, la forma de realizar la zona del anclaje y la disposición de la cabeza, y en parte también, el sistema de protección empleado para la corrosión.

Se pueden encontrar principalmente dos tipos de refuerzos:

- **BULONES**

Se trata de barras de acero de alto límite elástico con longitudes y dimensiones variables según las características del talud en el que se instalan. Normalmente tienen longitudes de 2 a 4 m, llegando a 6 en algunos casos, con diámetros que oscilan entre los 20 – 30 mm y resistiendo en torno a 12 – 18 toneladas por unidad.

- **ANCLAJES**

Son elementos similares a los anteriores, pero estos trabajan a tracción, mejorando por tanto las condiciones de equilibrio de la estructura del talud. Aplican una fuerza en la superficie del talud y la transfieren al interior del mismo. Al mismo tiempo, introducen una fuerza estabilizadora y aumentan así la resistencia al corte de las juntas.



Aunque son similares a los anteriores, los anclajes pueden alcanzar longitudes en torno a 12 – 20 m, llegando a 30 m en algunas ocasiones, llegando a resistencias de 70 – 100 toneladas y hasta de 200 t.

Para su diseño se deberá de definir la tipología del bulón o anclaje más adecuado y su ubicación según la naturaleza del terreno, el tipo de movimiento que se precisa resolver y el esfuerzo a absorber. Además, se deberá de definir el número de estos a realizar.

### ➤ **GUNITADO**

El gunitado está principalmente enfocado a minimizar la alteración de la roca debido a los procesos de erosión. Mediante su uso se pretende conseguir un sellado de las juntas y garantizar cierto soporte estructural del revestimiento.

Está formado por áridos naturales procedentes del machaqueo de tamaño menor a 25 mm y cemento, en general Portland 350 o PUZ 350 (salvo ubicaciones diferentes que requieran resistencia a sulfatos). Además, se emplea una armadura, en aquellos casos en los que se tenga de otorgar una resistencia estructural mayor. Esta generalmente es malla de acero electrosoldado o una malla de alambre de triple torsión, según características de terreno.

Normalmente en los taludes existen fundamentalmente dos procedimientos de utilización:

- *Mortero proyectado en capas*: protege los taludes contra la meteorización, con espesores medio de entre 7 – 10 cm.
- *Hormigón proyectado en masa*: enfocado principalmente al relleno de grietas o fisuras y la inmovilización de pequeños bloques inestables, así como a la regularización de superficies.

El uso del gunitado armado con fibras está bastante extendido en taludes rocosos irregulares, en los cuales se garantiza que la armadura llega a todos los puntos, difícil de conseguir cuando se emplean otros medios.

Pero, este sistema también tiene sus contras, ya que se trata de una solución costosa y antiestética, pero necesaria en muchas ocasiones. Los fracasos de este sistema están directamente ligados a su aplicación sobre superficies sucias, espesores inadecuados o a la aplicación sobre suelos finos y arcillosos en los cuales no se ha ejecutado un correcto drenaje. En estos, será cuando el gunitado se desprenda, dejando de hacer su función.



Figura 3 - Gunitado en talud. Fuente: Google imágenes.

### ➤ **HORMIGÓN**

Dentro de este apartado se engloban aquellos elementos de contención del terreno realizados con hormigón.

#### • **MUROS DE CONTENCIÓN**

Hasta no hace mucho tiempo los muros de manera general se realizaban de mampostería y mediante personal cualificado. Pero los muros en masa o de gravedad cada vez han ido tomando más terreno y evolucionando a muros estructurales de hormigón armado en múltiples alternativas, ganando últimamente más terreno en este campo los muros prefabricados.

Su uso está especialmente pensado para resolver problemas de deslizamiento de grandes capas o para prevenirlos en aquellas zonas en las cuales se puedan ocasionar, siendo su principal uso la prevención más que la contención propia. Pero, para ello se deberá de conocer la superficie de deslizamiento formada o que pueda formarse.

Aunque resulte lógico pensar la construcción del muro a nivel de la calzada o de la cuneta, este se puede ejecutar en cualquier parte de la ladera o del talud, pues en su ejecución también se pueden incorporar anclajes profundos y tesados como fuerza estabilizadora, si así las condiciones lo requieren.



Figura 4 - Muro de contención de mampostería. Fuente: CYPE Ingenieros, S.A.

- **MURO DE PIE**

Se emplean en taludes parcial o totalmente inestables, no resultando un método propio de los desprendimientos como tales.

- **DENTAL**

Tiene lugar en correcciones puntuales en taludes generalmente estables, resultando por tanto una medida muy poco habitual para los desprendimientos generalizados.

En estos casos el hormigón puede ser sustituido por elementos de mampostería, reutilizando la misma roca en algunas ocasiones, lo cual favorece al sistema de drenaje del propio talud.

- **CONTRAFUERTES, COSTILLAS Y VIGAS**

Se trata de manera general a medidas correctoras asociadas a anclajes o que trabajan por gravedad.

Las paredes rocosas inestables pueden anclarse con ayuda de bloques o elementos prefabricados de hormigón como elementos distribuidores de fuerza, o bien por anclajes colocados en grupos o filas sobre vigas de hormigón.

Además, los taludes se podrán asegurar mediante muros de pantalla de hormigón armado con tirantes dorsales o pilotes, pudiendo ser estos muros escalonados o anclados por medio de filas de anclajes.

Se utilizará el hormigón proyectado con los anclajes dispuestos como pernos, los cuales transmitirán sus fuerzas sobre cada una de sus placas que distribuyen las fuerzas o sobre puntos de un emparrillado de vigas de hormigón.

Aunque no son propios para problemas generalizados de desprendimientos, sí que lo pueden ser para problemas puntuales.

➤ **OTROS**

Se pueden distinguir otros tipos de medidas temporales pasivas como las siguientes.

- **VEGETACIÓN**

Se trata de un método tanto preventivo como correctivo de inestabilidades basándose principalmente en problemas erosivos. El objetivo principal de la vegetación es proporcionar consistencia a las zonas más superficiales por medio de sus raíces y disminuir el contenido de agua en el talud.

En los trabajos de movimientos de tierras, inevitablemente se produce una destrucción de la capa vegetal, dejando al terreno expuesto a efectos climáticos. Por ello, en muchos lugares se aplica como solución la hidrosiembra. Este es un proceso en el cual se evitan erosiones a medio y largo plazo, así como posibles inestabilidades en espacios pequeños y aunque no frenan grandes masas de rocas, sí que producen estabilidad en bolos dentro de una masa de suelo.

La aplicación de este sistema es una posibilidad de gran viabilidad, en especial en lugares pequeños y de mal acceso, a un precio económico en relación con los procedimientos de revegetación más laboriosos. La densidad de esta capa de masa vegetal estará determinada principalmente por condiciones del terreno como la humedad o la pendiente, siendo estos algunos de los parámetros a estudiar para su aplicación.

- **DRENAJE**

Se trata de un elemento fundamental en la estabilidad de taludes, y que su descuido resulta ser una fuente común de mal funcionamiento de la estructura. Es, por tanto, que el coste de este, si lo comparamos entre lo que es su implementación y los problemas que puede provocar si se descuida, supone un coste muy pequeño.



- **ESTRUCTURAS DE APEO**

Entre estas están las conocidas como muletas, aunque también se pueden emplear pilares de hormigón de sección circular que cimentados en un estrato inferior competente sirven de soporte a grandes bloques.

#### 2.4. MEDIDAS PERMANENTES PASIVAS

Su función es modificar la propagación del desprendimiento de un modo permanente. Están dirigidas a prever los posibles riesgos de un desprendimiento de materiales rocosos, de manera que estos sean controlados y dirigidos, para minimizar de este modo los posibles daños.

Suelen ser, en la mayoría de los casos las medidas más comunes de implementación bien sean por la intensidad, extensión o características de los posibles desprendimientos.

Puesto que la variedad de desprendimientos que se pueden dar puede ser muy variada, la forma de abordarlos también lo será, dando esto como resultado cuatro grandes grupos de sistemas: Mallas o redes, pantallas, muros y otros.

- **MALLAS O REDES**

- **MALLAS DE TRIPLE TORSIÓN**

Sea quizás uno de los tratamientos más recurrido y utilizado en los taludes ubicados en carreteras usado tanto de manera individual como combinado con otros sistemas.

Consiste en revestir la superficie del talud con una malla metálica de triple torsión, esta se compone de un tejido de alambres galvanizados torsionados entre sí, dejando una abertura en forma de hexágono de dimensiones variables, la cual en función de su instalación se puede clasificar como colgada o adosada. Ambas estarán sujetas en la cabeza del talud por un cable de acero, de dimensiones y longitudes variables, que sirve como sujeción a la propia malla.

Por tanto, por una parte, nos referiremos a malla colgada cuando esta no se encuentra anclada al talud en su superficie, sino solo en su parte superior e inferior, de modo que evita que los posibles desprendimientos que se produzcan tomen velocidad en su caída, sino que conduce su trayectoria hasta el pie del talud donde se acumularan y será necesario realizar unas labores de limpieza como método de mantenimiento del sistema. Esta solución será propia de zonas muy fracturadas, con tamaños muy pequeños del material, conocidos como chineos.



Figura 5 - Malla de triple torsión colgada o sistema Proactive. Fuente: Paramassi.

Por otra parte, se considera que la malla está adosada al talud cuando esta se encuentra pegada en toda la superficie del mismo mediante el empleo de piquetas o bulones si así fuesen necesarios. Con este sistema, además de evitar que los desprendimientos tomen velocidad, se consigue que algunos de ellos se mantengan inmovilizados.

En general este es un sistema de protección barato y relativamente sencillo. Destinado al guiado y contención de chineos y pequeños desprendimientos de tamaños decimétricos. Es un revestimiento superficial, sencillo de ejecutar, rápido, permanente y resistente. Aconsejable cuando existe cuneta de pie de talud o espacio suficiente para acumular el material desprendido y que ha sido guiado de forma controlada por la malla hasta su detención.

Sin embargo, la necesidad de resistir bloques de mayor tamaño lleva a utilizar otro sistema como primario y dejar a este como un sistema que trabaja en conjunto con del otro.



- **MALLA REFORZADA CON RED DE CABLE**

Se recurre a este sistema cuando los bloques a estabilizar tienen unas dimensiones de tamaño medio, entre 30 – 50 cm, taludes donde el sistema de fracturación y diaclasas crea bloques individuales de cierta importancia, que al caer podrían romper la malla. También, es recurrente su empleo en taludes muy verticales y/o sin cunetas de pie que permitan recoger el material desprendido.

Entre sus características destaca su alta resistencia, facilidad de montaje y adhesión a la superficie del talud debido a su flexibilidad. Esto es debido al empleo de una cuadrícula de bulones cortos, entre 1 – 2 m y el tendido de un cable en diagonal, que junto con la malla de triple torsión consigue un mejor adose de la malla y un incremento de la resistencia del conjunto. Además, este sistema de cables contribuirá a limitar la deformación de la malla absorbiendo parte de los esfuerzos causados por los desprendimientos.



Figura 6 - Redes de cable o sistema Proactive ST. Fuente: Paramassi.

- **RED DE CABLE**

Se trata de un sistema formado por único cable de acero de 8 a 10 mm de diámetro entrelazado, el cual, mediante la unión del mismo con grapas de acero, forma una cuadrícula.

Este sistema es de uso similar al descrito anteriormente, pues combina red de cable con malla de triple torsión, pero la variación en su configuración provoca que la capacidad de resistencia de este sea mayor, soportando de este modo bloques de varias toneladas de masa.

Además, el bulonado implícito del sistema hace que contribuya a una estabilización superficial, siendo por tanto apropiado para todo tipo de taludes rocosos.



Figura 7 - Redes de cable de acero o sistema Netprotect. Fuente: Paramassi.

- **RED DE ANILLOS**

Se trata de un sistema conformado por una red de anillos entrelazados apropiada para la protección frente a desprendimientos de rocas de varias toneladas.

Está destinado a revestir paredes rocosas para evitar el desprendimiento de rocas de gran tamaño y, en el caso de que esto se produzca, retenerlas o encauzarlas con seguridad. Está también destinada a recoger y estabilizar salientes de roca en taludes y laderas irregulares debido a su gran flexibilidad.



Este sistema tiene una gran resiliencia, por lo que es capaz de seguir funcionando, aunque se rompan uno o varios anillos. Además, en taludes mixtos o con suelos, en combinación con una geomalla, logran detener desprendimientos locales y movimientos de hasta varios metros cuadrados.



Figura 8 - Sistema de red de anillos o sistema Netprotect ST. Fuente: Paramassi.

### ➤ **CONTRA LA EROSIÓN**

Los diferentes sistemas de control de la erosión constituyen estructuras favorables para sustentar los materiales finos al suelo, así como en enraizamiento y favorece la germinación de semillas. Los principales factores erosivos contra los que hacen frente estos sistemas son la escorrentía superficial, la erosión eólica y el impacto de las gotas de lluvia.

- **KMAT**

Se trata de una membrana sintética permanente, no degradable, que sustenta los materiales finos del suelo y fija las raíces de las plantas favoreciendo la germinación de las mismas.

Está compuesta por polipropileno electrosoldado, pudiendo ir este solo o acompañado en su estructura de malla de triple torsión. Este conjunto crea un entramado volumétrico que dispone de

espacio interior vacío, lo que permite retener tierra vegetal facilitando así el enraizamiento de las plantas y generando a su vez una barrera para evitar la erosión.

El efecto que proporciona, por tanto, es muy similar en cuanto al de la vegetación natural en lo referente a la modificación de la escorrentía superficial o la protección frente a erosión.

La finalidad que se consigue con esta técnica es el control de la erosión superficial, el refuerzo de las capas superficiales del suelo, la protección frente a desprendimientos y deslizamientos superficiales y la mejora de las propiedades del suelo al favorecer el desarrollo de la vegetación.



Figura 9 - Sistema K-MAT Reforzada. Fuente: Paramassi.

- **KRISMER**

Se trata de una solución idónea para conseguir una combinación entre estabilización y revegetación. Está compuesto por una malla metálica tridimensional y una serie de anclajes. Dicha combinación proporciona una estabilización del terreno, mientras que los materiales de relleno, como la grava, proporcionan drenaje, y el propio medio natural (tierra vegetal) ocasiona el crecimiento de la vegetación. Es por ello, que como resultado se obtiene un crecimiento de vegetación nueva que protege la superficie contra los efectos de la erosión, a la vez de dar cobertura natural y funcionalidad estética.





Figura 10 - Sistema KRISMER. Fuente: Paramassi.

Este sistema está destinado principalmente a la revegetación de todo tipo de taludes, incluidos rocosos y/o gunitados, al control de la erosión en taludes térreos y a la integración paisajística.

Entre sus características destaca la alta resistencia, la rapidez de ejecución, gran durabilidad, la adaptación a la geometría existente con facilidad y un aporte estructural.

Además, mediante el empleo de este, se puede llegar a crear suelo en aquellas zonas con pendiente elevada.

#### ➤ **PANTALLAS**

Las pantallas se pueden calificar como muros, en los que una de sus dimensiones, en concreto el espesor, es prácticamente despreciable en consideración a las otras dos.

Los principales tipos de pantallas que se pueden encontrar son.

- **PANTALLAS RÍGIDAS**

Se puede decir que actualmente están en desuso debido al amplio abanico de soluciones más eficaces que se han ido desarrollando e implementado en este sector a lo largo del tiempo.

Son pantallas adecuadas para bajas energías, siendo inadecuadas para más de 70 kJ.

- **BARRERA ESTÁTICA**

Se engloban dentro de este apartado aquellas pantallas en cuales su paramento es flexible, pero no lo son sus elementos de sujeción. Normalmente suelen ser postes fijos y rígidos que podrán disponer de elementos disipadores de energía o no.



Figura 11 - Barrera estática. Fuente: Paramassi.

- **PANTALLAS DINÁMICAS**

Son elementos formados por una estructura de cierre, que es la que recibe generalmente el impacto del bloque, conformada por una malla de triple torsión y la red de cable o de anillos, según la tipología de pantalla. Una estructura de soporte o apoyo, constituida por los postes metálicos. Y, un conjunto de cables, anclajes, disipadores de energía y elementos de unión que se encargan de distribuir la energía, disiparla y transmitir las cargas al terreno.





Figura 12 - Ejemplo de pantalla dinámica en servicio. Fuente: Paramassi.

Este tipo de pantallas son el más empleado en la actualidad, debido a la capacidad de absorción y de deformación que tienen. Estas irán unidas, como es lógico a la tipología de pantalla y de la energía del impacto, asociando este de este modo a la deformación y posterior recuperación que podrá sufrir la pantalla.

#### ➤ **MUROS**

Su principal función no es el sostenimiento ni la contención del material, sino la detención y conducción, en la medida de lo posible del mismo. Hay varios tipos atendiendo a la configuración de los mismo:

- **MUROS DE GAVIONES**

Su empleo está recomendado en talud con poca pendiente, en los cuales haya un elemento complementario que ayude al sostenimiento del mismo como lo pueden ser las mallas de triple torsión o similares.

La obra realizada por estos elementos se podrá caracterizar como: monolítica y continua, flexible y drenante, así como con una alta adaptabilidad al medio por su valor ecológico.



Figura 13 - Muro de gaviones. Fuente: El blog de victor yepes.

- **MUROS DE HORMIGÓN**

Podrán ser tanto muros de hormigón en situ como prefabricados. Se trata de elementos muy rígidos, por lo que en la absorción de bloques de altas energías estos podrían ocasionar su rotura, siendo, por tanto, en ocasiones, una solución poco adecuada.

- **OTROS TIPOS**

Dentro de estos podemos encontrar multitud de categorías: mampostería, bloques, metálicos, de tierra... que serán aplicables o no según la tipología de problema que se quiera solucionar.

- **OTROS**

Además de todos los grupos anteriormente mencionados, hay una amplia gama de actuaciones a emplear para solventar problemas de estabilización de taludes, más novedosas o menos, mayor o menor conservadoras con el medio ambiente, más o menos caras, que no se han contemplado como soluciones válidas para este caso por falta de experiencia en su funcionamiento.

### 3. JUSTIFICACIÓN DE MEDIDAS ADOPTADAS

La elección de cada una de las medidas en los taludes de estudio descritas anteriormente se ha comprobado según el tipo y el modelo del bloque tipo de rotura para cada talud.

En los apartados posteriores se describen los cálculos a realizar para llevar a cabo el estudio de cada una de estas propuestas. Esos cálculos están realizados según el software PRODISAT, propiedad de la empresa PARAMASSI. Este software está destinado a la comprobación de los sistemas de estabilización de taludes según las dimensiones de los bloques de caída y la geometría del talud. En los siguientes puntos se desarrolla el sistema de cálculos que dicho programa emplea para cada tipo de rotura asociándolo este al sistema que se emplea.

#### 3.1. MALLA DE TRIPLE TORSIÓN ADOSADA – ROTURA POR DESCALCE

##### ➤ DATOS DE PARTIDA

Los datos geométricos del bloque analizado y los parámetros geotécnicos utilizados para los cálculos de estabilidad de este son los siguientes:

- Altura (h)
- Espesor (d)
- Longitud (L)
- Densidad

##### ➤ ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

###### ○ MODELO DE ROTURA

Se ha realizado un análisis de estabilidad considerando la formación de un bloque cuya superficie de rotura está próxima a la cara exterior del macizo rocoso de análisis y, cuyo peso se considera representativo de los distintos bloques que se pueden desprender a nivel superficial. El siguiente croquis muestra la geometría considerada de la cuña de estudio.

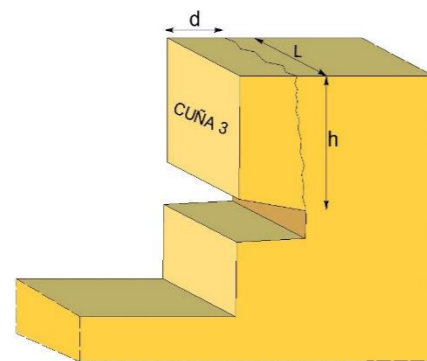


Figura 14 - Croquis modelo de análisis de rotura por desprendimientos. Fuente: Elaboración propia.

###### ○ MEDIDAS DE ESTABILIZACIÓN

Se han realizado las siguientes medidas para controlar los desprendimientos:

- Malla de triple torsión anclada en coronación
  - Resistencia unitaria de la malla a tracción directa
- Anclajes de coronación:
  - Separación en coronación (m)
  - Longitud (m)
  - Diámetro (mm)
  - Adherencia (Mpa)
  - $f_{ck}$  lechada (Mpa)
  - Diámetro de perforación (mm)

###### ○ FUERZA RESULTANTE

A continuación, se va a proceder a calcular la fuerza resultante de todas las sollicitaciones para posteriormente comparar esta con la capacidad resistencia de cada uno de los elementos del sistema propuesto.

Se ha considerado como sollicitación del sistema la totalidad del peso del bloque, ya que la superficie de rotura considerada es prácticamente vertical. En esta situación, no se han tenido en cuenta los términos de rozamiento y cohesión, ya que se considera que una vez que la grieta de rotura quede totalmente abierta, no habrá ningún elemento contrario al desprendimiento del bloque. La fuerza resultante,  $F_r$ , viene determinada por la siguiente expresión.

$$F_r = h * d * L * \gamma * 1,25$$

Siendo:

- $\gamma$  el peso específico de la roca
- $h, d$  y  $L$  las dimensiones de la roca según la figura 14.

Se ha considerado un coeficiente de mayoración de cargas de 1,25 para tener en cuenta la naturaleza dinámica del desprendimiento.

###### ○ RESISTENCIA DE LA MALLA

La carga máxima que puede soportar la malla de triple torsión frente a la rotura por tracción directa (R1), viene determinada por la siguiente expresión:



$$R1 = \left(\frac{RD}{1,67}\right) * x * L$$

Siendo:

- RD la resistencia de la malla frente a tracción directa por m
- L las dimensiones de la roca según la figura 14.
- x las dimensiones de la malla en su longitud

Se debe comprobar que la resistencia a rotura de la malla de triple torsión es mayor que la fuerza que la solicita, es decir, que  $R1 > Fr$ .

#### ○ RESISTENCIA A TRACCIÓN DE LOS ANCLAJES

Para el cálculo a tracción de los anclajes de coronación el software empleado sigue las recomendaciones de la "Guía para el diseño y la ejecución de anclajes al terreno en obras de carretera", elaborada por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento (2001).

La carga nominal que solicita cada anclaje, se denomina  $P_{Nd}$ , y viene determinada por la siguiente expresión:

$$P_{Nd} = \frac{F_r}{l/sh} * 1,5$$

Siendo:

- Sh la separación horizontal
- Fr es la fuerza solicitante a tracción
- l la longitud del anclaje

Se ha considerado un coeficiente de mayoración de 1,5 para la carga, por considerarse la misma como una acción permanente.

#### ▪ TENSIÓN ADMISIBLE DEL ACERO

La máxima fuerza admisible en el acero ( $P1_{lim}$ ) es la menor de las siguientes condiciones, referentes estas al límite elástico y de rotura del acero:

$$P1_{lim} = \text{Min} \left\{ \frac{f_{pk}}{1,30} * A_T, \frac{f_{yk}}{1,15} * A_T \right\}$$

Siendo:

- $f_{pk}$  el límite de rotura del acero del bulón
- $f_{yk}$  el límite elástico del acero del bulón
- $A_T$  la sección transversal del bulón

La comprobación que se realiza en este caso consiste en asegurar que la carga límite del anclaje por rotura del acero es mayor que la carga nominal mayorada, es decir, que  $P1_{lim} > P_{Nd}$ .

#### ▪ ARRANCAMIENTO

La máxima sollicitación que puede aguantar un bulón sin que se produzca fallo por arrancamiento del bulbo viene determinada por la siguiente expresión:

$$P3_{lim} = L_b * \pi * D_N * a_{adm}$$

Siendo:

- $L_b$  la longitud del bulbo
- $D_N$  el diámetro de perforación
- $a_{adm}$  la adherencia admisible frente al deslizamiento o arrancamiento que rodea el bulbo.

La adherencia admisible se obtiene minorando la adherencia límite,  $a_{adm}$ , con el coeficiente para anclajes permanentes:

$$a_{adm} = \frac{a_{lim}}{1,65}$$

La comprobación que realiza el software es que la carga límite del bulón por arrancamiento del bulbo es mayor que la carga nominal mayorada,  $P3_{lim} > P_{Nd}$ .

#### ▪ DESLIZAMIENTO ENTRE EL ACERO Y LA LECHADA

La carga límite del bulón por deslizamiento ( $P2_{lim}$ ) viene determinada por la siguiente expresión:

$$P2_{lim} = \frac{\tau_{lim} * L_b * P_t}{1,2}$$

Siendo:

- $\tau_{lim}$  la adherencia límite entre el tirante y la lechada
- $P_t$  el perímetro nominal del tirante
- $L_b$  la longitud del bulbo

La adherencia límite entre el tirante y la lechada se obtiene de la siguiente expresión:

$$\tau_{lim} = 6,9 \left(\frac{f_{ck}}{22,5}\right)^{\frac{2}{3}}$$

Siendo:

$f_{ck}$  la resistencia característica de la lechada

En general, para la lechada se recomienda no utilizar cementos de clase resistente inferior a 42,5 y utilizar una relación de agua/cemento entre 0,60 y 0,40. Con estas prescripciones la resistencia característica de la lechada debe superar los 25 MPa. Esta recomendación es de carácter general, no únicamente para mejorar la adherencia entre acero y lechada.

Con estos valores se comprueba que la carga límite que puede soportar el bulón por deslizamiento es superior a la carga nominal mayorada que lo solicita, es decir, que  $P_{2lim} > P_{Nd}$ .

#### ○ RESISTENCIA A CORTANTE DE LOS ANCLAJES

La máxima sollicitación a cortante que puede aguantar cada anclaje ( $V_{rd}$ ) viene determinada por la siguiente expresión:

$$V_{rd} = \frac{A_T * \frac{f_{yk}}{1,15}}{1000 * \sqrt{3}}$$

Siendo:

- $f_{yk}$  el límite elástico del acero del bulón
- $A_T$  la sección transversal del bulón

Con lo cual, se comprueba que la resistencia a cortante de cada anclaje es mayor que la carga nominal mayorada que lo solicita, es decir,  $V_{rd} > P_{Nd}$ .

#### ○ COEFICIENTE DE SEGURIDAD FINAL

El coeficiente de seguridad final de la cuña analizada teniendo en cuenta el efecto de las medidas de estabilización propuestas, se obtiene de la siguiente expresión:

$$FSf = \text{Min} \left\{ \frac{R1}{F_r}, \frac{V_{rd}}{P_{Nd}}, \frac{P1_{lim}}{P_{Nd}}, \frac{P2_{lim}}{P_{Nd}}, \frac{P3_{lim}}{P_{Nd}} \right\}$$

Esta ecuación tiene en cuenta los siguientes modos de fallo del sistema:

- Rotura de la malla de triple torsión
- Rotura a corte de los anclajes de coronación
- Rotura a tracción del acero del bulón
- Deslizamiento entre la barra del bulón y la lechada
- Arrancamiento total del bulón

De esta ecuación se obtiene el siguiente valor para el coeficiente de seguridad del sistema, según los modos de fallo mencionados anteriormente.

#### ➤ CONCLUSIÓN

Del estudio llevado a cabo tras realizar distintas iteraciones se ha comprobado que los siguientes parámetros verifican las comprobaciones anteriormente mencionadas, según se muestra a continuación, para los taludes nº 1, 5 y 6, se proponen las siguientes medidas de estabilización.

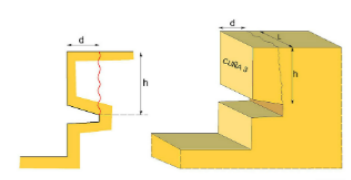
- > Malla de triple torsión anclada en coronación
- > Anclajes de coronación
  - Separación = **1,00 m**
  - Longitud = **1,50 m**
  - Diámetro = **25,00 mm**



✦ **TALUD 1**

**Datos de Cuña**

Cuña 1	Cuña 2	Cuña 3	Cuña 4
Altura, h1 (m)		0.3	
Espesor d(m)		0.5	
Longitud, L(m):		0.6	
Densidad(kN/m <sup>3</sup> )		23.0	
Referencia - Obra		avila	



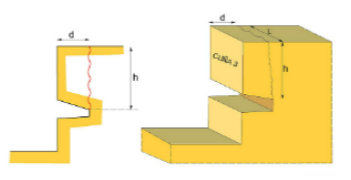
**Datos de Protección**

ProActive	Proactive ST	NetProtect	NetProtect ST
<b>Malla de Triple Torsión</b>			
Tipo de Malla		6x8-14	
<b>Anclajes</b>			
Coronacion (m)	1.0		
Longitud, L(m)	1.5		
D. Acero (mm)	25mm		
Adherencia (Mpa)	0.5		
fck lechada (Mpa)	25.0		
D perforacion (mm)	51mm		

✦ **TALUD 5**

**Datos de Cuña**

Cuña 1	Cuña 2	Cuña 3	Cuña 4
Altura, h1 (m)		0.7	
Espesor d(m)		0.3	
Longitud, L(m):		0.5	
Densidad(kN/m <sup>3</sup> )		23	
Referencia - Obra		avila	



**Datos de Protección**

ProActive	Proactive ST	NetProtect	NetProtect ST
<b>Malla de Triple Torsión</b>			
Tipo de Malla		6x8-14	
<b>Anclajes</b>			
Coronacion (m)	1		
Longitud, L(m)	1.5		
D. Acero (mm)	25mm		
Adherencia (Mpa)	0.5		
fck lechada (Mpa)	25		
D perforacion (mm)	51mm		

**Valores calculados**

<b>Datos cuña</b>		
FR (kN)	2.587	
<b>Resistencia MTT</b>		
R1 (kN)	19.76	Cumple
<b>Anclajes de coronacion</b>		
PNd (kN)	6.469	
<b>Tensión del Acero</b>		
P1 (kN)	207.677	Cumple
<b>Arrancamiento</b>		
P3 (kN)	72.828	Cumple
<b>Deslizamiento</b>		
P2 (kN)	726.698	Cumple
<b>Cortante</b>		
Vr (kN)	123.22	Cumple
FS Final	7.637	Cumple

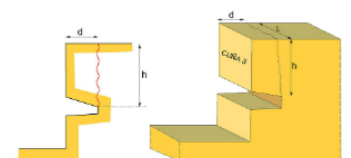
**Valores calculados**

<b>Datos cuña</b>		
FR (kN)	3.019	
<b>Resistencia MTT</b>		
R1 (kN)	16.467	Cumple
<b>Anclajes de coronacion</b>		
PNd (kN)	9.056	
<b>Tensión del Acero</b>		
P1 (kN)	207.677	Cumple
<b>Arrancamiento</b>		
P3 (kN)	72.828	Cumple
<b>Deslizamiento</b>		
P2 (kN)	726.698	Cumple
<b>Cortante</b>		
Vr (kN)	123.22	Cumple
FS Final	5.455	Cumple

✦ **TALUD 6**

**Datos de Cuña**

Cuña 1	Cuña 2	Cuña 3	Cuña 4
Altura, h1 (m)			
0.5			
Espesor d(m)			
0.35			
Longitud, L(m):			
0.2			
Densidad(kN/m <sup>3</sup> )			
23.0			
Referencia - Obra			
avila			



**Datos de Protección**

ProActive	Proactive ST	NetProtect	NetProtect ST
<b>Malla de Triple Torsión</b>			
Tipo de Malla			
6x8-14			
<b>Anclajes</b>			
Coronacion (m)			
1.0			
Longitud, L(m)			
1.5			
D. Acero (mm)			
25mm			
Adherencia (Mpa)			
0.5			
fck lechada (Mpa)			
25.0			
D perforacion (mm)			
51mm			

**Valores calculados**

<b>Datos cuña</b>		
FR (kN)	1.006	
<b>Resistencia MTT</b>		
R1 (kN)	6.587	Cumple
<b>Anclajes de coronación</b>		
PNd (kN)	7.547	
<b>Tensión del Acero</b>		
P1 (kN)	207.677	Cumple
<b>Arrancamiento</b>		
P3 (kN)	72.828	Cumple
<b>Deslizamiento</b>		
P2 (kN)	726.698	Cumple
<b>Cortante</b>		
Wr (kN)	123.22	Cumple
FS Final	6.546	Cumple

3.2. **MALLA REFORZADA CON CABLE 4X4 – ROTURA POR DESCALCE**

➤ **DATOS DE PARTIDA**

Los datos geométricos de la cuña analizada y los parámetros geotécnicos utilizados para los cálculos de estabilidad de la misma son los siguientes:

- Altura (h)
- Espesor (d)
- Longitud (L)
- Densidad (kN/m<sup>3</sup>)

➤ **ANÁLISIS DE ESTABILIDAD**

○ **MODELO DE ROTURA**

Se ha realizado un análisis de estabilidad considerando la formación de una cuña cuya superficie de rotura está próxima a la cara exterior del macizo rocoso de análisis y, cuyo peso se considera representativo de los distintos bloques que se pueden desprender a nivel superficial. El siguiente croquis muestra la geometría considerada de la cuña de estudio.

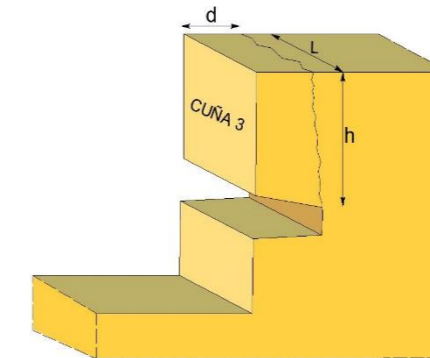


Figura 15 -Croquis modelo de análisis de rotura por desprendimientos. Fuente: Elaboración propia.

○ **MEDIDAS DE ESTABILIZACIÓN**

Se han realizado las siguientes medidas para controlar los desprendimientos:

- Malla de triple torsión anclada en coronación
  - Resistencia unitaria de la malla a punzonamiento
- Cable de refuerzo
- Cuadrícula de bulones
  - Separación horizontal
  - Separación vertical
  - Longitud total
  - Diámetro



### ○ FUERZA RESULTANTE

A continuación, se va a proceder a calcular la fuerza resultante de todas las solicitaciones para posteriormente comparar esta con la capacidad resistencia de cada uno de los elementos del sistema propuesto.

Se ha considerado como solicitación del sistema la totalidad del peso del bloque, ya que la superficie de rotura considerada es prácticamente vertical. En esta situación, no se han tenido en cuenta los términos de rozamiento y cohesión, ya que se considera que una vez que la grieta de rotura quede totalmente abierta, no habrá ningún elemento contrario al desprendimiento del bloque. La fuerza resultante,  $F_r$ , viene determinada por la siguiente expresión.

$$F_r = h * d * L * \gamma * 1,25$$

Siendo:

- $\gamma$  el peso específico de la roca
- $h, d$  y  $L$  las dimensiones de la roca según la figura 15.

Se ha considerado un coeficiente de mayoración de cargas de 1,25 para tener en cuenta la naturaleza dinámica del desprendimiento.

### ○ SISTEMA DE MALLA REFORZADA

El sistema de protección se compone de una malla de triple torsión reforzada con cable de acero, disponiendo este último en forma de rombo uniendo las cabezas de los bulones de anclaje. Para el cálculo de la resistencia del sistema se ha considerado la suma de las resistencias de la malla y la distribución de cables de acero.

La máxima solicitación que puede aguantar el sistema de cables de refuerzo,  $R_2$ , esta la siguiente:

$$R_2 = R_{2u} * \left( \frac{2}{sh * sv} * h * L \right)$$

Siendo:

- $R_2$  la resistencia del conjunto de cables de refuerzo
- $sv$  la separación vertical
- $sh$  la separación horizontal
- $R_{2u}$  la resistencia minorada de cada cable ( $FS_{acer}=1,15$ )
- $h$  y  $L$  las dimensiones de la roca según la figura 15.

La carga máxima que puede soportar la malla de triple torsión viene determinada por la siguiente expresión:

$$R_1 = \left( \frac{RD}{1,67} \right) * x * L$$

Siendo:

- $RD$  la resistencia de la malla frente a tracción directa por ml
- $L$  las dimensiones de la roca según la figura 15.
- $x$  las dimensiones de la malla en su longitud

El valor de la resistencia del conjunto de malla y cable de refuerzo será, por tanto:

$$R_{mar} = R_1 + R_2$$

Siendo:

- $R_{mar}$  la resistencia del sistema de malla reforzada con cable

Por tanto, la resistencia del sistema compuesto por la malla de triple torsión y el cable de refuerzo es mayor que la fuerza que lo solicita,  $R_{mar} > F_r$ .

### ○ BULONES

Para el cálculo a tracción de los anclajes de coronación se ha seguido la "Guía para el diseño y la ejecución de anclajes al terreno en obras de carretera", elaborada por la Dirección General de Carreteras.

La carga nominal que solicita cada anclaje, se denomina  $P_{Nd}$ , y viene determinada por la siguiente expresión:

$$P_{Nd} = \frac{F_r}{\left( \frac{l}{sh} + 1 \right) * \left( \frac{h}{sv} + 1 \right)} * 1,5$$

Siendo:

- $sh$  la separación horizontal
- $sv$  la separación vertical
- $F_r$  la fuerza resultante
- $h$  y  $l$  las dimensiones de la roca según la figura 15.

Se ha considerado un coeficiente de mayoración de 1,5 para la carga, por considerarse la misma como una acción permanente.

### ▪ TENSIÓN ADMISIBLE DEL ACERO

La máxima fuerza admisible en el acero ( $P_{1lim}$ ) es la menor de las siguientes condiciones, referentes estas al límite elástico y de rotura del acero:

$$P_{1lim} = \text{Min} \left\{ \frac{f_{pk}}{1,30} * A_T, \frac{f_{yk}}{1,15} * A_T \right\}$$

Siendo:

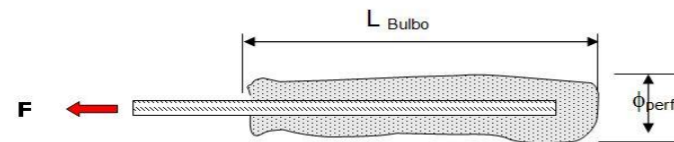
- $f_{pk}$  el límite de rotura del acero del bulón
- $f_{yk}$  el límite elástico del acero del bulón
- $A_T$  la sección transversal del bulón

Se comprueba que la carga límite del anclaje por rotura del acero es mayor que la carga nominal mayorada, es decir, que  $P1_{lim} > P_{Nd}$ .

#### ▪ ARRANCAMIENTO

La máxima sollicitación que puede aguantar un bulón sin que se produzca fallo por arrancamiento del bulbo viene determinada por la siguiente expresión:

$$P3_{lim} = L_b * \pi * D_N * a_{adm}$$



Siendo:

- $L_b$  la longitud del bulbo
- $D_N$  el diámetro de perforación
- $a_{adm}$  la adherencia admisible frente al deslizamiento o arrancamiento que rodea el bulbo.

La adherencia admisible se obtiene minorando la adherencia límite,  $a_{lim}$ , con el coeficiente para anclajes permanentes:

$$a_{adm} = \frac{a_{lim}}{1,65}$$

Se comprueba que por tanto, la carga límite del bulón por arrancamiento del bulbo es mayor que la carga nominal mayorada,  $P3_{lim} > P_{Nd}$ .

#### ▪ DESLIZAMIENTO ENTRE EL ACERO Y LA LECHADA

La carga límite del bulón por deslizamiento ( $P2_{lim}$ ) viene determinada por la siguiente expresión:

$$P2_{lim} = \frac{\tau_{lim} * L_b * P_t}{1,2}$$

Siendo:

- $\tau_{lim}$  la adherencia límite entre el tirante y la lechada
- $P_t$  el perímetro nominal del tirante
- $L_b$  la longitud del bulbo

La adherencia límite entre el tirante y la lechada se obtiene de la siguiente expresión:

$$\tau_{lim} = 6,9 \left( \frac{f_{ck}}{22,5} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Siendo:

$f_{ck}$  la resistencia característica de la lechada

En general, para la lechada se recomienda no utilizar cementos de clase resistente inferior a 42,5 y utilizar una relación de agua/cemento entre 0,60 y 0,40. Con estas prescripciones la resistencia característica de la lechada debe superar los 25 MPa. Esta recomendación es de carácter general, no únicamente para mejorar la adherencia entre acero y lechada.

Con estos valores se comprueba que la carga límite que puede soportar el bulón por deslizamiento es superior a la carga nominal mayorada que lo solicita, es decir, que  $P2_{lim} > P_{Nd}$ .

#### ○ COEFICIENTE DE SEGURIDAD FINAL

El coeficiente de seguridad final del bloque analizado teniendo en cuenta el efecto de las medidas de estabilización propuestas, se obtiene de la siguiente expresión:

$$FSf = \text{Min} \left\{ \frac{R_{mar}}{F_r}, \frac{P1_{lim}}{P_{nd}}, \frac{P2_{lim}}{P_{nd}}, \frac{P3_{lim}}{P_{nd}} \right\}$$

Esta ecuación tiene en cuenta los siguientes modos de fallo del sistema:

- Rotura del conjunto formado por la malla y el cable de refuerzo
- Rotura a tracción del acero del bulón
- Deslizamiento entre la barra del bulón y la lechada
- Arrancamiento total del bulón

Este valor indica que el conjunto del sistema es estable, siendo los márgenes de seguridad obtenidos con las medidas propuestas superiores a los valores mínimos admisibles para este tipo de actuaciones.

#### ➤ CONCLUSIÓN

Tras realizar distintas iteraciones se ha comprobado que los siguientes parámetros verifican las comprobaciones anteriormente mencionadas, según se muestra a continuación, para los taludes nº 4, 5, 6, 11 y 12.

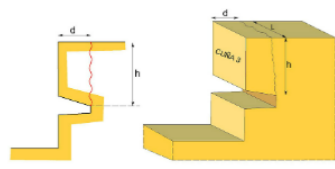
- Malla de triple torsión reforzada con cable de acero
- Cable de refuerzo **Ø12mm**
- Cuadrícula de bulones
  - Separación horizontal **4,00 m**
  - Separación vertical **4,00 m**
  - Longitud **1,50 m**
  - Diámetro **25,00 mm**



✦ **TALUD 4**

**Datos de Cuña**

Cuña 1	Cuña 2	Cuña 3	Cuña 4
Altura, h1 (m)		0.30	
Espesor d(m)		0.45	
Longitud, L(m):		0.65	
Densidad(kN/m <sup>3</sup> )		23	
Referencia - Obra		avila	



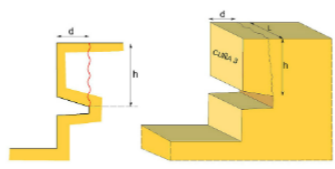
**Datos de Protección**

Proactive	ProActiveST	NetProtect	NetProtect ST
<b>Malla de Triple Torsión Reforzada</b>			
Tipo de Malla	6x8-14		
Cable de Refuerzo	12mm		
<b>Bulones</b>			
Separacion horizontal (m)	4		
Separacion vertical (m)	4		
Longitud, L(m)	1.5		
D. Acero (mm)	25mm		
Adherencia (Mpa)	0.5		
fck lechada (Mpa)	25		
D perforacion (mm)	51mm		

✦ **TALUD 5**

**Datos de Cuña**

Cuña 1	Cuña 2	Cuña 3	Cuña 4
Altura, h1 (m)		0.70	
Espesor d(m)		0.30	
Longitud, L(m):		0.50	
Densidad(kN/m <sup>3</sup> )		23.0	
Referencia - Obra		avila	



**Datos de Protección**

Proactive	ProActiveST	NetProtect	NetProtect ST
<b>Malla de Triple Torsión Reforzada</b>			
Tipo de Malla	6x8-14		
Cable de Refuerzo	12mm		
<b>Bulones</b>			
Separacion horizontal (m)	4		
Separacion vertical (m)	4		
Longitud, L(m)	1.5		
D. Acero (mm)	25mm		
Adherencia (Mpa)	0.5		
fck lechada (Mpa)	25.0		
D perforacion (mm)	51mm		

**Valores calculados**

<b>Datos cuña</b>		
FR (kN)	2.523	
<b>Malla reforzada</b>		
Rmar (kN)	212.701	Cumple
<b>Bulones</b>		
PNd (kN)	3.028	
<b>Tensión del Acero</b>		
P1 (kN)	207.677	Cumple
<b>Arrancamiento</b>		
P3 (kN)	50.979	Cumple
<b>Deslizamiento</b>		
P2 (kN)	508.689	Cumple
FS Final	16.835	Cumple

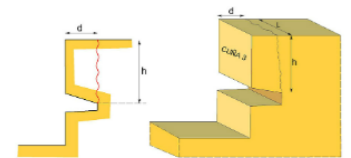
**Valores calculados**

<b>Datos cuña</b>		
FR (kN)	3.019	
<b>Malla reforzada</b>		
Rmar (kN)	214.229	Cumple
<b>Bulones</b>		
PNd (kN)	3.426	
<b>Tensión del Acero</b>		
P1 (kN)	207.677	Cumple
<b>Arrancamiento</b>		
P3 (kN)	58.262	Cumple
<b>Deslizamiento</b>		
P2 (kN)	581.358	Cumple
FS Final	17.008	Cumple

✦ TALUD 6

Datos de Cuña

Cuña 1	Cuña 2	Cuña 3	Cuña 4
Altura, h1 (m) <input type="text" value="0.5"/>			
Espesor d(m) <input type="text" value="0.35"/>			
Longitud, L(m): <input type="text" value="0.2"/>			
Densidad(kN/m <sup>3</sup> ) <input type="text" value="23.0"/>			
Referencia - Obra <input type="text" value="avila"/>			



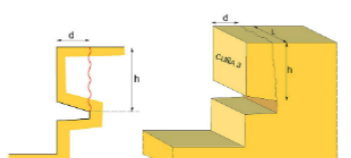
Datos de Protección

Proactive	ProActiveST	NetProtect	NetProtect ST
<b>Malla de Triple Torsión Reforzada</b>			
Tipo de Malla <input type="text" value="6x8-14"/>			
Cable de Refuerzo <input type="text" value="12mm"/>			
<b>Bulones</b>			
Separacion horizontal (m) <input type="text" value="4.0"/>			
Separacion vertical (m) <input type="text" value="4.0"/>			
Longitud, L(m) <input type="text" value="1.5"/>			
D. Acero (mm) <input type="text" value="25mm"/>			
Adherencia (Mpa) <input type="text" value="0.5"/>			
fck lechada (Mpa) <input type="text" value="25.0"/>			
D perforacion (mm) <input type="text" value="51mm"/>			

✦ TALUD 11

Datos de Cuña

Cuña 1	Cuña 2	Cuña 3	Cuña 4
Altura, h1 (m) <input type="text" value="0.8"/>			
Espesor d(m) <input type="text" value="0.7"/>			
Longitud, L(m): <input type="text" value="0.65"/>			
Densidad(kN/m <sup>3</sup> ) <input type="text" value="23.0"/>			
Referencia - Obra <input type="text" value="avila"/>			



Datos de Protección

Proactive	ProActiveST	NetProtect	NetProtect ST
<b>Malla de Triple Torsión Reforzada</b>			
Tipo de Malla <input type="text" value="6x8-14"/>			
Cable de Refuerzo <input type="text" value="12mm"/>			
<b>Bulones</b>			
Separacion horizontal (m) <input type="text" value="4.0"/>			
Separacion vertical (m) <input type="text" value="4.0"/>			
Longitud, L(m) <input type="text" value="1.5"/>			
D. Acero (mm) <input type="text" value="25mm"/>			
Adherencia (Mpa) <input type="text" value="0.5"/>			
fck lechada (Mpa) <input type="text" value="25.0"/>			
D perforacion (mm) <input type="text" value="46mm"/>			

Valores calculados

<b>Datos cuña</b>		
FR (kN)	<input type="text" value="1.006"/>	
<b>Malla reforzada</b>		
Rmar (kN)	<input type="text" value="211.764"/>	Cumple
<b>Bulones</b>		
PNd (kN)	<input type="text" value="1.278"/>	
<b>Tensión del Acero</b>		
P1 (kN)	<input type="text" value="207.677"/>	Cumple
<b>Arrancamiento</b>		
P3 (kN)	<input type="text" value="55.835"/>	Cumple
<b>Deslizamiento</b>		
P2 (kN)	<input type="text" value="557.135"/>	Cumple
FS Final	<input type="text" value="43.697"/>	Cumple

Valores calculados

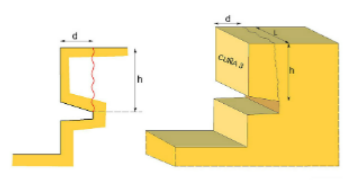
<b>Datos cuña</b>		
FR (kN)	<input type="text" value="10.465"/>	
<b>Malla reforzada</b>		
Rmar (kN)	<input type="text" value="215.905"/>	Cumple
<b>Bulones</b>		
PNd (kN)	<input type="text" value="11.253"/>	
<b>Tensión del Acero</b>		
P1 (kN)	<input type="text" value="207.677"/>	Cumple
<b>Arrancamiento</b>		
P3 (kN)	<input type="text" value="35.034"/>	Cumple
<b>Deslizamiento</b>		
P2 (kN)	<input type="text" value="387.572"/>	Cumple
FS Final	<input type="text" value="3.113"/>	Cumple



✦ TALUD 12

Datos de Cuña

Cuña 1	Cuña 2	Cuña 3	Cuña 4
Altura, h1 (m)	0.8		
Espesor d(m)	0.5		
Longitud, L(m):	0.6		
Densidad(kN/m3)	23.0		
Referencia - Obra	avila		



Datos de Protección

Proactive	ProActiveST	NelProtect	NelProtect ST
<b>Malla de Triple Torsión Reforzada</b>			
Tipo de Malla	6x8-14		
Cable de Refuerzo	12mm		
<b>Bulones</b>			
Separacion horizontal (m)	4.0		
Separacion vertical (m)	4.0		
Longitud, L(m)	1.5		
D. Acero (mm)	25mm		
Adherencia (Mpa)	0.5		
fck lechada (Mpa)	25.0		
D perforacion (mm)	46mm		

Valores calculados

<b>Datos cuña</b>		
FR (kN)	6.9	
<b>Malla reforzada</b>		
Rmar (kN)	215.511	Cumple
<b>Bulones</b>		
PNd (kN)	7.5	
<b>Tensión del Acero</b>		
P1 (kN)	207.677	Cumple
<b>Arrancamiento</b>		
P3 (kN)	43.792	Cumple
<b>Deslizamiento</b>		
P2 (kN)	484.465	Cumple
FS Final	5.839	Cumple
<b>Cambiar</b>		<b>Generar informe</b>

3.3. RED DE CABLE 3X3 – ROTURA POR DESCALCE

➤ DATOS DE PARTIDA

Los datos geométricos de la cuña analizada y los parámetros geotécnicos utilizados para los cálculos de estabilidad de la misma son los siguientes:

- Altura (h)
- Espesor (d)
- Longitud (L)
- Densidad (kN/m<sup>3</sup>)

➤ ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

○ MODELO DE ROTURA

Se ha realizado un análisis de estabilidad considerando la formación de una cuña cuya superficie de rotura está próxima a la cara exterior del macizo rocoso de análisis y, cuyo peso se considera representativo de los distintos bloques que se pueden desprender a nivel superficial. El siguiente croquis muestra la geometría considerada de la cuña de estudio.

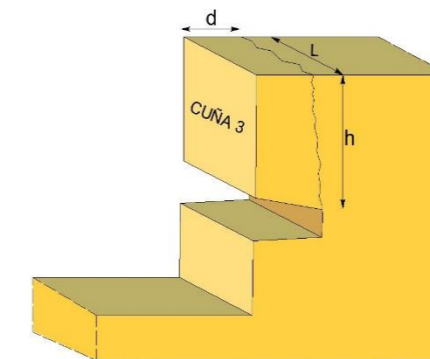


Figura 16 - Croquis modelo de análisis de rotura por desprendimientos. Fuente: Elaboración propia.

○ MEDIDAS DE ESTABILIZACIÓN

Se han realizado las siguientes medidas para controlar los desprendimientos:

- Red de cable
  - Resistencia unitaria
  - Diámetro de cable de cosido
- Cuadrícula de bulones
  - Separación horizontal
  - Separación vertical
  - Longitud total
  - Diámetro

### ○ FUERZA RESULTANTE

A continuación, se va a proceder a calcular la fuerza resultante de todas las solicitaciones para posteriormente comparar esta con la capacidad resistencia de cada uno de los elementos del sistema propuesto.

Se ha considerado como solicitación del sistema la totalidad del peso del bloque, ya que la superficie de rotura considerada es prácticamente vertical. En esta situación, no se han tenido en cuenta los términos de rozamiento y cohesión, ya que se considera que una vez que la grieta de rotura quede totalmente abierta, no habrá ningún elemento contrario al desprendimiento del bloque. La fuerza resultante,  $F_r$ , viene determinada por la siguiente expresión.

$$F_r = h * d * L * \gamma * 1,25$$

Siendo:

- $\gamma$  el peso específico de la roca
- $h, d$  y  $L$  las dimensiones de la roca según la figura 16.

Se ha considerado un coeficiente de mayoración de cargas de 1,25 para tener en cuenta la naturaleza dinámica del desprendimiento.

### ○ CABLE DE COSIDO

La máxima solicitación que puede aguantar el sistema de cables de cosido,  $R_2$ , esta la siguiente:

$$R_2 = R_{2u} * \left( \frac{L}{sh} + \frac{h}{sv} + 2 \right)$$

Siendo:

- $R_2$  la resistencia del conjunto de cables de cosido
- $sv$  la separación vertical
- $sh$  la separación horizontal
- $R_{2u}$  la resistencia minorada de cada cable ( $F_{Sacer}=1,15$ )
- $h$  y  $L$  las dimensiones de la roca según la figura 16.

Con lo cual se comprueba que la resistencia del conjunto de cables de cosido es mayor que la fuerza que ejerce el bloque sobre ellos,  $R_2 > F_r$ .

### ○ RESISTENCIA DE LA RED

La carga máxima que puede soportar la red viene determinada por la siguiente expresión:

$$R_1 = R_{1u} * s_v * s_h$$

Siendo:

- $R_{1u}$  la resistencia minorada unitaria de la red ( $F_{S-1,67}$ )
- $sv$  la separación vertical
- $sh$  la separación horizontal

Por lo tanto, la resistencia de toda la superficie de red es mayor que la fuerza que la solicita si,  $R_1 > F_r$ .

### ○ BULONES

Para el cálculo a tracción de los bulones se ha seguido la "Guía para el diseño y la ejecución de anclajes al terreno en obras de carretera", elaborada por la Dirección General de Carreteras.

La carga nominal que solicita cada anclaje, se denomina  $P_{Nd}$ , y viene determinada por la siguiente expresión:

$$P_{Nd} = \frac{F_r}{\left( \frac{l}{sh} + 1 \right) * \left( \frac{h}{sv} + 1 \right)} * 1,5$$

Siendo:

- $sh$  la separación horizontal
- $sv$  la separación vertical
- $F_r$  la fuerza resultante
- $h$  y  $l$  las dimensiones de la roca según la figura 16.

Se ha considerado un coeficiente de mayoración de 1,5 para la carga, por considerarse la misma como una acción permanente.

### ▪ TENSIÓN ADMISIBLE DEL ACERO

La máxima fuerza admisible en el acero ( $P_{1lim}$ ) es la menor de las siguientes condiciones, referentes estas al límite elástico y de rotura del acero:

$$P_{1lim} = \text{Min} \left\{ \frac{f_{pk}}{1,30} * A_T, \frac{f_{yk}}{1,15} * A_T \right\}$$

Siendo:

- $f_{pk}$  el límite de rotura del acero del bulón
- $f_{yk}$  el límite elástico del acero del bulón
- $A_T$  la sección transversal del bulón

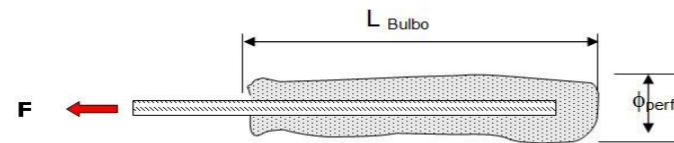
Se comprueba que la carga límite del anclaje por rotura del acero es mayor que la carga nominal mayorada, es decir, que  $P_{1lim} > P_{Nd}$ .



### ARRANCAMIENTO

La máxima sollicitación que puede aguantar un bulón sin que se produzca fallo por arrancamiento del bulbo viene determinada por la siguiente expresión:

$$P3_{lim} = L_b * \pi * D_N * a_{adm}$$



Siendo:

- $L_b$  la longitud del bulbo
- $D_N$  el diámetro de perforación
- $a_{adm}$  la adherencia admisible frente al deslizamiento o arrancamiento que rodea el bulbo.

La adherencia admisible se obtiene minorando la adherencia límite,  $a_{lim}$ , con el coeficiente para anclajes permanentes:

$$a_{adm} = \frac{a_{lim}}{1,65}$$

Se comprueba que por tanto, la carga límite del bulón por arrancamiento del bulbo es mayor que la carga nominal mayorada,  $P3_{lim} > P_{Nd}$ .

### DESPLAZAMIENTO ENTRE EL ACERO Y LA LECHADA

La carga límite del bulón por deslizamiento ( $P2_{lim}$ ) viene determinada por la siguiente expresión:

$$P2_{lim} = \frac{\tau_{lim} * L_b * P_t}{1,2}$$

Siendo:

- $\tau_{lim}$  la adherencia límite entre el tirante y la lechada
- $P_t$  el perímetro nominal del tirante
- $L_b$  la longitud del bulbo

La adherencia límite entre el tirante y la lechada se obtiene de la siguiente expresión:

$$\tau_{lim} = 6,9 \left( \frac{f_{ck}}{22,5} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Siendo:

$f_{ck}$  la resistencia característica de la lechada

En general, para la lechada se recomienda no utilizar cementos de clase resistente inferior a 42,5 y utilizar una relación de agua/cemento entre 0,60 y 0,40. Con estas prescripciones la resistencia característica de la lechada debe superar los 25 MPa. Esta recomendación es de carácter general, no únicamente para mejorar la adherencia entre acero y lechada.

Con estos valores se comprueba que la carga límite que puede soportar el bulón por deslizamiento es superior a la carga nominal mayorada que lo solicita, es decir, que  $P2_{lim} > P_{Nd}$ .

### COEFICIENTE DE SEGURIDAD FINAL

El coeficiente de seguridad final del bloque analizado teniendo en cuenta el efecto de las medidas de estabilización propuestas, se obtiene de la siguiente expresión:

$$FSf = \text{Min} \left\{ \frac{R1}{F_r}, \frac{R2}{F_r}, \frac{P1_{lim}}{P_{nd}}, \frac{P2_{lim}}{P_{nd}}, \frac{P3_{lim}}{P_{nd}} \right\}$$

Esta ecuación tiene en cuenta los siguientes modos de fallo del sistema:

- Rotura de la red
- Rotura del cable de cosido
- Rotura a tracción del acero del bulón
- Deslizamiento entre la barra del bulón y la lechada
- Arrancamiento total del bulón

De esta ecuación se obtiene el siguiente valor para el coeficiente de seguridad del sistema, según los modos de fallo mencionados anteriormente.

Este valor indica que el conjunto del sistema es estable, siendo los márgenes de seguridad obtenidos con las medidas propuestas superiores a los valores mínimos admisibles para este tipo de actuaciones.

### CONCLUSIÓN

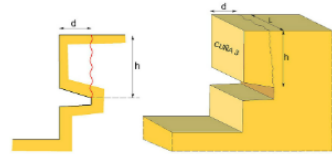
Del estudio realizado se desprende que la solución analizada cumple todas las condiciones estructurales para retener el desprendimiento del bloque superficial considerado. Por tanto, se proponen las siguientes medidas de estabilización para el talud nº 2.

- > Red de cable
  - o Resistencia unitaria (apertura / diámetro de cable)
  - o Diámetro de cable de cosido **Ø12mm**
- > Cuadrícula de bulones
  - o Separación horizontal **3,00 m**
  - o Separación vertical **3,00 m**
  - o Longitud **3,00 m**
  - o Diámetro **25,00 mm**

✦ TALUD 2

Datos de Cuña

Cuña 1	Cuña 2	Cuña 3	Cuña 4
Altura, h1 (m)		1.2	
Espesor d(m)		0.9	
Longitud, L(m):		1.3	
Densidad(kN/m3)		23.0	
Referencia - Obra		avila	



Datos de Protección

Proactive	ProActiveST	NetProtect	NetProtect ST
<b>Malla de Triple Torsión Reforzada</b>			
Tipo de Malla	6x8-14		
Cable de Refuerzo	12mm		
<b>Bulones</b>			
Separacion horizontal (m)	4.0		
Separacion vertical (m)	4.0		
Longitud, L(m)	2.0		
D. Acero (mm)	25mm		
Adherencia (Mpa)	0.5		
fck lechada (Mpa)	25.0		
D perforacion (mm)	51mm		

Valores calculados

<b>Datos cuña</b>		
FR (kN)	40.365	
<b>Malla reforzada</b>		
Rmar (kN)	226.158	Cumple
<b>Bulones</b>		
PNd (kN)	35.151	
<b>Tensión del Acero</b>		
P1 (kN)	207.677	Cumple
<b>Arrancamiento</b>		
P3 (kN)	53.407	Cumple
<b>Deslizamiento</b>		
P2 (kN)	532.912	Cumple
FS Final	1.519	Cumple

3.4. RED DE CABLE 3X3 – ROTURA POR CUÑA

➤ DATOS DE PARTIDA

Los datos geométricos del bloque analizado y los parámetros geotécnicos utilizados para los cálculos de estabilidad de la misma son los siguientes:

- Altura (h)
- Espesor (d)
- Longitud (L)
- Inclinación (b)
- Cohesión (c)
- Rozamiento interno
- Densidad
- Acción sísmica

➤ ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

○ MODELO DE ROTURA

Se ha realizado un análisis de estabilidad considerando la formación de una cuña cuya superficie de rotura está próxima a la cara exterior del macizo rocoso de análisis y, cuyo peso se considera representativo de los distintos bloques que se pueden desprender a nivel superficial. El siguiente croquis muestra la geometría considerada de la cuña de estudio.

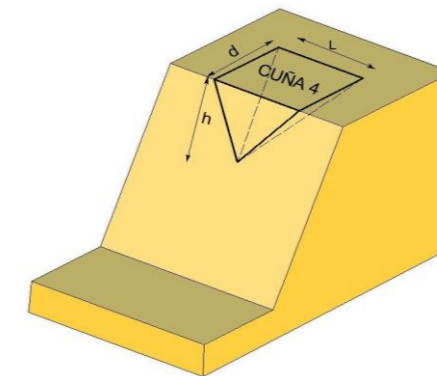


Figura 17- Croquis modelo de análisis de rotura por cuña. Fuente: Elaboración propia.

○ COEFICIENTE DE SEGURIDAD INICIAL

Para el cálculo del coeficiente de seguridad de la cuña considerada en la situación inicial, es decir, sin tener en cuenta las medidas de estabilización, se ha utilizado la siguiente expresión:



$$FS = \frac{\sum F_e}{\sum F_d} = \frac{c * L_r + (P * \cos\alpha_r - S * \sin\alpha_r) * tg\phi}{P * \sin\alpha_r + S * \cos\alpha_r}$$

Siendo:

- $F_e$  las fuerzas estabilizadores
- $F_d$  las fuerzas desestabilizadoras
- $C$  la cohesión
- $L_r$  la superficie de rotura
- $P$  el peso de la cuña
- $S$  la fuerza sísmica horizontal
- $\alpha_r$  la pendiente de la línea de rotura
- $\phi$  el ángulo de rozamiento

○ **MEDIDAS DE ESTABILIZACIÓN**

Se han realizado las siguientes medidas para controlar los desprendimientos:

- Red de cable
  - Resistencia unitaria
  - Diámetro de cable de cosido
- Cuadrícula de bulones
  - Separación horizontal
  - Separación vertical
  - Longitud total
  - Diámetro

○ **FUERZA RESULTANTE**

A continuación, se va a proceder a calcular la fuerza resultante de todas las sollicitaciones para posteriormente comparar esta con la capacidad resistencia de cada uno de los elementos del sistema propuesto.

Se ha considerado como sollicitación del sistema la totalidad del peso de la cuña, ya que la superficie de rotura considerada es prácticamente vertical. En esta situación, no se han tenido en cuenta los términos de rozamiento y cohesión, ya que se considera que una vez que la grieta de rotura quede totalmente abierta, no habrá ningún elemento contrario al desprendimiento del bloque. La fuerza resultante,  $F_r$ , viene determinada por la siguiente expresión.

$$F_r = 1,25 * [P * \sin\alpha_r - (P * \cos\alpha_r - S * \sin\alpha_r) * tg\phi + S * \cos\alpha_r]$$

Siendo:

- $F_r$  la fuerza resultante
- $P$  el peso de la cuña
- $S$  la fuerza sísmica horizontal
- $\alpha_r$  la pendiente de la línea de rotura
- $\phi$  el ángulo de rozamiento

Se ha considerado un coeficiente de mayoración de cargas de 1,25 para tener en cuenta la naturaleza dinámica del desprendimiento.

○ **CABLE DE COSIDO**

La máxima sollicitación que puede aguantar el sistema de cables de cosido,  $R_2$ , esta la siguiente:

$$R_2 = R_{2u} * \left( \frac{L}{sh} + * \frac{h}{sv} + 2 \right)$$

Siendo:

- $R_2$  la resistencia del conjunto de cables de cosido
- $sv$  la separación vertical
- $sh$  la separación horizontal
- $R_{2u}$  la resistencia minorada de cada cable ( $F_{sacer}=1,15$ )
- $h$  y  $L$  las dimensiones de la roca según la figura 17.

Con lo cual se comprueba que la resistencia del conjunto de cables de cosido es mayor que la fuerza que ejerce el bloque sobre ellos,  $R_2 > Fr$ .

○ **RESISTENCIA DE LA RED**

La carga máxima que puede soportar la red viene determinada por la siguiente expresión:

$$R_1 = R_{1u} * s_v * s_h$$

Siendo:

- $R_{1u}$  la resistencia minorada unitaria de la red ( $F_{S-1,67}$ ).
- $sv$  la separación vertical
- $sh$  la separación horizontal

Por lo tanto, la resistencia de toda la superficie de red es mayor que la fuerza que la sollicita si,  $R_1 > Fr$ .

## ○ BULONES

Para el cálculo a tracción de los bulones se ha seguido la “Guía para el diseño y la ejecución de anclajes al terreno en obras de carretera”, elaborada por la Dirección General de Carreteras.

La carga nominal que solicita cada anclaje, se denomina  $P_{Nd}$ , y viene determinada por la siguiente expresión:

$$P_{Nd} = \frac{F_r}{\left(\frac{l}{sh} + 1\right) * \left(\frac{h}{sv} + 1\right)} * 1,5$$

Siendo:

- sh la separación horizontal
- sv la separación vertical
- $F_r$  la fuerza resultante
- h y L las dimensiones de la roca según la figura 17.

Se ha considerado un coeficiente de mayoración de 1,5 para la carga, por considerarse la misma como una acción permanente.

### ▪ TENSIÓN ADMISIBLE DEL ACERO

La máxima fuerza admisible en el acero ( $P1_{lim}$ ) es la menor de las siguientes condiciones, referentes estas al límite elástico y de rotura del acero:

$$P1_{lim} = \text{Min} \left\{ \frac{f_{pk}}{1,30} * A_T, \frac{f_{yk}}{1,15} * A_T \right\}$$

Siendo:

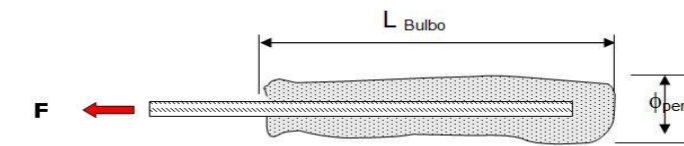
- $f_{pk}$  el límite de rotura del acero del bulón
- $f_{yk}$  el límite elástico del acero del bulón
- $A_T$  la sección transversal del bulón

Se comprueba que la carga límite del anclaje por rotura del acero es mayor que la carga nominal mayorada, es decir, que  $P1_{lim} > P_{Nd}$ .

### ▪ ARRANCAMIENTO

La máxima sollicitación que puede aguantar un bulón sin que se produzca fallo por arrancamiento del bulbo viene determinada por la siguiente expresión:

$$P3_{lim} = L_b * \pi * D_N * a_{adm}$$



Siendo:

- $L_b$  la longitud del bulbo
- $D_N$  el diámetro de perforación
- $a_{adm}$  la adherencia admisible frente al deslizamiento o arrancamiento que rodea el bulbo.

La adherencia admisible se obtiene minorando la adherencia límite,  $a_{adm}$ , con el coeficiente para anclajes permanentes:

$$a_{adm} = \frac{a_{lim}}{1,65}$$

Se comprueba que por tanto, la carga límite del bulón por arrancamiento del bulbo es mayor que la carga nominal mayorada,  $P3_{lim} > P_{Nd}$ .

### ▪ DESLIZAMIENTO ENTRE EL ACERO Y LA LECHADA

La carga límite del bulón por deslizamiento ( $P2_{lim}$ ) viene determinada por la siguiente expresión:

$$P2_{lim} = \frac{\tau_{lim} * L_b * P_t}{1,2}$$

Siendo:

- $\tau_{lim}$  la adherencia límite entre el tirante y la lechada
- $P_t$  el perímetro nominal del tirante
- $L_b$  la longitud del bulbo

La adherencia límite entre el tirante y la lechada se obtiene de la siguiente expresión:

$$\tau_{lim} = 6,9 \left( \frac{f_{ck}}{22,5} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Siendo:

$f_{ck}$  la resistencia característica de la lechada

En general, para la lechada se recomienda no utilizar cementos de clase resistente inferior a 42,5 y utilizar una relación de agua/cemento entre 0,60 y 0,40. Con estas prescripciones la resistencia característica de la lechada debe superar los 25 MPa. Esta recomendación es de carácter general, no únicamente para mejorar la adherencia entre acero y lechada.

Con estos valores se comprueba que la carga límite que puede soportar el bulón por deslizamiento es superior a la carga nominal mayorada que lo solicita, es decir, que  $P2_{lim} > P_{Nd}$ .

#### ○ COEFICIENTE DE SEGURIDAD FINAL

El coeficiente de seguridad final del bloque analizado teniendo en cuenta el efecto de las medidas de estabilización propuestas, se obtiene de la siguiente expresión:

$$FSf = \text{Min} \left\{ \frac{R1}{F_r}, \frac{R2}{F_r}, \frac{P1_{lim}}{P_{nd}}, \frac{P2_{lim}}{P_{nd}}, \frac{P3_{lim}}{P_{nd}} \right\}$$

Esta ecuación tiene en cuenta los siguientes modos de fallo del sistema:

- Rotura de la red
- Rotura del cable de cosido
- Rotura a tracción del acero del bulón
- Deslizamiento entre la barra del bulón y la lechada
- Arrancamiento total del bulón

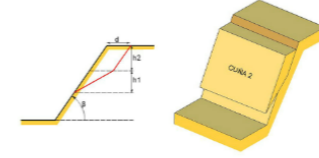
Este valor indica que el conjunto del sistema es estable, siendo los márgenes de seguridad obtenidos con las medidas propuestas superiores a los valores mínimos admisibles para este tipo de actuaciones.

#### ➤ CONCLUSIÓN

Del estudio realizado se desprende que la solución analizada cumple todas las condiciones estructurales para retener el desprendimiento del bloque superficial considerado. Por tanto, se proponen las siguientes medidas de estabilización para los taludes nº 3 y 9, según se muestra a continuación se verifican las comprobaciones anteriormente mencionadas.

- > Red de cable
  - Resistencia unitaria (Paneles 300 mm)
  - Diámetro de cable de cosido **Ø12mm**
- > Cuadrícula de bulones
  - Separación horizontal **3,00 m**
  - Separación vertical **3,00 m**
  - Longitud **3,00 m**
  - Diámetro **25,00 mm**

### ✦ TALUD 3

Datos de Cuña				Datos de Protección			
Cuña 1	Cuña 2	Cuña 3	Cuña 4	Proactive	Proactive ST	NelProtect	NelProtect ST
Altura, h1 (m) <input type="text" value="0.45"/> Altura, h2 (m) <input type="text" value="0.3"/> Espesor d(m) <input type="text" value="0.5"/> Inclinación &#946;: <input type="text" value="86.0"/> Cohesión(kN/M2) <input type="text" value="0.0"/> Roz.Interno &#9966;: <input type="text" value="0.0"/> Densidad(kN/m3) <input type="text" value="23.0"/> Ac.Sismica (m/s2) <input type="text" value="0.0"/> Referencia - Obra <input type="text" value="Ávila"/>				<b>Red de Cable</b> Tipo de Red <input type="text" value="Paneles 300"/> Cable de Refuerzo <input type="text" value="12mm"/>			
				<b>Bulones</b> Separación horizontal (m) <input type="text" value="3.0"/> Separación vertical (m) <input type="text" value="3.0"/> Longitud, L(m) <input type="text" value="3.0"/> D. Acero (mm) <input type="text" value="25mm"/> Adherencia (Mpa) <input type="text" value="0.5"/> fck lechada (Mpa) <input type="text" value="25.0"/> D perforación (mm) <input type="text" value="51mm"/>			

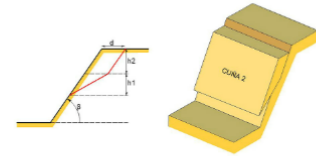
#### Valores calculados

<b>Datos cuña</b>		
FS inicial (kN)	<input type="text" value="0.0"/>	
FR (kN)	<input type="text" value="6.392"/>	
<b>Cable de cosido</b>		
R2 (kN)	<input type="text" value="124.877"/>	Cumple
<b>Red</b>		
R1 (kN)	<input type="text" value="20.259"/>	Cumple
<b>Bulones</b>		
PNd (kN)	<input type="text" value="23.011"/>	
<b>Tensión del Acero</b>		
P1 (kN)	<input type="text" value="207.677"/>	Cumple
<b>Arrancamiento</b>		
P3 (kN)	<input type="text" value="121.38"/>	Cumple
<b>Deslizamiento</b>		
P2 (kN)	<input type="text" value="1211.163"/>	Cumple
FS Final	<input type="text" value="3.169"/>	Cumple



✦ TALUD 9

Datos de Cuña		Datos de Protección	
Cuña 1	Cuña 2	Proactive	Proactive ST
Altura, h1 (m)	0.35	<b>Red de Cable</b>	
Altura, h2 (m)	0.2	Tipo de Red	Paneles 300
Espesor d(m)	0.25	Cable de Refuerzo	12mm
Inclinación &#946;:	86.0	<b>Bulones</b>	
Cohesion(kN/M2)	0.0	Separacion horizontal (m)	3.0
Roz.Interno &#9966;	0.0	Separacion vertical (m)	3.0
Densidad(kN/m3)	23.0	Longitud, L(m)	3.0
Ac.Sismica (m/s2)	0.0	D. Acero (mm)	25mm
Referencia - Obra	avila	Adherencia (Mpa)	0.5
		fck lechada (Mpa)	25.0
		D perforacion (mm)	51mm



Valores calculados

<b>Datos cuña</b>	
FS inicial (kN)	0.0
FR (kN)	2.424
<b>Cable de cosido</b>	
R2 (kN)	119.619 Cumple
<b>Red</b>	
R1 (kN)	14.857 Cumple
<b>Bulones</b>	
PNd (kN)	9.217
<b>Tensión del Acero</b>	
P1 (kN)	207.677 Cumple
<b>Arrancamiento</b>	
P3 (kN)	133.518 Cumple
<b>Deslizamiento</b>	
P2 (kN)	1332.28 Cumple
FS Final	6.13 Cumple

3.5. RED DE ANILLOS 4X4 – ROTURA POR DESCALCE

➤ DATOS DE PARTIDA

Los datos geométricos del bloque analizado y los parámetros geotécnicos utilizados para los cálculos de estabilidad de la misma son los siguientes:

- Altura (h)
- Espesor (d)
- Longitud (L)
- Densidad

➤ ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

○ MODELO DE ROTURA

Se ha realizado un análisis de estabilidad considerando la formación de un bloque cuya superficie de rotura está próxima a la cara exterior del macizo rocoso de análisis y, cuyo peso se considera representativo de los distintos bloques que se pueden desprender a nivel superficial. El siguiente croquis muestra la geometría considerada de la cuña de estudio.

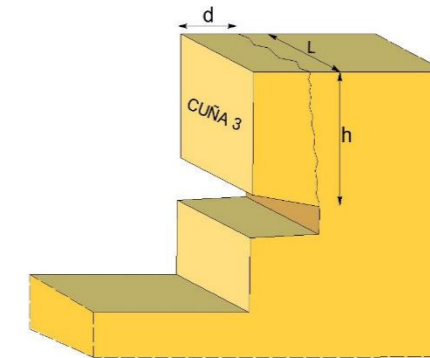


Figura 18 - Croquis modelo de análisis de rotura por desprendimientos. Fuente: Elaboración propia.

○ MEDIDAS DE ESTABILIZACIÓN

Se han realizado las siguientes medidas para controlar los desprendimientos:

- Red de anillos
  - Resistencia unitaria
  - Cable de cosido
- Cuadrícula de bulones
  - Separación horizontal
  - Separación vertical
  - Longitud total
  - Diámetro

### ○ FUERZA RESULTANTE

A continuación, se va a proceder a calcular la fuerza resultante de todas las solicitaciones para posteriormente comparar esta con la capacidad resistencia de cada uno de los elementos del sistema propuesto.

Se ha considerado como solicitación del sistema la totalidad del peso del bloque, ya que la superficie de rotura considerada es prácticamente vertical. En esta situación, no se han tenido en cuenta los términos de rozamiento y cohesión, ya que se considera que una vez que la grieta de rotura quede totalmente abierta, no habrá ningún elemento contrario al desprendimiento del bloque. La fuerza resultante,  $F_r$ , viene determinada por la siguiente expresión.

$$F_r = h * d * L * \gamma * 1,25$$

Siendo:

- $\gamma$  el peso específico de la roca
- $h, d$  y  $L$  las dimensiones de la roca según la figura 18.

Se ha considerado un coeficiente de mayoración de cargas de 1,25 para tener en cuenta la naturaleza dinámica del desprendimiento.

### ○ CABLE DE COSIDO

La máxima solicitación que puede aguantar el sistema de cables de cosido,  $R_2$ , esta la siguiente:

$$R_2 = R_{2u} * \left( \frac{L}{sh} + \frac{h}{sv} + 2 \right)$$

Siendo:

- $R_2$  la resistencia del conjunto de cables de cosido
- $sv$  la separación vertical
- $sh$  la separación horizontal
- $R_{2u}$  la resistencia minorada de cada cable ( $FS_{acer}=1,15$ )
- $h$  y  $L$  las dimensiones de la roca según la figura 18.

Con lo cual se comprueba que la resistencia del conjunto de cables de cosido es mayor que la fuerza que ejerce el bloque sobre ellos,  $R_2 > F_r$ .

### ○ RESISTENCIA DE LA RED

La carga máxima que puede soportar la red viene determinada por la siguiente expresión:

$$R_1 = R_{1u} * s_v * s_h$$

Siendo:

- $R_{1u}$  la resistencia minorada unitaria de la red (FS-1,67)
- $sv$  la separación vertical
- $sh$  la separación horizontal

Por lo tanto, la resistencia de toda la superficie de red es mayor que la fuerza que la solicita si,  $R_1 > F_r$ .

### ○ BULONES

Para el cálculo a tracción de los bulones se ha seguido la "Guía para el diseño y la ejecución de anclajes al terreno en obras de carretera", elaborada por la Dirección General de Carreteras.

La carga nominal que solicita cada anclaje, se denomina  $P_{Nd}$ , y viene determinada por la siguiente expresión:

$$P_{Nd} = \frac{F_r}{\left( \frac{l}{sh} + 1 \right) * \left( \frac{h}{sv} + 1 \right)} * 1,5$$

Siendo:

- $sh$  la separación horizontal
- $sv$  la separación vertical
- $F_r$  la fuerza resultante
- $h$  y  $L$  las dimensiones de la roca según la figura 18.

Se ha considerado un coeficiente de mayoración de 1,5 para la carga, por considerarse la misma como una acción permanente.

### ▪ TENSIÓN ADMISIBLE DEL ACERO

La máxima fuerza admisible en el acero ( $P_{1lim}$ ) es la menor de las siguientes condiciones, referentes estas al límite elástico y de rotura del acero:

$$P_{1lim} = \text{Min} \left\{ \frac{f_{pk}}{1,30} * A_T, \frac{f_{yk}}{1,15} * A_T \right\}$$

Siendo:

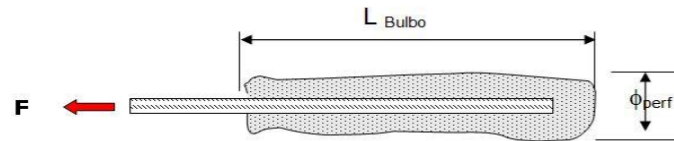
- $f_{pk}$  el límite de rotura del acero del bulón
- $f_{yk}$  el límite elástico del acero del bulón
- $A_T$  la sección transversal del bulón

Se comprueba que la carga límite del anclaje por rotura del acero es mayor que la carga nominal mayorada, es decir, que  $P_{1lim} > P_{Nd}$ .

### ARRANCAMIENTO

La máxima sollicitación que puede aguantar un bulón sin que se produzca fallo por arrancamiento del bulbo viene determinada por la siguiente expresión:

$$P3_{lim} = L_b * \pi * D_N * a_{adm}$$



Siendo:

- $L_b$  la longitud del bulbo
- $D_N$  el diámetro de perforación
- $a_{adm}$  la adherencia admisible frente al deslizamiento o arrancamiento que rodea el bulbo.

La adherencia admisible se obtiene minorando la adherencia límite,  $a_{lim}$ , con el coeficiente para anclajes permanentes:

$$a_{adm} = \frac{a_{lim}}{1,65}$$

Se comprueba que por tanto, la carga límite del bulón por arrancamiento del bulbo es mayor que la carga nominal mayorada,  $P3_{lim} > P_{Nd}$ .

### DESIZAMIENTO ENTRE EL ACERO Y LA LECHADA

La carga límite del bulón por deslizamiento ( $P2_{lim}$ ) viene determinada por la siguiente expresión:

$$P2_{lim} = \frac{\tau_{lim} * L_b * P_t}{1,2}$$

Siendo:

- $\tau_{lim}$  la adherencia límite entre el tirante y la lechada
- $P_t$  el perímetro nominal del tirante
- $L_b$  la longitud del bulbo

La adherencia límite entre el tirante y la lechada se obtiene de la siguiente expresión:

$$\tau_{lim} = 6,9 \left( \frac{f_{ck}}{22,5} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Siendo:

$f_{ck}$  la resistencia característica de la lechada

En general, para la lechada se recomienda no utilizar cementos de clase resistente inferior a 42,5 y utilizar una relación de agua/cemento entre 0,60 y 0,40. Con estas prescripciones la resistencia característica de la lechada debe superar los 25 MPa. Esta recomendación es de carácter general, no únicamente para mejorar la adherencia entre acero y lechada.

Con estos valores se comprueba que la carga límite que puede soportar el bulón por deslizamiento es superior a la carga nominal mayorada que lo solicita, es decir, que  $P2_{lim} > P_{Nd}$ .

### COEFICIENTE DE SEGURIDAD FINAL

El coeficiente de seguridad final del bloque analizado teniendo en cuenta el efecto de las medidas de estabilización propuestas, se obtiene de la siguiente expresión:

$$FSf = \text{Min} \left\{ \frac{R1}{F_r}, \frac{R2}{F_r}, \frac{P1_{lim}}{P_{nd}}, \frac{P2_{lim}}{P_{nd}}, \frac{P3_{lim}}{P_{nd}} \right\}$$

Esta ecuación tiene en cuenta los siguientes modos de fallo del sistema:

- Rotura de la red
- Rotura del cable de cosido
- Rotura a tracción del acero del bulón
- Deslizamiento entre la barra del bulón y la lechada
- Arrancamiento total del bulón

De esta ecuación se obtiene el siguiente valor para el coeficiente de seguridad del sistema, según los modos de fallo mencionados anteriormente.

Este valor indica que el conjunto del sistema es estable, siendo los márgenes de seguridad obtenidos con las medidas propuestas superiores a los valores mínimos admisibles para este tipo de actuaciones.

### CONCLUSIÓN

Del estudio llevado a cabo se proponen las siguientes medidas de estabilización a aplicar en los taludes nº 8 y 10. A continuación se muestran los output del software empleado donde se observa que se verifican todas las comprobaciones.

- > Red de cable
  - o Resistencia unitaria (2/350)
  - o Diámetro de cable de cosido **Ø12mm**
- > Cuadrícula de bulones
  - o Separación horizontal **4,00 m**
  - o Separación vertical **4,00 m**
  - o Longitud **1,50 m**
  - o Diámetro **25,00 mm**



✦ TALUD 8

### Datos de Cuña

Cuña 1	Cuña 2	Cuña 3	Cuña 4
Altura, h1 (m)	1.20		
Espesor d(m)	0.75		
Longitud, L(m):	0.60		
Densidad(kN/m3)	23.0		
Referencia - Obra	avila		



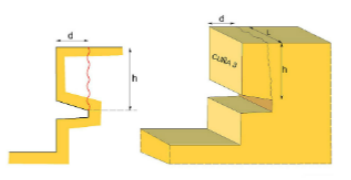
### Datos de Protección

Proactive	Proactive ST	NetProtect	NetProtect ST
<b>Red de Anillos</b>			
Tipo de Red	LitoStop 2/350		
Cable de Refuerzo	12mm		
<b>Bulones</b>			
Separacion horizontal (m)	4.0		
Separacion vertical (m)	4.0		
Longitud, L(m)	1.5		
D. Acero (mm)	25mm		
Adherencia (Mpa)	0.5		
fck lechada (Mpa)	25.0		
D perforacion (mm)	51mm		

✦ TALUD 10

### Datos de Cuña

Cuña 1	Cuña 2	Cuña 3	Cuña 4
Altura, h1 (m)	0.65		
Espesor d(m)	0.9		
Longitud, L(m):	0.85		
Densidad(kN/m3)	23		
Referencia - Obra	avila		



### Datos de Protección

Proactive	Proactive ST	NetProtect	NetProtect ST
<b>Red de Anillos</b>			
Tipo de Red	LitoStop 2/350		
Cable de Refuerzo	8mm		
<b>Bulones</b>			
Separacion horizontal (m)	4		
Separacion vertical (m)	4		
Longitud, L(m)	1.5		
D. Acero (mm)	25mm		
Adherencia (Mpa)	0.5		
fck lechada (Mpa)	25		
D perforacion (mm)	51mm		

Valores calculados

<b>Datos cuña</b>		
FR (kN)	15.525	
<b>Cable de cosido</b>		
R2 (kN)	193.23	Cumple
<b>Red</b>		
R1 (kN)	958.084	Cumple
<b>Bulones</b>		
PNd (kN)	15.577	
<b>Tensión del Acero</b>		
P1 (kN)	207.677	Cumple
<b>Arrancamiento</b>		
P3 (kN)	36.414	Cumple
<b>Deslizamiento</b>		
P2 (kN)	363.349	Cumple
FS Final	2.338	Cumple

Valores calculados

<b>Datos cuña</b>		
FR (kN)	14.296	
<b>Cable de cosido</b>		
R2 (kN)	83.228	Cumple
<b>Red</b>		
R1 (kN)	958.084	Cumple
<b>Bulones</b>		
PNd (kN)	15.214	
<b>Tensión del Acero</b>		
P1 (kN)	207.677	Cumple
<b>Arrancamiento</b>		
P3 (kN)	29.131	Cumple
<b>Deslizamiento</b>		
P2 (kN)	290.679	Cumple
FS Final	1.915	Cumple

### 3.6. RED DE ANILLOS 4X4 – ROTURA POR CUÑA

#### ➤ DATOS DE PARTIDA

Los datos geométricos del bloque analizado y los parámetros geotécnicos utilizados para los cálculos de estabilidad de la misma son los siguientes:

- Altura (h)
- Espesor (d)
- Longitud (L)
- Inclinación (b)
- Cohesión (c)
- Rozamiento interno
- Densidad
- Acción sísmica

#### ➤ ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

##### ○ MODELO DE ROTURA

Se ha realizado un análisis de estabilidad considerando la formación de una cuña cuya superficie de rotura está próxima a la cara exterior del macizo rocoso de análisis y, cuyo peso se considera representativo de los distintos bloques que se pueden desprender a nivel superficial. El siguiente croquis muestra la geometría considerada de la cuña de estudio.

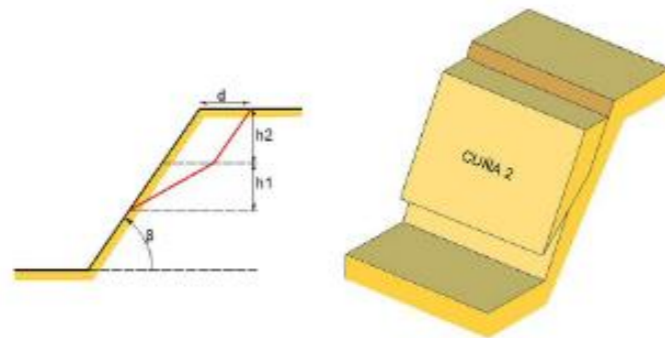


Figura 19 - Croquis modelo de análisis de rotura por cuña. Fuente: PRODISAT.

##### ○ COEFICIENTE DE SEGURIDAD INICIAL

Para el cálculo del coeficiente de seguridad de la cuña considerada en la situación inicial, es decir, sin tener en cuenta las medidas de estabilización, se ha utilizado la siguiente expresión:

$$FS = \frac{\sum F_e}{\sum F_d} = \frac{c * L_r + (P * \cos\alpha_r - S * \sin\alpha_r) * \text{tg}\phi}{P * \sin\alpha_r + S * \cos\alpha_r}$$

Siendo:

- $F_e$  las fuerzas estabilizadores
- $F_d$  las fuerzas desestabilizadoras
- $C$  la cohesión
- $L_r$  la superficie de rotura
- $P$  el peso de la cuña
- $S$  la fuerza sísmica horizontal
- $\alpha_r$  la pendiente de la línea de rotura
- $\phi$  el ángulo de rozamiento

##### ○ MEDIDAS DE ESTABILIZACIÓN

Se han realizado las siguientes medidas para controlar los desprendimientos:

- Red de cable
  - Resistencia unitaria
  - Diámetro de cable de cosido
- Cuadrícula de bulones GEWI 25
  - Separación horizontal
  - Separación vertical
  - Longitud total
  - Diámetro

##### ○ FUERZA RESULTANTE

A continuación, se va a proceder a calcular la fuerza resultante de todas las solicitaciones para posteriormente comparar esta con la capacidad resistencia de cada uno de los elementos del sistema propuesto.

Se ha considerado como solicitación del sistema la totalidad del peso de la cuña, ya que la superficie de rotura considerada es prácticamente vertical. En esta situación, no se han tenido en cuenta los términos de rozamiento y cohesión, ya que se considera que una vez que la grieta de rotura quede totalmente abierta, no habrá ningún elemento contrario al desprendimiento del bloque. La fuerza resultante,  $F_r$ , viene determinada por la siguiente expresión.

$$F_r = 1,25 * [P * \text{sen}\alpha_r - (P * \text{cos}\alpha_r - S * \text{sen}\alpha_r) * \text{tg}\phi + S * \text{cos}\alpha_r]$$

- $F_r$  la fuerza resultante
- $P$  el peso de la cuña
- $S$  la fuerza sísmica horizontal
- $\alpha_r$  la pendiente de la línea de rotura
- $\phi$  el ángulo de rozamiento

Se ha considerado un coeficiente de mayoración de cargas de 1,25 para tener en cuenta la naturaleza dinámica del desprendimiento.

#### ○ CABLE DE COSIDO

La máxima sollicitación que puede aguantar el sistema de cables de cosido,  $R2$ , esta la siguiente:

$$R2 = R2_u * \left( \frac{L}{sh} + \frac{h}{sv} + 2 \right)$$

Siendo:

- $R2$  la resistencia del conjunto de cables de cosido
- $sv$  la separación vertical
- $sh$  la separación horizontal
- $R2_u$  la resistencia minorada de cada cable ( $FS_{acero}=1,15$ ).
- $h$  y  $L$  las dimensiones de la roca según la figura 19.

Con lo cual se comprueba que la resistencia del conjunto de cables de cosido es mayor que la fuerza que ejerce el bloque sobre ellos,  $R2 > Fr$ .

#### ○ RESISTENCIA DE LA RED

La carga máxima que puede soportar la red viene determinada por la siguiente expresión:

$$R1 = R1_u * s_v * s_h$$

Siendo:

- $R1_u$  la resistencia minorada unitaria de la red ( $FS=1,67$ ).
- $sv$  la separación vertical
- $sh$  la separación horizontal

Por lo tanto, la resistencia de toda la superficie de red es mayor que la fuerza que la solicita si,  $R1 > Fr$ .

#### ○ BULONES

Para el cálculo a tracción de los bulones se ha seguido la "Guía para el diseño y la ejecución de anclajes al terreno en obras de carretera", elaborada por la Dirección General de Carreteras.

La carga nominal que solicita cada anclaje, se denomina  $P_{Nd}$ , y viene determinada por la siguiente expresión:

$$P_{Nd} = \frac{F_r}{\left( \frac{l}{sh} + 1 \right) * \left( \frac{h}{sv} + 1 \right)} * 1,5$$

Siendo:

- $sh$  la separación horizontal
- $sv$  la separación vertical
- $F_r$  la fuerza resultante
- $h$  y  $L$  las dimensiones de la roca según la figura 19.

Se ha considerado un coeficiente de mayoración de 1,5 para la carga, por considerarse la misma como una acción permanente.

#### ▪ TENSIÓN ADMISIBLE DEL ACERO

La máxima fuerza admisible en el acero ( $P1_{lim}$ ) es la menor de las siguientes condiciones, referentes estas al límite elástico y de rotura del acero:

$$P1_{lim} = \text{Min} \left\{ \frac{f_{pk}}{1,30} * A_T, \frac{f_{yk}}{1,15} * A_T \right\}$$

Siendo:

- $f_{pk}$  el límite de rotura del acero del bulón
- $f_{yk}$  el límite elástico del acero del bulón
- $A_T$  la sección transversal del bulón

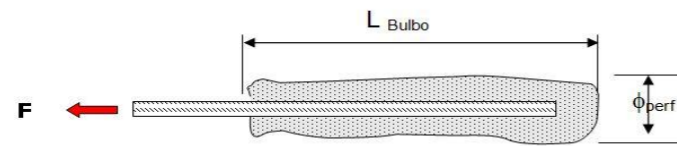
Se comprueba que la carga límite del anclaje por rotura del acero es mayor que la carga nominal mayorada, es decir, que  $P1_{lim} > P_{Nd}$ .

#### ▪ ARRANCAMIENTO

La máxima sollicitación que puede aguantar un bulón sin que se produzca fallo por arrancamiento del bulbo viene determinada por la siguiente expresión:

$$P3_{lim} = L_b * \pi * D_N * a_{adm}$$





Siendo:

- $L_b$  la longitud del bulbo
- $D_N$  el diámetro de perforación
- $a_{adm}$  la adherencia admisible frente al deslizamiento o arrancamiento que rodea el bulbo.

La adherencia admisible se obtiene minorando la adherencia límite,  $a_{lim}$ , con el coeficiente para anclajes permanentes:

$$a_{adm} = \frac{a_{lim}}{1,65}$$

Se comprueba que por tanto, la carga límite del bulón por arrancamiento del bulbo es mayor que la carga nominal mayorada,  $P3_{lim} > P_{Nd}$ .

#### ▪ DESLIZAMIENTO ENTRE EL ACERO Y LA LECHADA

La carga límite del bulón por deslizamiento ( $P2_{lim}$ ) viene determinada por la siguiente expresión:

$$P2_{lim} = \frac{\tau_{lim} * L_b * P_t}{1,2}$$

Siendo:

- $\tau_{lim}$  la adherencia límite entre el tirante y la lechada
- $P_t$  el perímetro nominal del tirante
- $L_b$  la longitud del bulbo

La adherencia límite entre el tirante y la lechada se obtiene de la siguiente expresión:

$$\tau_{lim} = 6,9 \left( \frac{f_{ck}}{22,5} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Siendo:

$f_{ck}$  la resistencia característica de la lechada

En general, para la lechada se recomienda no utilizar cementos de clase resistente inferior a 42,5 y utilizar una relación de agua/cemento entre 0,60 y 0,40. Con estas prescripciones la resistencia característica de la lechada debe superar los 25 MPa. Esta recomendación es de carácter general, no únicamente para mejorar la adherencia entre acero y lechada.

Con estos valores se comprueba que la carga límite que puede soportar el bulón por deslizamiento es superior a la carga nominal mayorada que lo solicita, es decir, que  $P2_{lim} > P_{Nd}$ .

#### ○ COEFICIENTE DE SEGURIDAD FINAL

El coeficiente de seguridad final del bloque analizado teniendo en cuenta el efecto de las medidas de estabilización propuestas, se obtiene de la siguiente expresión:

$$FSf = \text{Min} \left\{ \frac{R1}{F_r}, \frac{R2}{F_r}, \frac{P1_{lim}}{P_{Nd}}, \frac{P2_{lim}}{P_{Nd}}, \frac{P3_{lim}}{P_{Nd}} \right\}$$

Esta ecuación tiene en cuenta los siguientes modos de fallo del sistema:

- Rotura de la red
- Rotura del cable de cosido
- Rotura a tracción del acero del bulón
- Deslizamiento entre la barra del bulón y la lechada
- Arrancamiento total del bulón

Este valor indica que el conjunto del sistema es estable, siendo los márgenes de seguridad obtenidos con las medidas propuestas superiores a los valores mínimos admisibles para este tipo de actuaciones.

#### ➤ CONCLUSIÓN

Del estudio llevado a cabo se proponen las siguientes medidas de estabilización a aplicar en los taludes nº 6y 7. Con estos parámetros se verifican las comprobaciones descritas anteriormente.

- > Red de cable
  - Resistencia unitaria (2/350)
  - Diámetro de cable de cosido **Ø12mm**
- > Cuadrícula de bulones
  - Separación horizontal **4,00 m**
  - Separación vertical **4,00 m**
  - Longitud **1,50 m**
  - Diámetro **25,00 mm**

### ✦ TALUD 6

Datos de Cuña		Datos de Protección																																																	
Cuña 1	Cuña 2	Proactive	Proactive ST																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Cuña 1</th> <th>Cuña 2</th> <th>Cuña 3</th> <th>Cuña 4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Altura, h1 (m)</td> <td>0.5</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Altura, h2 (m)</td> <td>0.35</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Espesor d(m)</td> <td>0.20</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Inclinación &amp;#946;:</td> <td>85</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cohesion(kN/M2)</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Roz.Interno &amp;#966;:</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Densidad(kN/m3)</td> <td>23</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ac.Sismica (m/s2)</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Referencia - Obra</td> <td>avila</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Cuña 1	Cuña 2	Cuña 3	Cuña 4	Altura, h1 (m)	0.5			Altura, h2 (m)	0.35			Espesor d(m)	0.20			Inclinación &#946;:	85			Cohesion(kN/M2)	0			Roz.Interno &#966;:	0			Densidad(kN/m3)	23			Ac.Sismica (m/s2)	0			Referencia - Obra	avila										
Cuña 1	Cuña 2	Cuña 3	Cuña 4																																																
Altura, h1 (m)	0.5																																																		
Altura, h2 (m)	0.35																																																		
Espesor d(m)	0.20																																																		
Inclinación &#946;:	85																																																		
Cohesion(kN/M2)	0																																																		
Roz.Interno &#966;:	0																																																		
Densidad(kN/m3)	23																																																		
Ac.Sismica (m/s2)	0																																																		
Referencia - Obra	avila																																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Proactive</th> <th>Proactive ST</th> <th>NetProtect</th> <th>NetProtect ST</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="4"><b>Red de Anillos</b></td> </tr> <tr> <td>Tipo de Red</td> <td colspan="3">LitoStop 2/350</td> </tr> <tr> <td>Cable de Refuerzo</td> <td colspan="3">12mm</td> </tr> <tr> <td colspan="4"><b>Bulones</b></td> </tr> <tr> <td>Separacion horizontal (m)</td> <td colspan="3">4</td> </tr> <tr> <td>Separacion vertical (m)</td> <td colspan="3">4</td> </tr> <tr> <td>Longitud, L(m)</td> <td colspan="3">1.5</td> </tr> <tr> <td>D. Acero (mm)</td> <td colspan="3">25mm</td> </tr> <tr> <td>Adherencia (Mpa)</td> <td colspan="3">0.5</td> </tr> <tr> <td>fck lechada (Mpa)</td> <td colspan="3">25</td> </tr> <tr> <td>D perforacion (mm)</td> <td colspan="3">51mm</td> </tr> </tbody> </table>				Proactive	Proactive ST	NetProtect	NetProtect ST	<b>Red de Anillos</b>				Tipo de Red	LitoStop 2/350			Cable de Refuerzo	12mm			<b>Bulones</b>				Separacion horizontal (m)	4			Separacion vertical (m)	4			Longitud, L(m)	1.5			D. Acero (mm)	25mm			Adherencia (Mpa)	0.5			fck lechada (Mpa)	25			D perforacion (mm)	51mm		
Proactive	Proactive ST	NetProtect	NetProtect ST																																																
<b>Red de Anillos</b>																																																			
Tipo de Red	LitoStop 2/350																																																		
Cable de Refuerzo	12mm																																																		
<b>Bulones</b>																																																			
Separacion horizontal (m)	4																																																		
Separacion vertical (m)	4																																																		
Longitud, L(m)	1.5																																																		
D. Acero (mm)	25mm																																																		
Adherencia (Mpa)	0.5																																																		
fck lechada (Mpa)	25																																																		
D perforacion (mm)	51mm																																																		

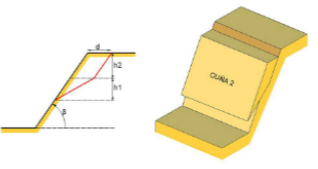


#### Valores calculados

<b>Datos cuña</b>		
FS inicial (kN)	0.0	
FR (kN)	3.297	
<b>Cable de cosido</b>		
R2 (kN)	115.347	Cumple
<b>Red</b>		
R1 (kN)	51.093	Cumple
<b>Bulones</b>		
PNd (kN)	16.315	
<b>Tensión del Acero</b>		
P1 (kN)	207.677	Cumple
<b>Arrancamiento</b>		
P3 (kN)	63.117	Cumple
<b>Deslizamiento</b>		
P2 (kN)	629.805	Cumple
FS Final	3.869	Cumple

### ✦ TALUD 7

Datos de Cuña		Datos de Protección																																																	
Cuña 1	Cuña 2	Proactive	Proactive ST																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Cuña 1</th> <th>Cuña 2</th> <th>Cuña 3</th> <th>Cuña 4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Altura, h1 (m)</td> <td>0.4</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Altura, h2 (m)</td> <td>0.3</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Espesor d(m)</td> <td>0.55</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Inclinación &amp;#946;:</td> <td>90.0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cohesion(kN/M2)</td> <td>0.0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Roz.Interno &amp;#966;:</td> <td>0.0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Densidad(kN/m3)</td> <td>23.0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ac.Sismica (m/s2)</td> <td>0.0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Referencia - Obra</td> <td>avila</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Cuña 1	Cuña 2	Cuña 3	Cuña 4	Altura, h1 (m)	0.4			Altura, h2 (m)	0.3			Espesor d(m)	0.55			Inclinación &#946;:	90.0			Cohesion(kN/M2)	0.0			Roz.Interno &#966;:	0.0			Densidad(kN/m3)	23.0			Ac.Sismica (m/s2)	0.0			Referencia - Obra	avila										
Cuña 1	Cuña 2	Cuña 3	Cuña 4																																																
Altura, h1 (m)	0.4																																																		
Altura, h2 (m)	0.3																																																		
Espesor d(m)	0.55																																																		
Inclinación &#946;:	90.0																																																		
Cohesion(kN/M2)	0.0																																																		
Roz.Interno &#966;:	0.0																																																		
Densidad(kN/m3)	23.0																																																		
Ac.Sismica (m/s2)	0.0																																																		
Referencia - Obra	avila																																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Proactive</th> <th>Proactive ST</th> <th>NetProtect</th> <th>NetProtect ST</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="4"><b>Red de Anillos</b></td> </tr> <tr> <td>Tipo de Red</td> <td colspan="3">LitoStop 3/300</td> </tr> <tr> <td>Cable de Refuerzo</td> <td colspan="3">12mm</td> </tr> <tr> <td colspan="4"><b>Bulones</b></td> </tr> <tr> <td>Separacion horizontal (m)</td> <td colspan="3">4.0</td> </tr> <tr> <td>Separacion vertical (m)</td> <td colspan="3">4.0</td> </tr> <tr> <td>Longitud, L(m)</td> <td colspan="3">2</td> </tr> <tr> <td>D. Acero (mm)</td> <td colspan="3">25mm</td> </tr> <tr> <td>Adherencia (Mpa)</td> <td colspan="3">0.5</td> </tr> <tr> <td>fck lechada (Mpa)</td> <td colspan="3">25.0</td> </tr> <tr> <td>D perforacion (mm)</td> <td colspan="3">51mm</td> </tr> </tbody> </table>				Proactive	Proactive ST	NetProtect	NetProtect ST	<b>Red de Anillos</b>				Tipo de Red	LitoStop 3/300			Cable de Refuerzo	12mm			<b>Bulones</b>				Separacion horizontal (m)	4.0			Separacion vertical (m)	4.0			Longitud, L(m)	2			D. Acero (mm)	25mm			Adherencia (Mpa)	0.5			fck lechada (Mpa)	25.0			D perforacion (mm)	51mm		
Proactive	Proactive ST	NetProtect	NetProtect ST																																																
<b>Red de Anillos</b>																																																			
Tipo de Red	LitoStop 3/300																																																		
Cable de Refuerzo	12mm																																																		
<b>Bulones</b>																																																			
Separacion horizontal (m)	4.0																																																		
Separacion vertical (m)	4.0																																																		
Longitud, L(m)	2																																																		
D. Acero (mm)	25mm																																																		
Adherencia (Mpa)	0.5																																																		
fck lechada (Mpa)	25.0																																																		
D perforacion (mm)	51mm																																																		



#### Valores calculados

<b>Datos cuña</b>		
FS inicial (kN)	0.0	
FR (kN)	6.604	
<b>Cable de cosido</b>		
R2 (kN)	112.389	Cumple
<b>Red</b>		
R1 (kN)	90.12	Cumple
<b>Bulones</b>		
PNd (kN)	33.722	
<b>Tensión del Acero</b>		
P1 (kN)	207.677	Cumple
<b>Arrancamiento</b>		
P3 (kN)	70.4	Cumple
<b>Deslizamiento</b>		
P2 (kN)	702.475	Cumple
FS Final	2.088	Cumple

#### 4. ACTUACIÓN RECOMENDADA

Debido a la morfología de los taludes, a la altura y situaciones de los mismos, se proponen para todos ellos medidas permanentes pasivas. Estos reducirán la gravedad del desprendimiento, modificando su trayectoria y reconduciéndolo, minimizando así los riesgos que pudiera ocasionar.

A continuación, se desarrollarán cada una de las medidas recomendadas para cada uno de los taludes de estudio. Todas estas recomendaciones están basadas en las conclusiones obtenidas de los anejos anteriores, en concreto del “Anejo N°5 – Estudio de estabilidad” y del “Anejo N°6 – Estudio de riesgo”.

##### ➤ TALUD 1

En lo que respecta al Talud 1 se recomienda, previo saneo y desbroce, la instalación de Malla de triple torsión adosada tipo 8x10-16 en toda la superficie del talud comprendida desde el P.K. 94+100 a P.K. 95+210. Esta se anclará correctamente en la coronación del talud mediante el empleo de piquetas tipo bastón de 20 mm y 1m de profundidad, dispuestas cada 2 m.

En lo que respecta al pie del talud, la malla se adosará de manera similar a la coronación, disponiendo las piquetas cada 4 m.

##### ➤ TALUD 2

Para este talud, se pueden diferenciar tres tipos de actuaciones. La primera de ellas, comprendida desde el P.K. 96+930 a 96+950, donde se recomienda la instalación de malla de triple torsión reforzada con cuadrícula de bulones 4x4 tipo GEWI de diámetro 25 mm y longitud de 2m. La tipología de malla de triple torsión a utilizar para la conducción de pequeños desprendimientos será de 8x10-16 y el cable de refuerzo de DN 12 mm.

Por otro lado, en el segundo tramo del talud 2, por presentar una superficie de mayor meteorización, se recomienda la instalación de red de cable con cuadrícula de bulones 3x3 tipo GEWI de diámetro 25 mm y longitud de 3 m. Para llevar a cabo el cosido entre los paneles de red de cable se recomienda el empleo de cable de DN 10 o superior.

##### ➤ TALUD 3

En el talud 3, debido al gran tamaño de bloque posible de caída se recomienda la instalación de red de cable con cuadrícula de bulones 3x3 tipo GEWI de diámetro 25 mm y longitud de 3 m, dispuesta esta desde el PK 97+050 a 97+036, suponiendo esta por tanto una longitud de 36 m.

Aunque en la coronación del mismo se advierte algún bloque de gran volumen, la pendiente en la cual se encuentra y la morfología de este, hace presuponer que su movilización en las condiciones en las que actualmente se encuentran se tratan de no probable. Se propone por tanto revisión de los mismos *in situ* en la ejecución de la obra y anclado de estos al terreno mediante el empleo de bulones de longitud 3 m.

##### ➤ TALUD 4

En lo respectivo al talud 4, se recomienda, previo saneo y desbroce, la instalación de malla de triple torsión reforzada con cuadrícula de bulones 4x4 tipo GEWI de diámetro 25 mm y longitud de 1,50 m. Esta, estará dispuesta desde los PK 97+170 a 97+194, cubriendo una distancia de 24 metros lineales y 8 en altura, la cual supone una superficie de 192 m<sup>2</sup>.

##### ➤ TALUD 5

El talud 5 se corresponde con un talud muy meteorizado en superficie, presentando además dos voladizos en roca en la coronación. Por tanto, se recomienda la instalación de malla de triple torsión reforzada con cuadrícula de bulones 4x4 tipo GEWI de diámetro 25 mm y 1,50 m de longitud, comprendida desde el PK 97+750 a 98+762. Además, para los voladizos, se recomienda para cada uno de ellos, la instalación de un paño de red de anillos con cuadrícula de bulones 4x4 tipo GEWI de 1,50 m. Para el tramo ubicado entre el PK 98+762 a 98+775, se recomienda la instalación de malla de triple torsión adosada, anclada en cabeza y pie de talud mediante el empleo de piquetas de 1 metro de longitud.

##### ➤ TALUD 6

Para el talud 6, se concluye la necesidad de disponer varias soluciones intercaladas en su superficie. En primer lugar, se recomienda, la instalación de malla de triple torsión adosada, anclada en cabeza y pie de talud, mediante el empleo de piquetas de 1m de longitud, ubicada esta desde el PK 111+300 a 111+320. En este mismo tramo, se denota la presencia de una roca en cabeza de talud, recomendado el cableado de la misma, mediante anclajes de 1,50 m de longitud y cable de DN 12.

Seguidamente a la actuación anterior, se recomienda la instalación de malla de triple torsión reforzada con cuadrícula de bulones 4x4 tipo GEWI de diámetro 25 mm y de 1,50 metros de longitud, dispuesta esta entre los PK 133+320 a 111+358 y 111+384 a 111+402.



Por otra parte, entre los PK 111+368 a 111+384, se recomienda la instalación de red de anillos con cuadrícula de bulones tipo GEWI 4x4 de longitud 1,50 metros.

#### ➤ TALUD 7

En lo que respecta a las medidas de estabilización para el talud 7, se recomienda la instalación de red de anillos con cuadrícula de bulones 4x4 tipo GEWI de diámetro 25 mm y longitud 1,50 m. Esta estará dispuesta desde el PK 29+800 a 29+880, cubriendo una longitud de 80 m y una altura de 16 m.

#### ➤ TALUD 8

Se recomienda, previo saneo y desbroce, la instalación de red de anillos con cuadrícula de bulones tipo GEWI de 4x4 y longitud de 1,50 metros, dispuesta la misma desde los PK 55+170 a 55+260. La elección de este sistema radica en la ubicación del talud, al encontrarse este en una zona de bastante concurrencia debido al entorno en el que se encuentra.

#### ➤ TALUD 9

A causa del flujo interno de agua en el macizo, se recomienda previo saneo y desbroce de la vegetación, la instalación de malla de triple torsión reforzada con cuadrícula de bulones tipo GEWI de diámetro 25 mm y longitud de 2 m, dispuesta en la zona de mayor altura del talud, es decir, desde los PK 55+275 a 55+305. Por otra parte, a continuación de la misma, entre los PK 55+305 a 55+320, se recomienda la instalación de red de cable con cuadrícula de bulones 3x3 y longitud de 3m.

#### ➤ TALUD 10

En lo que respecta al talud 10 se recomienda la instalación de red de anillos con cuadrícula de bulones de dimensiones 4x4 y bulones tipo GEWI de longitud 1,50 metros y diámetro 25 mm. La disposición de esta se realizará desde el PK 55+590 a 55+630, cubriendo una longitud total de 40 metros.

#### ➤ TALUD 11

Se recomienda, para la correcta estabilización de este talud, la disposición de malla de triple torsión reforzada, con cuadrícula de bulones 4x4 tipo GEWI de 25 mm de diámetro y 1,50 m de longitud, dispuesta esta desde los PK 58+350 a 58+400, ocupando una longitud de 50 m.

#### ➤ TALUD 12

Para el último talud perteneciente a este estudio, se recomienda la instalación de malla de triple torsión reforzada dispuesta esta con cuadrícula de bulones 4x4 tipo GEWI de longitud 1,50 metros. La ubicación de la misma estará comprendida entre los PK 65+920 a 65+970.

Debido al gran número de soluciones propuestas y resultando las mismas tan variables, en la tabla 1 que se muestra a continuación están recogidas las soluciones propuestas a cada uno de los taludes objeto de estudio y los PK en los cuales se encuentran ubicadas las mismas.

TALUD	P.K. INICIAL	P.K. FINAL	SOLUCIÓN PROPUESTA	
N-403	1	94+100	95+210	Saneo y desbroce Malla de triple torsión adosada
	2	96+930	96+950	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=2
		96+950	96+985	Red de cable (3x3) L=3
	3	97+050	97+086	Red de cable (3x3) L=3
	4	97+150	97+200	Saneo y desbroce
		97+170	97+194	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=1,5
	5	97+750	98+762	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=1,5 2 paños de red de anillos
		98+762	98+775	Malla de triple torsión adosada
	6	111+300	111+320	Malla de triple torsión adosada
		111+310		Cableado de la roca
		111+320	111+358	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=1,5
		111+368	111+384	Red de anillos (4x4)
	111+384	111+402	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=1,5	
N-502	7	29+800	29+880	Red de anillos (4x4)
	8	55+150	55+200	Red de anillos (4x4)
	9	55+275	55+305	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=2
		55+305	55+320	Red de cable (3x3) L=3
	10	55+590	55+630	Red de anillos (4x4)
	11	58+350	58+400	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=1,5
12	65+920	65+970	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=1,5	

Tabla 1 - Resumen de medidas propuestas. Fuente: Elaboración propia.

## **ANEJO VIII – INTEGRACIÓN AMBIENTAL**

---

## INDICE

<b>1. INVENTARIO Y VALORACIÓN AMBIENTAL .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. ANÁLISIS AMBIENTAL .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. CLASIFICACIÓN DEL TERRITORIO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. ANÁLISIS DE IMPACTOS POTENCIALES.....</b>	<b>2</b>
<b>2.1. FASE DE CONSTRUCCIÓN.....</b>	<b>2</b>
<b>2.2. FASE DE EXPLOTACIÓN .....</b>	<b>2</b>
<b>2.3. VALORACIÓN GLOBAL.....</b>	<b>2</b>
<b>3. PROPUESTA DE MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS.....</b>	<b>2</b>
<b>3.1. LOCALIZACIÓN DE ZONAS AUXILIARES TEMPORALES Y PERMANENTES .....</b>	<b>2</b>
<b>3.1.1. ZONA DE INSTALACIONES AUXILIARES .....</b>	<b>2</b>
<b>3.1.2. ACCESOS A OBRA.....</b>	<b>3</b>
<b>3.1.3. PRETAMOS Y VERTEDEROS .....</b>	<b>3</b>
<b>3.2. PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE LOS SUELOS Y LA VEGETACIÓN NATURAL.....</b>	<b>3</b>
<b>3.3. PROTECCIÓN DEL SISTEMA HIDROLÓGICO .....</b>	<b>3</b>
<b>3.4. GESTIÓN DE RESIDUOS .....</b>	<b>3</b>
<b>3.5. PROTECCIÓN ATMOSFÉRICA.....</b>	<b>3</b>
<b>3.6. PROTECCIÓN DE LA FAUNA .....</b>	<b>3</b>
<b>4. RESTAURACIÓN DEL PAISAJE.....</b>	<b>4</b>
<b>4.1. SIEMBRAS .....</b>	<b>4</b>
<b>4.2. PLANTACIONES.....</b>	<b>4</b>
<b>5. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL.....</b>	<b>4</b>
<b>5.1. OBJETIVOS.....</b>	<b>4</b>
<b>5.2. METODOLOGÍA DE SEGUIMIENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>5.3. ASPECTOS Y PARÁMETROS DEL SEGUIMIENTO .....</b>	<b>4</b>



Por medio de la legislación actual es obligatoria la aplicación de medidas correctoras para mitigar y/o eliminar los impactos ambientales que se puedan haber generado debido a la construcción y explotación de infraestructuras. Entre estas medidas se tiene en cuenta la introducción de la vegetación en los nuevos espacios, condicionada por las nuevas infraestructuras construidas, por las nuevas morfologías y por la existencia de un medio de crecimiento de la vegetación capaz de cumplir con la función de mantenerla.

Como parte integrada en dicho proyecto, se redacta el presente anejo de Integración Ambiental cuyo alcance es:

- Describir y analizar los principales condicionantes ambientales que pueden comprometer la idoneidad de esta actuación.
- Identificar las implicaciones ambientales, definiendo su alcance y repercusión con objeto de modificar, siempre que sea técnicamente viable, las actuaciones del proyecto que las generan en la fase de diseño.
- Definir y concretar, en función de la importancia y magnitud de los impactos identificados que no pueden evitarse, las medidas preventivas y correctoras que permitan minimizarlos y corregirlos.

## 1. INVENTARIO Y VALORACIÓN AMBIENTAL

### 1.1. ANALISIS AMBIENTAL

Para asegurar la adecuación del proyecto, se ha analizado la legislación en materia de evaluación de impacto ambiental, tanto a nivel estatal como autonómico:

- Legislación estatal: *Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental.*
- Legislación autonómica: *Decreto administrativo 1/2015, 12 de noviembre, de Evaluación Ambiental.*

### 1.2. CLASIFICACIÓN DEL TERRITORIO

En lo referente a la clasificación del territorio, según la ley 10/2008, de 9 de diciembre, de carreteras de Castilla y León, las zonas en las que tiene lugar la realización de las obras, pertenecen a zonas de afección y a zonas de servidumbre.

En ambas, para la ejecución de obras e instalaciones fijas o provisionales, se requerirá la previa autorización del órgano titular de la carretera, para cambiar el uso o destino de las mismas y plantar o talar árboles.

## 2. ANÁLISIS DE IMPACTOS POTENCIALES

Realizando un análisis del medio y habiendo determinado la importancia de cada uno de los elementos de este, se puede identificar los posibles impactos potenciales, los cuales no necesariamente han de producirse, derivados de la ejecución de las actividades previstas.

### 2.1. FASE DE CONSTRUCCIÓN

Es por ello, que las actuaciones inherentes al proyecto, susceptibles de generar alteraciones ambientales, directa o indirectamente, en el ámbito de su ejecución y explotación son:

- Movimiento de vehículos y maquinaria: transporte de materiales, personal y maquinaria de trabajo.
- Acopio de maquinaria de pequeñas dimensiones y materiales necesarios para la ejecución de las obras.
- Actuaciones de obra civil: demoliciones, excavaciones de escasa entidad, cimentaciones...
- Limpieza final de la obra.

Los impactos potenciales previstos como consecuencia de la ejecución de estas actuaciones son:

- Consumo de recursos
- Generación de residuos de construcción, siendo la mayor parte de ellos inertes
- Posible afección a flora o hábitats faunísticos por ocupación de zonas indebidas.
- Modificación de calidad de las aguas subterráneas y del suelo por vertidos accidentales.
- Incremento de las emisiones de polvo, gases de combustión y ruidos.

### 2.2. FASE DE EXPLOTACIÓN

Los impactos ocasionados en esta fase se deberán principalmente a los ocasionados por en entono o por episodios desprendimientos, siendo los mismos que los existentes en la actualidad. Sin embargo, la ejecución del proyecto implicará un impacto positivo, pues las repercusiones que estos impactos podrían tener disminuirán.

### 2.3. VALORACIÓN GLOBAL

Se puede concluir que el presente proyecto conlleva actuaciones temporales, de escasa magnitud y carácter muy localizado.

Por tanto, no se prevén afecciones directas al medio colindante una vez se establezcan las medidas preventivas y correctoras propuestas, cuya ejecución será controlada a través de la realización de un Programa de Vigilancia Ambiental. Los posibles impactos generados se consideran en todo caso compatibles, y se compensarán con los beneficios que conlleva la ejecución del proyecto.

## 3. PROPUESTA DE MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS

En este apartado se indican las principales medidas para atenuar o suprimir los posibles efectos ambientales negativos derivados del desarrollo de la obra, tanto en lo que respecta a su diseño, como en la ubicación y los procedimientos de anticontaminación y depuración.

Estas medidas se deberán de coordinar con el Plan de Obra, de tal manera que queden integradas con este. Por tanto, con el fin de evitar, reducir o compensar los impactos detectados, algunas de las medidas tendrán carácter general para actuar de forma protectora, mientras que otras más específicas, estarán enfocadas a la corrección de manera concreta de ciertos impactos producidos.

### 3.1. LOCALIZACIÓN DE ZONAS AUXILIARES TEMPORALES Y PERMANENTES

#### 3.1.1. ZONA DE INSTALACIONES AUXILIARES

La realización de la obra implica la ubicación de algunos elementos auxiliares de obra de manera temporal. La definición de la ubicación de estos elementos deberá de realizarse de tal manera que se contemplen tanto las necesidades del proyecto como de la obra, tratando que se produzcan la menor afección posible en el entorno.

Como se trata de una actuación que tiene una extensión de varios kilómetros, los puntos donde se dispongan las instalaciones auxiliares variarán dependiendo de la zona en la que se esté actuando según la programación de la obra en tiempo y orden.

### 3.1.2. ACCESOS A OBRA

El acceso a la obra se realizará por medio de los caminos existentes, no siendo necesaria la creación de nuevos viales de acceso. De forma previa a la realización del Acta de Replanteo, se realizará el acceso a la obra y se procederá a su marcado y jalonamiento para evitar el trasiego de maquinaria fuera del mismo.

### 3.1.3. PRESTAMOS Y VERTEDEROS

Analizadas las actuaciones proyectadas se concluye que no será necesaria la apertura de préstamos ni vertederos. Los materiales necesarios para la ejecución de la obra vendrán de instalaciones industriales autorizadas. Por otra parte, siempre que sea posible, se priorizará el uso de tierras procedentes de la propia obra para la ejecución de posibles rellenos.

## 3.2. PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE LOS SUELOS Y LA VEGETACIÓN NATURAL

En lo referente al tratamiento de suelos contaminados, a pesar de ser una obra en la cual no se incluyen sustancias que puedan provocar la contaminación de los suelos, la maquinaria a emplear, podría producir algún vertido, probablemente de pequeño alcance, que afectaría al entorno más próximo a este vertido.

Por ello, si esto ocurriera, se delimitaría la zona afectada, se construiría una barrera de contención con el fin de evitar la dispersión del mismo, y se retiraría ese suelo afectado, siendo trasladado a una planta de tratamiento o depósito de seguridad.

Por otra parte, en lo referente a la vegetación natural, en determinadas zonas, en especial en aquellas en las que se ha de realizar una limpieza y desbroce de mayor consideración, se deberá de tener en cuenta la vegetación que hay presente en los mismos, en especial, en aquellos taludes en los que se pueda encontrar algún árbol.

## 3.3. PROTECCIÓN DEL SISTEMA HIDROLÓGICO

En lo que respecta a los sistemas fluviales, las actividades proyectadas se ejecutan sobre zonas naturales que tienen su propia escorrentía de forma natural y por tanto su curso hidrológico. Como, las soluciones que se plantean no modifican en consideración la superficie ni morfología natural de los taludes, el sistema hidrológico no se verá por tanto afectado.

## 3.4. GESTIÓN DE RESIDUOS

Desde la entrada en vigor del Real Decreto 105/2008, del 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de residuos de construcción y demolición, entre las obligaciones del productor de residuos de construcción y demolición está la de incluir en el proyecto de ejecución de la obra un estudio de gestión de residuos de construcción y demolición.

Como, este documento tiene carácter docente no se incluye el estudio anterior mencionado, aunque es de mencionar que los residuos que se puedan ocasionar tendrán un carácter inerte, siendo estos derivados de restos de materiales rocosos o tierras, así como restos de elementos metálicos, los cuales han de ser correctamente clasificados y llevados a puntos aptos para su reutilización o reciclaje.

## 3.5. PROTECCIÓN ATMOSFÉRICA

En lo que respecta a la contaminación atmosférica, esta se verá afectada por el polvo y las emisiones generadas que durante la ejecución de las obras pudieran ejercer sobre el entorno debido al tránsito de vehículos y maquinaria de obra y al movimiento y transporte de tierras.

Por ello, con el objetivo de no superar los límites establecidos por el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire, se prevén las siguientes medidas de protección atmosférica:

- Realización de riegos periódicos en los caminos de acceso y zona de obras donde se genere polvo, teniendo en cuenta el tipo de actividades a ejecutar.
- Riego de la vegetación colindante en caso de verse afectada por la acumulación de polvo en su superficie foliar.

## 3.6. PROTECCIÓN DE LA FAUNA

En las zonas en las que se plantean las actuaciones a desarrollar no se ve afectada la destrucción de manera directa de hábitats. Por tanto, la medida protectora general será respetar la zona de ocupación de las obras y caminos de acceso, asimismo, no se deberá tapar ni obstaculizar los pasos de fauna existentes con maquinaria de obra ni acopios o similares.



#### 4. RESTAURACIÓN DEL PAISAJE

Principalmente, la restauración del paisaje estará enfocada en la restitución de elementos, generalmente arbustos o pequeñas plantas, que pudieran haber sido retirado en la fase de limpieza y desbroce del talud.

Los dos tipos de actuaciones básicas a desarrollar por tanto serían.

##### 4.1. SIEMBRAS

Las siembras tienen diferentes finalidades, fundamentalmente, la cubierta vegetal reduce la escorrentía superficial y la erosión. En casos de presentar procesos erosivos importantes, las siembras iniciales tienen como objetivo principal la fijación del sustrato.

Se utilizan especies de rápido crecimiento, capaces de formar un estrato herbáceo denso con relativa rapidez. Entre estas tienen especial consideración tanto las gramíneas como las leguminosas, puesto que tienen un rápido crecimiento a ras del suelo y enraizar de manera densa el mismo.

En este proceso de siembra, será importante considerar tanto la instalación de especies autóctonas que promuevan de manera natural la propia evolución del ecosistema, como que el uso de las especies exóticas puedan generar inicialmente cubiertas vegetales importantes y posteriormente puedan permitir la introducción espontánea o forzada de especies presentes en los ecosistemas naturales de referencia.

##### 4.2. PLANTACIONES

El principal objetivo de las plantaciones será acelerar la sucesión creando la composición, la estructura física y la función del ecosistema de referencia. Se asume que esta combinación de estructura y función será capaz de aportar una serie de beneficios.

En las plantaciones es frecuente encontrar la introducción de plantas leñosas, las cuales tienen un objetivo doble, por una parte, la recuperación de las propias especies, y por otra, las plantas introducidas deben generar una comunidad funcional que requiera la mínima intervención.

En el caso que nos ocupa, la introducción de vegetación arbórea o arbustiva no será de necesidad, pues si esta se ha considerado retirar es propiamente para que no genere mayores daños en las fisuras de los macizos rocosos considerados, creando mayor número de bloques inestables y por consiguiente, mayores riesgos de desprendimientos.

#### 5. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

##### 5.1. OBJETIVOS

El Programa de Vigilancia Ambiental (PVA) debe entenderse como el conjunto de criterios de carácter técnico que, en base a la predicción realizada sobre los efectos ambientales del proyecto, permitirá realizar un seguimiento eficaz y sistemático de lo estipulado como de aquellas alteraciones difíciles de prever que pudieran aparecer durante la ejecución de las obras.

Los objetivos de este serán, por tanto:

- Controlar la correcta ejecución de las medidas previstas en el proyecto de integración ambiental.
- Verificar los estándares de calidad de los materiales y medios empleados en el proyecto.
- Comprobar la eficacia de las medidas protectoras y correctoras establecidas.

##### 5.2. METODOLOGÍA DE SEGUIMIENTO

El seguimiento se basa en la formulación de parámetros que proporcionen la forma de estimar, de manera cuantificada y simple, en la medida de lo posible, la realización de las medidas previstas y sus resultados. Pueden existir, por tanto, dos tipos de parámetros para indicar esto:

- Indicadores de realizaciones, que miden la aplicación y la ejecución efectiva de las medidas correctoras aplicadas.
- Indicadores de eficacia, que miden los resultados obtenidos con la aplicación de la medida correctora correspondiente.

Para la definición de estos parámetros será la parte contratista la encargada de realizarlo, así como la necesidad de su aplicación o no, o por otra parte, de aplicar medidas correctoras de carácter complementario a las ya establecidas.

##### 5.3. ASPECTOS Y PARÁMETROS DEL SEGUIMIENTO

En este apartado se especificarán los aspectos objeto de vigilancia, así como los indicadores establecidos y los criterios para su aplicación.

• PROTECCIÓN DE SUELOS Y VEGETACIÓN NATURAL

OBJETIVO	EVITAR DAÑOS A ZONAS ALEDAÑAS
<b>Actuación de control</b>	Minimizar la superficie de ocupación durante la fase de replanteo. Vigilar la correcta instalación del jalonamiento de obra en el área de ocupación y caminos.
<b>Frecuencia de análisis</b>	Control previo al inicio del replanteo y verificación visual continua durante la ejecución.
<b>Valor umbral</b>	Jalonamiento mal instalado con ocupación de obra mayor a la considerada en el proyecto constructivo.
<b>Medidas complementarias</b>	Reparación, reposición o modificación del jalonamiento en caso de ser necesario.

OBJETIVO	MINIMIZAR LA PRESENCIA DE POLVO EN LA VEGETACIÓN
<b>Actuación de control</b>	Prospección visual
<b>Frecuencia de análisis</b>	Semanal
<b>Valor umbral</b>	Presencia de polvo en la vegetación revisada
<b>Medidas complementarias</b>	Riego de la vegetación afectada.

• PROTECCIÓN DEL SISTEMA HIDROLÓGICO

OBJETIVO	EVITAR VERTIDOS DE HIDROCARBUROS Y OTRAS SUSTANCIAS PELIGROSAS AL TERRENO
<b>Actuación de control</b>	Revisión de actividades susceptibles de provocar derrames en zonas debidamente impermeabilizadas.
<b>Frecuencia de análisis</b>	Diaria
<b>Valor umbral</b>	Presencia de manchas de aceites y/o combustibles en el suelo.
<b>Medidas complementarias</b>	Descontaminación de manchas en el terreno. Retirada de materiales / maquinaria de aquellas zonas no debidamente habilitadas.

• CONTROL DE GESTIÓN DE RESIDUOS

OBJETIVO	GESTIÓN DE RESIDUOS GENERADOS EN OBRA
<b>Actuación de control</b>	Verificación de la existencia de puntos de contenedores señalizados, etiquetados y adecuadamente dimensionados.
<b>Frecuencia de análisis</b>	Inspección visual continua.
<b>Valor umbral</b>	Contenedores inadecuados, mal etiquetados, presencia de residuos mal acopiados o mezclados. Presencia de residuos en lugares no habilitados para su almacenamiento.
<b>Medidas complementarias</b>	Adecuación de contenedores. Concienciación personal de obra.

• PROTECCIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE

OBJETIVO	MANTENER EL AIRE LIBRE DE POLVO
<b>Actuación de control</b>	Prospección visual
<b>Frecuencia de análisis</b>	Diaria o semanal, según climatología.
<b>Valor umbral</b>	Presencia de polvo por simple inspección visual.
<b>Medidas complementarias</b>	Incremento de la humectación en superficies pulverulentas.

• PROTECCIÓN DE LA FAUNA

OBJETIVO	MANTENER EL AIRE LIBRE DE POLVO
<b>Actuación de control</b>	Control de que no se obstaculicen pasos de fauna, así como la invasión de zonas externas al área de ocupación.
<b>Frecuencia de análisis</b>	Continuada
<b>Valor umbral</b>	Obstaculización de pasos de fauna.
<b>Medidas complementarias</b>	Concienciación del personal de obra. Mantener despejados los pasos de fauna.

## **ANEJO IX – PLANOS**

---



## INDICE

### **PLANO Nº1 - SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO**

### **PLANO Nº2 - LOCALIZACIÓN DE TALUDES**

- 2.1. Localización talud 1 Y 2
- 2.2. Localización talud 3 Y 4
- 2.3. Localización talud 5 Y 6
- 2.4. Localización talud 7 Y 8
- 2.5. Localización talud 9 Y 10
- 2.6. Localización talud 11 Y 12

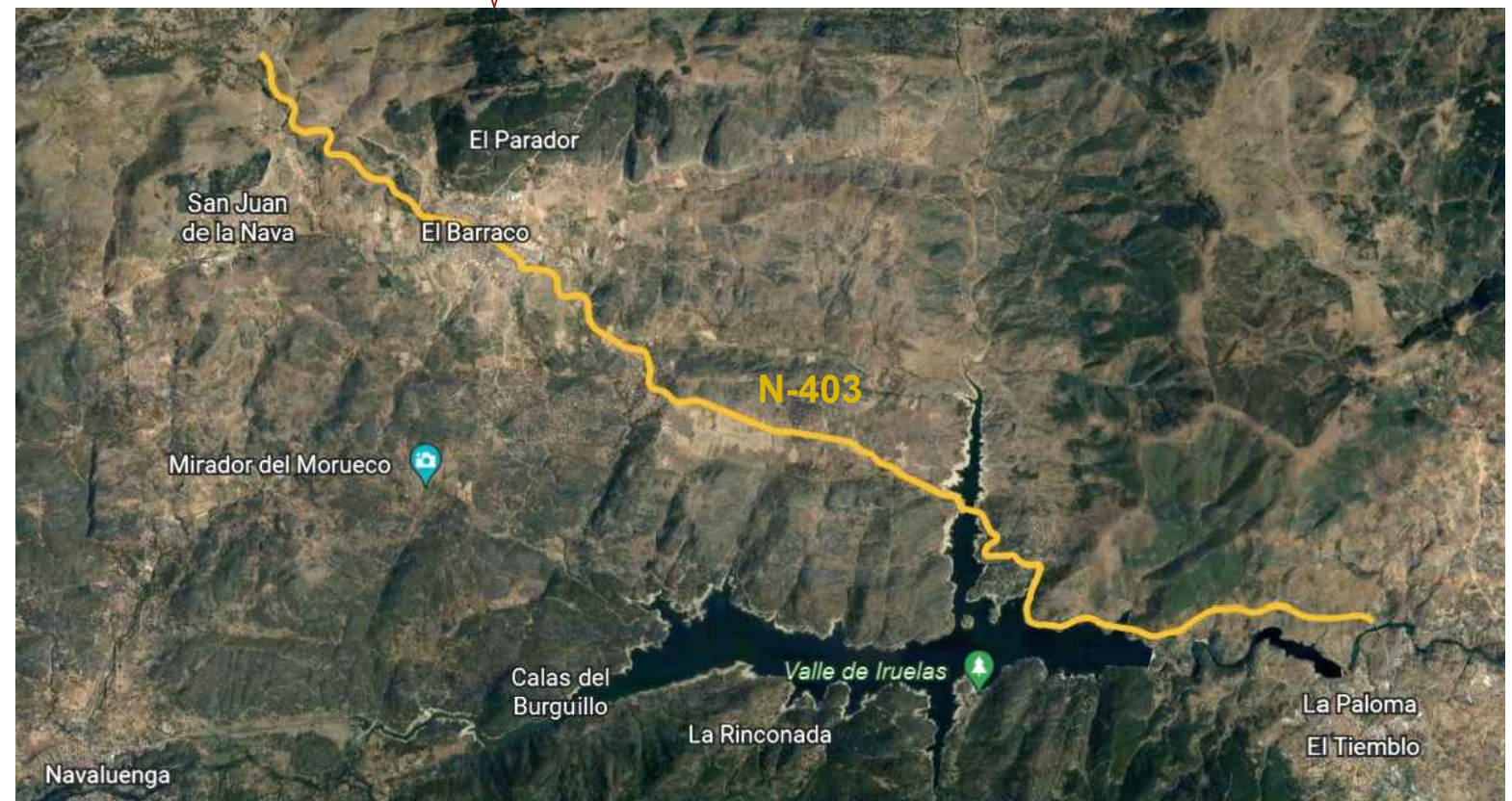
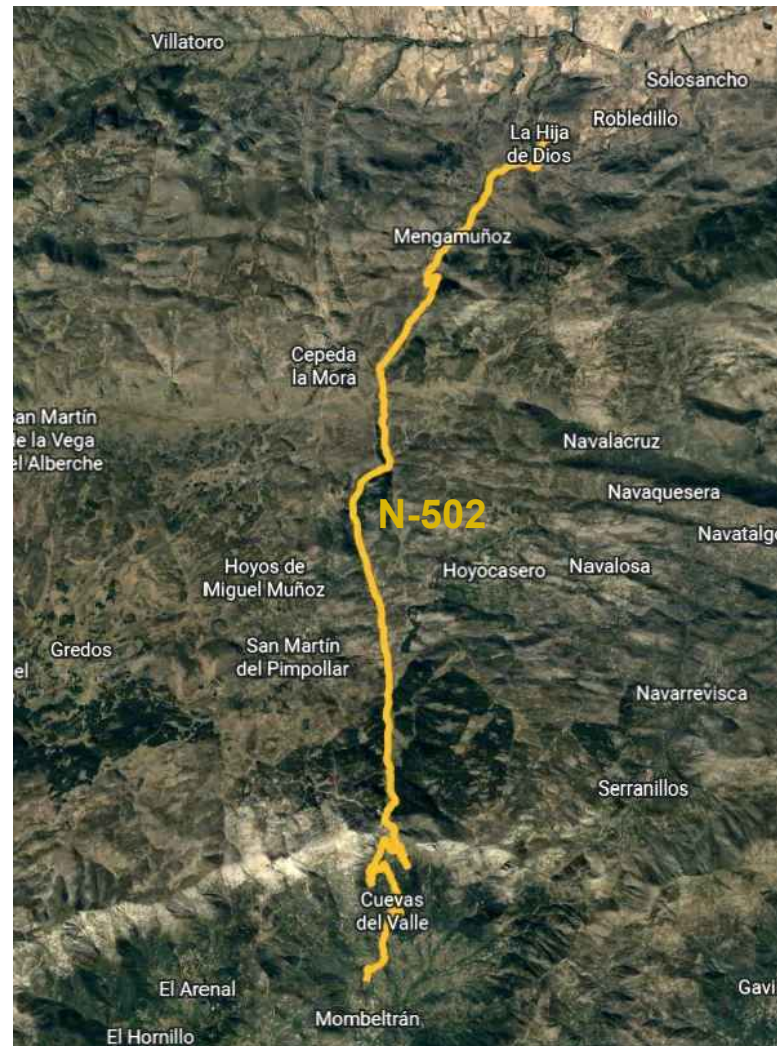
### **PLANO Nº3 - MEDIDAS PROPUESTAS**


- 3.1. Medidas propuestas en talud 1 y 2
- 3.2. Medidas propuestas en talud 3 y 4
- 3.3. Medidas propuestas en talud 5 y 6
- 3.4. Medidas propuestas en talud 7, 8 y 9
- 3.5. Medidas propuestas en talud 10, 11 y 12

### **PLANO Nº4 – DETALLES**

- 4.1. Malla de triple torsión adosada
- 4.2. Malla reforzada con bulones L=1,50– General
- 4.3. Malla reforzada con bulones L=1,50 – Detalles
- 4.4. Malla reforzada con bulones L=2,00 – General
- 4.5. Malla reforzada con bulones L=2,00 – Detalles
- 4.6. Red de cable
- 4.7. Red de anillos





LEYENDA	
	Tramo de estudio



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA  
 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS  
 DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS  
 Proyecto final de master



ESCALA ORIG.  
 SIN ESCALA

TÍTULO DEL PROYECTO  
 ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LAS CARRETERAS N-403, ENTRE EL  
 PK 91+850 Y EL PK 112+100, Y LA N-502, ENTRE EL PK 29+100 Y EL PK 96+000,  
 EN LA PROVINCIA DE ÁVILA.

TÍTULO DEL PLANO  
 SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO N-403 Y N-502

AUTOR:  
 LORENA CUELLAR CASTELLANOS  
 TUTOR:  
 D. MARIA ELVIRA GARRIDO DE LA TORRE

FECHA  
 DICIEMBRE 2022

Nº DE PLANO  
 1  
 HOJA 1 DE 1





LEYENDA	
	Tramo de estudio
	Localización de los taludes
	Talud de análisis



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA  
 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS  
 DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS  
 Proyecto final de master



ESCALA ORIG.  
 SIN ESCALA

TÍTULO DEL PROYECTO  
 ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LAS CARRETERAS N-403, ENTRE EL  
 PK 91+850 Y EL PK 112+100, Y LA N-502, ENTRE EL PK 29+100 Y EL PK 96+000,  
 EN LA PROVINCIA DE ÁVILA.

TÍTULO DEL PLANO  
 LOCALIZACIÓN TALUD 1 Y 2

AUTOR:  
 LORENA CUELLAR CASTELLANOS  
 TUTOR:  
 D. MARIA ELVIRA GARRIDO DE LA TORRE

FECHA  
 DICIEMBRE 2022

Nº DE PLANO  
 2  
 HOJA 1 DE 6





LEYENDA	
	Tramo de estudio
	Localización de los taludes
	Taludes de análisis



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA  
 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS  
 DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS  
 Proyecto final de master



ESCALA ORIG.  
 SIN ESCALA

TÍTULO DEL PROYECTO  
 ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LAS CARRETERAS N-403, ENTRE EL  
 PK 91+850 Y EL PK 112+100, Y LA N-502, ENTRE EL PK 29+100 Y EL PK 96+000,  
 EN LA PROVINCIA DE ÁVILA.

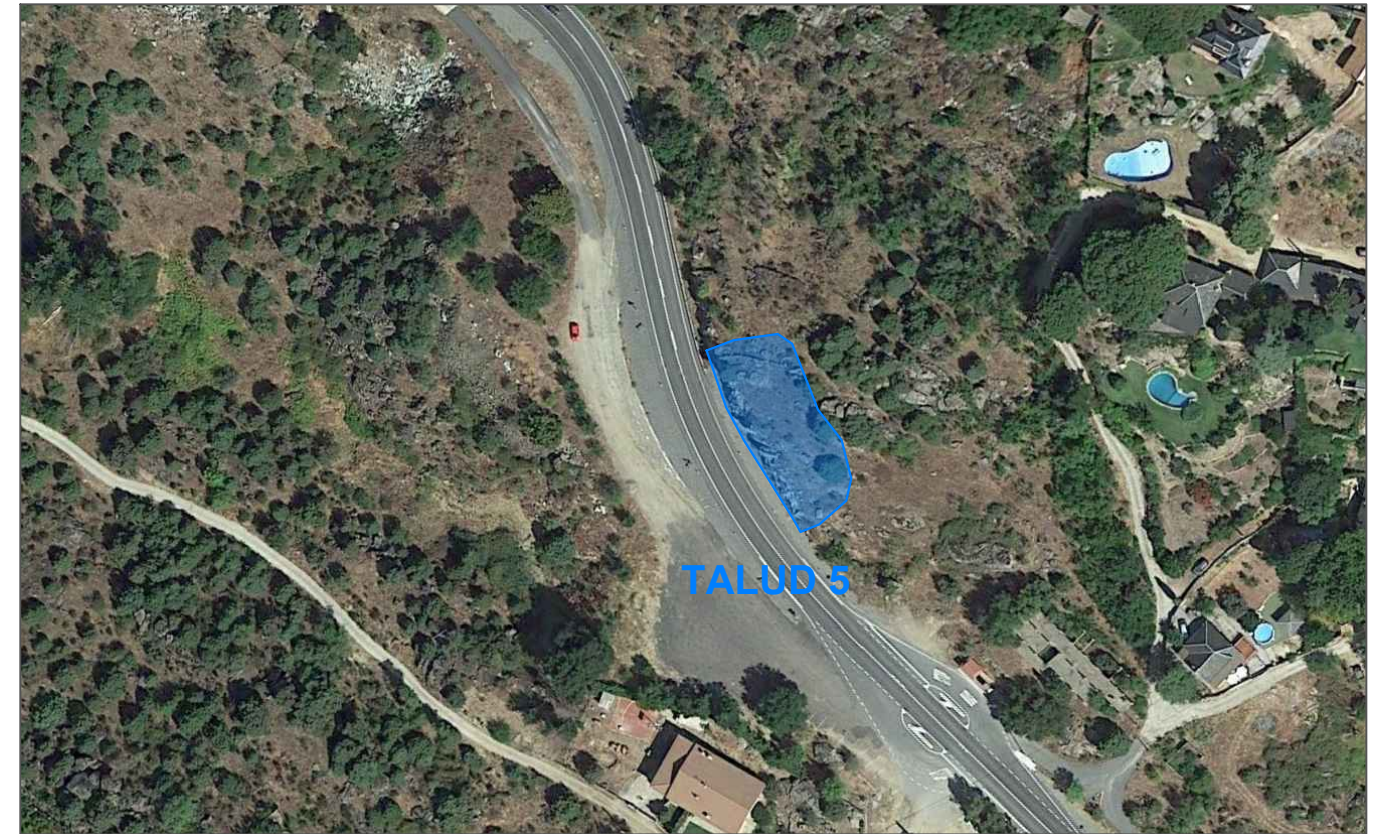
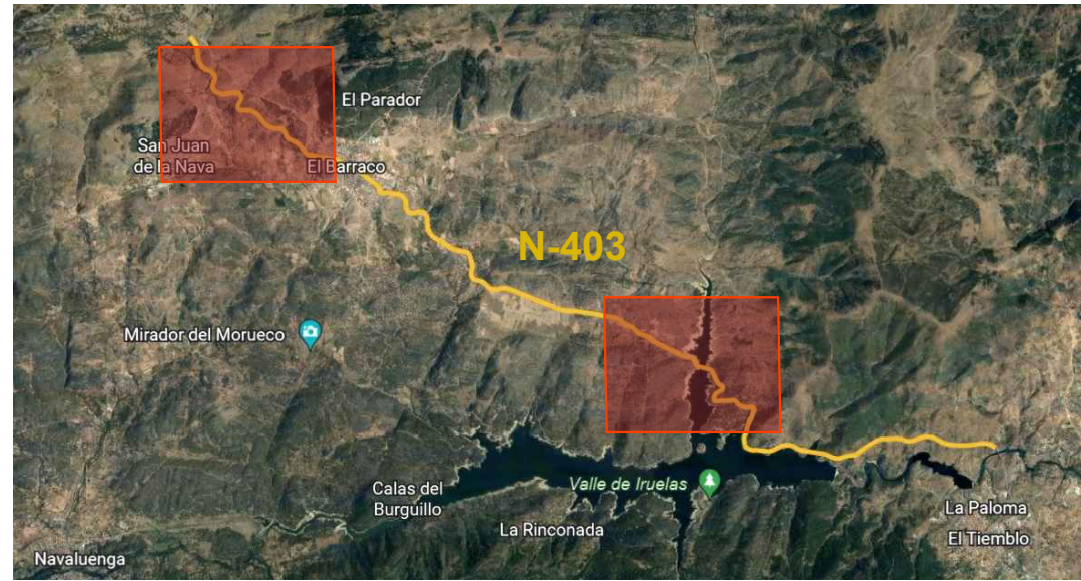
TÍTULO DEL PLANO  
 LOCALIZACIÓN TALUD 3 Y 4




AUTOR:  
 LORENA CUELLAR CASTELLANOS  
 TUTOR:  
 D. MARIA ELVIRA GARRIDO DE LA TORRE

FECHA  
 DICIEMBRE 2022

Nº DE PLANO  
 2  
 HOJA 2 DE 6





LEYENDA	
	Tramo de estudio
	Localización de los taludes
	Taludes de análisis



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA  
 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS  
 DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS  
 Proyecto final de master



ESCALA ORIG.  
 SIN ESCALA

TÍTULO DEL PROYECTO  
 ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LAS CARRETERAS N-403, ENTRE EL  
 PK 91+850 Y EL PK 112+100, Y LA N-502, ENTRE EL PK 29+100 Y EL PK 96+000,  
 EN LA PROVINCIA DE ÁVILA.

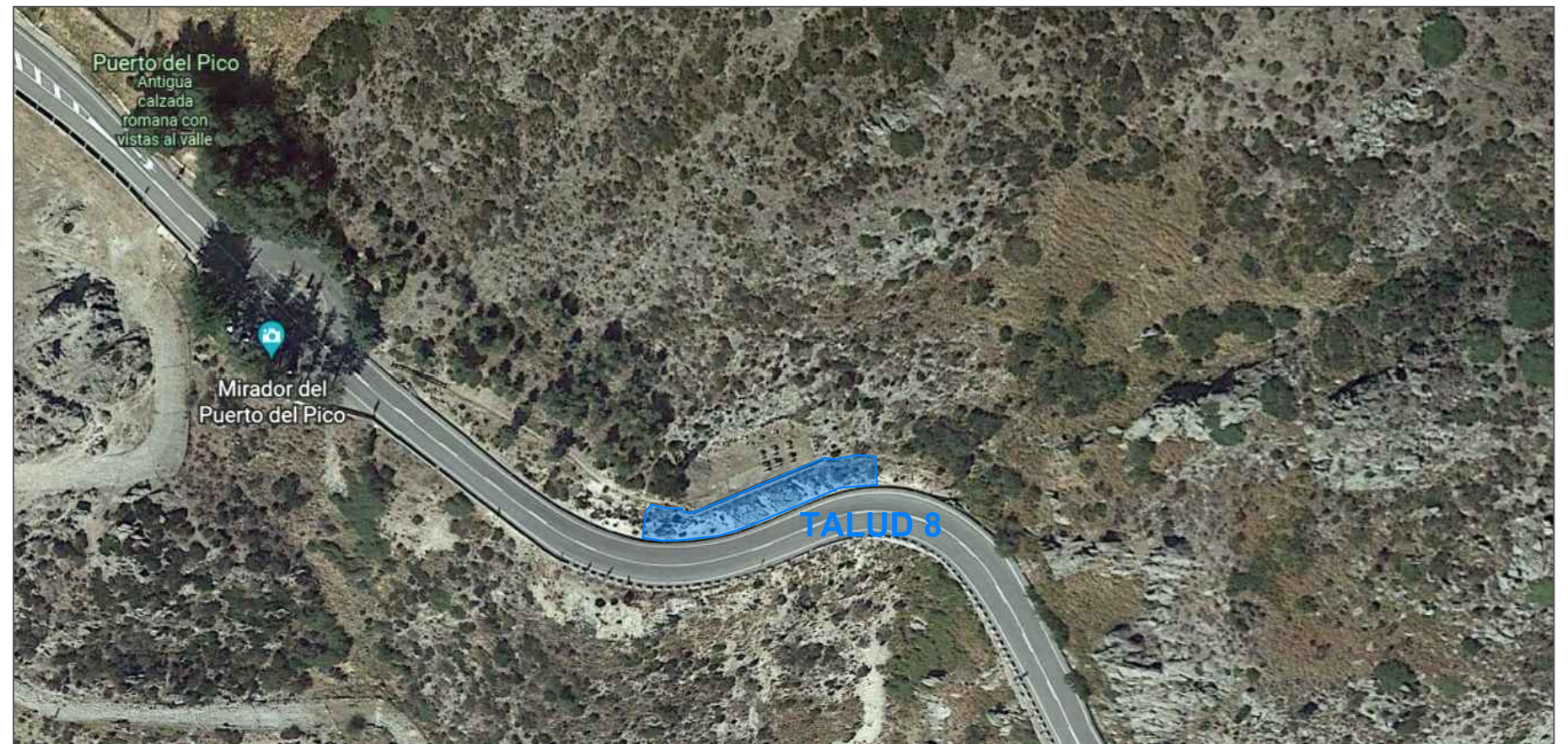
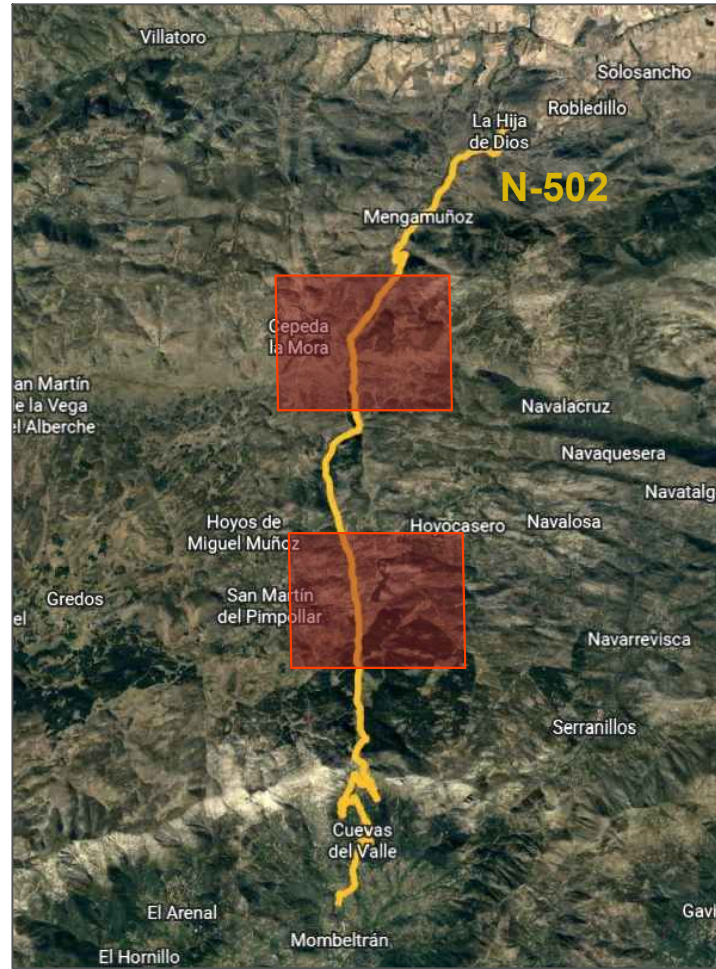
TÍTULO DEL PLANO  
 LOCALIZACIÓN TALUD 5 Y 6




AUTOR:  
 LORENA CUELLAR CASTELLANOS  
 TUTOR:  
 D. MARIA ELVIRA GARRIDO DE LA TORRE

FECHA  
 DICIEMBRE 2022

Nº DE PLANO  
 2  
 HOJA 3 DE 6





LEYENDA	
	Tramo de estudio
	Localización de los taludes
	Taludes de análisis



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA  
 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS  
 DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS  
 Proyecto final de master



ESCALA ORIG.  
 SIN ESCALA

TÍTULO DEL PROYECTO  
 ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LAS CARRETERAS N-403, ENTRE EL  
 PK 91+850 Y EL PK 112+100, Y LA N-502, ENTRE EL PK 29+100 Y EL PK 96+000,  
 EN LA PROVINCIA DE ÁVILA.

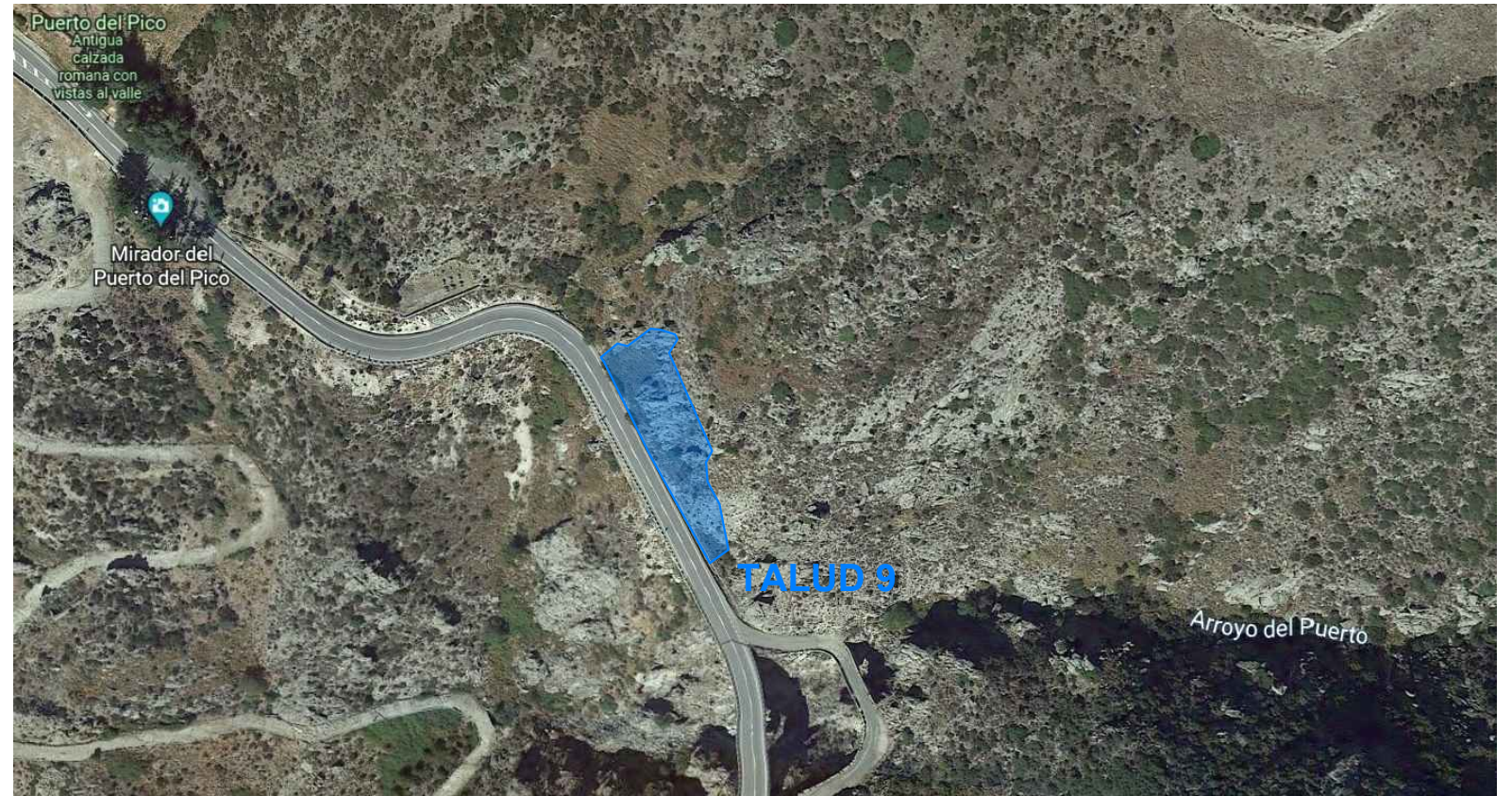
TÍTULO DEL PLANO  
 LOCALIZACIÓN TALUD 7 Y 8




AUTOR:  
 LORENA CUELLAR CASTELLANOS  
 TUTOR:  
 D. MARIA ELVIRA GARRIDO DE LA TORRE

FECHA  
 DICIEMBRE 2022

Nº DE PLANO  
 2  
 HOJA 4 DE 6





LEYENDA	
	Tramo de estudio
	Localización de los taludes
	Taludes de análisis



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA  
 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS  
 DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS  
 Proyecto final de master



ESCALA ORIG.  
 SIN ESCALA

TÍTULO DEL PROYECTO  
 ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LAS CARRETERAS N-403, ENTRE EL  
 PK 91+850 Y EL PK 112+100, Y LA N-502, ENTRE EL PK 29+100 Y EL PK 96+000,  
 EN LA PROVINCIA DE ÁVILA.

TÍTULO DEL PLANO  
 LOCALIZACIÓN TALUD 9 Y 10

AUTOR:  
 LORENA CUELLAR CASTELLANOS  
 TUTOR:  
 D. MARIA ELVIRA GARRIDO DE LA TORRE

FECHA  
 DICIEMBRE 2022

Nº DE PLANO  
 2  
 HOJA 5 DE 6





LEYENDA	
	Tramo de estudio
	Localización de los taludes
	Análisis de los taludes



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA  
 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS  
 DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS  
 Proyecto final de master



ESCALA ORIG.  
 SIN ESCALA

TÍTULO DEL PROYECTO  
 ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LAS CARRETERAS N-403, ENTRE EL  
 PK 91+850 Y EL PK 112+100, Y LA N-502, ENTRE EL PK 29+100 Y EL PK 96+000,  
 EN LA PROVINCIA DE ÁVILA.

TÍTULO DEL PLANO  
 LOCALIZACIÓN TALUD 11 Y 12

AUTOR:  
 LORENA CUELLAR CASTELLANOS  
 TUTOR:  
 D. MARIA ELVIRA GARRIDO DE LA TORRE

FECHA  
 DICIEMBRE 2022

Nº DE PLANO  
 2  
 HOJA 6 DE 6





TALUD 1

TALUD	P.K. INICIAL	P.K. FINAL	SOLUCIÓN PROPUESTA
N-403	1	94+100 - 95+210	Saneo y desbroce Malla de triple torsión adosada
	2	96+930 - 96+950	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=2
		96+950 - 96+985	Red de cable (3x3) L=3
	3	97+050 - 97+086	Red de cable (3x3) L=3
	4	97+150 - 97+200	Saneo y desbroce
		97+170 - 97+194	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=1,5
	5	97+750 - 98+762	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=1,5
		98+762 - 98+775	2 paños de red de anillos
	6	111+300 - 111+320	Malla de triple torsión adosada
		111+310 - 111+310	Cableado de la roca
		111+320 - 111+358	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=1,5
		111+368 - 111+384	Red de anillos (4x4)
N-502	7	29+800 - 29+880	Red de anillos (4x4)
	8	55+150 - 55+200	Red de anillos (4x4)
	9	55+275 - 55+305	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=2
		55+305 - 55+320	Red de cable (3x3) L=3
	10	55+590 - 55+630	Red de anillos (4x4)
	11	58+350 - 58+400	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=1,5
	12	65+920 - 65+970	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=1,5

TALUD 2



LEYENDA	
	MTT Adosada
	MTT Reforzada 4x4 L=2
	Red de cable 3x3 L=3
	Red de anillos 4x4 L=1,5



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA  
 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS  
 DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS  
 Proyecto final de master



ESCALA ORIG.  
 SIN ESCALA

TÍTULO DEL PROYECTO  
 ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LAS CARRETERAS N-403, ENTRE EL  
 PK 91+850 Y EL PK 112+100, Y LA N-502, ENTRE EL PK 29+100 Y EL PK 96+000,  
 EN LA PROVINCIA DE ÁVILA.

TÍTULO DEL PLANO  
 MEDIDAS PROPUESTAS EN TALUD 1 Y 2

AUTOR:  
 LORENA CUELLAR CASTELLANOS  
 TUTOR:  
 D. MARIA ELVIRA GARRIDO DE LA TORRE

FECHA  
 DICIEMBRE 2022

Nº DE PLANO  
 3  
 HOJA 1 DE 5





TALUD 3

TALUD	P.K. INICIAL	P.K. FINAL	SOLUCIÓN PROPUESTA
N-403	1	94+100 - 95+210	Saneamiento y desbroce Malla de triple torsión adosada
	2	96+930 - 96+950	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=2
		96+950 - 96+985	Red de cable (3x3) L=3
	3	97+050 - 97+086	Red de cable (3x3) L=3
	4	97+150 - 97+200	Saneamiento y desbroce
		97+170 - 97+194	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=1,5
	5	97+750 - 98+762	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=1,5
		98+762 - 98+775	2 paños de red de anillos
	6	111+300 - 111+320	Malla de triple torsión adosada
		111+310 - 111+310	Cableado de la roca
		111+320 - 111+358	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=1,5
		111+368 - 111+384	Red de anillos (4x4)
111+384 - 111+402	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=1,5		
N-502	7	29+800 - 29+880	Red de anillos (4x4)
	8	55+150 - 55+200	Red de anillos (4x4)
	9	55+275 - 55+305	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=2
		55+305 - 55+320	Red de cable (3x3) L=3
	10	55+590 - 55+630	Red de anillos (4x4)
	11	58+350 - 58+400	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=1,5
12	65+920 - 65+970	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=1,5	



TALUD 4

**LEYENDA**

- MTT Adosada
- MTT Reforzada 4x4 L=2
- Red de cable 3x3 L=3
- Red de anillos 4x4 L=1,5



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA  
 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS  
 DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS  
 Proyecto final de master



ESCALA ORIG.  
 SIN ESCALA

TÍTULO DEL PROYECTO  
 ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LAS CARRETERAS N-403, ENTRE EL  
 PK 91+850 Y EL PK 112+100, Y LA N-502, ENTRE EL PK 29+100 Y EL PK 96+000,  
 EN LA PROVINCIA DE ÁVILA.

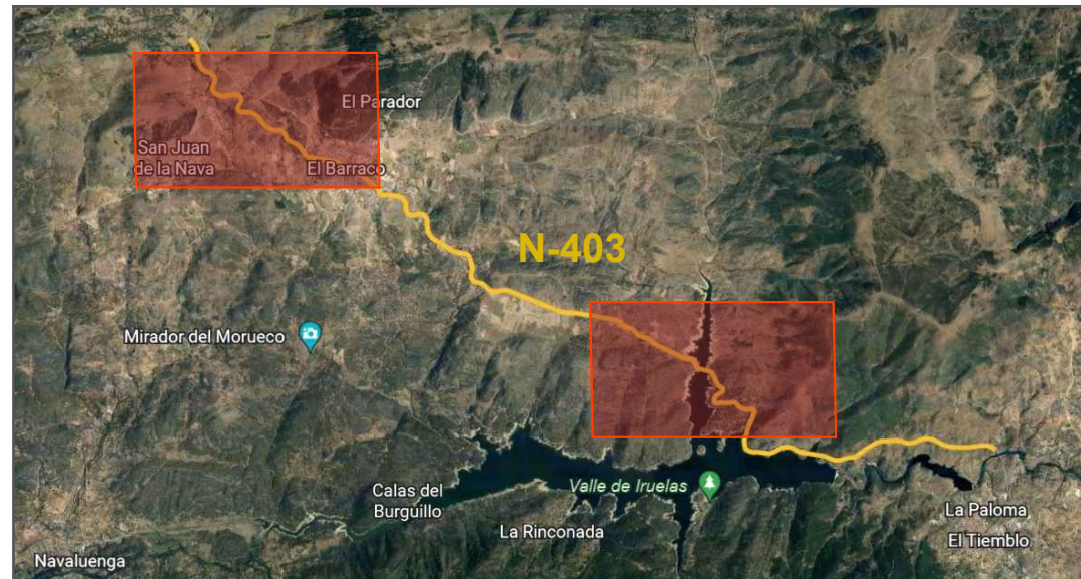
TÍTULO DEL PLANO  
 MEDIDAS PROPUESTAS EN TALUD 3 Y 4

AUTOR:  
 LORENA CUELLAR CASTELLANOS  
 TUTOR:  
 D. MARIA ELVIRA GARRIDO DE LA TORRE

FECHA  
 DICIEMBRE 2022

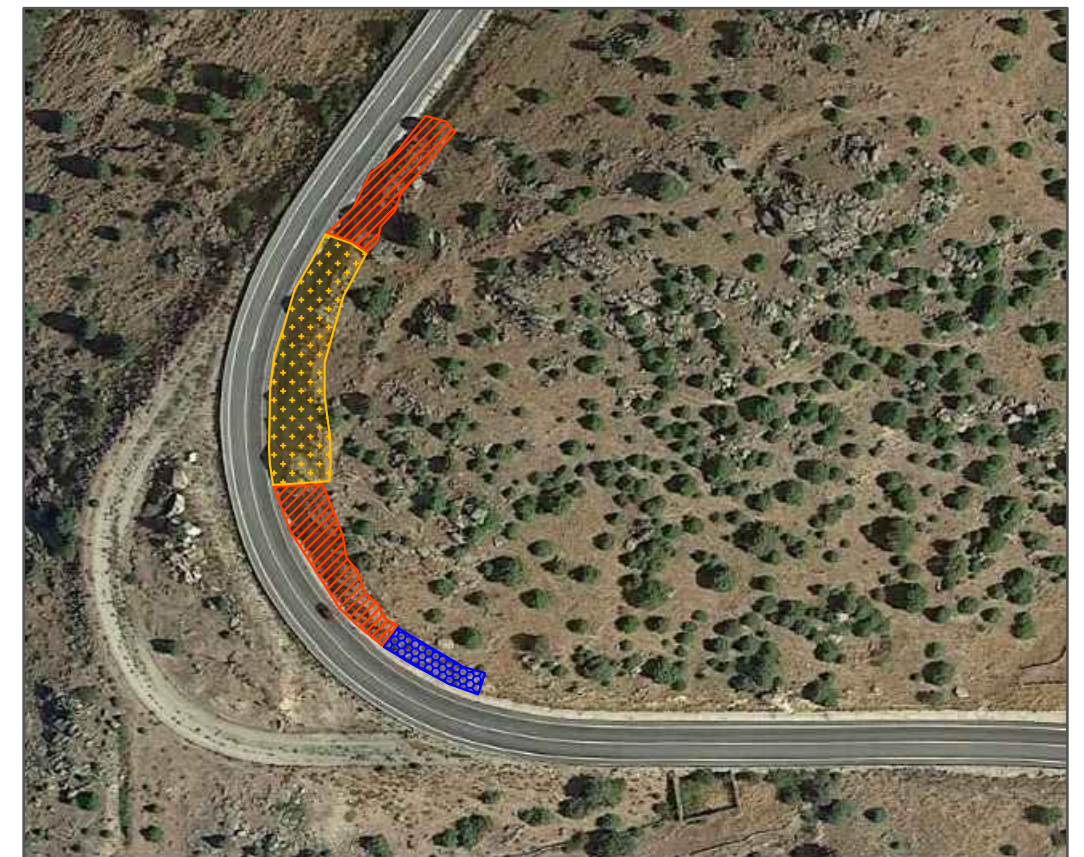
Nº DE PLANO  
 3  
 HOJA 2 DE 5





TALUD 5

TALUD	P.K. INICIAL	P.K. FINAL	SOLUCIÓN PROPUESTA
N-403	1	94+100 - 95+210	Saneo y desbroce Malla de triple torsión adosada
	2	96+930 - 96+950	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=2
		96+950 - 96+985	Red de cable (3x3) L=3
	3	97+050 - 97+086	Red de cable (3x3) L=3
	4	97+150 - 97+200	Saneo y desbroce
		97+170 - 97+194	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=1,5
	5	97+750 - 98+762	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=1,5 2 paños de red de anillos
		98+762 - 98+775	Malla de triple torsión adosada
	6	111+300 - 111+320	Malla de triple torsión adosada
		111+310 - 111+310	Cableado de la roca
		111+320 - 111+358	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=1,5
		111+368 - 111+384	Red de anillos (4x4)
N-502	7	111+384 - 111+402	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=1,5
	8	29+800 - 29+880	Red de anillos (4x4)
	9	55+150 - 55+200	Red de anillos (4x4)
		55+275 - 55+305	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=2
	10	55+305 - 55+320	Red de cable (3x3) L=3
		55+590 - 55+630	Red de anillos (4x4)
	11	58+350 - 58+400	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=1,5
	12	65+920 - 65+970	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=1,5



TALUD 6

LEYENDA	
	MTT Adosada
	MTT Reforzada 4x4 L=2
	Red de cable 3x3 L=3
	Red de anillos 4x4 L=1,5



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA  
 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS  
 DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS  
 Proyecto final de master



ESCALA ORIG.  
 SIN ESCALA

TÍTULO DEL PROYECTO  
 ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LAS CARRETERAS N-403, ENTRE EL  
 PK 91+850 Y EL PK 112+100, Y LA N-502, ENTRE EL PK 29+100 Y EL PK 96+000,  
 EN LA PROVINCIA DE ÁVILA.

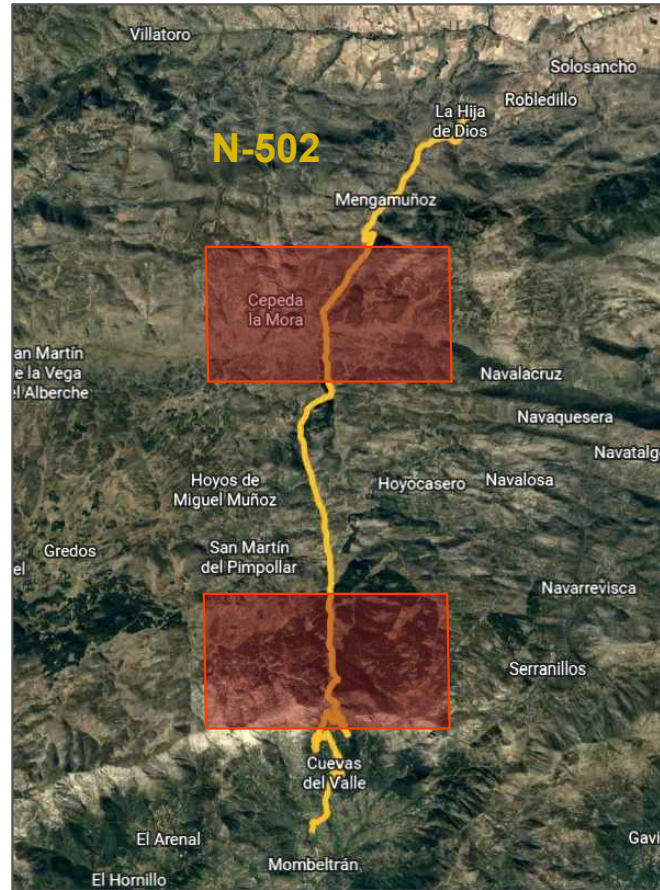
TÍTULO DEL PLANO  
 MEDIDAS PROPUESTAS EN TALUD 5 Y 6

AUTOR:  
 LORENA CUELLAR CASTELLANOS  
 TUTOR:  
 D. MARIA ELVIRA GARRIDO DE LA TORRE

FECHA  
 DICIEMBRE 2022

Nº DE PLANO  
 3  
 HOJA 3 DE 5





TALUD 7

TALUD	P.K. INICIAL	P.K. FINAL	SOLUCIÓN PROPUESTA
N-403	1	94+100 - 95+210	Saneado y desbroce Malla de triple torsión adosada
	2	96+930 - 96+950	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=2
		96+950 - 96+985	Red de cable (3x3) L=3
	3	97+050 - 97+086	Red de cable (3x3) L=3
	4	97+150 - 97+200	Saneado y desbroce Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=1,5
		97+170 - 97+194	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=1,5
	5	97+750 - 98+762	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=1,5 2 paños de red de anillos
		98+762 - 98+775	Malla de triple torsión adosada
	6	111+300 - 111+320	Malla de triple torsión adosada
		111+310 - 111+310	Cableado de la roca
		111+320 - 111+358	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=1,5
		111+368 - 111+384	Red de anillos (4x4)
111+384 - 111+402	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=1,5		
N-502	7	29+800 - 29+880	Red de anillos (4x4)
	8	55+150 - 55+200	Red de anillos (4x4)
	9	55+275 - 55+305	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=2
		55+305 - 55+320	Red de cable (3x3) L=3
	10	55+590 - 55+630	Red de anillos (4x4)
	11	58+350 - 58+400	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=1,5
	12	65+920 - 65+970	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=1,5

LEYENDA	
	MTT Adosada
	MTT Reforzada 4x4 L=2
	Red de cable 3x3 L=3
	Red de anillos 4x4 L=1,5



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS  
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS  
Proyecto final de master



ESCALA ORIG.  
SIN ESCALA

TÍTULO DEL PROYECTO  
ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LAS CARRETERAS N-403, ENTRE EL  
PK 91+850 Y EL PK 112+100, Y LA N-502, ENTRE EL PK 29+100 Y EL PK 96+000,  
EN LA PROVINCIA DE ÁVILA.

TÍTULO DEL PLANO  
MEDIDAS PROPUESTAS EN TALUD 7, 8 y 9

AUTOR:  
LORENA CUELLAR CASTELLANOS  
TUTOR:  
D. MARIA ELVIRA GARRIDO DE LA TORRE

FECHA  
DICIEMBRE 2022

Nº DE PLANO  
3  
HOJA 4 DE 5





### TALUD 11



### TALUD 10

### TALUD 12



TALUD	P.K. INICIAL	P.K. FINAL	SOLUCIÓN PROPUESTA
N-403	1	94+100 - 95+210	Saneado y desbroce Malla de triple torsión adosada
	2	96+930 - 96+950	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=2
		96+950 - 96+985	Red de cable (3x3) L=3
	3	97+050 - 97+086	Red de cable (3x3) L=3
	4	97+150 - 97+200	Saneado y desbroce
		97+170 - 97+194	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=1,5
	5	97+750 - 98+762	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=1,5
		98+762 - 98+775	2 paños de red de anillos Malla de triple torsión adosada
	6	111+300 - 111+320	Malla de triple torsión adosada
		111+310	Cableado de la roca
		111+320 - 111+358	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=1,5
		111+368 - 111+384	Red de anillos (4x4)
7	111+384 - 111+402	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=1,5	
	29+800 - 29+880	Red de anillos (4x4)	
N-502	8	55+150 - 55+200	Red de anillos (4x4)
	9	55+275 - 55+305	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=2
		55+305 - 55+320	Red de cable (3x3) L=3
	10	55+590 - 55+630	Red de anillos (4x4)
	11	58+350 - 58+400	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=1,5
12	65+920 - 65+970	Malla de triple torsión reforzada (4x4) L=1,5	

LEYENDA	
	MTT Adosada
	MTT Reforzada 4x4 L=2
	Red de cable 3x3 L=3
	Red de anillos 4x4 L=1,5



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA  
 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS  
 DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS  
 Proyecto final de master



ESCALA ORIG.  
 SIN ESCALA

TÍTULO DEL PROYECTO  
 ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LAS CARRETERAS N-403, ENTRE EL  
 PK 91+850 Y EL PK 112+100, Y LA N-502, ENTRE EL PK 29+100 Y EL PK 96+000,  
 EN LA PROVINCIA DE ÁVILA.

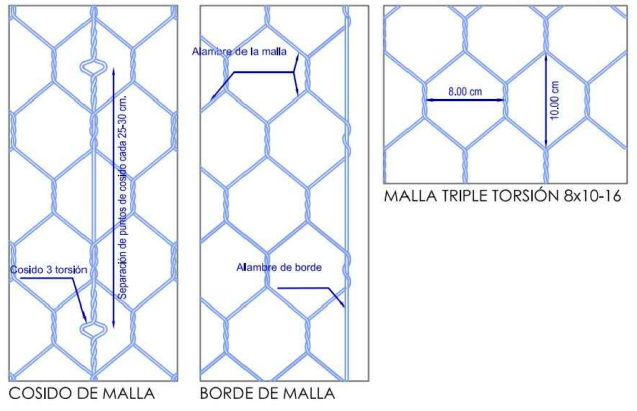
TÍTULO DEL PLANO  
 MEDIDAS PROPUESTAS EN TALUD 10, 11 Y 12

AUTOR:  
 LORENA CUELLAR CASTELLANOS  
 TUTOR:  
 D. MARIA ELVIRA GARRIDO DE LA TORRE

FECHA  
 DICIEMBRE 2022

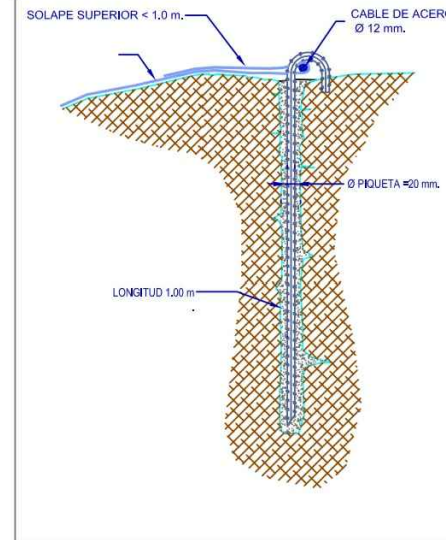
Nº DE PLANO  
 3  
 HOJA 5 DE 5



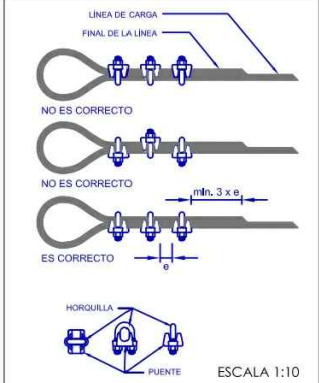


MALLA TRIPLE TORSIÓN 8x10-16

LA MALLA DE TRIPLE TORSIÓN IRA RETRANQUEADA DE 1.5 A 3.0 METROS  
 LOS ANCLAJES DE CORONACIÓN IRAN ESPACIADOS ENTRE 2.0 Y 4.0 METROS  
 LA CABEZA DE LOS ANCLAJES SERAN ABASTONADAS O CON PLACA Y TUERCA

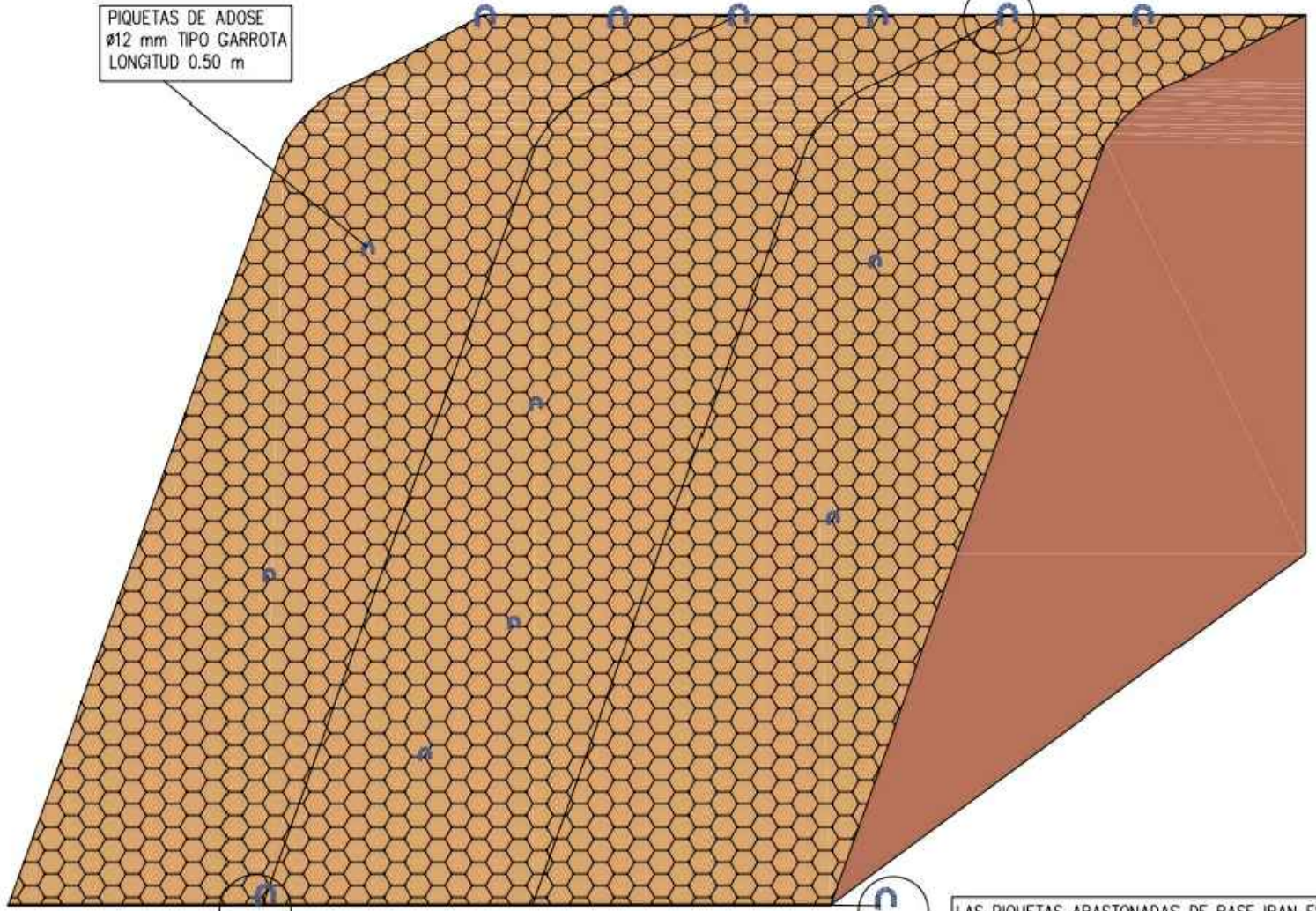


DETALLE A: ANCLAJE SUP. CON PIQUETA TIPO BASTÓN

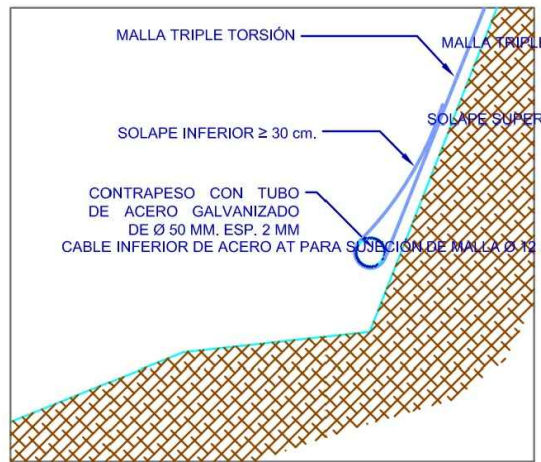


**Sujetacables**

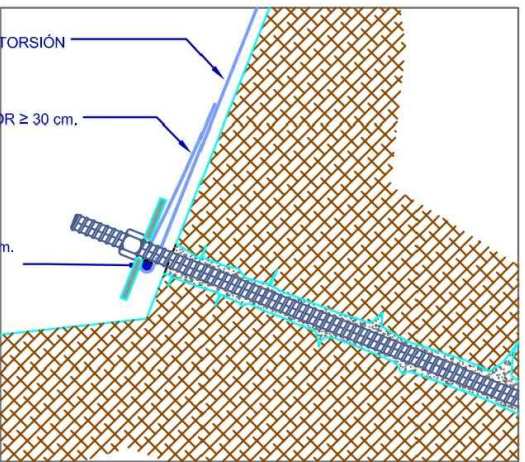
- Mínimo 3 Unidades.
- La horquilla SIEMPRE tiene que estar en contacto con el final de la línea.
- En el puente tiene que descansar sobre la línea de carga.
- La separación (e) será: Ø 12 mm. 4-8 cm.



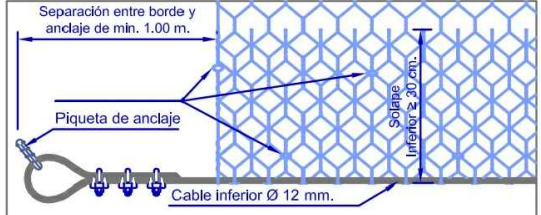
CROQUIS TIPO



DETALLE B: BARRA DE CONTRAPESO EN PARTE INFERIOR



DETALLE B: ANCLAJE INF. CON PIQUETA CON PLACA



DETALLE C: PIQUETA Y SOLAPE INFERIOR EN LA BASE

**SOLAPES Y CABLES EN LA MALLA TRIPLE TORSIÓN**

**Solapes:**

- Terminación de cabecera, el solape de la malla de triple torsión es de 1 m. mínimo
- Terminación de la base, el solape de la malla de triple torsión es de 30 cm. mínimo
- Los puntos de cosido del solape de la malla son cada 30cm. al tresbolillo.

**Cables:**

- Cable de 12 mm. de acero galvanizado A.M.Z.

CARACTERÍSTICAS DE LA MALLA TRIPLE TORSIÓN 60 Y 80							
Denominación de uso común (cm)	Denominación según EN 10223-3 (mm)	Ø Alambre de malla (mm)	Cantidad mínima revestimiento (g/m <sup>2</sup> )	Ø Alambre de borde (mm)	Cantidad mínima de revestimiento (g/m <sup>2</sup> )	Peso (Kg/m <sup>2</sup> )	Ancho estándar del rollo (m)
6x8	60	+16%	215	2.70	245	1.24	2/3/4 m.
		-4%					
8x10	80	+16%	230	3.00	255	1.13	
		-4%	245	3.40	265	1.43	
		-4%	255	3.90	275	1.75	

\* referido al diámetro del alambre revestido de cinc o aleación de cinc

\*\* de cinc o aleación de cinc, referido al alambre antes de la elaboración

\*\*\* tolerancia sobre la altura (H): ± la anchura de malla (b); tolerancia sobre el largo (L): - 0 + 1 m.



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA  
 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS  
 Proyecto final de master



ESCALA ORIG.  
 SIN ESCALA

TÍTULO DEL PROYECTO  
 ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LAS CARRETERAS N-403, ENTRE EL PK 91+850 Y EL PK 112+100, Y LA N-502, ENTRE EL PK 29+100 Y EL PK 96+000, EN LA PROVINCIA DE ÁVILA.

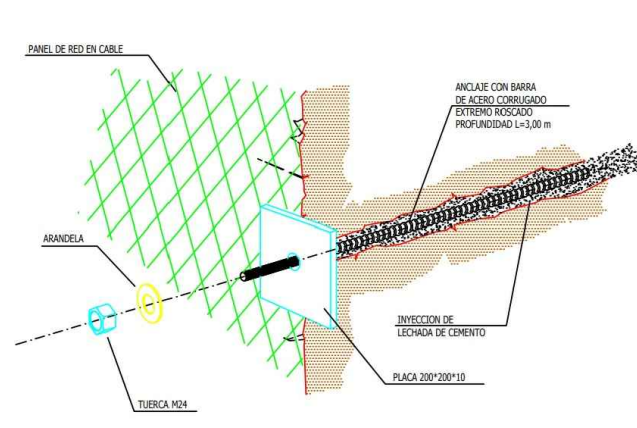
TÍTULO DEL PLANO  
 MALLA DE TRIPLE TORSIÓN ADOSADA TIPO 8X10-16

AUTOR:  
 LORENA CUELLAR CASTELLANOS  
 TUTOR:  
 D. MARIA ELVIRA GARRIDO DE LA TORRE

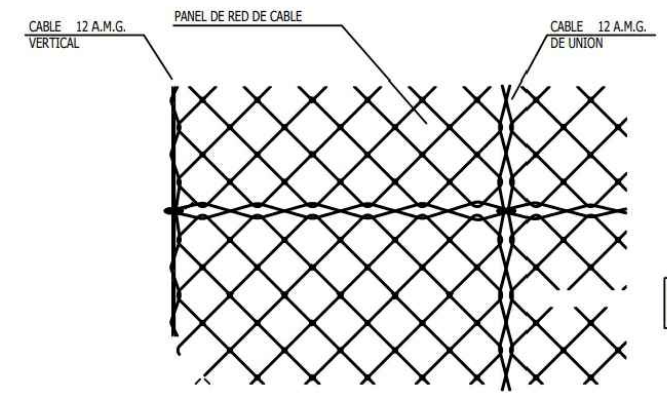
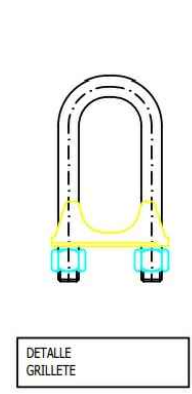
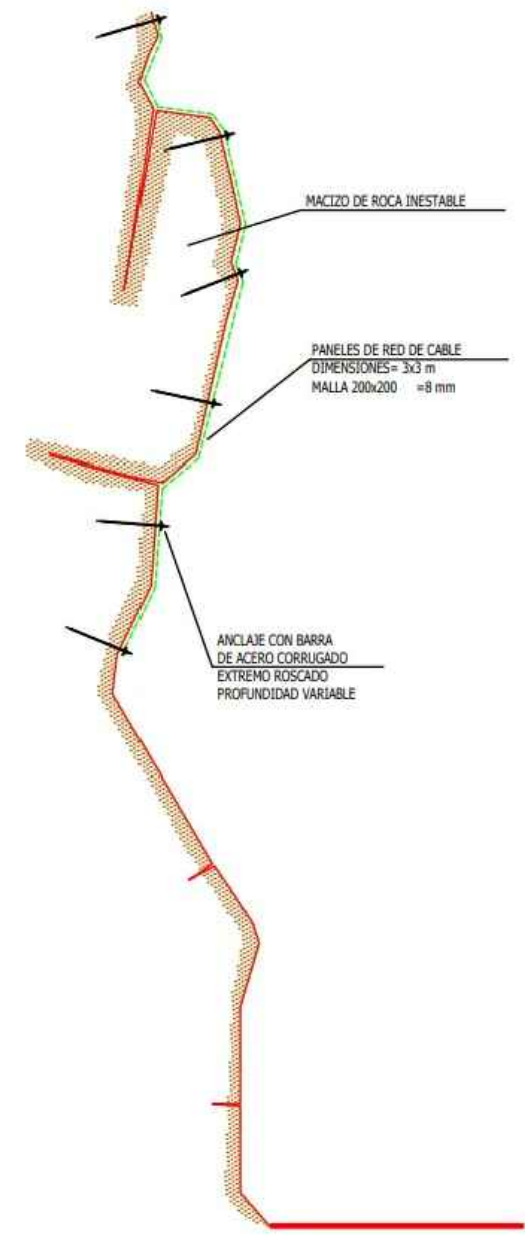
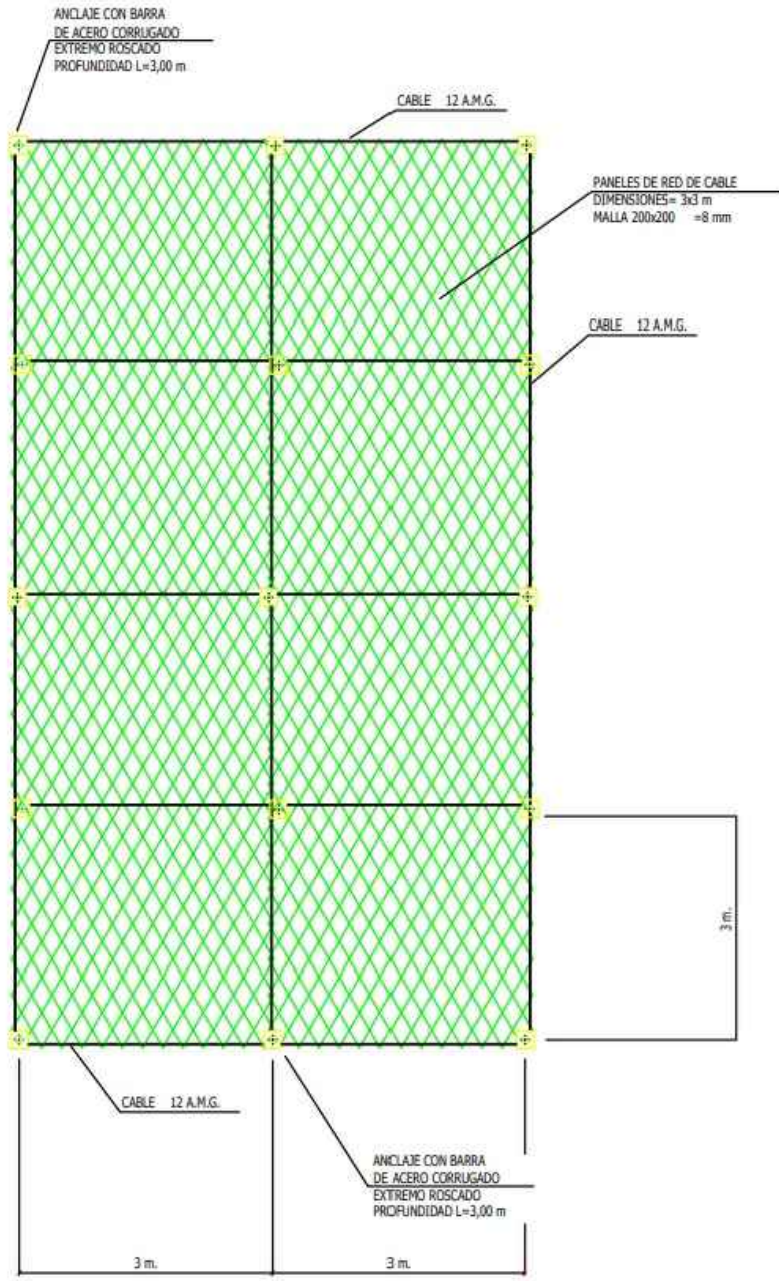
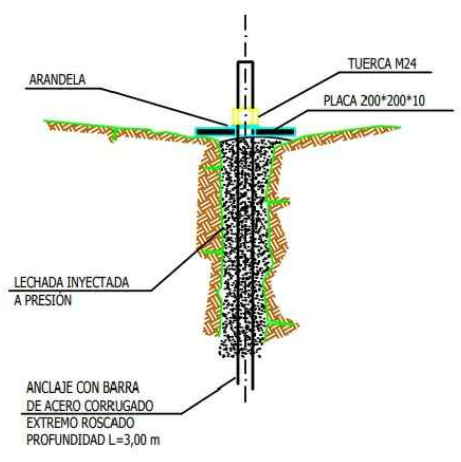
FECHA  
 DICIEMBRE 2022

Nº DE PLANO  
 4  
 HOJA 1 DE 7

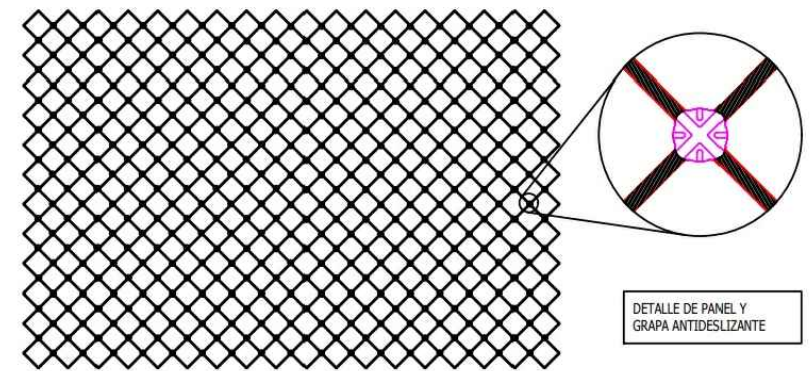




DETALLE DE ANCLAJE CON PLACA



DETALLE DE UNIÓN ENTRE PANELES



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA  
 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS  
 Proyecto final de master



ESCALA ORIG.  
 SIN ESCALA

TÍTULO DEL PROYECTO  
 ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LAS CARRETERAS N-403, ENTRE EL PK 91+850 Y EL PK 112+100, Y LA N-502, ENTRE EL PK 29+100 Y EL PK 96+000, EN LA PROVINCIA DE ÁVILA.

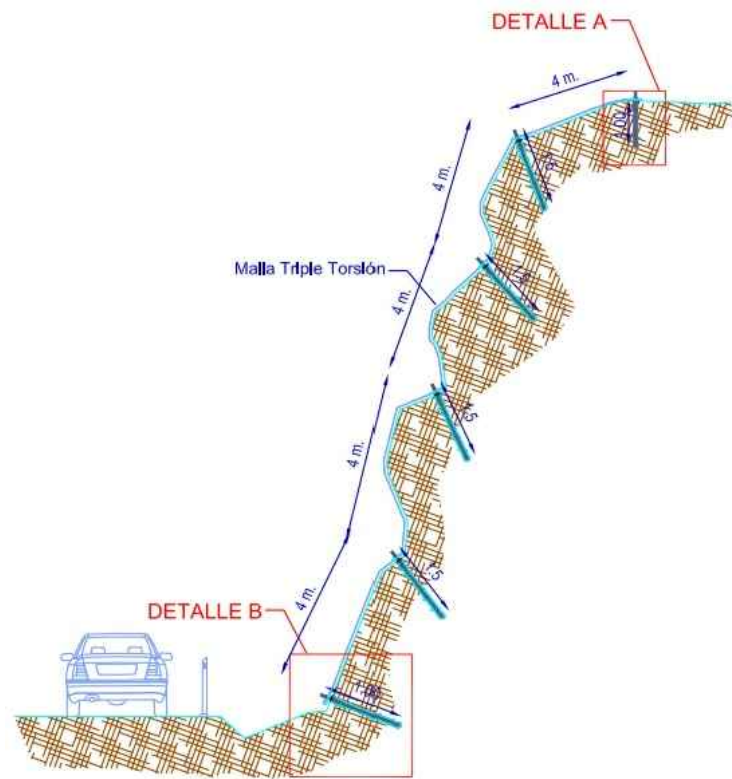
TÍTULO DEL PLANO  
 RED DE CABLE 3X3 L=3,00 M

AUTOR:  
 LORENA CUELLAR CASTELLANOS  
 TUTOR:  
 D. MARIA ELVIRA GARRIDO DE LA TORRE

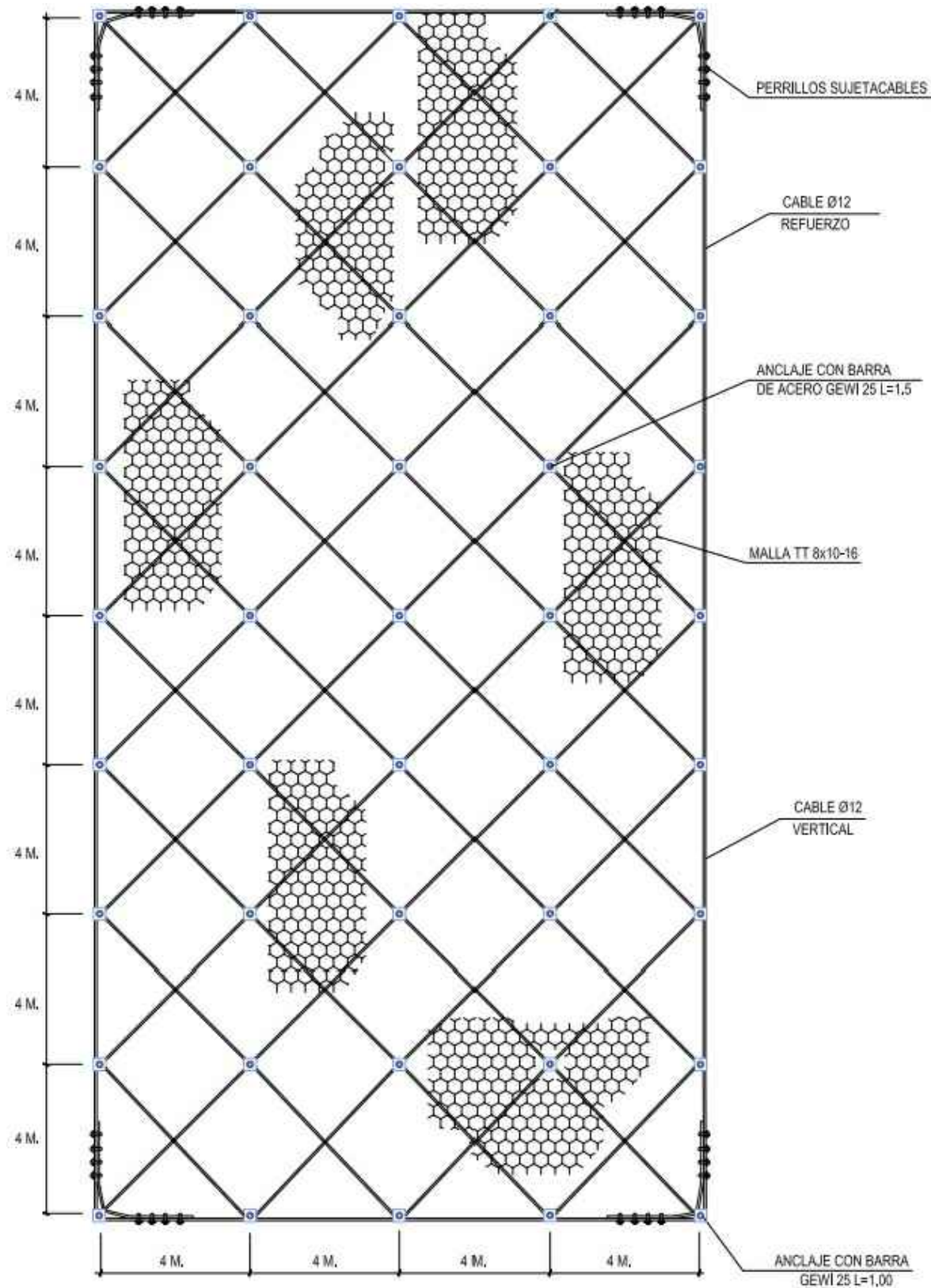
FECHA  
 DICIEMBRE 2022

Nº DE PLANO  
 4  
 HOJA 6 DE 7





SECCIÓN



### MALLA DE ALAMBRE DE TRIPLE TORSIÓN

Está construida según la norma UNI EN 10223-3:1999

#### DEFINICIÓN

**Malla:** La anchura de la malla (mm) se entiende como la distancia media entre los lados torsionados, medida sobre diez mallas.

#### PRODUCCIÓN

##### Alambre:

Resistencia a tracción comprendida entre 350 N/mm<sup>2</sup> y 500 N/mm<sup>2</sup>

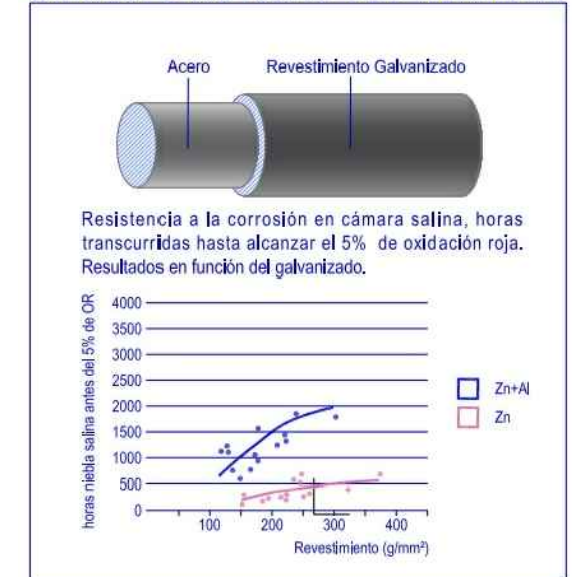
Elongación mínima del 10% obtenida sobre un largo de 250 mm.

Galvanizado con Zn o aleación de Zn según las especificaciones de la clase A de la norma UNI EN 10244-2.

#### PRESCRIPCIÓN

**Anchuras de malla, dimensiones del alambre y tolerancias:** El diámetro del alambre de malla de la red y el respectivo alambre de borde están fijados en función de la anchura de la malla y deben tener una tolerancia conforme a la norma UNI EN 10218-2, T1.

### CARACTERÍSTICAS DEL ALAMBRE



MALLA DE TRIPLE TORSIÓN ANCLADA Y REFORZADA CON CABLES DIAGONALES TIPO II
<b>MATERIALES</b>
Cables: Ø 12 mm A.M.Z. tipo (6X19)
Malla de triple torsión: Tipo 8x10/16 (2,7 mm) de alambre de acero galvanizado
Anclajes interiores: Barras de acero tipo GEWI Ø 25 mm de, longitud 1.5 m., de acero tipo AEH 500/550 N/mm
Anclajes coronación y pie: Barras de acero tipo GEWI Ø 25 mm de, longitud 1 m., de acero tipo AEH 500/550 N/mm



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS  
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS  
Proyecto final de master



ESCALA ORIG.  
SIN ESCALA

TÍTULO DEL PROYECTO  
ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LAS CARRETERAS N-403, ENTRE EL PK 91+850 Y EL PK 112+100, Y LA N-502, ENTRE EL PK 29+100 Y EL PK 96+000, EN LA PROVINCIA DE ÁVILA.

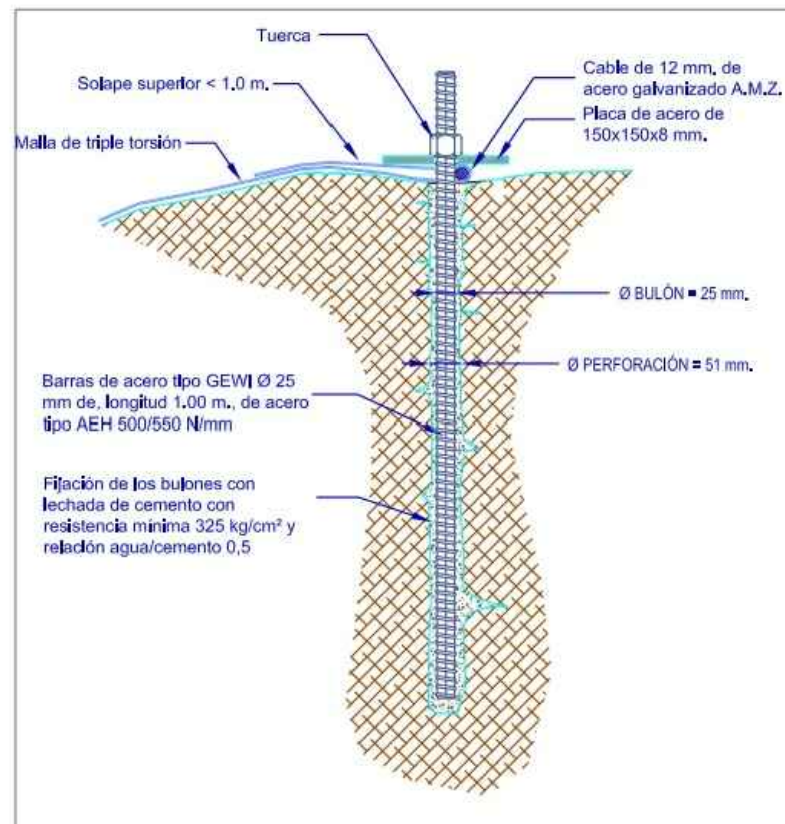
TÍTULO DEL PLANO  
MALLA REFORZADA 4X4 L=1,50 M - GENERAL

AUTOR:  
LORENA CUELLAR CASTELLANOS  
TUTOR:  
D. MARIA ELVIRA GARRIDO DE LA TORRE

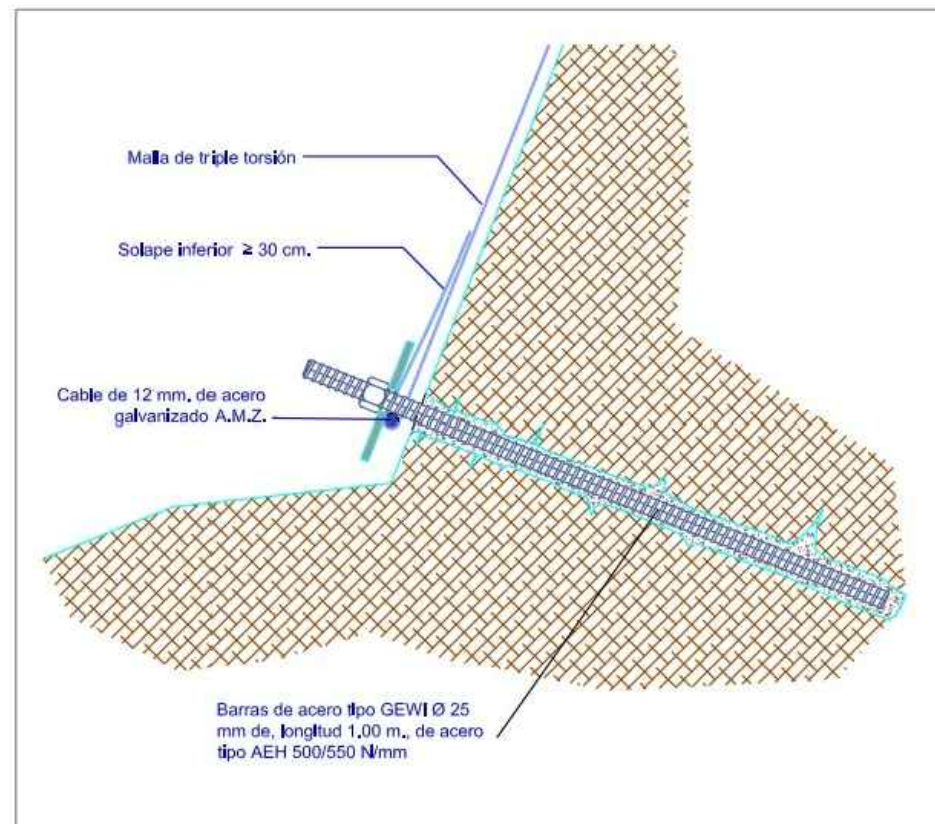
FECHA  
DICIEMBRE 2022

Nº DE PLANO  
4  
HOJA 2 DE 7

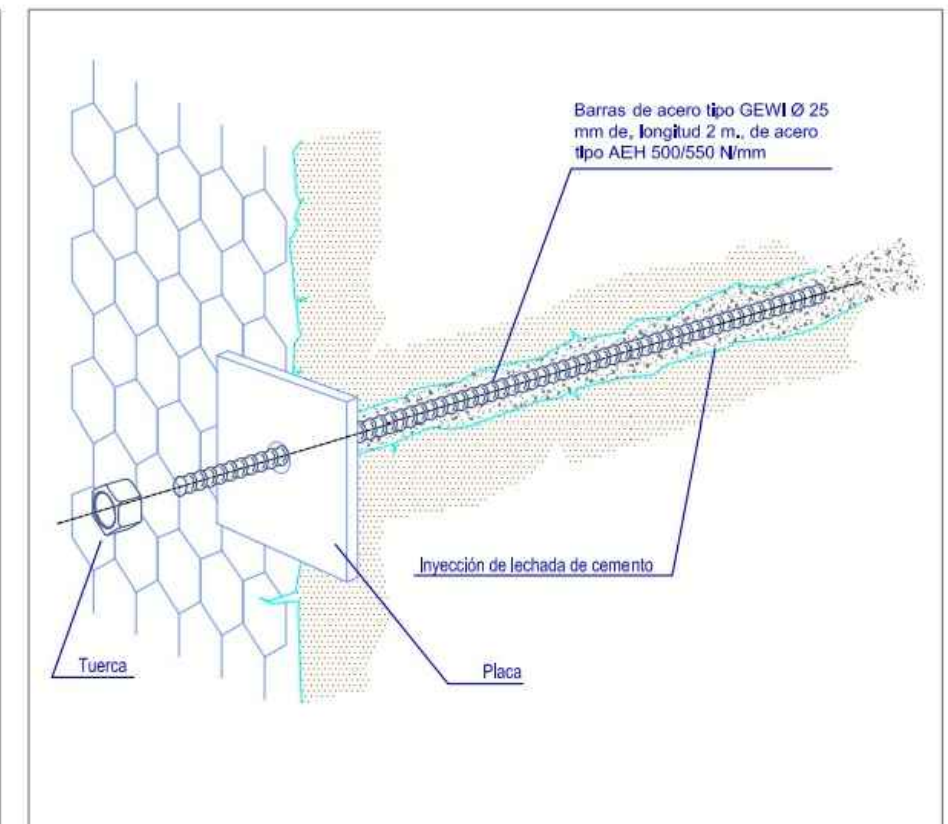




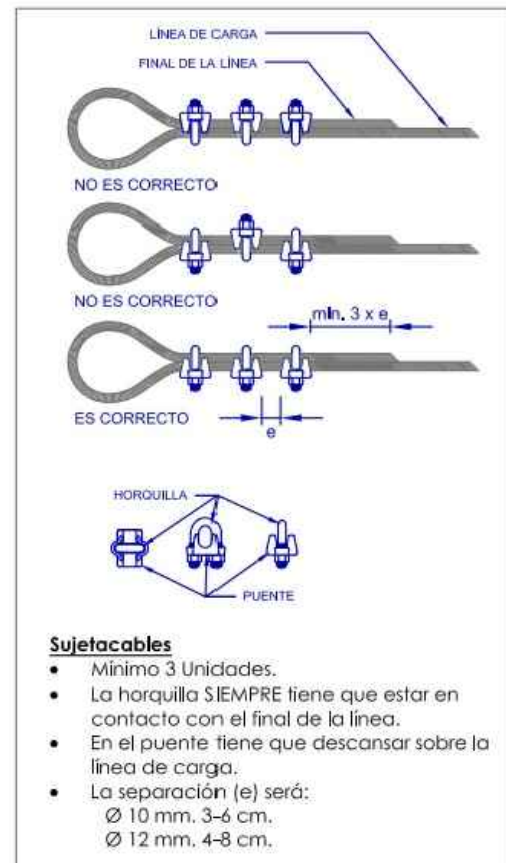
DETALLE A: ANCLAJE SUP. CON BULÓN



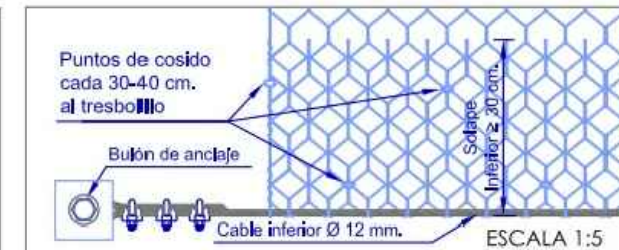
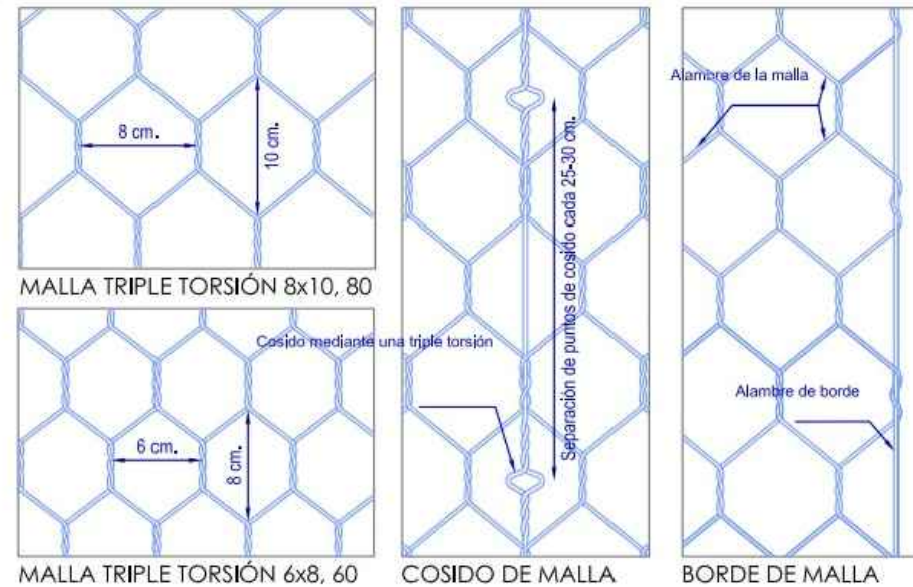
DETALLE A: ANCLAJE SUP. CON BULÓN



DETALLE DE ANCLAJE CON PLACA



DETALLE DE SUJETACABLES



DETALLE C: ANCLAJE Y SOLAPE INFERIOR EN LA BASE

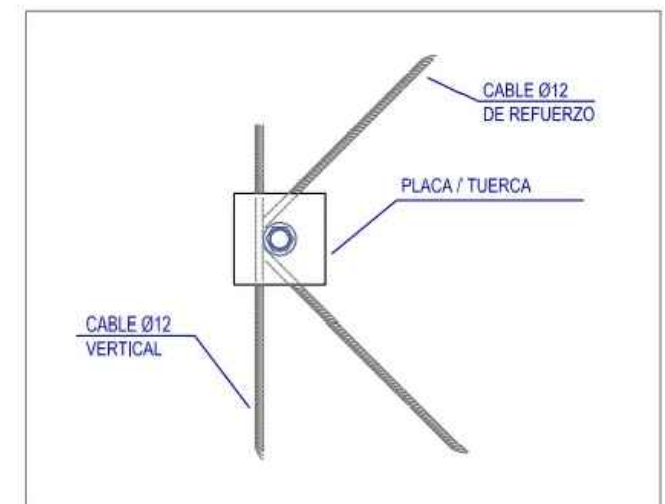
**SOLAPES Y CABLES EN LA MALLA TRIPLE TORSIÓN**

**Solapes:**

- Terminación de cabecera, el solape de la malla de triple torsión es de 1 m. mínimo
- Terminación de la base, el solape de la malla de triple torsión es de 30 cm. mínimo
- Los puntos de cosido del solape de la malla son cada 30 cm. .

**Cables:**

- Cable de 12 mm. de acero galvanizado A.M.Z.

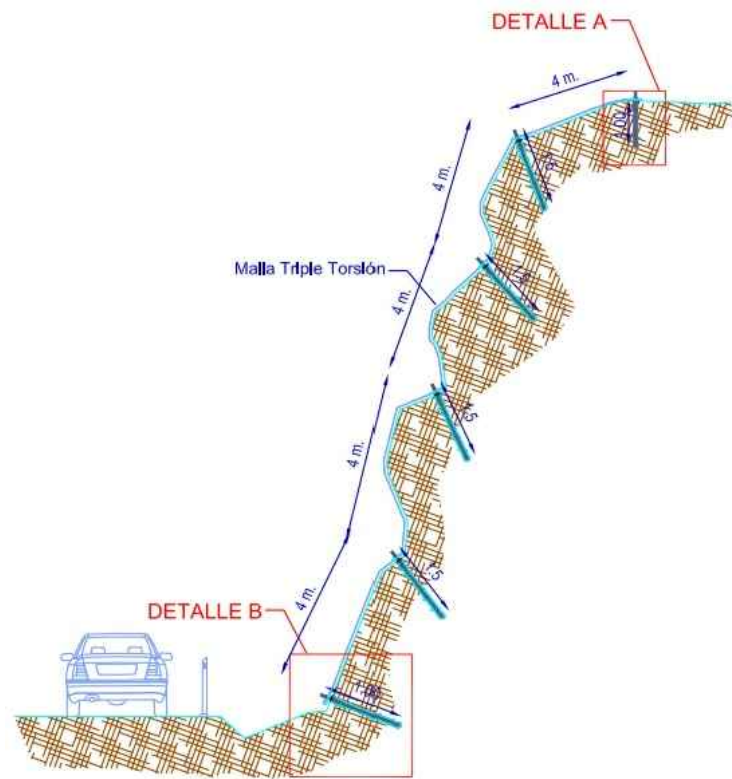


DETALLE DE ANCLAJE CON PLACA

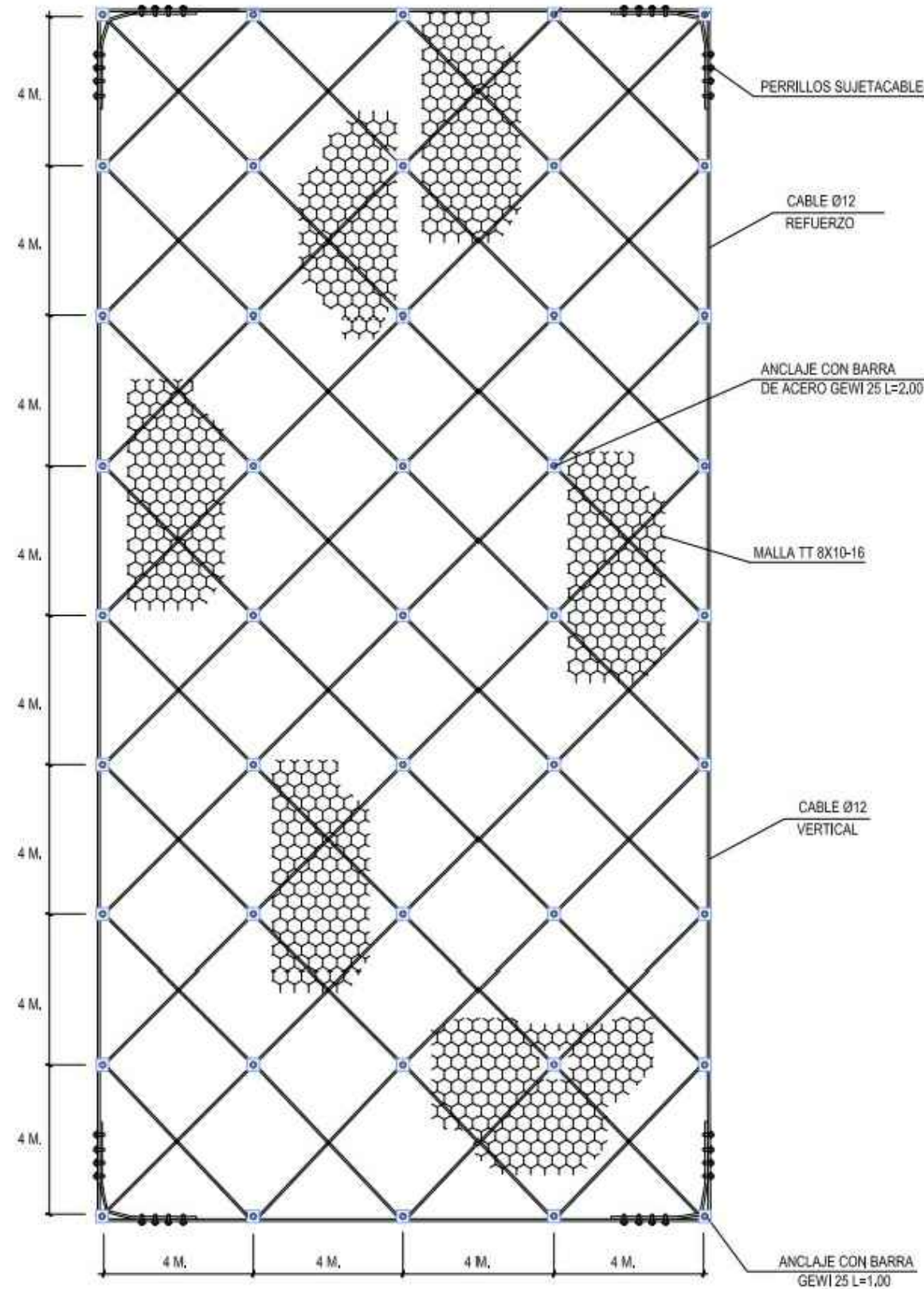
CARACTERÍSTICAS DE LA MALLA TRIPLE TORSIÓN 80							
Denominación de uso común (cm)	Denominación según EN 10223-3 (mm)	Ø Alambre de malla (mm)	Cantidad mínima revestimiento (g/m²)	Ø Alambre de borde (mm)	Cantidad mínima de revestimiento (g/m²)	Peso (Kg/m²)	Ancho estándar del rollo (m)
8x10	80 <sup>+16%</sup> <sub>-4%</sub>	2.7	245	3.40	265	1.43	4 m.







SECCIÓN



### MALLA DE ALAMBRE DE TRIPLE TORSIÓN

Está construida según la norma UNI EN 10223-3:1999

#### DEFINICIÓN

**Malla:** La anchura de la malla (mm) se entiende como la distancia media entre los lados torsionados, medida sobre diez mallas.

#### PRODUCCIÓN

##### Alambre:

Resistencia a tracción comprendida entre 350 N/mm<sup>2</sup> y 500 N/mm<sup>2</sup>

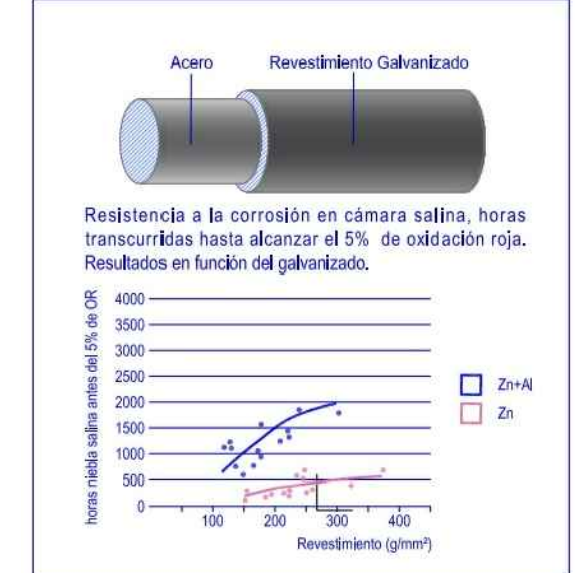
Elongación mínima del 10% obtenida sobre un largo de 250 mm.

Galvanizado con Zn o aleación de Zn según las especificaciones de la clase A de la norma UNI EN 10244-2.

#### PRESCRIPCIÓN

**Anchuras de malla, dimensiones del alambre y tolerancias:** El diámetro del alambre de malla de la red y el respectivo alambre de borde están fijados en función de la anchura de la malla y deben tener una tolerancia conforme a la norma UNI EN 10218-2, T1.

### CARACTERÍSTICAS DEL ALAMBRE



MALLA DE TRIPLE TORSIÓN ANCLADA Y REFORZADA CON CABLES DIAGONALES TIPO I
<b>MATERIALES</b>
Cables: Ø 12 mm A.M.Z. tipo (6X19)
Malla de triple torsión: Tipo 8x10/16 (2,7 mm) de alambre de acero galvanizado
Anclajes interiores: Barras de acero tipo GEWI Ø 25 mm de, longitud 2,00 m., de acero tipo AEH 500/550 N/mm
Anclajes coronación y pie: Barras de acero tipo GEWI Ø 25 mm de, longitud 1 m., de acero tipo AEH 500/550 N/mm



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS  
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS  
Proyecto final de master



ESCALA ORIG.  
SIN ESCALA

TÍTULO DEL PROYECTO  
ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LAS CARRETERAS N-403, ENTRE EL PK 91+850 Y EL PK 112+100, Y LA N-502, ENTRE EL PK 29+100 Y EL PK 96+000, EN LA PROVINCIA DE ÁVILA.

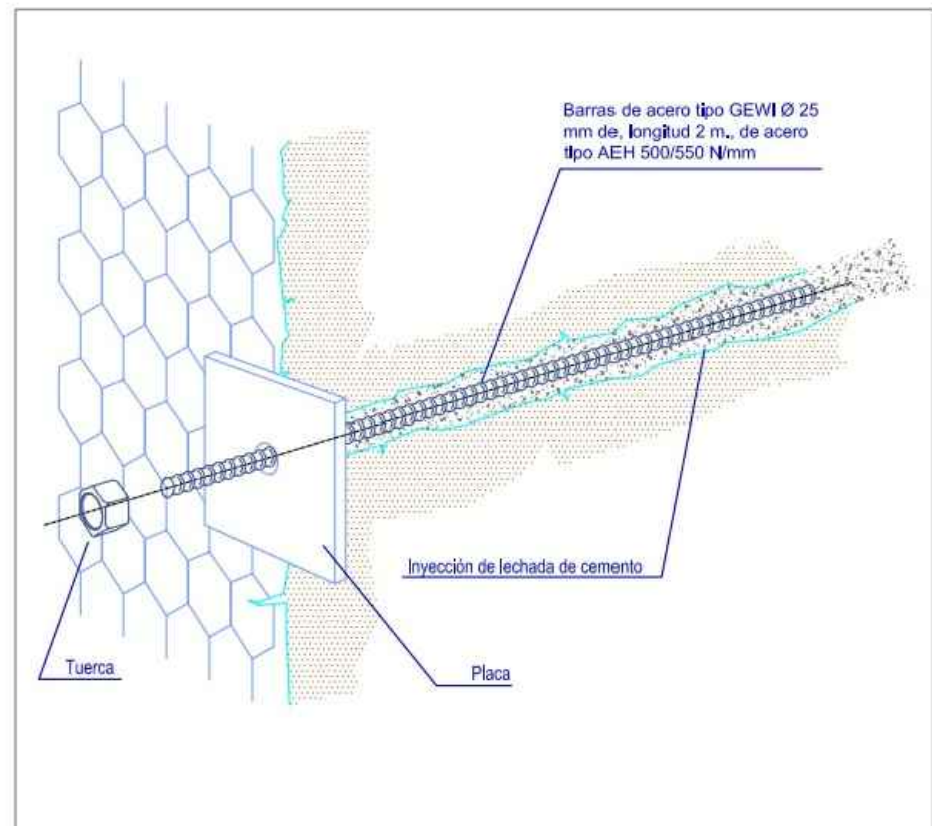
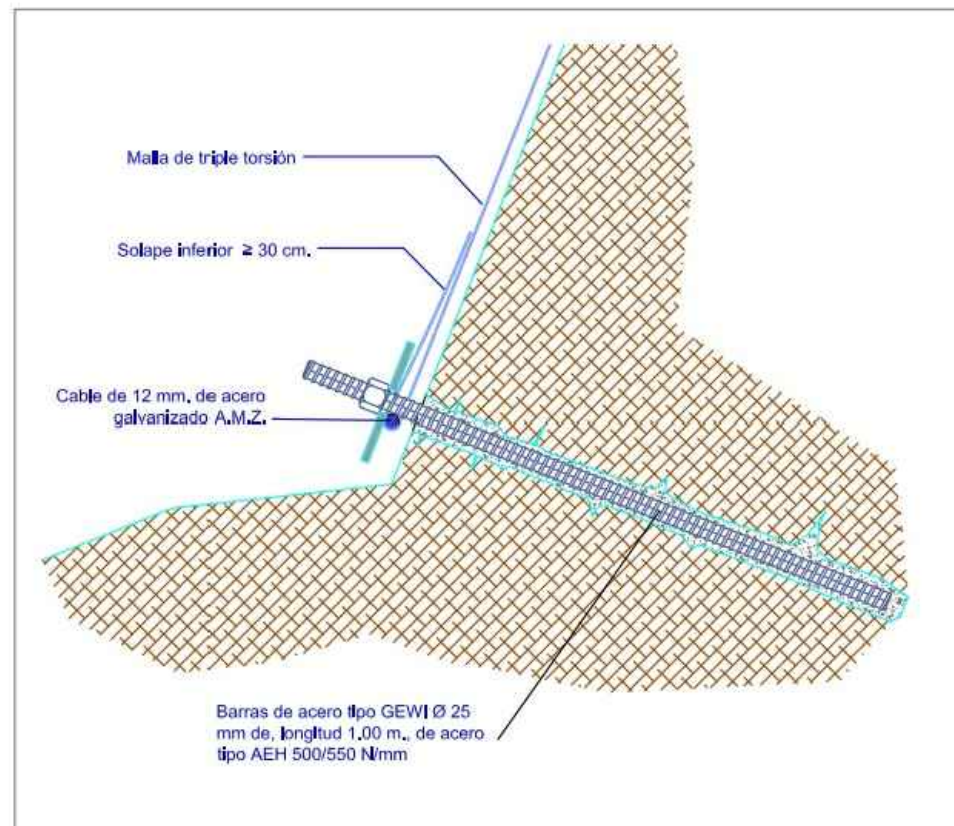
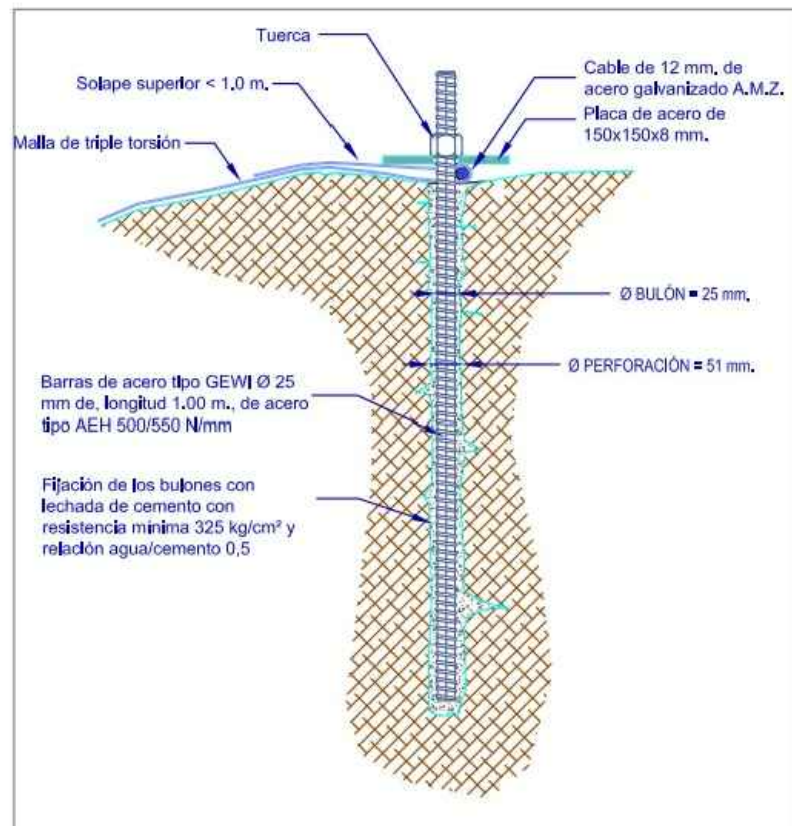
TÍTULO DEL PLANO  
MALLA REFORZADA 4X4 L=2,00 M - GENERAL

AUTOR:  
LORENA CUELLAR CASTELLANOS  
TUTOR:  
D. MARIA ELVIRA GARRIDO DE LA TORRE

FECHA  
DICIEMBRE 2022

Nº DE PLANO  
4  
HOJA 4 DE 7

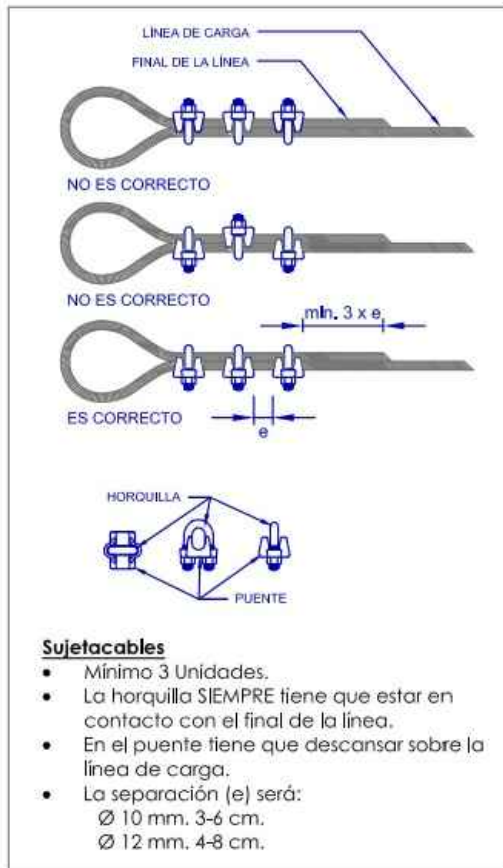




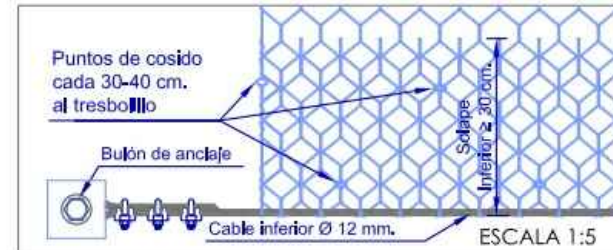
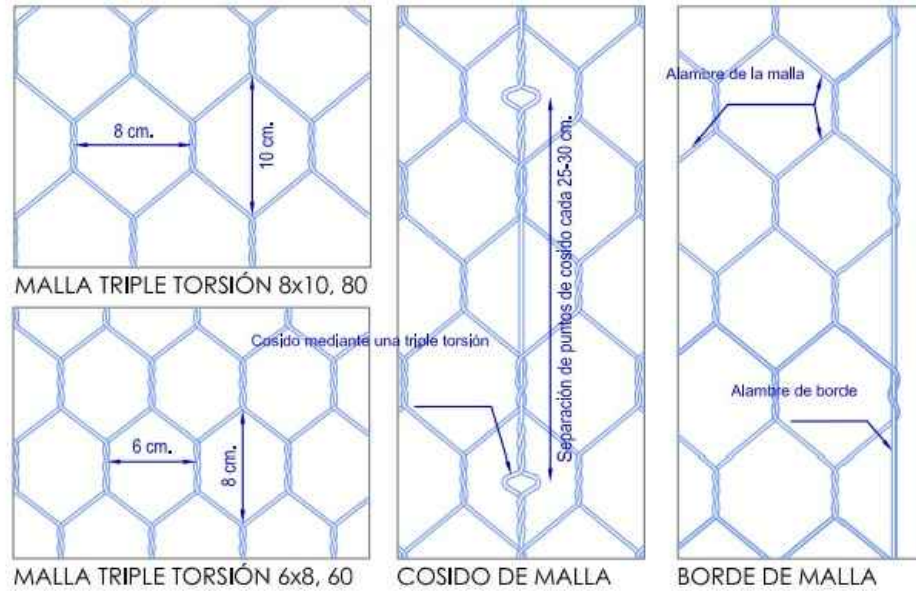
DETALLE A: ANCLAJE SUP. CON BULÓN

DETALLE A: ANCLAJE SUP. CON BULÓN

DETALLE DE ANCLAJE CON PLACA

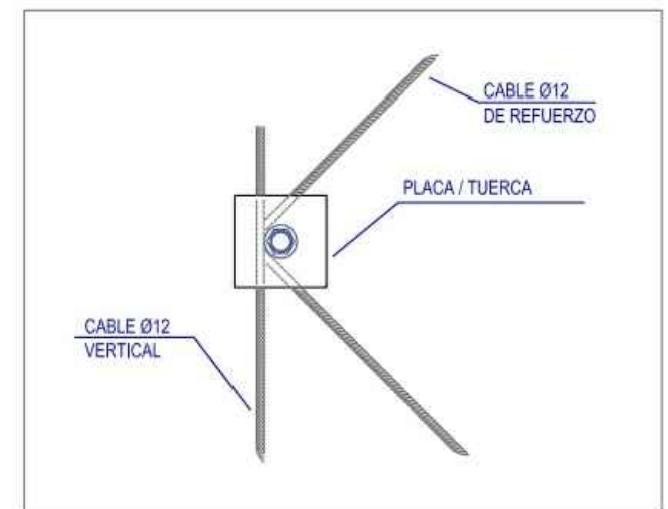


DETALLE DE SUJETACABLES



DETALLE C: ANCLAJE Y SOLAPE INFERIOR EN LA BASE

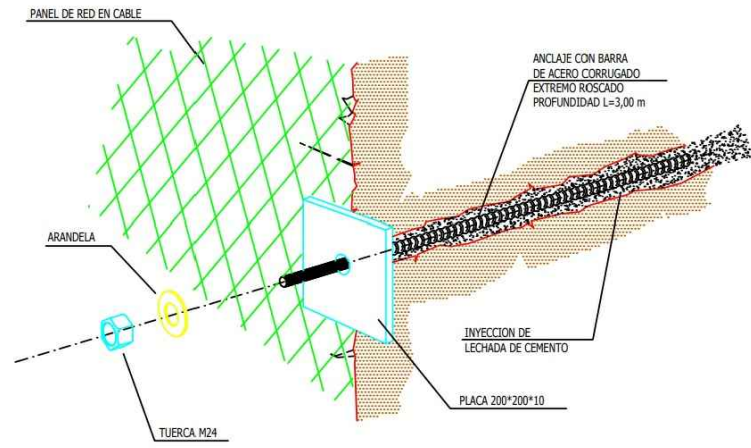
- SOLAPES Y CABLES EN LA MALLA TRIPLE TORSIÓN**
- Solapes:**
- Terminación de cabecera, el solape de la malla de triple torsión es de 1 m. mínimo
  - Terminación de la base, el solape de la malla de triple torsión es de 30 cm. mínimo
  - Los puntos de cosido del solape de la malla son cada 30 cm. .
- Cables:**
- Cable de 12 mm. de acero galvanizado A.M.Z.



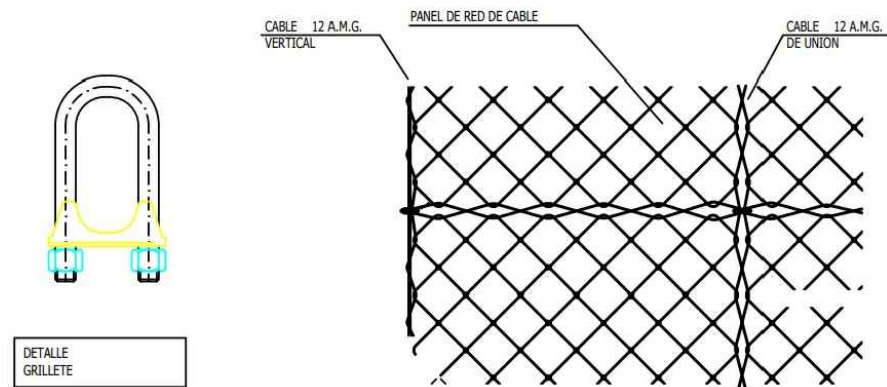
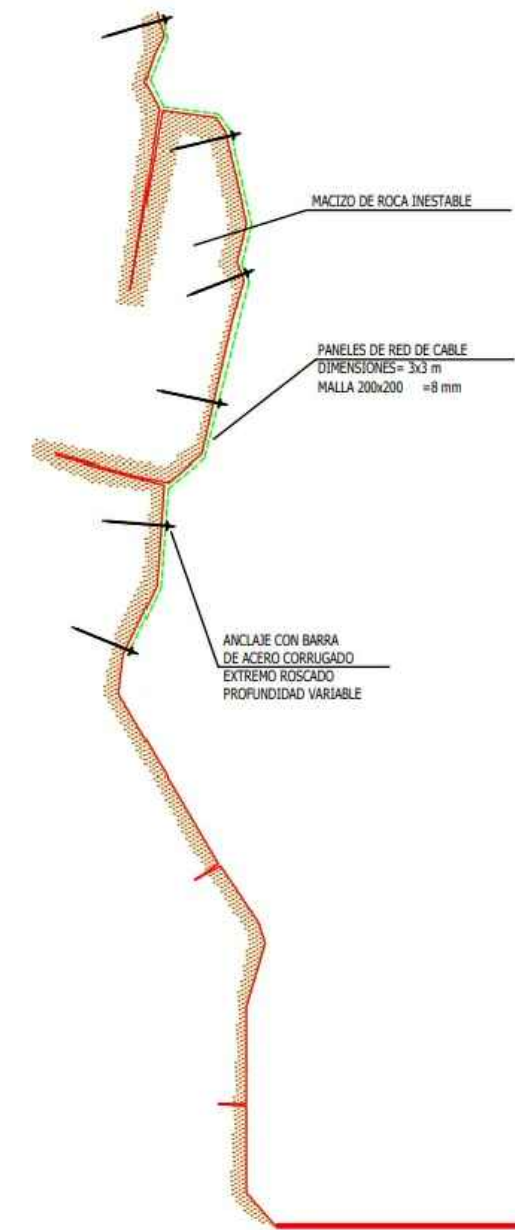
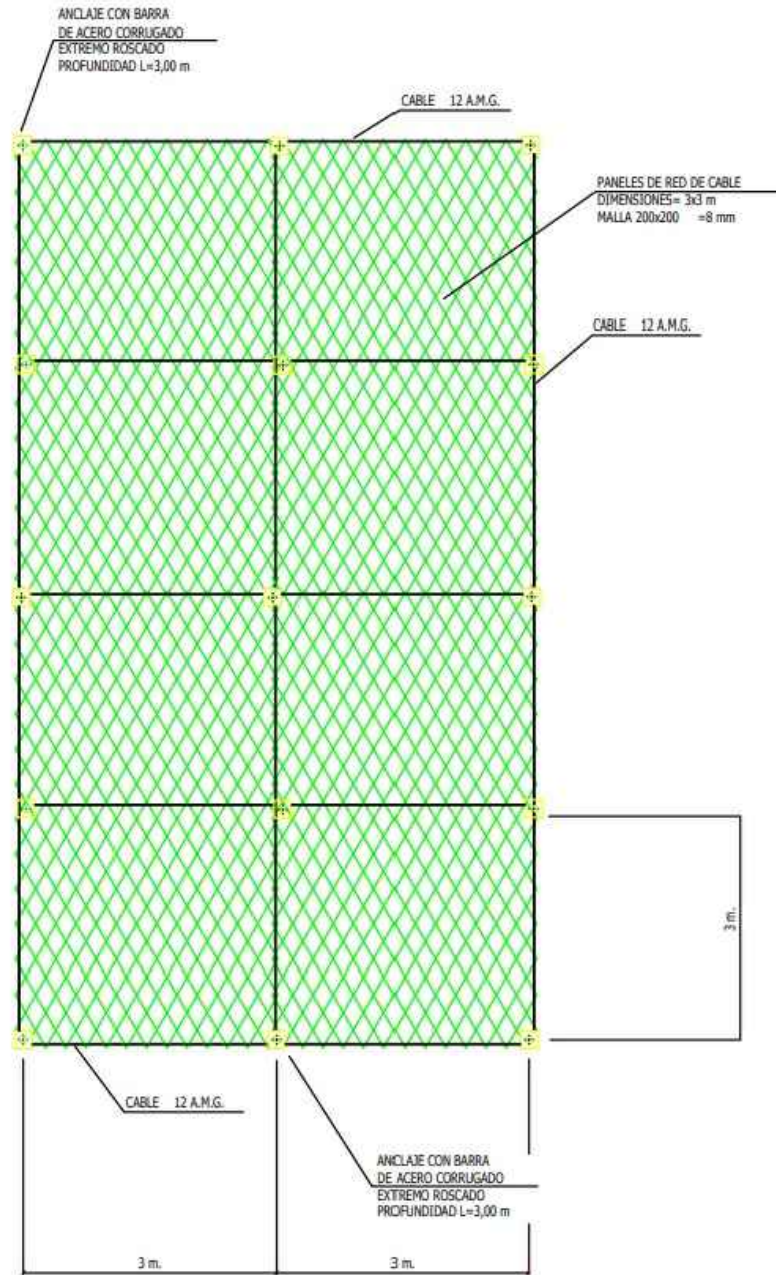
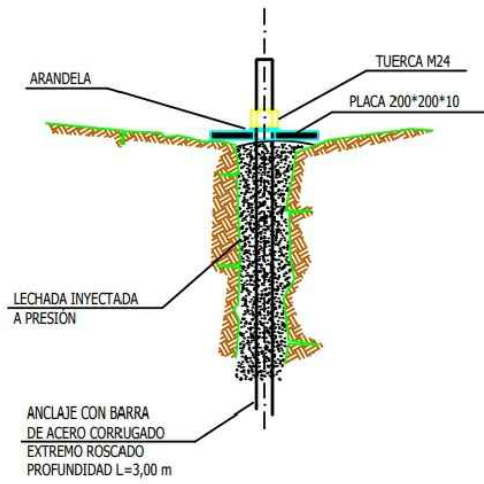
DETALLE DE ANCLAJE CON PLACA

CARACTERÍSTICAS DE LA MALLA TRIPLE TORSIÓN 80							
Denominación de uso común (cm)	Denominación según EN 10223-3 (mm)	Ø Alambre de malla (mm)	Cantidad mínima revestimiento (g/m²)	Ø Alambre de borde (mm)	Cantidad mínima de revestimiento (g/m²)	Peso (Kg/m²)	Ancho estándar del rollo (m)
8x10	80 <sup>+16%</sup> <sub>-4%</sub>	2.7	245	3.40	265	1.43	4 m.

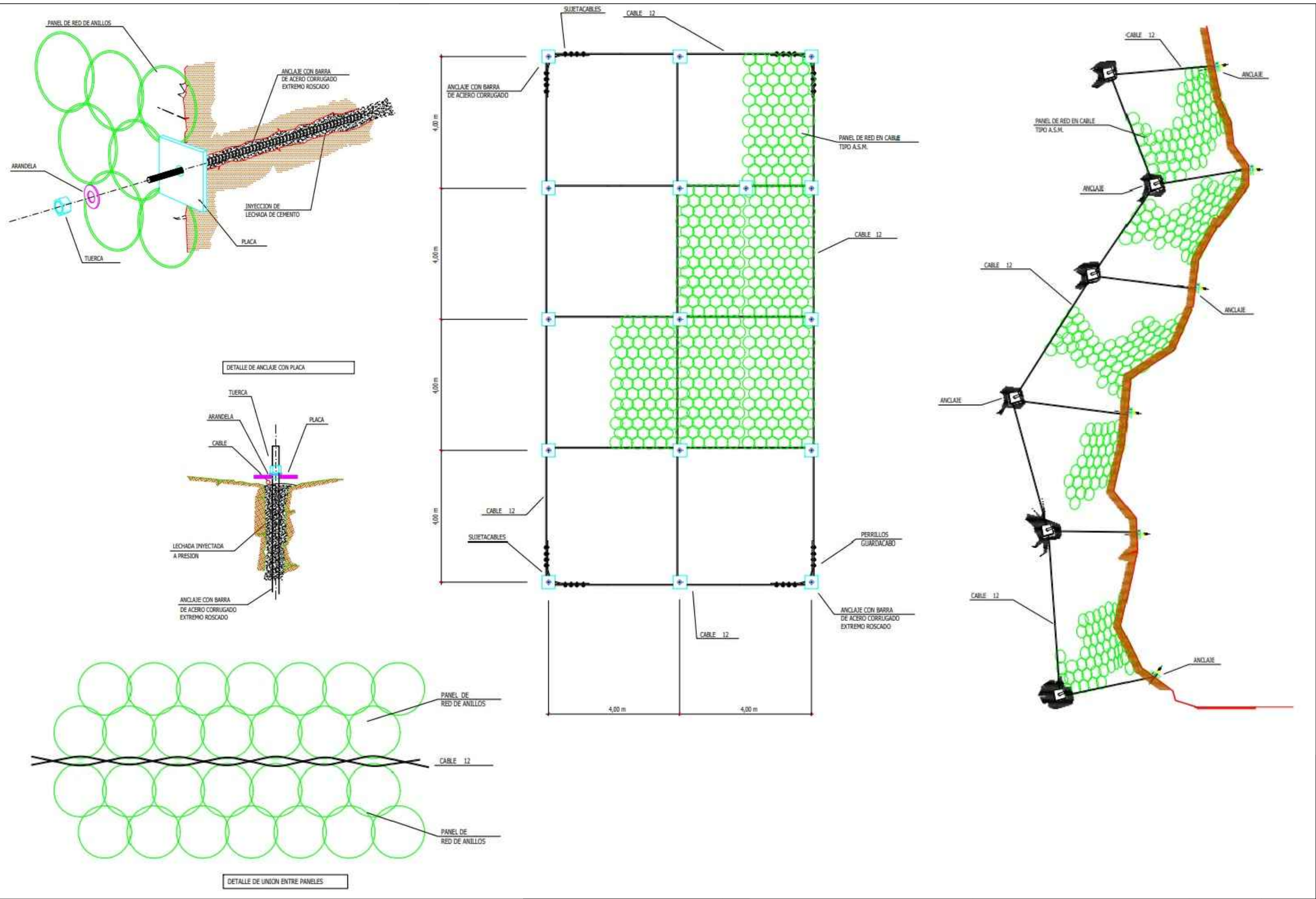




DETALLE DE ANCLAJE CON PLACA







<p>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS Proyecto final de master</p>	<p>ESCALA ORIG. SIN ESCALA</p>	<p>TÍTULO DEL PROYECTO ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LAS CARRETERAS N-403, ENTRE EL PK 91+850 Y EL PK 112+100, Y LA N-502, ENTRE EL PK 29+100 Y EL PK 96+000, EN LA PROVINCIA DE ÁVILA.</p>	<p>TÍTULO DEL PLANO RED DE ANILLOS 4X4 L=1,50 M</p>	<p>AUTOR: LORENA CUELLAR CASTELLANOS TUTOR: D. MARIA ELVIRA GARRIDO DE LA TORRE</p>	<p>FECHA DICIEMBRE 2022</p>	<p>Nº DE PLANO 4</p>
						<p>HOJA 7 DE 7</p>



## **ANEJO X- VALORACIÓN ECONÓMICA**

---

## INDICE

<b>1. MEDICIONES.....</b>	<b>1</b>
<b>2. VALORACIÓN ECONÓMICA.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1. PRESUPUESTOS PARCIALES .....</b>	<b>6</b>
<b>2.2. PRESUPUESTOS TOTALES.....</b>	<b>0</b>



## 1. MEDICIONES

Ud	Descripción												
m2	SANEAMIENTO Y REPERFILADO DE TALUD MEDIANTE MEDIOS MANUALES O QUÍMICOS, A UNA ALTURA DE TALUD MAYOR A 5 M SOBRE LA PLATAFORMA, CON UN EQUIPO COMPUESTO POR: 3 PEONES ESPECIALIZADOS EN TRABAJOS DE ALTURA, UNA RETROEXCAVADORA Y UN CAMIÓN PARA LA RETIRADA DE PRODUCTOS SOBREPANTES A VERTEDERO AUTORIZADO O LUGAR DE ACOPIO, INCLUSO REGULACIÓN DE TRÁFICO, DESBROCE, RETIRADA Y/O DEMOLICIÓN DE BLOQUES ROCOSOS INESTABLES CON CUALQUIER TIPO DE MEDIO (PATA DE CABRA, MAZAS, ESCOPILOS, MARTILLOS NEUMÁTICOS, DEFLAGRACIÓN, ETC.) Y LIMPIEZA DE PLATAFORMA MEDIANTE MEDIOS MECÁNICOS Y/O MANUALES.												
TALUD	PK Inicio	H (m)	β talud (°)	H proyectada (m)	L (m)	L acumulada (m)	H media (m)	S (m)	Solape adicional	Sup Adicional	Coef por relieve	Medición (m2)	Medición total (m2)
<b>TALUD 1</b>													
T1	94+100	20	84	20,11									
T1	94+110	21	84	21,12	10	10	20,613	206,129	3	30	1,03	243,21	
T1	94+120	21,5	84	21,62	10	20	20,948	209,481	3	30	1,03	246,67	
T1	94+130	21,8	84	21,92	10	30	21,551	215,514	3	30	1,03	252,88	
T1	94+140	22	84	22,12	10	40	21,887	218,866	3	30	1,03	256,33	
T1	94+150	21,5	84	21,62	10	50	21,820	218,195	3	30	1,03	255,64	
T1	94+160	22,1	84	22,22	10	60	21,970	219,704	3	30	1,03	257,19	
T1	94+170	22,6	84	22,72	10	70	22,171	221,715	3	30	1,03	259,27	
T1	94+180	24	84	24,13	10	80	22,564	225,636	3	30	1,03	263,31	
T1	94+190	25	84	25,14	10	90	23,998	239,981	3	30	1,03	278,08	
T1	94+200	23,5	84	23,63	10	20	24,300	242,998	3	30	1,03	281,19	
T1	94+210	22,8	84	22,93	10	30	23,898	238,976	3	30	1,03	277,05	
													<b>2.870,81</b>
<b>TALUD 4</b>													
T4	97+150	5,5	86	5,51									
T4	97+160	6	86	6,01	10	10	5,764	57,640	3	30	1,03	90,27	
T4	97+170	6,3	86	6,32	10	20	5,948	59,478	3	30	1,03	92,16	
T4	97+180	6,8	86	6,82	10	30	6,165	61,650	3	30	1,03	94,40	
T4	97+190	7,2	86	7,22	10	40	6,376	63,755	3	30	1,03	96,57	
T4	97+200	7,6	86	7,62	10	50	7,218	72,176	3	30	1,03	105,24	
													<b>478,64</b>
<b>SUMA TOTAL PARTIDA</b>													<b>3.349,45</b>

Ud	Descripción	TALUD	PK Inicio	H (m)	β talud (°)	H proyectada (m)	L (m)	L acumulada (m)	H media (m)	S (m)	Solape adicional	Sup Adicional	Coef por relieve	Medición (m2)	Medición total (m2)
m2	MALLA DE PROTECCIÓN DE CAÍDA DE PIEDRAS COMPUESTA POR MALLA DE ALAMBRE GALVANIZADO TIPO GALFAN (ALEACIÓN DE ZN+AL) DE TRIPLE TORSIÓN DE MALLA 6x8-14 CM, DIÁMETRO ALAMBRE DE 2,2 MM, SUJETADA AL TERRENO POR REDONDOS DE ACERO CORRUGADO UNE-EN 10080 B 500 SD DE DIÁMETRO 16-20 MM TIPO GARROTA, DE LONGITUD 1,5 A 2,0 M, CABLE DE COSIDO DE 10 MM DE DIÁMETRO, HELICÓPTERO Y/O GRÚA PARA CARGA Y TRANSPORTE DE COMPONENTES HASTA ZONA DE EMPLAZAMIENTO, Y/O EXTENDIDO DE LA MALLA, MAQUINARIA Y MEDIOS AUXILIARES. INCLUSO DESBROCE Y SANEAMIENTO DE SUPERFICIE, PARTE PROPORCIONAL DE CABLES DE ACERO PARA SUJECIÓN, RETIRADA DE PRODUCTOS SOBREPANTES A VERTEDERO AUTORIZADO O LUGAR DE ACOPIO. TOTALMENTE COLOCADA.														
	<b>TALUD 1</b>														
	T1	94+100	20	84	20,11										
	T1	94+110	21	84	21,12	10	10	20,613	206,129	3	30	1,03	243,21		
	T1	94+120	21,5	84	21,62	10	20	20,948	209,481	3	30	1,03	246,67		
	T1	94+130	21,8	84	21,92	10	30	21,551	215,514	3	30	1,03	252,88		
	T1	94+140	22	84	22,12	10	40	21,887	218,866	3	30	1,03	256,33		
	T1	94+150	21,5	84	21,62	10	50	21,820	218,195	3	30	1,03	255,64		
	T1	94+160	22,1	84	22,22	10	60	21,970	219,704	3	30	1,03	257,19		
	T1	94+170	22,6	84	22,72	10	70	22,171	221,715	3	30	1,03	259,27		
	T1	94+180	24	84	24,13	10	80	22,564	225,636	3	30	1,03	263,31		
	T1	94+190	25	84	25,14	10	10	23,998	239,981	3	30	1,03	278,08		
	T1	94+200	23,5	84	23,63	10	20	24,300	242,998	3	30	1,03	281,19		
	T1	94+210	22,8	84	22,93	10	30	23,898	238,976	3	30	1,03	277,05	2.870,81	
	<b>TALUD 5</b>														
	T5	98+760	6,3	71	6,66										
	T5	98+770	7,2	71	7,61	10	10	7,139	71,389	3	30	1,03	104,43		
	T5	98+775	7,6	71	8,04	5	15	7,439	37,193	3	15	1,03	53,76	158,19	
	<b>TALUD 6</b>														
	T6	111+300	8,6	72	9,04										
	T6	111+310	9,1	72	9,57	10	10	9,305	93,054	3	30	1,03	126,75		
	T6	111+320	9,5	72	9,99	10	20	9,533	95,333	3	30	1,03	129,09	255,84	
	<b>SUMA TOTAL PARTIDA</b>														<b>3.284,84</b>

Ud	Descripción	TALUD	PK Inicio	H (m)	β talud (°)	H proyectada (m)	L (m)	L acumulada (m)	H media (m)	S (m)	Solape adicional	Sup Adicional	Coef por relieve	Medición (m2)	Medición total (m2)
m2	MALLA DE PROTECCIÓN REFORZADA DE CAÍDA DE PIEDRAS COMPUESTA POR MALLA DE ALAMBRE GALVANIZADO TIPO GALFAN (ALEACIÓN DE ZN+AL) DE TRIPLE TORSIÓN DE MALLA 6x8-14 CM, DIÁMETRO ALAMBRE DE 2,2 MM, ANCLADA EN CABECERA DE TALUD MEDIANTE PIQUETA DE 20 MM DE DIÁMETRO Y 1 M DE LONGITUD, CON UNA SEPARACIÓN DE 3 M. REFUERZO INTERMEDIO MEDIANTE COLOCACIÓN DE BULONES TIPO GEWI O EQUIVALENTE DE 25 MM DE DIÁMETRO Y 1,5 M DE LONGITUD, Y/O AUTOPERFORANTE, DISPUESTOS EN UNA CUADRÍCULA DE 4x4 M, CABLE DE REFUERZO DE ACERO GALVANIZADO DE 12 MM DE DIÁMETRO DISPUESTO DE FORMA DIAGONAL, ANCLAJE DE PIE DE TALUD MEDIANTE ANCLAJES DE 1 M DE LONGITUD SEPARADOS ENTRE SI 4 M Y CABLE DE ACERO DE 12 MM DE DIÁMETRO. HELICÓPTERO Y/O GRÚA PARA CARGA Y TRANSPORTE DE COMPONENTES HASTA ZONA DE EMPLAZAMIENTO, Y/O EXTENDIDO DE RED, MAQUINARIA Y MEDIOS AUXILIARES. INCLUSO DESBROCE Y SANEAMIENTO DE SUPERFICIE, PARTE PROPORCIONAL DE CABLES DE ACERO PARA SUJECIÓN, RETIRADA DE PRODUCTOS SOBREPANTES A VERTEDERO AUTORIZADO O LUGAR DE ACOPIO. TOTALMENTE COLOCADA.														
	<b>TALUD 4</b>														
	T4	97+170	6,3	86	6,32										
	T4	97+180	6,8	86	6,82	10	10	6,566	65,660	3	30	1,03	98,53		
	T4	97+190	7,2	86	7,22	10	20	6,783	67,832	3	30	1,03	100,77		
	T4	97+194	7,6	86	7,62	4	24	7,218	28,870	3	12	1,03	42,10	241,39	
	<b>TALUD 5</b>														
	T5	97+750	6	71	6,35										
	T5	97+760	6,5	71	6,87	10	10	6,610129	66,1012926	3	30	1,03	98,98		
	T5	97+765	6,5	71	6,87	5	15	6,698264	33,4913216	3	15	1,03	49,95	148,93	
	<b>TALUD 6</b>														
	T6	111+320	9,3	72	9,78										
	T6	111+330	9,4	72	9,88	10	10	9,831172	98,311718	3	30	1,03	132,16		
	T6	111+340	9	72	9,46	10	20	9,673452	96,7345246	3	30	1,03	130,54		
	T6	111+350	8,7	72	9,15	10	30	9,305441	93,0544068	3	30	1,03	126,75		
	T6	111+360	8,3	72	8,73	10	40	8,937429	89,3742891	3	30	1,03	122,96		
	T6	111+370	7,9	72	8,31	10	50	8,516844	85,1684402	4	40	2,03	254,09		
	T6	111+380	8	72	8,41										
	T6	111+390	8,6	72	9,04	10	10	8,727136	87,2713646	3	30	1,03	120,79		
	T6	111+400	9,5	72	9,99	10	20	9,515733	95,1573313	3	30	1,03	128,91		
	T6	111+405	8,9	72	9,36	5	25	9,673452	48,3672623	3	15	1,03	65,27	1.081,46	
	<b>TALUD 11</b>														
	T11	58+350	9,7	74	10,09										
	T11	58+360	10,2	74	10,61	10	10	10,35098	103,509794	3	30	1,03	137,52		
	T11	58+370	11,5	74	11,96	10	20	11,28725	112,872489	3	30	1,03	147,16		
	T11	58+380	11,8	74	12,28	10	30	12,11949	121,194884	3	30	1,03	155,73		
	T11	58+390	10,9	74	11,34	10	40	11,8074	118,073986	3	30	1,03	152,52		
	T11	58+400	9,7	74	10,09	10	50	10,71508	107,150842	3	30	1,03	141,27	734,19	
	<b>TALUD 12</b>														
	T12	65+920	9,8	76	10,10										
	T12	65+930	11,3	76	11,65	10	10	10,87297	108,729738	3	30	1,03	142,89		
	T12	65+940	12,8	76	13,19	10	20	12,41889	124,188942	3	30	1,03	158,81		
	T12	65+950	11,9	76	12,26	10	30	12,72808	127,280783	3	30	1,03	162,00		
	T12	65+960	10,7	76	11,03	10	40	11,64593	116,45934	3	30	1,03	150,85		
	T12	65+970	10,5	76	10,82	10	50	10,9245	109,245045	3	30	1,03	143,42	757,98	
	<b>SUMA TOTAL PARTIDA</b>														<b>2.963,95</b>



Ud	Descripción													
m2	MALLA DE PROTECCIÓN REFORZADA DE CAÍDA DE PIEDRAS COMPUESTA POR MALLA DE ALAMBRE GALVANIZADO TIPO GALFAN (ALEACIÓN DE ZN+AL) DE TRIPLE TORSIÓN DE MALLA 6x8-14 CM, DIÁMETRO ALAMBRE DE 2,2 MM, ANCLADA EN CABECERA DE TALUD MEDIANTE PIQUETA DE 20 MM DE DIÁMETRO Y 1 M DE LONGITUD, CON UNA SEPARACIÓN DE 3 M. REFUERZO INTERMEDIO MEDIANTE COLOCACIÓN DE BULONES TIPO GEWI O EQUIVALENTE DE 25 MM DE DIÁMETRO Y 2,0 M DE LONGITUD, Y/O AUTOPERFORANTE, DISPUESTOS EN UNA CUADRÍCULA DE 4x4 M, CABLE DE REFUERZO DE ACERO GALVANIZADO DE 12 MM DE DIÁMETRO DISPUESTO DE FORMA DIAGONAL, ANCLAJE DE PIE DE TALUD MEDIANTE ANCLAJES DE 1 M DE LONGITUD SEPARADOS ENTRE SI 4 M Y CABLE DE ACERO DE 12 MM DE DIÁMETRO. HELICÓPTERO Y/O GRÚA PARA CARGA Y TRANSPORTE DE COMPONENTES HASTA ZONA DE EMPLAZAMIENTO, Y/O EXTENDIDO DE RED, MAQUINARIA Y MEDIOS AUXILIARES. INCLUSO DESBROCE Y SANEADO DE SUPERFICIE, PARTE PROPORCIONAL DE CABLES DE ACERO PARA SUJECIÓN, RETIRADA DE PRODUCTOS SOBREPESANTES A VERTEDERO AUTORIZADO O LUGAR DE ACOPIO. TOTALMENTE COLOCADA													
TALUD	PK Inicio	H (m)	β talud (°)	H proyectada (m)	L (m)	L acumulada (m)	H media (m)	S (m)	Solape adicional	Sup Adicional	Coef por relieve	Medición (m2)	Medición total (m2)	
<b>TALUD 2</b>														
T2	96+930	5	69	5,36										
T2	96+940	6,5	69	6,96	10	10	6,159	61,591	3	30	1,03	94,34		
T2	96+950	7	69	7,50	10	20	6,605	66,054	3	30	1,03	98,94	193,27	
<b>TALUD 9</b>														
T9	55+275	8,6	82	8,68										
T9	55+285	9,2	82	9,29	10	10	8,987465	89,874654	3	30	1,03	123,47		
T9	55+295	9,7	82	9,80	10	20	9,542871	95,4287056	3	30	1,03	129,19		
T9	55+305	10	82	10,10	10	30	9,946802	99,4680159	3	30	1,03	133,35	386,01	
<b>SUMA TOTAL PARTIDA</b>													<b>579,29</b>	

Ud	Descripción													
m2	SISTEMA DE PROTECCIÓN DE TALUDES NETPROTECT DE PARAMASSI O EQUIVALENTE COMPUESTO POR MALLA ROMBOIDAL DE ALAMBRES DE ACERO GALVANIZADO MONOFILIAR DE ALTO LÍMITE ELÁSTICO, DE DIMENSIONES 300X300 MM Y 65 MM DE LUZ INTERIOR, CARGA MÍNIMA DE ROTURA DE 145 KN Y RESISTENCIA MÍNIMA DE 45 KN/MP, (RESISTENCIA A TRACCIÓN > 1.770 N/MM²) Y CIERRE CON GRAPA A PRESIÓN, GALVANIZADAS ELECTROLÍTICAMENTE, INCLUSO MALLA DE ALAMBRE TRIPLE TORSIÓN, BULONES DE ACERO DE 25 MM DISPUESTOS EN CUADRÍCULA DE 3X3 M Y LONGITUD=3 M, CABLE DE REPARTO/COSIDO DE ACERO GALVANIZADO DE 12 MM DE DIÁMETRO, INSPECCIÓN DEL MACIZO POR TÉCNICO ESPECIALISTA, HELICÓPTERO Y/O GRÚA PARA CARGA Y TRANSPORTE DE COMPONENTES HASTA ZONA DE EMPLAZAMIENTO, Y/O EXTENDIDO DE RED, MAQUINARIA Y MEDIOS AUXILIARES, REGULACIÓN DE TRÁFICO, DESBROCE Y SANEADO DE SUPERFICIE, RETIRADA DE PRODUCTOS SOBREPESANTES A VERTEDERO AUTORIZADO O LUGAR DE ACOPIO Y LIMPIEZA DE PLATAFORMA MEDIANTE MEDIOS MECÁNICOS Y/O MANUALES. TOTALMENTE COLOCADA.													
TALUD	PK Inicio	H (m)	β talud (°)	H proyectada (m)	L (m)	L acumulada (m)	H media (m)	S (m)	Solape adicional	Sup Adicional	Coef por relieve	Medición (m2)	Medición total (m2)	
<b>TALUD 2</b>														
T2	96+950	7,5	69	8,03										
T2	96+960	8	69	8,57	10	10	8,301	83,014	1	10	1,03	95,80		
T2	96+970	9	69	9,64	10	20	8,748	87,477	1	10	2,03	197,88		
T2	96+980	8,5	69	9,10	10	30	9,105	91,047	1	10	3,03	306,17		
T2	96+985	8	69	8,57	5	35	9,105	45,524	1	5	4,03	203,61	803,47	
<b>TALUD 3</b>														
T3	97+050	5	86	5,01										
T3	97+060	5,8	86	5,81	10	10	5,413	54,132	1	10	1,03	66,06		
T3	97+070	6,7	86	6,72	10	20	5,848	58,476	1	10	2,03	139,01		
T3	97+080	8	86	8,02	10	30	6,850	68,500	1	10	3,03	237,86		
T3	97+090	7,5	86	7,52	10	40	7,418	74,181	1	10	4,03	339,25	782,17	
<b>TALUD 9</b>														
T9	55+305	10	82	10,10										
T9	55+315	9,7	82	9,80	10	10	9,946802	99,4680159	1	10	1,03	112,75		
T9	55+320	9,1	82	9,19	5	15	9,492379	47,4618959	1	5	1,03	54,04	166,79	
<b>SUMA TOTAL PARTIDA</b>													<b>1.752,42</b>	

Ud	Descripción													
m2	SISTEMA DE PROTECCIÓN DE TALUDES NETPROTECT ST DE PARAMASSI O EQUIVALENTE COMPUESTO POR RED DE ANILLOS DE ACERO GALVANIZADO DE ALTO LÍMITE ELÁSTICO, DE 350 MM DE DIÁMETRO, CON SEIS PUNTOS DE CONTACTO, CARGA MÍNIMA DE ROTURA DE 320 KN Y RESISTENCIA MÍNIMA DE 100 KN/MP, FORMADOS CON ALAMBRE TORSIONADO SOBRE SÍ 7 VECES (RESISTENCIA A TRACCIÓN > 1.770 N/MP) Y CIERRE CON DOBLE NUDO, DE 2 MM, GALVANIZADO TIPO GALFAN (ALEACIÓN DE ZN+AL) CLASE A (NORMA EN 10244-2), INCLUSO MALLA DE ALAMBRE TRIPLE TORSIÓN, BULONES DE ACERO DE 25 MM DISPUESTOS EN CUADRÍCULA DE 4X4 M Y LONGITUD=1,5 M, CABLE DE REPARTO/COSIDO DE ACERO GALVANIZADO DE 12 MM DE DIÁMETRO, INSPECCIÓN DEL MACIZO POR TÉCNICO ESPECIALISTA, HELICÓPTERO Y/O GRÚA PARA CARGA Y TRANSPORTE DE COMPONENTES HASTA ZONA DE EMPLAZAMIENTO, Y/O EXTENDIDO DE RED, MAQUINARIA Y MEDIOS AUXILIARES, REGULACIÓN DE TRÁFICO, DESBROCE Y SANEAMIENTO DE SUPERFICIE, RETIRADA DE PRODUCTOS SOBREPESADOS A VERTEDERO AUTORIZADO O LUGAR DE ACOPIO Y LIMPIEZA DE PLATAFORMA MEDIANTE MEDIOS MECÁNICOS Y/O MANUALES. TOTALMENTE COLOCADA.													
TALUD	PK Inicio	H (m)	β talud (°)	H proyectada (m)	L (m)	L acumulada (m)	H media (m)	S (m)	Solape adicional	Sup Adicional	Coef por relieve	Medición (m2)	Medición total (m2)	
<b>TALUD 5</b>														
T5	97+750	7	71	7,40										
T5	97+760	6,7	71	7,09	10	10	7,245	72,447	1	10	1,03	84,92	84,92	
<b>TALUD 6</b>														
T6	111+360	7,9	72	8,31										
T6	111+370	8,3	72	8,73	10	10	8,516844	85,1684402	3	30	1,03	118,62		
T6	111+380	8,5	72	8,94	10	20	8,832283	88,3228268	3	30	1,03	121,87		
T6	111+390	8	72	8,41	10	30	8,674563	86,7456335	3	30	1,03	120,25	360,74	
<b>TALUD 7</b>														
T7	29+800	11,3	90	11,30										
T7	29+810	12	90	12,00	10	10	11,65	116,5	3	30	1,03	150,90		
T7	29+820	12,5	90	12,50	10	20	12,25	122,5	3	30	1,03	157,08		
T7	29+830	13	90	13,00	10	30	12,75	127,5	3	30	1,03	162,23		
T7	29+840	13,8	90	13,80	10	40	13,4	134	3	30	1,03	168,92		
T7	29+850	14,5	90	14,50	10	50	14,15	141,5	3	30	1,03	176,65		
T7	29+860	12,6	90	12,60	10	60	13,55	135,5	3	30	1,03	170,47		
T7	29+870	12,1	90	12,10	10	70	12,35	123,5	3	30	1,03	158,11		
T7	29+880	11,9	90	11,90	10	80	12	120	3	30	1,03	154,50	1.298,83	
<b>TALUD 8</b>														
T8	55+150	8	76	8,24										
T8	55+160	9	76	9,28	10	10	8,760216	87,6021585	3	30	1,03	121,13		
T8	55+170	10	76	10,31	10	20	9,790829	97,9082948	3	30	1,03	131,75		
T8	55+180	10	76	10,31	10	30	10,30614	103,061363	3	30	1,03	137,05		
T8	55+190	9	76	9,28	10	40	9,790829	97,9082948	3	30	1,03	131,75		
T8	55+200	10	76	10,31	10	50	9,790829	97,9082948	3	30	1,03	131,75	653,42	
<b>TALUD 10</b>														
T10	55+590	9	76	9,28										
T10	55+600	9,5	76	9,79	10	10	9,533176	95,3317607	1	10	1,03	108,49		
T10	55+610	8,7	76	8,97	10	20	9,378584	93,7858403	1	10	1,03	106,90		
T10	55+620	9,3	76	9,58	10	30	9,275523	92,7552266	1	10	1,03	105,84		
T10	55+630	9,1	76	9,38	10	40	9,481645	94,8164539	1	10	1,03	107,96	429,19	
<b>SUMA TOTAL PARTIDA</b>													<b>2.827,10</b>	

Ud	Descripción													
ml	<b>BULONES PASIVOS</b> BULÓN DE ANCLAJE PASIVO PARA COSIDO DE BLOQUES AISLADOS Y SOSTENIMIENTOS PUNTALES DE ZONAS INESTABLES, FORMADOS POR BARRAS DE ACERO TIPO GEWI B 500 B O EQUIVALENTE DE 25 MM DE DIÁMETRO Y LONGITUD A DEFINIR POR LA DIRECCIÓN DE OBRA, EJECUTADOS MEDIANTE MARTILLO NEUMÁTICO Y/O CON PATIN SUSPENDIDO CON CABLES DE ACERO, INCLUSO INYECCIÓN MEDIANTE LECHADA DE CEMENTO, PLACA DE ANCLAJE, ARANDELA Y TUERCA, PINTURA DE PROTECCIÓN ANTICORROSIVA Y MAQUINARIA DE PERFORACIÓN. TOTALMENTE COLOCADO.													
TALUD	PK Inicio	Nº (m)	β talud (°)	H proyectada (m)	L (m)	L acumulada (m)	H media (m)	S (m)	Solape adicional	Sup Adicional	Coef por relieve	Medición (ml)	Medición total (ml)	
<b>TALUD 2</b>														
T2	96+930	18			2	36						36,00		
T2	96+950	52			3	156						156,00		
<b>TALUD 3</b>														
T3	97+050	39			3	117						117,00		
<b>TALUD 4</b>														
T4	97+170	21			1,5	32						31,50		
<b>TALUD 5</b>														
T5	97+750	12			1,5	18						18,00		
<b>TALUD 6</b>														
T6	111+310	4			2	8						8,00		
T6	111+320	44			1,5	66						66,00		
T6	111+368	20			1,5	30						30,00		
T6	111+384	24			1,5	36						36,00		
<b>TALUD 7</b>														
T7	29+800	105			1,5	158						157,50		
<b>TALUD 8</b>														
T8	55+150	56			1,5	84						84,00		
<b>TALUD 9</b>														
T9	55+275	32			2	64						64,00		
T9	55+305	30			3	90						90,00		
<b>TALUD 10</b>														
T10	55+590	44			1,5	66						66,00		
<b>TALUD 11</b>														
T11	58+350	56			1,5	84						84,00		
<b>TALUD 12</b>														
T12	65+920	56			1,5	84						84,00		
<b>SUMA TOTAL PARTIDA</b>													<b>1.128,00</b>	





## 2. VALORACIÓN ECONÓMICA

### 2.1. PRESUPUESTOS PARCIALES

RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 1. ESTABILIZACIÓN DE TALUDES</b>			
<b>M2 SANEO Y REFERFILADO DEL TALUD POR MEDIOS MANUALES</b>			
SANEO Y REPERFILADO DE TALUD MEDIANTE MEDIOS MANUALES O QUÍMICOS, A UNA ALTURA DE TALUD MAYOR A 5 M SOBRE LA PLATAFORMA, CON UN EQUIPO COMPUESTO POR: 3 PEONES ESPECIALIZADOS EN TRABAJOS DE ALTURA, UNA RETROEXCAVADORA Y UN CAMIÓN PARA LA RETIRADA DE PRODUCTOS SOBREPESADOS A VERTEDERO AUTORIZADO O LUGAR DE ACOPIO, INCLUSO REGULACIÓN DE TRÁFICO, DESBROCE, RETIRADA Y/O DEMOLICIÓN DE BLOQUES ROCOSOS INESTABLES CON CUALQUIER TIPO DE MEDIO (PATA DE CABRA, MAZAS, ESCOPLOS, MARTILLOS NEUMÁTICOS, DEFLAGRACIÓN, ETC.) Y LIMPIEZA DE PLATAFORMA MEDIANTE MEDIOS MECÁNICOS Y/O MANUALES.			
	3.349,45	22,89	76.668,93
<b>M2 MALLA DE PROTECCIÓN DE CAÍDA DE PIEDRAS</b>			
MALLA DE PROTECCIÓN DE CAÍDA DE PIEDRAS COMPUESTA POR MALLA DE ALAMBRE GALVANIZADO TIPO GALFAN (ALEACIÓN DE ZN+AL) DE TRIPLE TORSIÓN DE MALLA 6x8-14 CM, DIÁMETRO ALAMBRE DE 2,2 MM, SUJETADA AL TERRENO POR REDONDOS DE ACERO CORRUGADO UNE-EN 10080 B 500 SD DE DIÁMETRO 16-20 MM TIPO GARROTA, DE LONGITUD 1,5 A 2,0 M, CABLE DE COSIDO DE 10 MM DE DIÁMETRO, HELICÓPTERO Y/O GRÚA PARA CARGA Y TRANSPORTE DE COMPONENTES HASTA ZONA DE EMPLAZAMIENTO, Y/O EXTENDIDO DE LA MALLA, MAQUINARIA Y MEDIOS AUXILIARES, INCLUSO DESBROCE Y SANEO DE SUPERFICIE, PARTE PROPORCIONAL DE CABLES DE ACERO PARA SUJECIÓN, RETIRADA DE PRODUCTOS SOBREPESADOS A VERTEDERO AUTORIZADO O LUGAR DE ACOPIO. TOTALMENTE COLOCADA.			
	3.284,84	12,41	40.764,84
<b>M2 MALLA DE PROTECCIÓN REFORZADA DE CAÍDA DE PIEDRAS 4X4 L=1,5M</b>			
MALLA DE PROTECCIÓN REFORZADA DE CAÍDA DE PIEDRAS COMPUESTA POR MALLA DE ALAMBRE GALVANIZADO TIPO GALFAN (ALEACIÓN DE ZN+AL) DE TRIPLE TORSIÓN DE MALLA 6x8-14 CM, DIÁMETRO ALAMBRE DE 2,2 MM, ANCLADA EN CABECERA DE TALUD MEDIANTE PIQUETA DE 20 MM DE DIÁMETRO Y 1 M DE LONGITUD, CON UNA SEPARACIÓN DE 3 M. REFUERZO INTERMEDIO MEDIANTE COLOCACIÓN DE BULONES TIPO GEWI O EQUIVALENTE DE 25 MM DE DIÁMETRO Y 1,5 M DE LONGITUD, Y/O AUTOPERFORANTE, DISPUESTOS EN UNA CUADRÍCULA DE 4x4 M, CABLE DE REFUERZO DE ACERO GALVANIZADO DE 12 MM DE DIÁMETRO DISPUESTO DE FORMA DIAGONAL, ANCLAJE DE PIE DE TALUD MEDIANTE ANCLAJES DE 1 M DE LONGITUD SEPARADOS ENTRE SI 4 M Y CABLE DE ACERO DE 12 MM DE DIÁMETRO, HELICÓPTERO Y/O GRÚA PARA CARGA Y TRANSPORTE DE COMPONENTES HASTA ZONA DE EMPLAZAMIENTO, Y/O EXTENDIDO DE RED, MAQUINARIA Y MEDIOS AUXILIARES, INCLUSO DESBROCE Y SANEO DE SUPERFICIE, PARTE PROPORCIONAL DE CABLES DE ACERO PARA SUJECIÓN, RETIRADA DE PRODUCTOS SOBREPESADOS A VERTEDERO AUTORIZADO O LUGAR DE ACOPIO. TOTALMENTE COLOCADA.			
	2.963,95	35,79	106.079,82
<b>M2 MALLA DE PROTECCIÓN REFORZADA DE CAÍDA DE PIEDRAS 4X4 L=2M</b>			
MALLA DE PROTECCIÓN REFORZADA DE CAÍDA DE PIEDRAS COMPUESTA POR MALLA DE ALAMBRE GALVANIZADO TIPO GALFAN (ALEACIÓN DE ZN+AL) DE TRIPLE TORSIÓN DE MALLA 6x8-14 CM, DIÁMETRO ALAMBRE DE 2,2 MM, ANCLADA EN CABECERA DE TALUD MEDIANTE PIQUETA DE 20 MM DE DIÁMETRO Y 1 M DE LONGITUD, CON UNA SEPARACIÓN DE 3 M. REFUERZO INTERMEDIO MEDIANTE COLOCACIÓN DE BULONES TIPO GEWI O EQUIVALENTE DE 25 MM DE DIÁMETRO Y 2,0 M DE LONGITUD, Y/O AUTOPERFORANTE, DISPUESTOS EN UNA CUADRÍCULA DE 4x4 M, CABLE DE REFUERZO DE ACERO GALVANIZADO DE 12 MM DE DIÁMETRO DISPUESTO DE FORMA DIAGONAL, ANCLAJE DE PIE DE TALUD MEDIANTE ANCLAJES DE 1 M DE LONGITUD SEPARADOS ENTRE SI 4 M Y CABLE DE ACERO DE 12 MM DE DIÁMETRO, HELICÓPTERO Y/O GRÚA PARA CARGA Y TRANSPORTE DE COMPONENTES HASTA ZONA DE EMPLAZAMIENTO, Y/O EXTENDIDO DE RED, MAQUINARIA Y MEDIOS AUXILIARES, INCLUSO DESBROCE Y SANEO DE SUPERFICIE, PARTE PROPORCIONAL DE CABLES DE ACERO PARA SUJECIÓN, RETIRADA DE PRODUCTOS SOBREPESADOS A VERTEDERO AUTORIZADO O LUGAR DE ACOPIO. TOTALMENTE COLOCADA.			
	579,29	37,25	21.578,50
<b>M2 RED DE CABLE DE ACERO GALVANIZADO, TRIPLE TORSIÓN 3X3 L=3M</b>			
SISTEMA DE PROTECCIÓN DE TALUDES NETPROTECT DE PARAMASSI O EQUIVALENTE COMPUESTO POR MALLA ROMBOIDAL DE ALAMBRES DE ACERO GALVANIZADO MONOFILAR DE ALTO LÍMITE ELÁSTICO, DE DIMENSIONES 300X300 MM Y 65 MM DE LUZ INTERIOR, CARGA MÍNIMA DE ROTURA DE 145 KN Y RESISTENCIA MÍNIMA DE 45 KN/MP, (RESISTENCIA A TRACCIÓN > 1.770 N/MP) Y CIERRE CON GRAPA A PRESIÓN, GALVANIZADAS ELECTROLÍTICAMENTE, INCLUSO MALLA DE ALAMBRE TRIPLE TORSIÓN, BULONES DE ACERO DE 25 MM DISPUESTOS EN CUADRÍCULA DE 3X3 M Y LONGITUD=3 M, CABLE DE REPARTO/COSIDO DE ACERO GALVANIZADO DE 12 MM DE DIÁMETRO, INSPECCIÓN DEL MACIZO POR TÉCNICO ESPECIALISTA, HELICÓPTERO Y/O GRÚA PARA CARGA Y TRANSPORTE DE COMPONENTES HASTA ZONA DE EMPLAZAMIENTO, Y/O EXTENDIDO DE RED, MAQUINARIA Y MEDIOS AUXILIARES, REGULACIÓN DE TRÁFICO, DESBROCE Y SANEO DE SUPERFICIE, RETIRADA DE PRODUCTOS SOBREPESADOS A VERTEDERO AUTORIZADO O LUGAR DE ACOPIO Y LIMPIEZA DE PLATAFORMA MEDIANTE MEDIOS MECÁNICOS Y/O MANUALES. TOTALMENTE COLOCADA.			
	1.752,42	72,25	126.612,28
<b>M2 RED DE ANILLOS DE ACERO GALVANIZADO, TRIPLE TORSIÓN 4X4 L=3M</b>			
SISTEMA DE PROTECCIÓN DE TALUDES NETPROTECT ST DE PARAMASSI O EQUIVALENTE COMPUESTO POR RED DE ANILLOS DE ACERO GALVANIZADO DE ALTO LÍMITE ELÁSTICO, DE 350 MM DE DIÁMETRO, CON SEIS PUNTOS DE CONTACTO, CARGA MÍNIMA DE ROTURA DE 320 KN Y RESISTENCIA MÍNIMA DE 100 KN/MP, FORMADOS CON ALAMBRE TORSIONADO SOBRE SÍ 7 VECES (RESISTENCIA A TRACCIÓN > 1.770 N/MP) Y CIERRE CON DOBLE NUDO, DE 2 MM, GALVANIZADO TIPO GALFAN (ALEACIÓN DE ZN+AL) CLASE A (NORMA EN 10244-2), INCLUSO MALLA DE ALAMBRE TRIPLE TORSIÓN, BULONES DE ACERO DE 25 MM DISPUESTOS EN CUADRÍCULA DE 4X4 M Y LONGITUD=1,5 M, CABLE DE REPARTO/COSIDO DE ACERO GALVANIZADO DE 12 MM DE DIÁMETRO, INSPECCIÓN DEL MACIZO POR TÉCNICO ESPECIALISTA, HELICÓPTERO Y/O GRÚA PARA CARGA Y TRANSPORTE DE COMPONENTES HASTA ZONA DE EMPLAZAMIENTO, Y/O EXTENDIDO DE RED, MAQUINARIA Y MEDIOS AUXILIARES, REGULACIÓN DE TRÁFICO, DESBROCE Y SANEO DE SUPERFICIE, RETIRADA DE PRODUCTOS SOBREPESADOS A VERTEDERO AUTORIZADO O LUGAR DE ACOPIO Y LIMPIEZA DE PLATAFORMA MEDIANTE MEDIOS MECÁNICOS Y/O MANUALES. TOTALMENTE COLOCADA.			
	2.827,10	115,27	325.880,33
<b>ML BULÓN DE ANCLAJE PASIVO</b>			
BULÓN DE ANCLAJE PASIVO PARA COSIDO DE BLOQUES AISLADOS Y SOSTENIMIENTOS PUNTALES DE ZONAS INESTABLES, FORMADOS POR BARRAS DE ACERO TIPO GEWI B 500 B O EQUIVALENTE DE 25 MM DE DIÁMETRO Y LONGITUD A DEFINIR POR LA DIRECCIÓN DE OBRA, EJECUTADOS MEDIANTE MARTILLO NEUMÁTICO Y/O CON PATÍN SUSPENDIDO CON CABLES DE ACERO, INCLUSO INYECCIÓN MEDIANTE LECHADA DE CEMENTO, PLACA DE ANCLAJE, ARANDELA Y TUERCA, PINTURA DE PROTECCIÓN ANTICORROSIVA Y MAQUINARIA DE PERFORACIÓN. TOTALMENTE COLOCADO.			
	1.128,00	90,57	102.162,96

RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>ML CABLE DE ACERO DE 12 MM DE DIÁMETRO</b>			
PROTECCIÓN MEDIANTE CABLE DE ACERO GALVANIZADO DE 12 MM DE DIÁMETRO CON ALMA METÁLICA, RESISTENCIA A TRACCIÓN > 1.770 N/MP, CARGA ROTURA MÍNIMA DE 161 KN, GRÚA PARA CARGA Y TRANSPORTE DE COMPONENTES HASTA ZONA DE EMPLAZAMIENTO, Y/O EXTENDIDO, MAQUINARIA Y MEDIOS AUXILIARES, INCLUSO TENSADO Y ANCLAJE A BULONES. TOTALMENTE COLOCADO.			
	100	7,35	735,00
<b>TOTAL CAPÍTULO 1. ESTABILIZACIÓN DE TALUDES.....</b>			<b>800.482,67</b>



## 2.2. PRESUPUESTOS TOTALES

CAPÍTULO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
C01	ESTABILIZACIÓN DE TALUDES			800.482,67
			<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>800.482,67</b>

Asciende el Presupuesto de Ejecución Material a la expresada cantidad de OCHOCIENTOS MIL CUATROCIENTOS OCHENTA Y DOS EUROS con SESENTA Y SIETE CÉNTIMOS.

13,00 % Gastos generales .....	104.062,75
6,00 % Beneficio industrial .....	48.028,96
SUMA DE G.G. Y B.I.	<b>152.091,71</b>
<b>PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN</b>	<b>952.574,38</b>
21,00 % I.V.A.....	200.040,62
<b>PRESUPUESTO TOTAL DE LICITACIÓN</b>	<b>1.152.615,00</b>

Asciende el Presupuesto de Licitación a la expresada cantidad de UN MILLÓN CIENTO CINCUENTA Y DOS MIL SEISCIENTOS QUINCE EUROS con CERO CÉNTIMOS.

Valencia, enero de 2023



Fdo. LORENA CUELLAR CASTELLANOS