

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Grado en Ingeniería de Obras Públicas



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



TRABAJO FINAL DE GRADO

“Estudio de la inestabilidad y propuesta de solución de los taludes de la carretera CV-615 en el PK 5+000, en el término municipal de Carrícola (Valencia).”

Anejo 1: Análisis de la inestabilidad

Autor: Soler Llopis Andreu

Valencia, Septiembre de 2017

Índice

1	Introducción.....	3
1.1	Análisis de sensibilidad de los datos.....	4
1.1.1	Caso 1.....	7
1.1.2	Caso 2.....	9
1.1.3	Caso 3.....	10
1.1.4	Caso 4.....	11
2	Descripción del problema	13
2.1	Estado de alteración de los materiales.....	13
2.2	Dinámica del movimiento.....	14
2.3	Hidrogeología	15
2.4	Estudio de materiales	15
3	Análisis de la inestabilidad	16
3.1	Reconstrucción del deslizamiento original ...¡Error! Marcador no definido.	
3.2	Situación actual de la ladera	18
3.3	Influencia para el mantenimiento de los taludes y carretera CV-615...	19
	Apéndices.....	23
	A.1 Cálculos del análisis de sensibilidad.....	23
	Caso 1	25
	Caso 1.1	25
	Caso 1.2	26
	Caso 1.3	26
	Caso 1.4	27
	Caso 1.5 con variación de parámetros de pesos específicos.....	27
	Caso 2	28
	Caso 3	28
	Caso 4	29
	A.2 Cálculos de estabilidad de los taludes.....	30
	1 Hipótesis original	30
	3 Hipótesis Actual	30
	2 Hipótesis sin medidas correctoras.....	31
	4 Hipótesis con medidas correctoras.....	31

1 Introducción

En aras de lo ocurrido entre los PK 4+985 y Pk 5+025 de la carretera CV-615 donde su plataforma bordea entre los taludes afectados.

Se ha realizado una serie de comprobaciones que explican lo que realmente ha sucedido en términos de inestabilidad.

El estudio no es más que un seguimiento de cómo se debería resolver el problema a través de una estimación según los factores de seguridad proporcionados al aplicar variaciones o cambios de las condiciones de contorno y geometrías en un modelo que imita la realidad a escala. Consiguiendo así, una solución ideada y convertir este tramo estable.

Para ello, se ha llevado a cabo simulando el cálculo de estabilidad de taludes en un software informático. Las simulaciones se basan sobre un mismo perfil tipo que ha sido elaborado a partir del trabajo topográfico. Se trata del perfil transversal PK 5+000. En este perfil, se geometrizan los distintos materiales habitados en el terreno:

- Arcillas anaranjadas situadas en el talud superior con una potencia no mayor a 2,5 m, pues, se considera que aparecen en superficie debido a los campos de cultivo y regadío ya existentes y trabajados en la coronación del talud. *En el desmonte de la carretera CV-615 la potencia de este estrato parece mayor, no obstante, esto se debe a que las lluvias han arrastrado este material y cubierto el terreno natural aunque únicamente en una capa superficial de poco espesor.*
- Margas TAP que son el material predominante, material que confecciona el resto de la potencia hallada en el perfil diseñado.

Se han comprobado la estabilidad en dos situaciones:

- **Condiciones normales**, taludes con la humedad natural (situación anterior al episodio de lluvia torrencial).
- Tras la **reconstrucción de los taludes** que persigue restablecer la situación previa a la lluvia y crear medidas para disminuir el problema en caso de producirse otro episodio de lluvias intensas.

Con la solución adoptada al problema, se pretende alcanzar la óptima estabilidad de taludes y, además, reponer el material desprendido.

Para el retroanálisis se ha utilizado el Método de las Rebanadas o Dovelas, siendo un método de cálculo de estabilidad de taludes basado en las teorías del Equilibrio Límite, con el software SLIDE V.7 (Rocscience). Método del equilibrio límite (LEM), que se detallará en este mismo capítulo más adelante.

Los parámetros adoptados en cada uno de los materiales afectados se adjuntan al resultado según las situaciones estudiadas.

1.1 Análisis de sensibilidad de los datos

Desafortunadamente, la Ingeniería Geotécnica no es una ciencia “exacta” en donde los parámetros que actúan puedan ser conocidos con absoluta precisión. Además, las características de los suelos o rocas pueden variar de una manera decisiva de algunos puntos o zonas que en otras, por lo que su representación, de manera simple, suele ser problemática.

Por estos motivos hay que conocer la influencia de las diversas variaciones de hipótesis para obtener un mayor rango de resultados fiables.

Estudio y propuesta de soluciones para la inestabilidad de los taludes de la carretera CV-615, Carrícola, (Valencia)

Se trata, en definitiva, de conocer la sensibilidad de los parámetros que intervienen en los cálculos que favorecen posibles modificaciones para la obtención de los parámetros actuantes.

Como no hay un grupo de datos de partida que se conozcan de forma fiable, se debe basar en la experiencia que hay en casos como este. A continuación se presentan unos grupos (caso 1, caso 2, caso 3 y caso 4) con unos datos de partida en los que, por sus niveles de variación, resulta muy difícil la selección de un único valor. Por ello se debe efectuar el análisis paramétrico, haciéndolo variar dentro de un abanico de valores razonable propuestos en cada "caso".

El conocimiento de los valores resistentes de los materiales que intervienen es tarea difícil y costoso de llevar a cabo- más si cabe en un trabajo académico como este-, por lo que, suele ser con este tipo de parámetros con los que se suelen efectuar los análisis de sensibilidad.

Como hipótesis de partida se contempla que, en esta inestabilidad al tratarse de una superficie de deslizamiento muy superficial, debe haber pequeñas variaciones en el valor adoptado para cada propiedad, representando la cohesión lo que dé lugar a las modificaciones importantes en los factores de seguridad obtenido.

La influencia de las modificaciones posibles que van a presentar los pesos específicos unitarios γ , son por lo general de pequeña importancia. Hay que tener en cuenta, por un lado, que las variaciones posibles de γ son relativamente pequeñas respecto a otros parámetros y, por otro lado, su influencia depende en la realidad del peso que produzcan, en decir, de su producto por la "altura" que vaya a tener el talud.

Por último, en el final del proceso, cabe decir que el estudio paramétrico permite tener un abanico de alternativas del factor de seguridad a exigir, pudiendo adoptarse una decisión más fundada en

Estudio y propuesta de soluciones para la inestabilidad de los taludes de la carretera CV-615, Carrícola, (Valencia)

base a la información recogida y en sus posibles variaciones o modificaciones.

Una vez definidas las condiciones y geometría del perfil respetando el trazado geométrico en el punto kilométrico dado, se hace primero un análisis de sensibilidad de los datos.

Arcillas	ϕ' (°)	c' (kPa)	γ (kN/m ³)	RCS ¹ (kPa)	γ_{sat} (kN/m ³)
Corto Plazo (sin drenaje)			19	90	22
			19,5	100	22
			20,5	110	22
					22
Largo plazo	27	0	19		22
	28	25	19,5		22
	29	50	20,5		22
					22

Margas	ϕ' (°)	c' (kPa)	γ (kN/m ³)	RCS (kPa)	γ_{sat} (kN/m ³)
Corto Plazo (sin drenaje)			19	180	21
			19,5	200	21
			20	220	21
					21
Largo plazo	29	25	19		21
	30	30	19,5		21
	31	35	20		21
		40			21

Tabla 1. Datos de partida. Fuente propia

En la anterior tabla se han resumido los datos principales del terreno obtenidos en base a los estudios geotécnicos que se realizaron en laboratorios y trabajos de campo.

Revisando estos datos, comentar que son valores típicos y normalmente usuales en este tipo de terreno, donde las variaciones entre ellos apenas son significativas, pero en cuanto a la estabilidad de los taludes las variaciones son mucho más representativas.

¹ RCS: resistencia a compresión simple, también figura como σ .

Estudio y propuesta de soluciones para la inestabilidad de los taludes de la carretera CV-615, Carrícola, (Valencia)

Para esta parte del análisis se ha considerado que se encuentran los taludes en condiciones normales, sin ningún tipo de actuación. También se ha contemplado como elemento que aporta resistencia, el muro de medio pie de hormigón en masa, denominado en los cálculos HM-20.

A continuación, en las siguientes tablas se muestran los datos y resultados del factor de seguridad para cada caso obtenidos de los cálculos, aunque se ha detallado más el seguimiento del caso 1.

En el apéndice de este documento, se muestra todo el trabajo realizado, incluso ampliaciones de las imágenes de cada cálculo.

1.1.1 Caso 1

CASO	DATOS				FS
		ARCILLAS	MARGAS TAP	HM-20	
1	γ (kN/m ³)	19	19	24	
	γ_{sat} (kN/m ³)	22	21		
	c' (kPa)	0	25	50	
	ϕ' (°)	27	29	40	
	σ' (kPa)	90	100	20000	
					1,156

Tabla 2. Datos y resultado del caso 1. Fuente propia

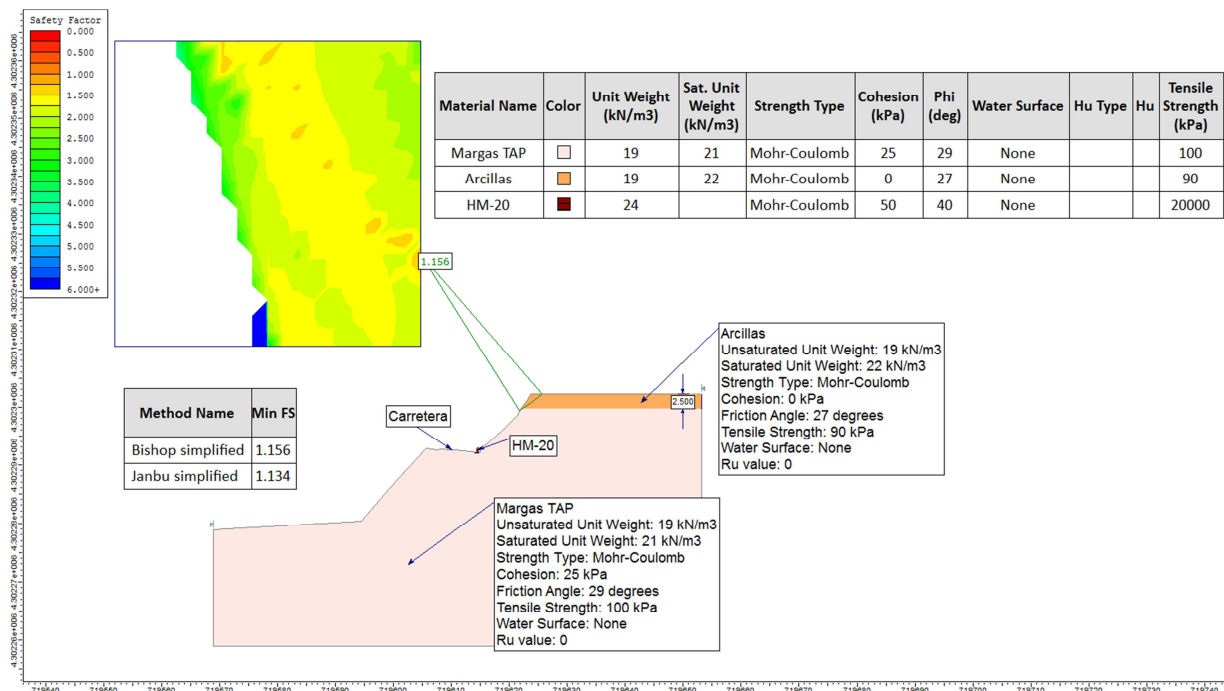


Figura 1. Resultado del cálculo del Caso 1

Se observa que el coeficiente de seguridad, en adelante FS, es de 1,156, pudiendo demostrarse que la principal inestabilidad se produce en las arcillas, esto se justifica por que la cohesión de las arcillas se ha considerado nula.

En el apéndice se muestra cómo al aumentar en una unidad la cohesión de las arcillas, el factor de seguridad aumenta considerablemente llegando incluso a ser $> 1,5$ lo que da lugar a que el círculo de rotura pésimo pase al talud inferior.

También se ha comprobado que las variaciones de los parámetros de saturación de los materiales, no altera el resultado del factor de seguridad. Se considera que es difícil de que el nivel freático que pueda existir se encuentre en superficie aunque a corto plazo la saturación debida a una escorrentía, en las capas más superficiales, aumenta el peso de la masa de suelo y, por tanto, es un factor que favorece la inestabilidad.

Estudio y propuesta de soluciones para la inestabilidad de los taludes de la carretera CV-615, Carrícola, (Valencia)

1.1.2 Caso 2

CASO	DATOS				FS
		ARCILLAS	MARGAS TAP	HM-20	
2	γ (Kn/m ³)	19,5	19,5	24	
	γ_{sat} (Kn/m ³)	22	21		
	c' (KPa)	25	21	50	
	ϕ' (grad.)	28	30	40	
	σ (Kpa)	100	200	20000	
					1,453

Tabla 3. Datos y resultado del caso 2. Fuente propia

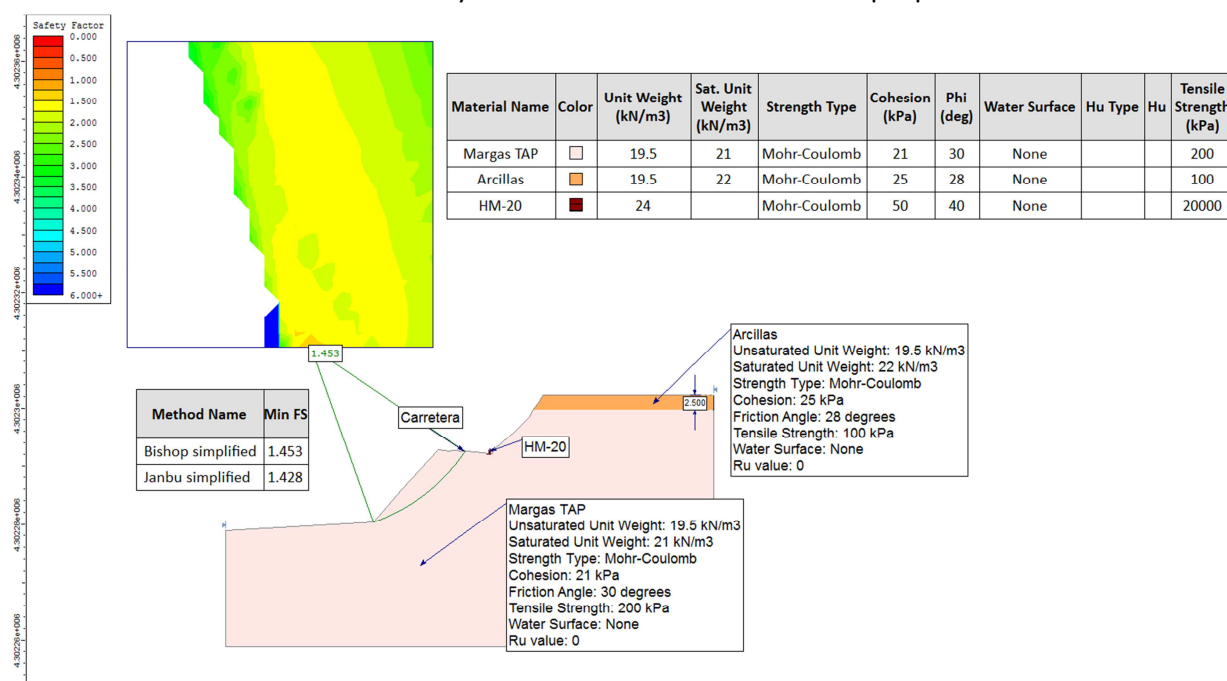


Figura 2. Resultado del cálculo del Caso 2

En general, en este segundo caso los parámetros se han aumentado, mejorando aún más las características de resistencia del terreno, hecho que se comprueba en la figura anterior, donde el FS se ha elevado en gran medida a 1,453 por destacar el aumento de la cohesión de las arcillas a 25 kPa, ya que marca el círculo de rotura parcial en el talud inferior, es decir, el talud superior donde se localizan las arcillas no parece ser inestable.

Estudio y propuesta de soluciones para la inestabilidad de los taludes de la carretera CV-615, Carrícola, (Valencia)

1.1.3 Caso 3

CASO	DATOS				FS
		ARCILLAS	MARGAS TAP	HM-20	
3	γ (Kn/m ³)	20,5	20	24	
	γ_{sat} (Kn/m ³)	22	21		
	c' (Kpa)	50	35	50	
	ϕ' (grad.)	29	31	40	
	σ (Kpa)	110	221	20000	
					1,910

Tabla 4. Datos y resultado del caso 3. Fuente propia

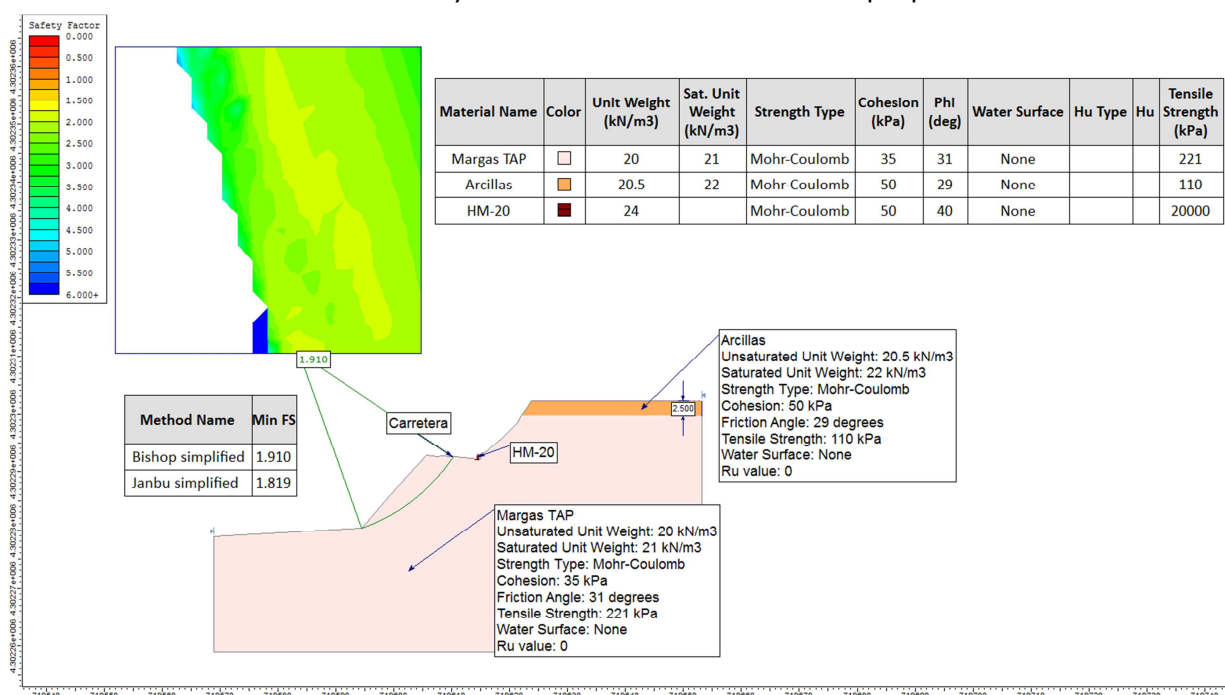


Figura 3. Resultado del cálculo del Caso 3

En este caso se llega a superar con diferencia un factor de seguridad mínimo de 1,5 para taludes de nueva ejecución de valor 1,910.

Da a entender que estas características de suelo son más que suficientes para considerar la estabilidad en el conjunto de los taludes y en definitiva, no sería necesario tomar medidas correctoras de ningún tipo.

Estudio y propuesta de soluciones para la inestabilidad de los taludes de la carretera CV-615, Carrícola, (Valencia)

1.1.4 Caso 4

CASO	DATOS				FS
		ARCILLAS	MARGAS TAP	HM-20	
4	γ (Kn/m ³)	20	19,4	24	
	γ_{sat} (Kn/m ³)	22	21		
	c' (Kpa)	15	25	50	
	ϕ' (grad.)	28	30	40	
	σ (Kpa)	100	200	20000	
					1,587

Tabla 5. Datos y resultado del caso 4. Fuente propia

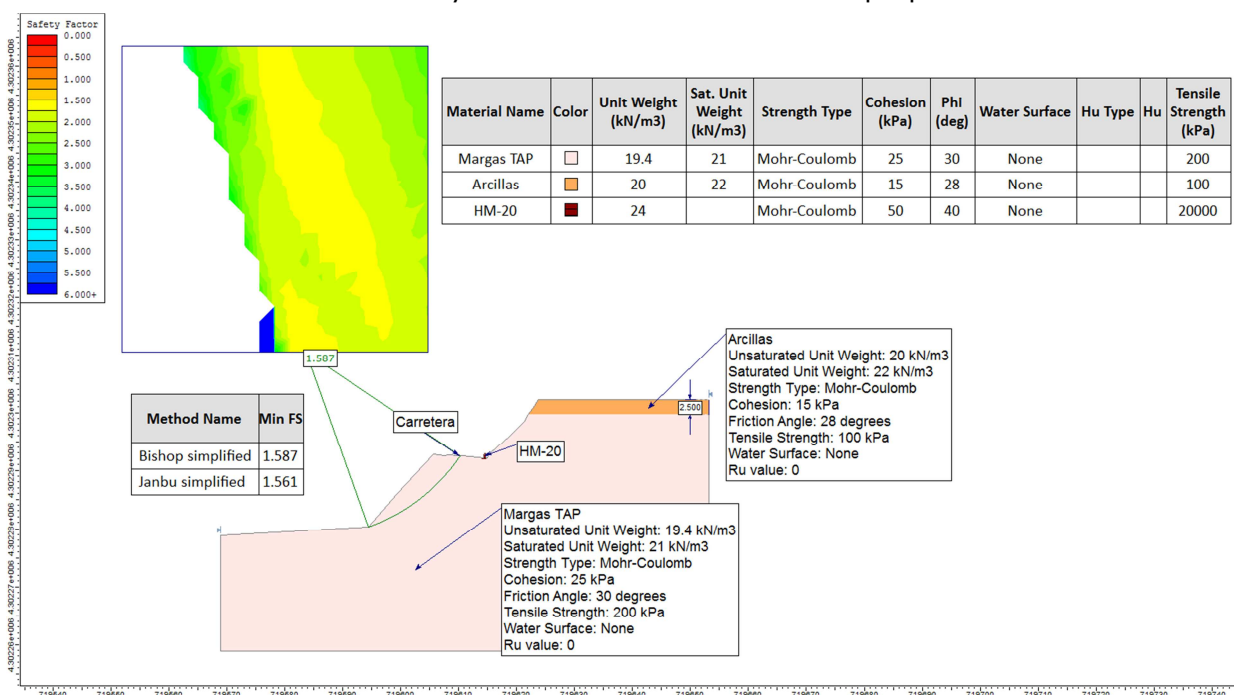


Figura 4. Resultado del cálculo del caso 4

Aquí las características del suelo, se pueden calificar como buenas para reflejar la problemática que hay acerca de la falta de equilibrio entre las fuerzas estabilizadoras y las desestabilizadoras bajo la carretera. El peligro de rotura de la infraestructura puede discutirse en el caso de que el círculo de rotura alcance el pie del talud inferior.

Finalmente, después de revisar estos cálculos, a la hora de dimensionar, proponer soluciones y partir como base para futuros cálculos se selecciona el caso 1 como la situación más desfavorable. Pues los resultados insatisfactorios predicen que es el caso con peores características del suelo que podría darse en el tramo entre el Pk 4+985 al Pk 5+025.

2 Descripción del problema

A partir de este apartado se describe el estudio de estabilidad para conocer la tipología de inestabilidad que se ha producido y elaborar una solución.

El deslizamiento se ha desarrollado en dirección transversal al trazado de la carretera, quedando esta sobre el pie del mismo (talud origen inestable), que por efecto dominó se ha extendido también el problema al otro lado de la calzada (talud inferior).

La planta y secciones pueden apreciarse en el Anejo Nº3 "**Planos**", en las que puede verse también la situación actual de la carretera.

2.1 Estado de alteración de los materiales

En los materiales de la zona tienen niveles importantes de alteración, estos materiales presentan muy poca resistencia a la meteorización. Por una parte el nivel superficial de alteración tiene una potencia que varía en toda la altura del talud del margen derecho, correspondiendo los primeros metros con las arcillas anaranjadas.

Por otro lado, se detectan niveles arcillosos y de Margas TAP relacionados con una meteorización física y química producto del mecanismo de deslizamiento sobretodo en la margen derecha.

El deslizamiento actualmente inactivo, está situado en la ladera orientada de E-O con el sentido de la pendiente hacia el S.

Se diferencian varias zonas:

- 1- El escarpe, que da lugar a una cuenca de captación de aguas en la cabeza del talud.
- 2- Zona de acumulación ubicada: en la ladera superior entre la cota 350 m y el pie de deslizamiento 346 m, y en la ladera inferior se encuentra, entre la cota 340 m y el pie de deslizamiento a 336 m.

Una vez originado el deslizamiento principal en la ladera superior, afectando en todo el desmonte, se observa sobre los niveles superficiales reptaciones de suelo.

2.2 Dinámica del movimiento

El deslizamiento producido es más bien superficial en la zona de escarpe del talud superior.

El proceso que originó el deslizamiento se puede resumir como sigue:

El intenso periodo de lluvias de los meses de noviembre y diciembre de 2016 dieron lugar a un volumen elevado de infiltración de agua, dado que la permeabilidad de las arcillas y margas es muy baja el agua se acumula en las primeras capas del terreno provocando un aumento significativo de su humedad y dando lugar a que el suelo, que de forma natural se encuentra en estado de consistencia semisólido, pase a un estado de consistencia viscoso rápidamente. En este instante empieza el movimiento de flujo del terreno del talud superior. Este movimiento incluye el desplazamiento de arbustos y vegetación de esta ladera que quedan depositados en la calzada y forman, junto al terreno desplazado un “presa” que redirige el flujo y el agua de escorrentía hacia el talud inferior donde se reproduce el mismo fenómeno con la consecuencia del descalce de la carretera que se puede apreciar en las fotografías del anejo N°4, **“documentación gráfica”**.

Posteriormente, sobre este material ya deslizado, se originan con el tiempo en el mismo mecanismo deslizamientos progresivos de menor entidad pero afectando sucesivamente a la zona de acumulación, sobre todo en el interior del muro de medio pie existente.

A la vista de las características del material en la zona deslizada, se puede suponer un flujo lento sobre los materiales margosos y arcillosos de bajo ángulo de rozamiento.

Como consecuencia se puede clasificar el movimiento como un deslizamiento superficial lento en la zona de escarpe con un flujo de tierras hacia la parte de acumulación y con falta de drenaje en la zona de pie.

2.3 Hidrogeología

En líneas generales se puede decir que el funcionamiento hidrogeológico es el siguiente:

La recarga se realizó a partir del agua meteórica, estimada en 200mm y en el escarpe parte de este agua circula por escorrentía superficial a los canales que delimitan el deslizamiento (Cuneta pie de talud) mientras que satura los niveles superficiales de alteración, dando lugar a las reptaciones de suelo ya comentadas.

En la zona de la plataforma de carretera se ha visto en la superficie un encharcamiento, producto de un drenaje deficiente capaz de producirse la infiltración.

2.4 Estudio de materiales

El desmonte y terraplenado se encuentra en zona ocupada por campos agrícolas de Arcillas bajo las que se observan las Margas TAP. Este último material presenta un tono beige (crema blanco).

El material que compone la zona deslizada y el resto del desmonte es homogéneo con características identificativas bastante uniformes, según la U.S.C.S de Casagrande se trata de arcilla tipo CL de plasticidad media o baja (Según el documento **"Memoria"**, apartado 1.4.3 Marco Geotécnico).

Las características medias son descritas en el mencionado documento.

3 Análisis de la inestabilidad

En la zona sobre la que se centra el estudio que abarca la superficie de deslizamiento primitiva y su entorno, el material arcilloso con margas facies TAP aparece removido tras haber sufrido esfuerzos tangenciales durante el fenómeno de rotura parcial.

Los parámetros de resistencia intrínseca del terreno corresponderían a sus valores residuales, aunque el distinto grado de alteración y los procesos siguientes al deslizamiento provocan una pequeña variación. Lógicamente la superficie de rotura presenta los valores mínimos que son los que se adoptan como parámetros de diseño. (Parámetros del caso 1).

El análisis de sensibilidad del apartado anterior de este documento en el que se analiza el desplazamiento original, permite valorar la representatividad de estos parámetros obtenidos. Así se ha obtenido que el Factor de Seguridad es igual a 1,156 para el desplazamiento original que se ha conseguido con los valores del caso 1, valores que se adoptan para la realización del cálculo.

El análisis de estabilidad en las distintas situaciones consideradas (deslizamiento original, situación original de la ladera y situación una vez ejecutadas las medidas correctoras) se ha realizado mediante la utilización del programa Slide 7.0 descrito en el apartado 1 de introducción.

3.1 Situación anterior al periodo de lluvias

Para reconstruir el mecanismo de rotura que se sospecha es preciso en primer lugar, establecer la topografía original. Esto se ha hecho prolongando la curva de pendientes actuales a ambos lados de la masa deslizante del Pk 5+000. En la siguiente figura se ha dibujado este perfil teórico inicial.

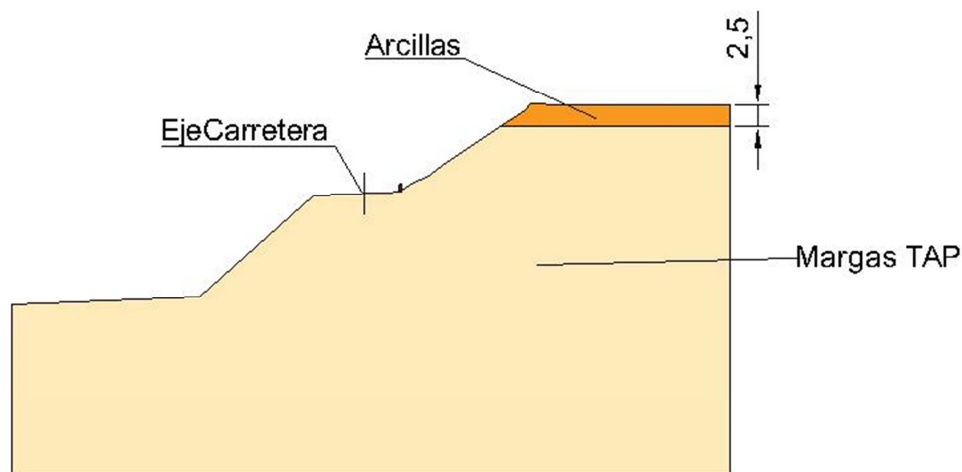


Figura 5. Perfil teórico inicial. Fuente propia

Por último, se establecen las siguientes hipótesis para obtener dicho mecanismo de rotura:

- El talud se encontraba semihúmedo
- Los parámetros resistentes tenían valores cercano a los residuales (caso 1)

Los análisis de estabilidad para las condiciones normales muestran factores de seguridad (FS) del orden de 1,00, muy por debajo a los valores mínimos exigidos por los criterios de diseño de la Guía de Cimentaciones en Obras de Carreteras (Ministerio de Fomento, 2004).

El deslizamiento se debe de producir para un valor de factor de seguridad inferior o igual a la unidad. Esto permite tantear soluciones y ajustar así, los parámetros resistentes del terreno.

El estudio de esta situación ha conducido a los siguientes resultados:

Se obtiene un factor de seguridad $FS = 1,156$ con los parámetros resistentes residuales, lo cual confirma las hipótesis de partida. En la figura 6 puede verse la forma del deslizamiento y la salida de ordenador de los cálculos realizados.

Estudio y propuesta de soluciones para la inestabilidad de los taludes de la carretera CV-615, Carrícola, (Valencia)

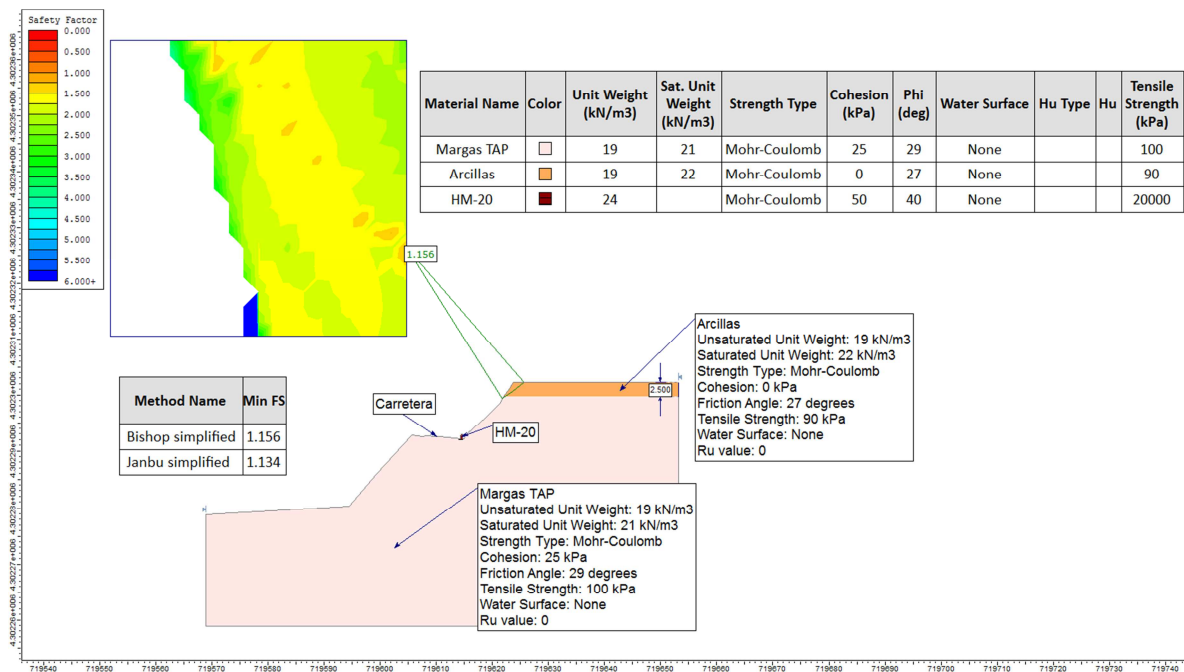


Figura 6. Hipótesis de partida. Fuente propia

3.2 Situación posterior al periodo de lluvias

Actualmente la ladera no muestra señales de movimientos recientes. Solamente se han encontrado evidencias como surcos y grietas superficiales en el pie del talud inferior o en coronación.

Las hipótesis que se han supuesto para analizar la estabilidad de la ladera en la situación actual son las siguientes:

- Terreno saturado
- Parámetros Resistentes residuales (caso1)

En esta situación los resultados obtenidos son los siguientes:

Se observa que el deslizamiento principal está estabilizado con el perfil geométrico actual, comparándolo con el anterior cálculo. Aun así se sigue teniendo problemas parciales de inestabilidad principalmente en la cabeza de las arcillas donde el cálculo obtenido indica un círculo de rotura parcial y un FS= 0,523. Valor del factor de seguridad más bajo de todos.

Estudio y propuesta de soluciones para la inestabilidad de los taludes de la carretera CV-615, Carrícola, (Valencia)

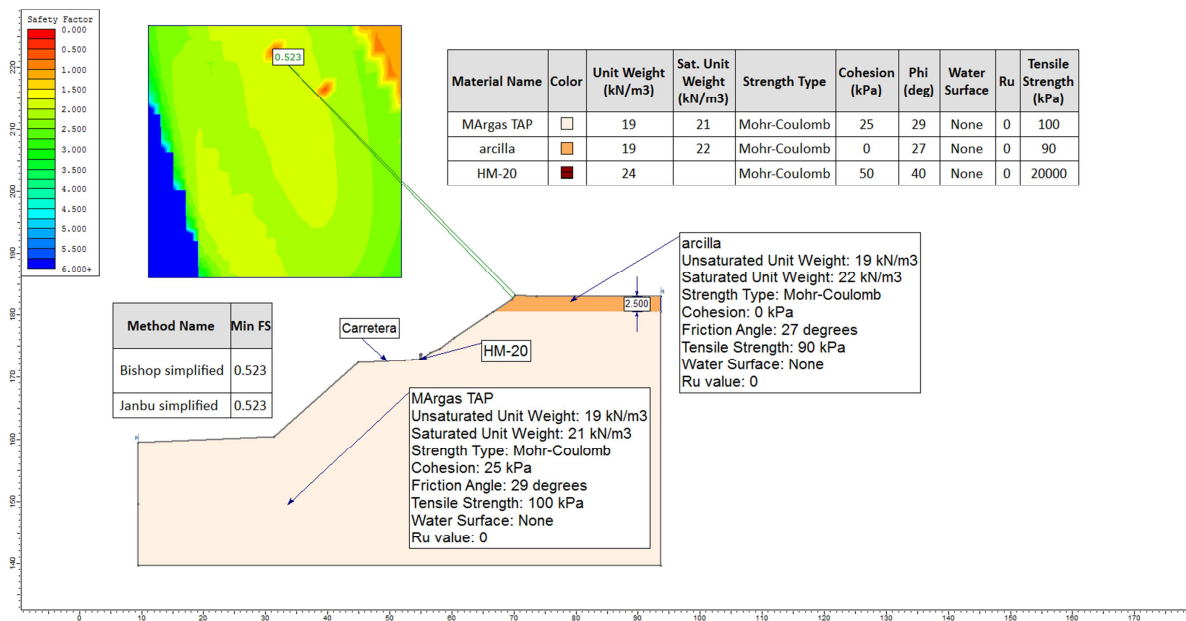


Figura 7. Hipótesis actual. Fuente propia

Todo esto concuerda con la situación de la ladera posterior al episodio de intensas lluvias.

3.3 Estabilización de taludes de la carretera CV-615

Se consideran dos casos:

A) SIN TOMAR MEDIDAS CORRECTORAS

Según se aprecia en la figura 8.

Las hipótesis del cálculo son las siguientes:

- Terreno saturado
- Parámetros resistentes residuales (caso1)

En tal caso los resultados obtenidos son:

FS= 1,255 en la zona de deslizamiento inicial en el talud superior

FS> 1,8 en talud inferior

Estudio y propuesta de soluciones para la inestabilidad de los taludes de la carretera CV-615, Carrícola, (Valencia)

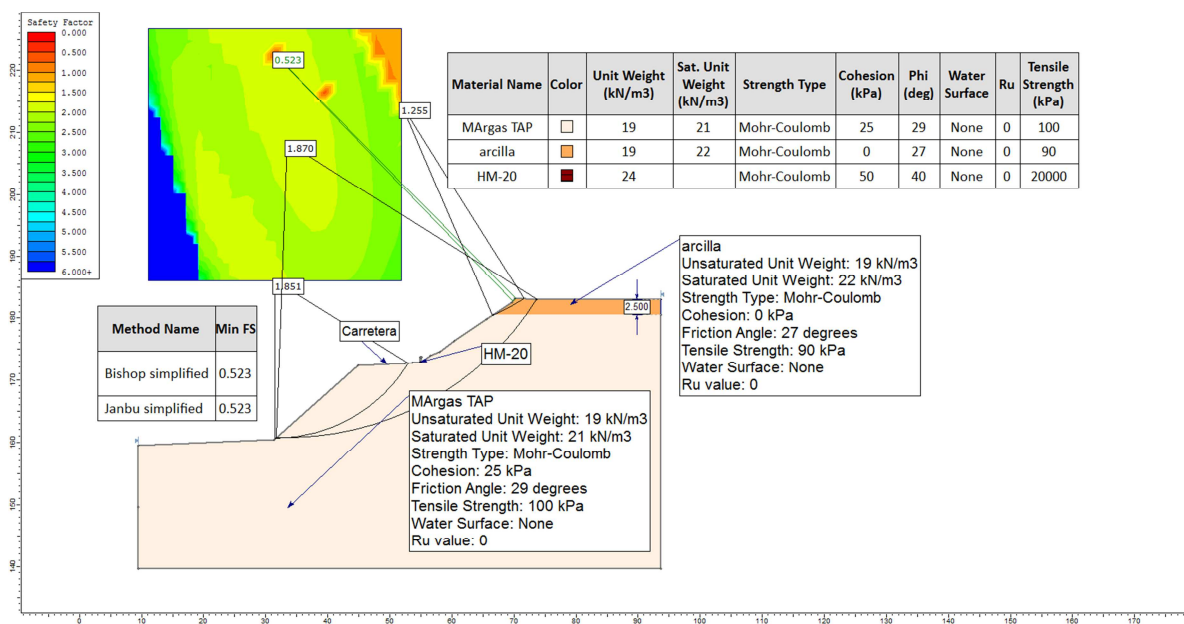


Figura 8. Hipótesis sin medidas correctoras. Fuente propia

Se deduce de estos resultados que la reparación de los taludes no producirá una inestabilidad general de la ladera.

Sin embargo el desmonte es claramente inestable y deben adoptarse medidas correctoras.

Al adoptar los parámetros resistentes residuales en el cálculo de estabilidad del nuevo desmonte puede parecer excesivamente conservador. Sin embargo se ha hecho así dado que se supone que pueden hay zonas más o menos alteradas en el nuevo desmonte, los deslizamientos potenciales se producirían por ellas.

B) CON ADOPCIÓN DE MEDIDAS CORRECTORAS

El factor de seguridad considerado como aceptable en el nuevo desmonte es $FS > 1.3$. Las medidas correctoras han de ser capaces de proporcionar dicho factor de seguridad, según el apartado 1.5.4 del documento **"Memoria"**.

Se ha tomado como sección de cálculo la secciones tipo de los planos N°5 y 6, del anejo N°3 **"Planos"**.

Los parámetros resistentes asignados al terreno en el cálculo son los residuales según se han justificado anteriormente.

Estudio y propuesta de soluciones para la inestabilidad de los taludes de la carretera CV-615, Carrícola, (Valencia)

Una primera medida correctora es inclinar el talud con lo que se reducen las fuerzas que tienden a producir el movimiento. Dada la importante influencia que tiene la geometría en la estabilidad del desmonte la medida anterior se complementa con un drenaje en la ladera.

Por otro lado, se ha estimado el Factor de Seguridad (FS) de los taludes una vez reconstruidos y considerando en el talud inferior la construcción de un muro de escollera de 10 m de altura de sección descrita en los planos mencionados para los 35 m en el talud inferior. La función de este muro es de contención de las tierras con el objetivo de que no quede afectada la carretera y una cuneta de evacuación de aguas bajo el pie del muro en dirección hacia el barranco cercano.

Se ha modificado la geometría de los taludes. Estos han sido diseñados mediante una inclinación de 1H/2V en el talud inferior y una reexcavación en el talud superior para tener una pared de inclinación 1H/1V, dejando una berma a 5 m de altura y 4 m de ancho aligerando el talud. También se prevé revegetar la zona mejorando las condiciones de captación de agua y resistencia del terreno.

El drenaje de los taludes se hace mediante medidas de drenaje superficial en la parte superior de longitud 30 m complementados mediante bajantes sobre los nuevos taludes en el Pk 5+000 y una cuneta que atraviesa la berma y conecta dichas bajantes.

Finalmente, para proteger los 4 m de altura desde la berma en el talud superior que habría que reforzar, se ha diseñado colocar 20 cm de hormigón proyectado por capas de 5 cm en toda la superficie. Como se ilustra en la figura 10. De esta forma se llega a un $FS = 1,990$.

Estudio y propuesta de soluciones para la inestabilidad de los taludes de la carretera CV-615, Carrícola, (Valencia)

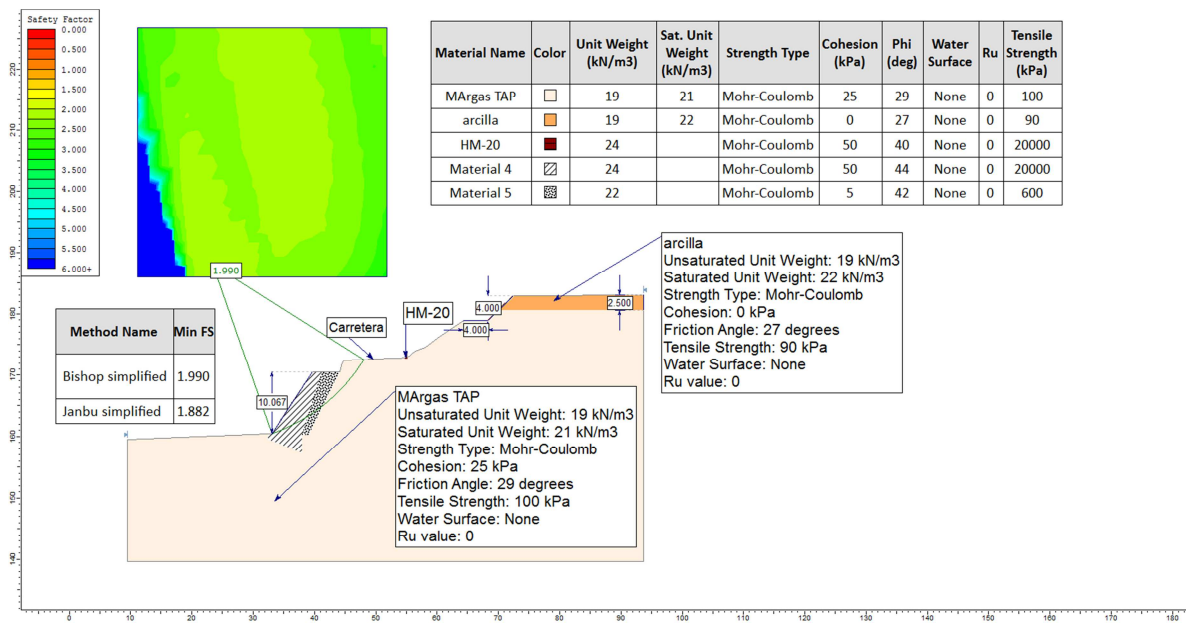


Figura 9. Hipótesis con medidas correctoras. Fuente propia

En estas condiciones se tiene un factor de seguridad $FS > 1,3$, dejando claro que es una solución que garantiza la estabilidad global y parcial de los taludes.

Apéndices

A.1 Cálculos del análisis de sensibilidad

En este listado, se tiene los datos y FS generados para el caso 1, los subcasos de este y el resto de casos.

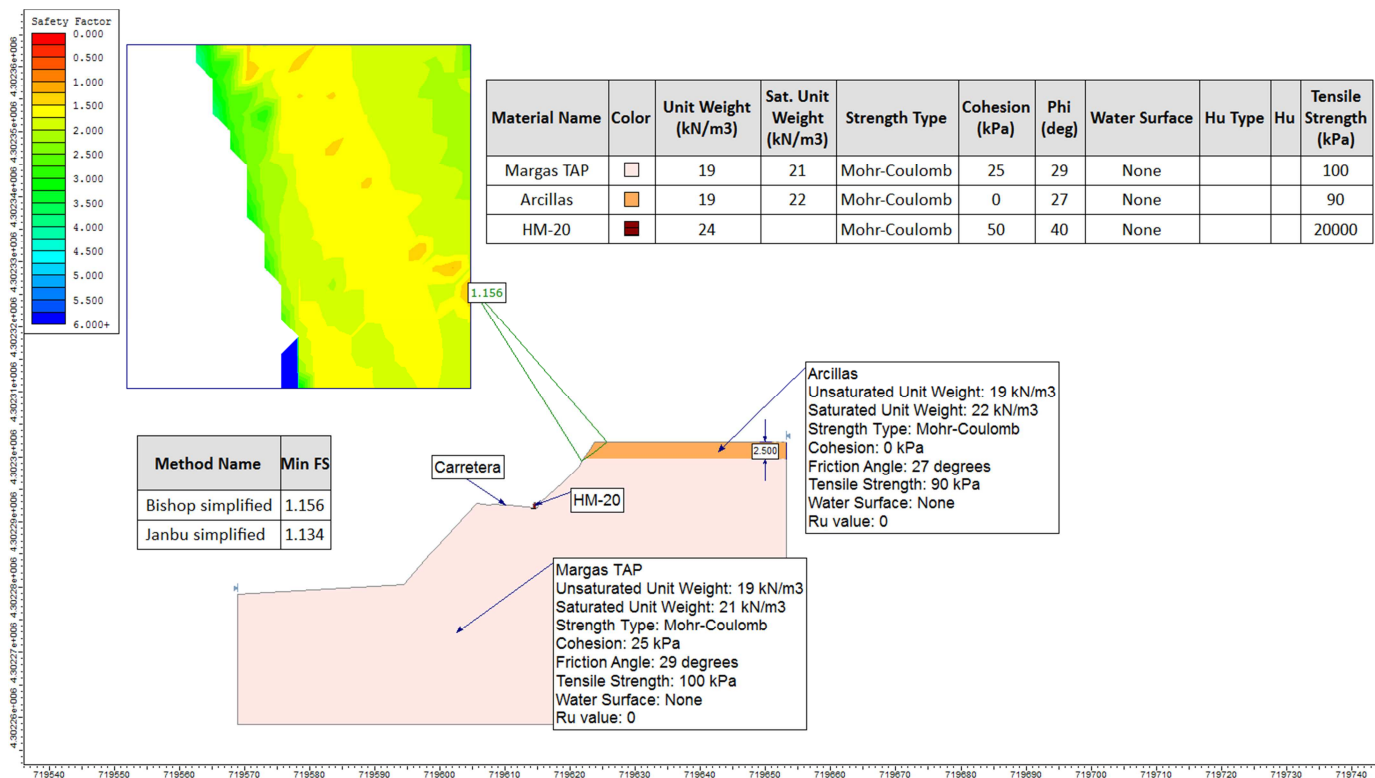
CASO	DATOS				FS
		ARCILLAS	MARGAS TAP	HM-20	
1	γ (Kn/m ³)	19	19	24	
	γ_{sat} (Kn/m ³)	22	21		
	c' (Kpa)	0	25	50	
	ϕ' (grad.)	27	29	40	
	σ (Kpa)	90	100	20000	
					1,156
1.1	γ (Kn/m ³)	19	20	24	
	γ_{sat} (Kn/m ³)	20	20		
	c' (Kpa)	0	25	50	
	ϕ' (grad.)	27	29	40	
	σ (Kpa)	90	100	20000	
					1,156
1.2	γ (Kn/m ³)	19	19	24	
	γ_{sat} (Kn/m ³)	22	21		
	c' (Kpa)	1	25	50	
	ϕ' (grad.)	27	29	40	
	σ (Kpa)	90	100	20000	
					1,287
1.3	γ (Kn/m ³)	19	19	24	
	γ_{sat} (Kn/m ³)	22	21		
	c' (Kpa)	2	25	50	
	ϕ' (grad.)	27	29	40	
	σ (Kpa)	90	100	20000	
					1,416

Estudio y propuesta de soluciones para la inestabilidad de los taludes de la carretera CV-615, Carrícola, (Valencia)

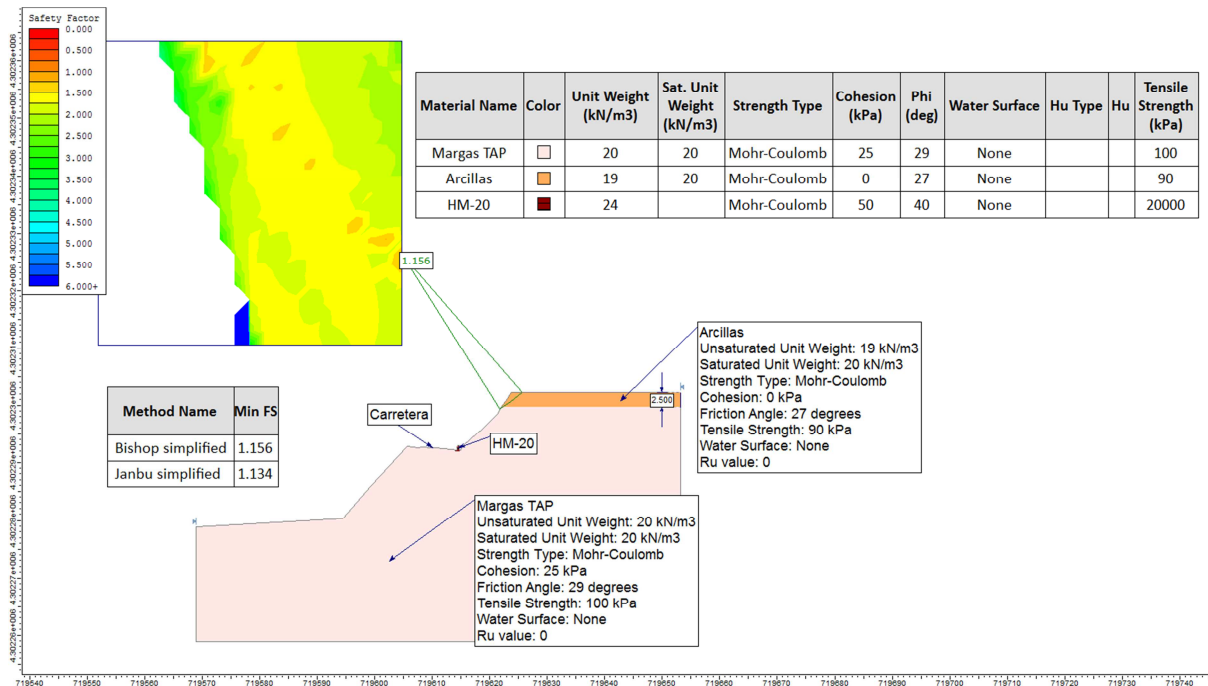
1.4	γ (Kn/m ³)	19	19	24	1,547
	γ_{sat} (Kn/m ³)	22	21		
	c' (Kpa)	3	25	50	
	ϕ' (grad.)	27	29	40	
	σ (Kpa)	90	100	20000	
1.5	γ (Kn/m ³)	19	19	24	1,574
	γ_{sat} (Kn/m ³)	22	21		
	c' (Kpa)	4	25	50	
	ϕ' (grad.)	27	29	40	
	σ (Kpa)	90	100	20000	
CASO	DATOS				FS
		ARCILLAS	MARGAS TAP	HM-20	
2	γ (Kn/m ³)	19,5	19,5	24	1,453
	γ_{sat} (Kn/m ³)	22	21		
	c' (Kpa)	25	21	50	
	ϕ' (grad.)	28	30	40	
	σ (Kpa)	100	200	20000	
3	γ (Kn/m ³)	20,5	20	24	1,910
	γ_{sat} (Kn/m ³)	22	21		
	c' (Kpa)	50	35	50	
	ϕ' (grad.)	29	31	40	
	σ (Kpa)	110	221	20000	
4	γ (Kn/m ³)	20	19,4	24	1,587
	γ_{sat} (Kn/m ³)	22	21		
	c' (Kpa)	15	25	50	
	ϕ' (grad.)	28	30	40	
	σ (Kpa)	100	200	20000	

Estudio y propuesta de soluciones para la inestabilidad de los taludes de la carretera CV-615, Carrícola, (Valencia)

Caso 1

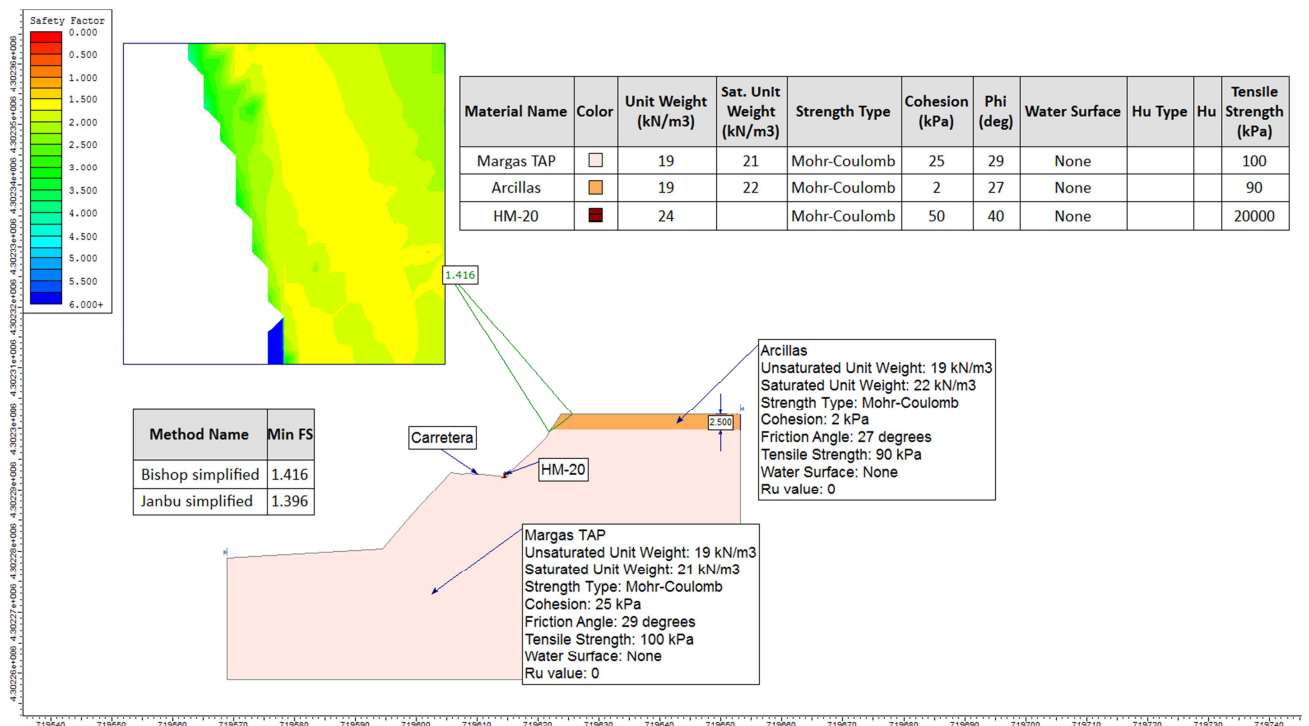


Caso 1.1

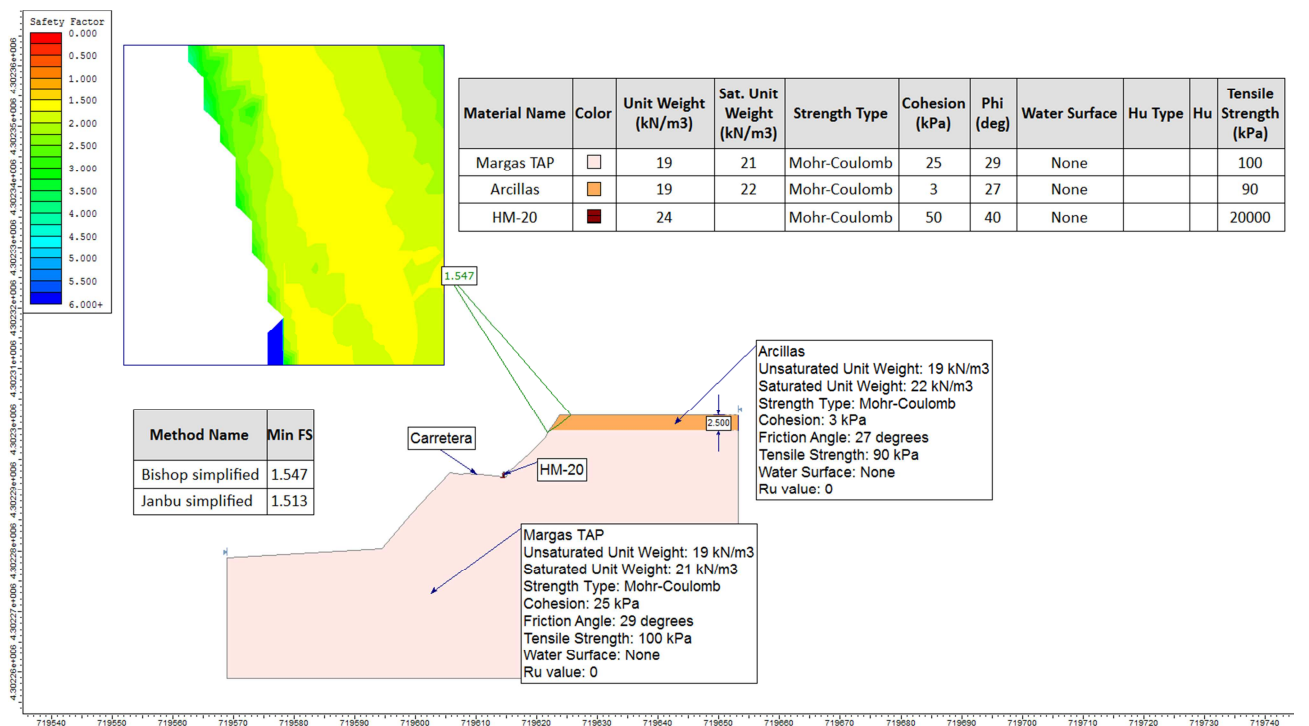


Estudio y propuesta de soluciones para la inestabilidad de los taludes de la carretera CV-615, Carrícola, (Valencia)

Caso 1.2

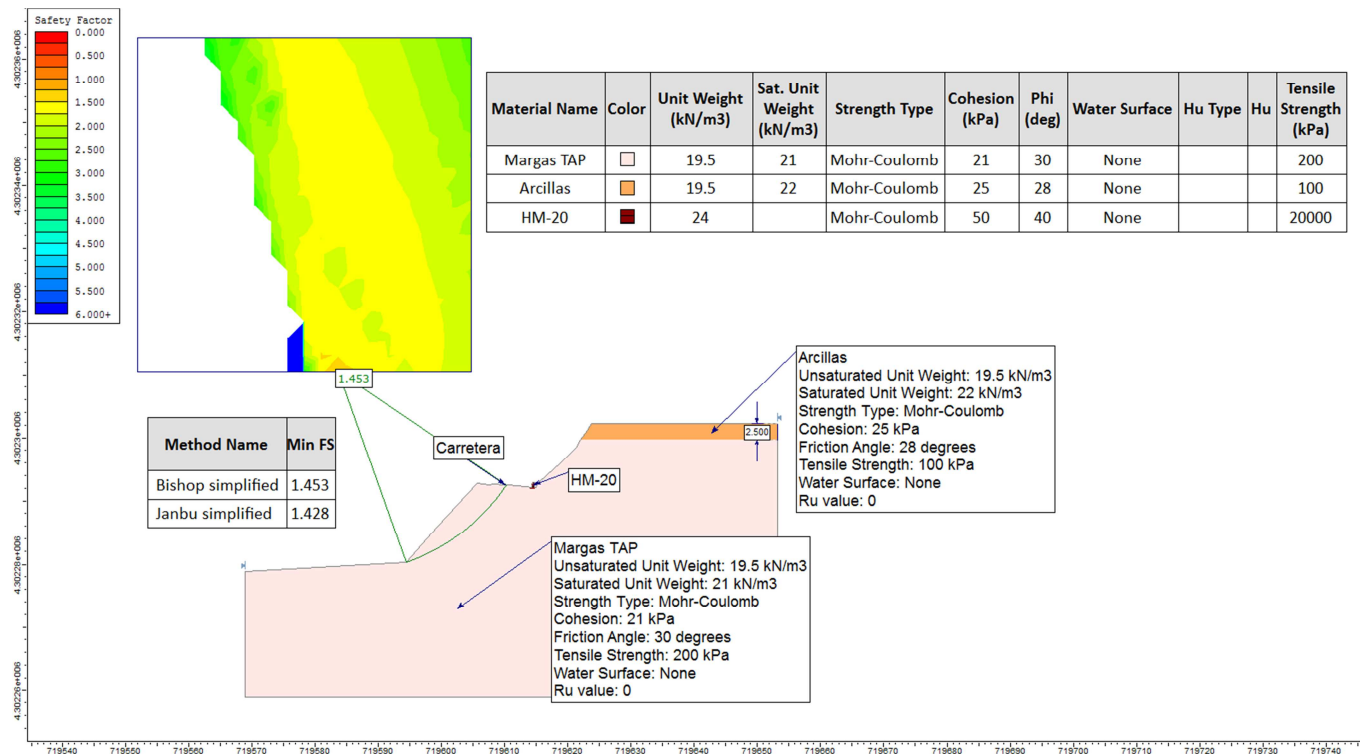


Caso 1.3

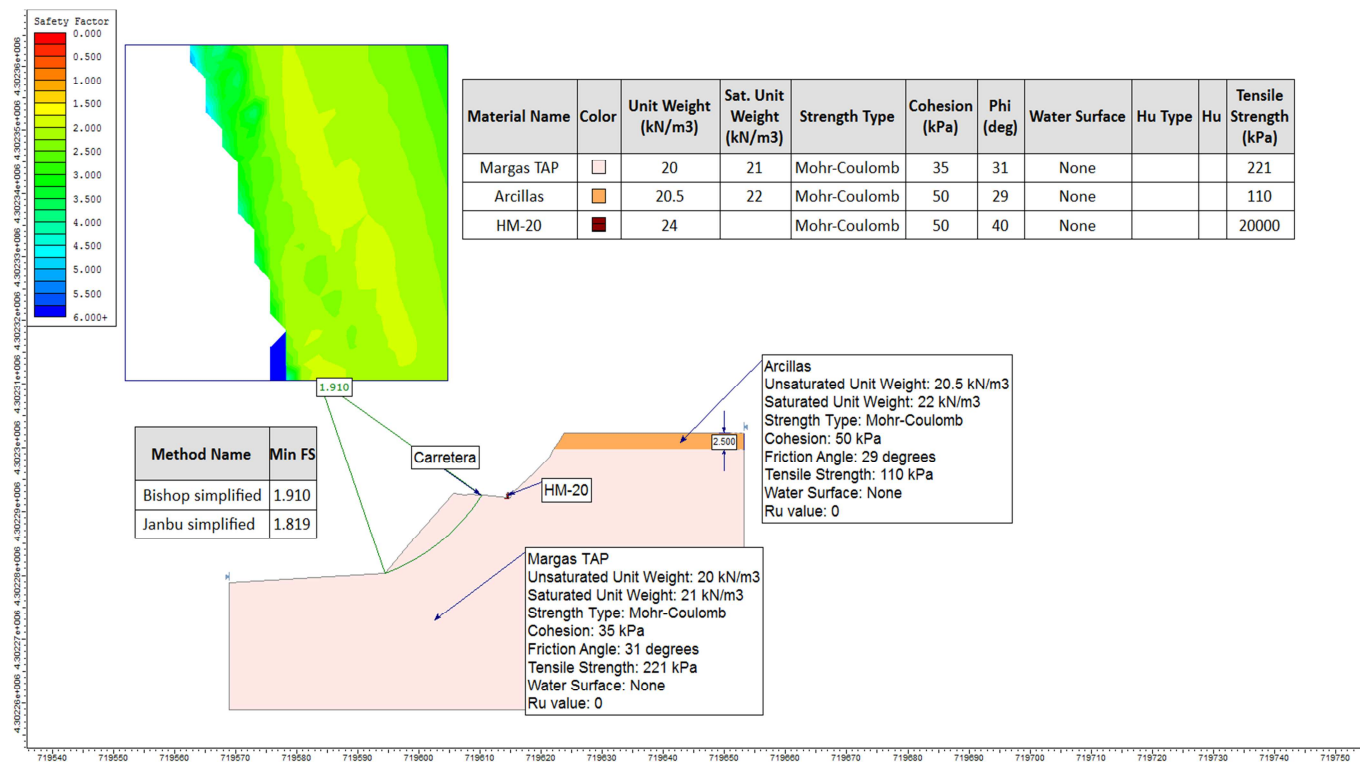


Estudio y propuesta de soluciones para la inestabilidad de los taludes de la carretera CV-615, Carrícola, (Valencia)

Caso 2

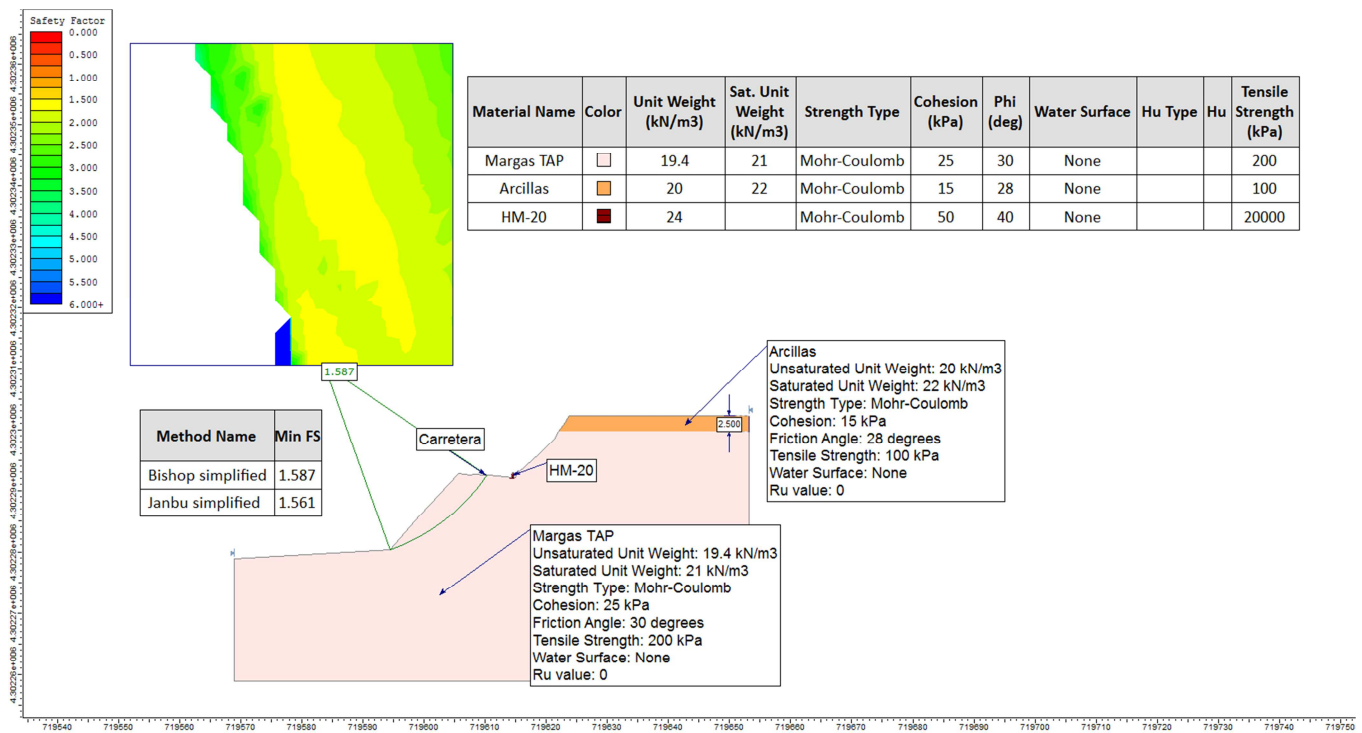


Caso 3



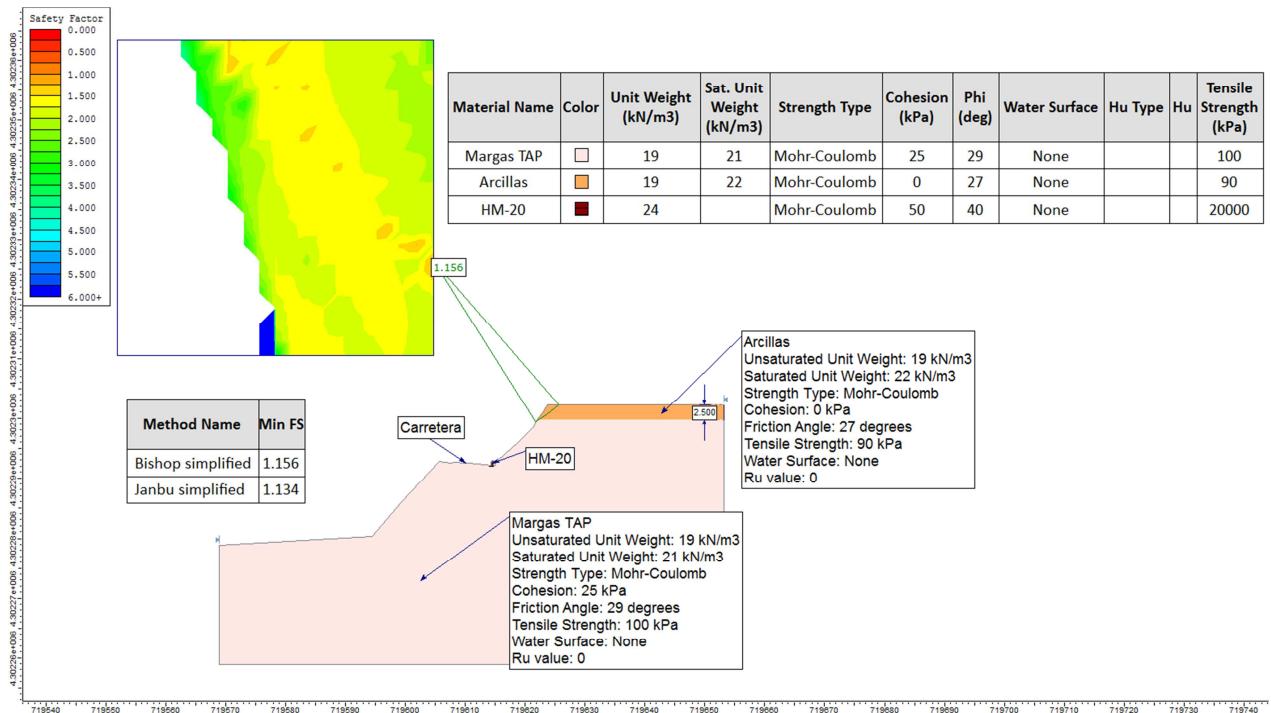
Estudio y propuesta de soluciones para la inestabilidad de los taludes de la carretera CV-615, Carrícola, (Valencia)

Caso 4

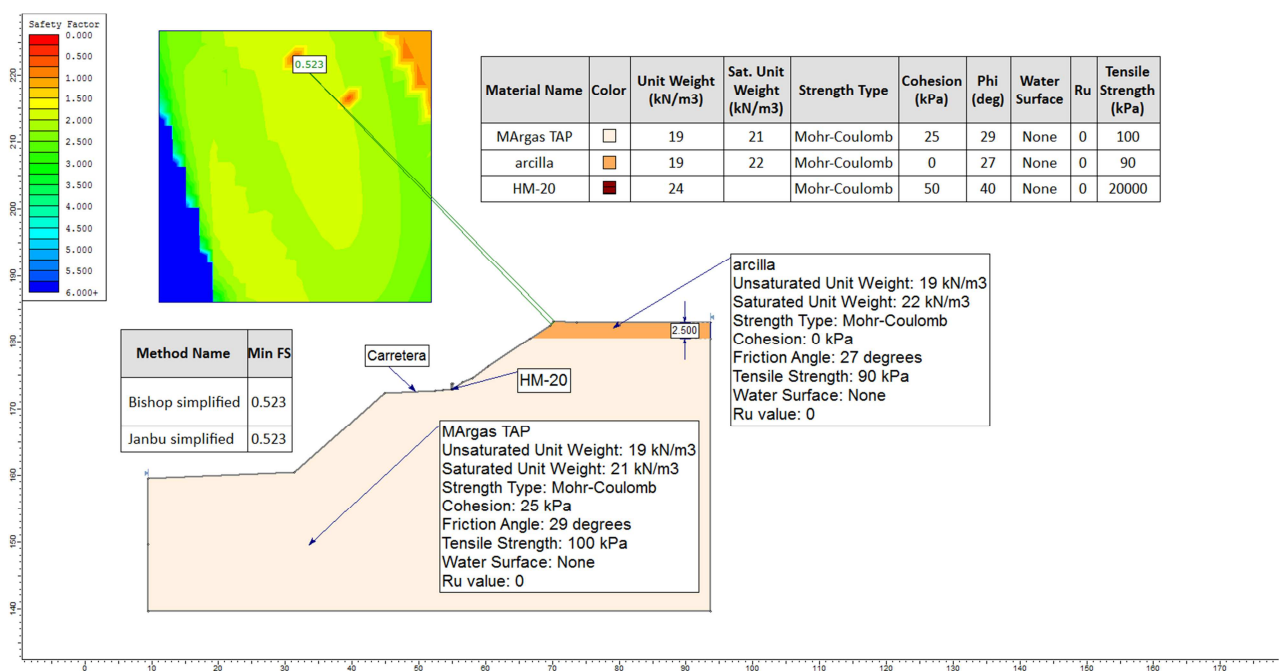


A.2 Cálculos de estabilidad de los taludes

1 Hipótesis original

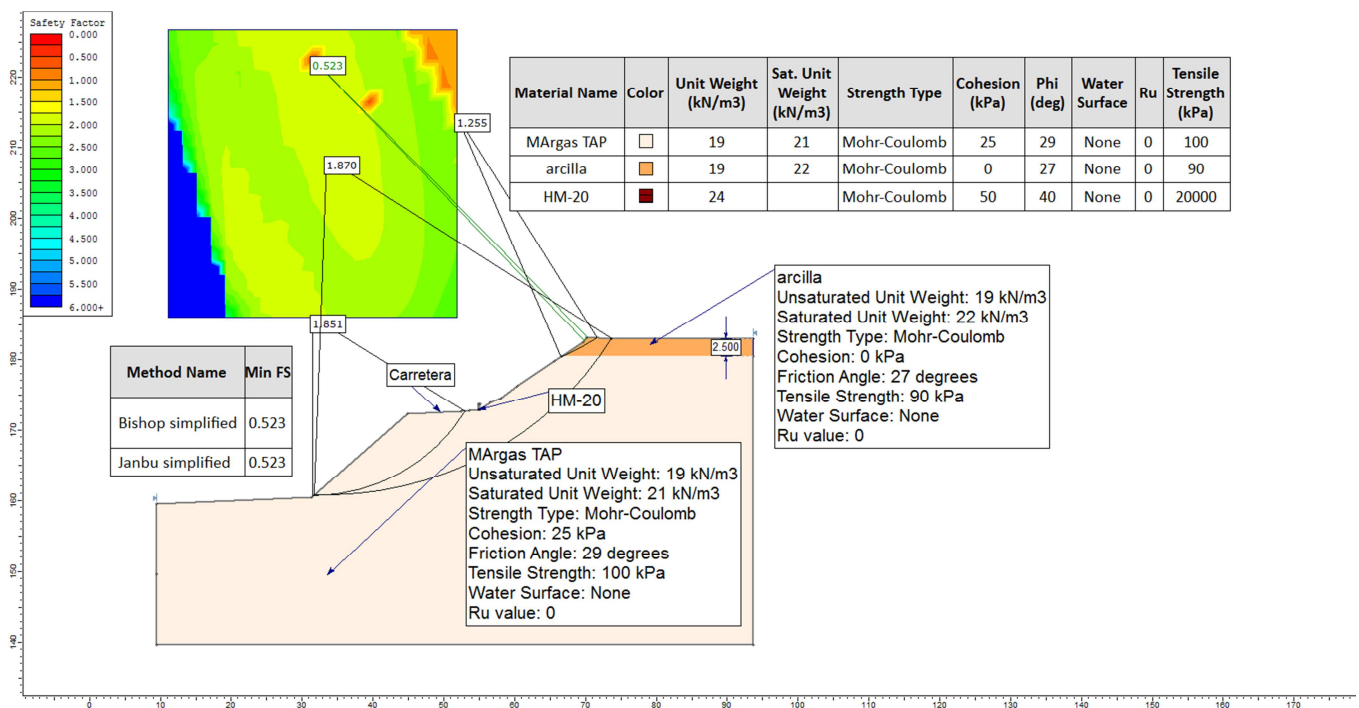


3 Hipótesis Actual



Estudio y propuesta de soluciones para la inestabilidad de los taludes de la carretera CV-615, Carrícola, (Valencia)

2 Hipótesis sin medidas correctoras



4 Hipótesis con medidas correctoras

