GEOSEN
Geología
Sociedad y Desarrollo

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
GEOLÓGICAS

INFORME DE LAS ROTURAS DE UN DESMONTE

Dia 20 de Octubre del 2021

Eusebio Nestares Menéndez

INDICE

- Introducción y antecedentes.
- Características geológicos- geotécnicas de los materiales.
- Análisis realizado.
- Resumen, conclusiones y recomendaciones.

Introducción y antecedentes

- Este estudio tiene por objeto evaluar las condiciones de estabilidad del talud derecho de un desmonte 70 m. de altura con una berma intermedia de 12 m. de anchura a 41 metros del pie del talud .

- El desmonte fue construido en los años 1988 y 1989. En el año 1991 sufrió movimientos importantes. Esto obligo a una serie de medida correctoras como retaluzados, construcción de berma superior y refuerzo de la parte baja del talud (bulones de 3 a 6 m. de longitud, 25 cm de diámetro con placa 40 x 40 cm., en malla 1 x 1m. al tresbolillo), malla electrosoldada de 15 x 15 cm., y 10 cm de hormigón proyectado, y finalmente inyecciones de mortero de hormigón en zonas inestables del talud.

- A partir de 1992 aparecen tres grieta significativas (rectilíneas y de gran longitud) en la berma superior que continúan por la cara del talud. En realidad, son discontinuidades importantes del macizo (fallas),

- En 1996, sufren una nueva reactivación las fallas aumentando su longitud y, sobre todo, el salto entre sus labios debido a las intensas lluvias caídas en la zona en ese año. Se rebaja la berma superior eliminando parte de las fallas y se pone una barrera de protección a su pie (caída de piedras).

- En 2001, aparecen nuevas grietas en la cara del talud con rotura del hormigón proyectado. No se observan, sin embargo, nuevas fallas ni la removilizacion de las antiguas.

- A la vista de estos hechos y con toda la información anterior (obra y posterior), se decide hacer un estudio mas completo de la estabilidad del talud y sus posibles soluciones constructivas (2002).

GEOSEN
Geologia
Sociedad y Desarrollo

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
GEOLÓGICAS

GEOSEN
Geología
Sociedad y Desarrollo

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
GEOLÓGICAS

GEOSEN
Geología
Sociedad y Desarrollo

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
GEOLÓGICAS

GEOSEN
Geología
Sociedad y Desarrollo

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
GEOLÓGICAS

GEOSEN
Geología
Sociedad y Desarrollo

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
GEOLÓGICAS

Características geológicas geotécnicas de los materiales.

El desmonte esta constituido por depósitos pelíticos (pizarras) de bajo grado de metamorfismo de colores grisáceos en fresco y marrones en alteración.

Hay bancos de areniscas de espesores centimétricos intercalados, que al-canzan el metro ya fuera del desmonte.

La edad estimada para estos materiales es Carbonífero inferior (Paleozoico).

Presentan una esquistosidad con orientación coincidente con las direccio-nes regionales (NO-SE), si bien están algo enviadas con respecto a la dire-cción del talud. Los buzamientos son medios altos.

GEOSEN
Geología
Sociedad y Desarrollo

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
GEOLÓGICAS

Las observaciones de campo en la cara y cabeza del talud antes del ultimo retaluzado del año 1996, nos dan tres fallas (F1, F2, F3) paralelas y coincidentes con la esquistosidad y las direcciones estructurales de la zona (NO-SE):

- F1, falla normal, próxima a la zona gunitada de trazado rectilíneo con salto entre labios de 25 cm.

- F2, falla normal situada por encima de la anterior , de trazado sinuoso (zigzag) al ser cortado por varias diaclasas transversalmente, con un salto entre labios entre 18 a 27 cm.

- F3, falla normal, de trazado rectilíneo que cruzaba la berma superior y se perdía por la cara del talud con un salto entre sus labios de 50 cm.

- También aparece una grieta en cabecera dada por la conjunción de la esquistosidad y la falla F3.

Las fallas suelen tener estrías de deslizamiento (slikensi-des) verticales, lo que confirmaría el tipo de fallas norma-les de gravedad.

Los materiales del macizo se pueden considerar bastante homogéneos ya que son unas pizarras con pasadas de areniscas de espesores centimétricos (nivelillos).

Tienen una esquistosidad muy penetrativa lo que origina un grado de fracturación alto y una fragmentación de los materiales en lajas u hojas de tamaño medio. Su espacia-do es pequeño (cm.) y su persistencia difícilmente llega al metro.

Los planos de esquistosidad dan superficies planas lisas lo que favorece los movimientos. Las diaclasas suelen ser escalonadas.

Las esquistosidades y diaclasas del macizo suelen estar abiertas con escaso relleno, la fallas suelen tener un re-lleno arcilloso de espesor centimétrico.

El grado de meteorización se puede estimar en II-III, y en las zonas mas tectonizadas (fallas, brechas) alcanzar III-IV

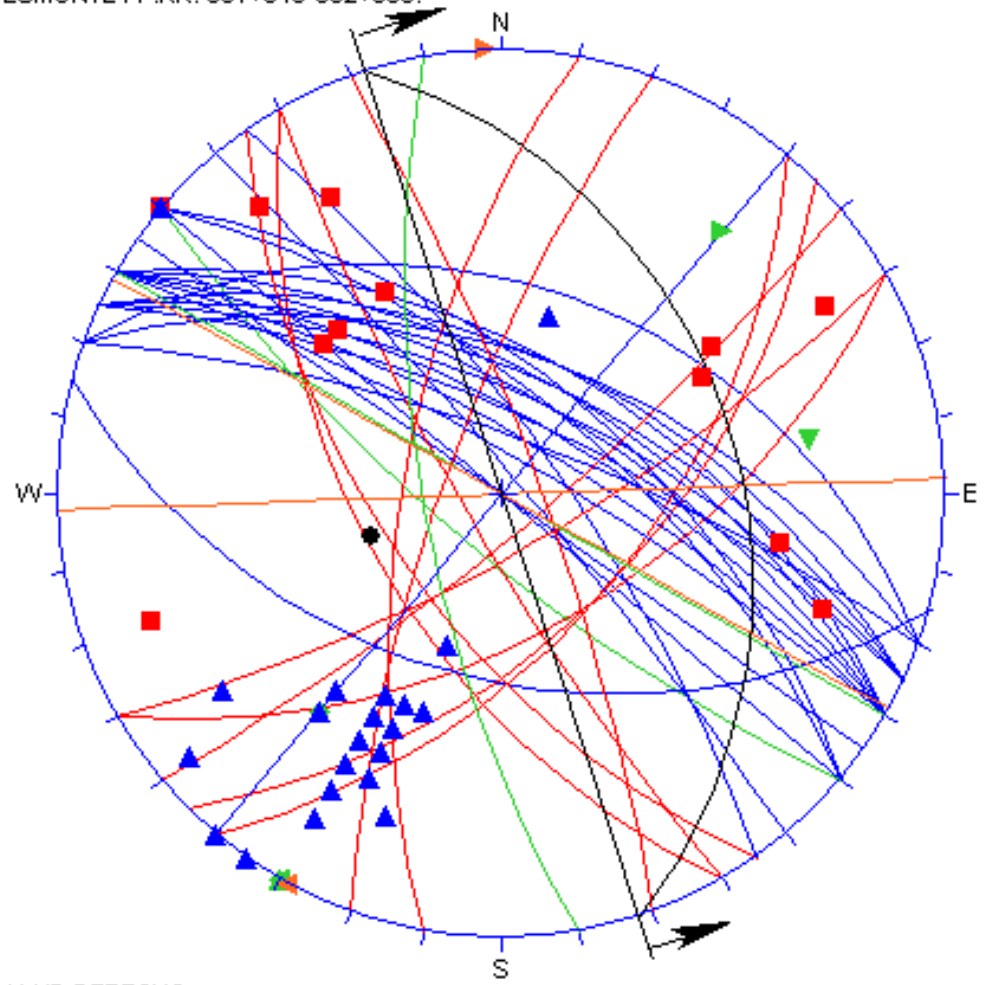
Análisis realizado.

Se ha efectuado un levantamiento geológico-geotécnico del macizo y se han distinguidos 46 discontinuidades distribuidas de la siguiente forma:

- 27 direcciones de esquistosidad.
- 12 direcciones de diaclasado (J1,J2).
- 5 direcciones de las tres fallas consideradas (F1,F2,F3).
- 2 direcciones de grietas en el hormigon proyectado (1,2).

El análisis de las discontinuidades se ha realizado mediante proyección estereográfica a partir de los diagramas de polos y sus círculos máximos.

DESMONTE PP.KK. 301+648-302+030.



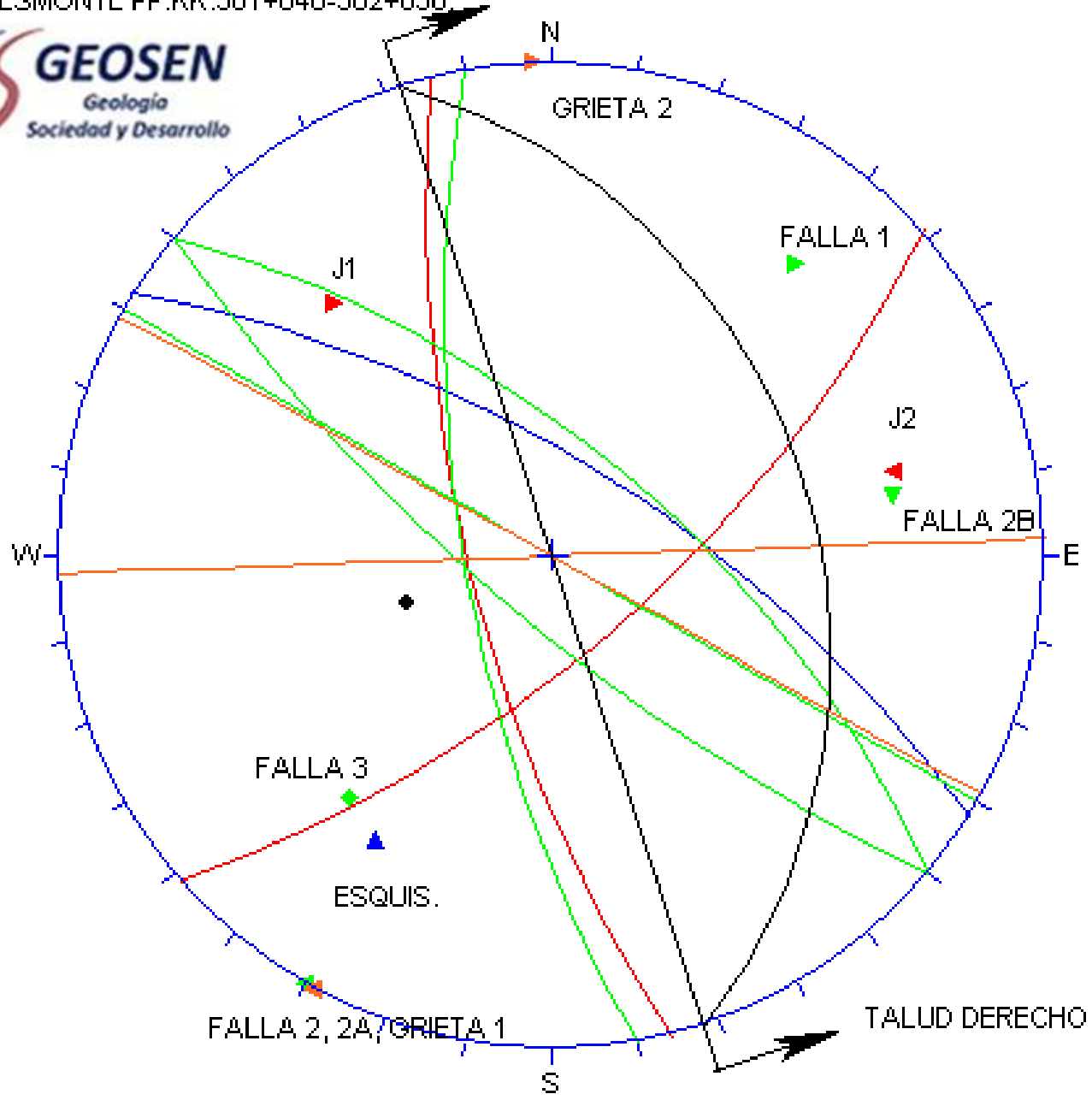
DISCONTINUIDADES

- Diaclasa [12]
- Esquistosidad [27]
- Falla 1 [1]
- Falla 2 [1]
- Falla 2A Conjuga [1]
- Falla 2B Conjuga [1]
- Falla 3 [1]
- Grieta 1 [1]
- Grieta 2 [1]
- Talud derecho [1]

Equal Angle
Lower Hemisphere
47 Poles
47 Entries

TALUD DERECHO.

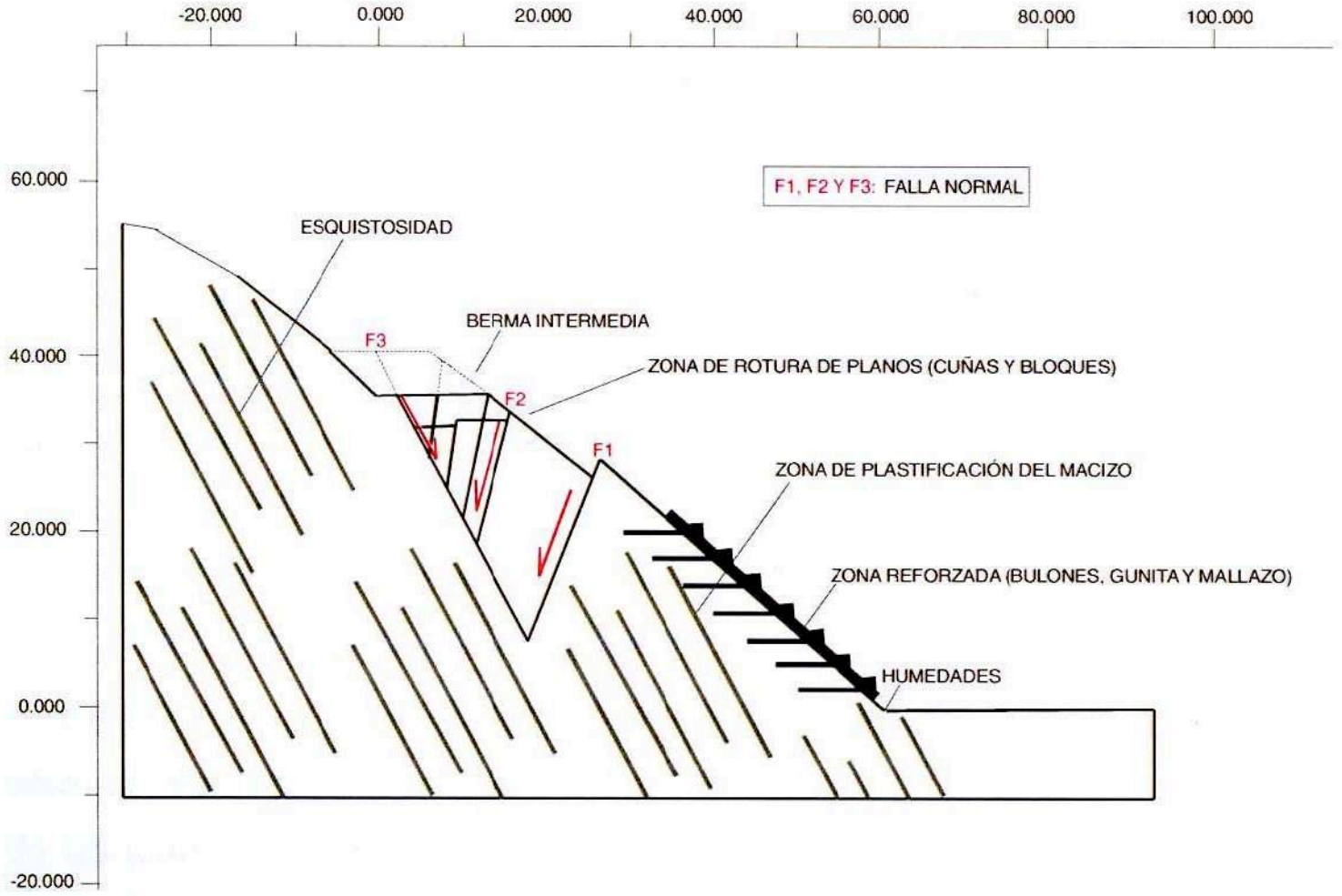
DESMONTE PP.KK.301+648-302+030



DISCONTINUIDADES

- ESQUISTOSIDAD [1]
- FALLA 1 [1]
- FALLA 2, 2A [1]
- FALLA 2B [1]
- FALLA 3 [1]
- GRIETA 1 [1]
- GRIETA 2 [1]
- J1 (DIACLASA) [1]
- J2 (DIACLASA) [1]
- TALUD DERECHO [1]

Equal Angle
Lower Hemisphere
10 Poles
10 Entries



MOVIMIENTOS EN EL MACIZO

Los cálculos tensodeformacionales se han llevado a cabo con un programa de ordenador PLAXIS (7,2), desarrollado por la universidad de Delft (Holanda), que utiliza la técnica de elementos finitos para la resolución numérica de las ecuaciones que rigen el equilibrio estático de un sistema sometido a distintos procesos de carga.

Para modelizar el terreno se ha considerado un material elastoplástico perfecto con plasticidad no asociativa. El criterio de rotura utilizado es el de Mohr-Coulomb.

Las características tensodeformacionales para definir el modelo son Cohesión efectiva (C´), Angulo de rozamiento interno (ϕ´(º)), Modulo de Young (E) y Coeficiente de Poisson (μ).

Los elementos finitos utilizados son elementos triangulares unidos por nodos en una geometría y una condiciones de contorno previamente establecidas (movimientos horizon-tales impedidos en los bordes de la malla, y movimientos horizontales y verticales impedidos en la base).

Los anclajes se modelizan como muelles elásticos definidos por su rigidez axial (EA) y por su fuerza de anclaje.

Por ultimo, las discontinuidades (esquistosidades, fallas), se modelizan como elementos interfaz que permiten el deslizamiento del material a ambos lados del mismo.

No se considera nivel freático aunque se han cons-tatado humedades a pie del talud.

Se ha modelizado al macizo rocoso constituido por esquistos como uniforme, las discontinuidades se han modelizado de forma independiente al macizo aunque se han asignado a todas ellas las mismas propiedades. Las propiedades geotécnicas de los materiales tensodeformacionales utilizados son:

MATERIAL	DENSIDAD	E(kPa)	μ	C´ (KPa)	ϕ´(º)
MACIZO	20 Kn/m^3	100.000	0,30	25	35
DISCONTINUIDADES	20 Kn/m^3	5.000	0,35	0	12

Los valores de los parámetros de cálculo anteriormente indicados se han deducidos de un cálculo retrospectivo de la situación actual, de tal manera que se obtuvieran unos movimientos en la berma de unos 50 cm., y que el factor de seguridad global en dicha situación estuviera en el entorno de 1,05-1,1, es decir, en una situación de estabilidad precaria con la formación de grietas en el macizo rocoso y la gunita, y microfisuracion en la matriz rocosa.

BULONAJE INSTALADO

ZONA	LONGITUD	FUERZA
SUPERIOR	20 M.	50 T/ML.
INFERIOR	30 M.	75 T/ML

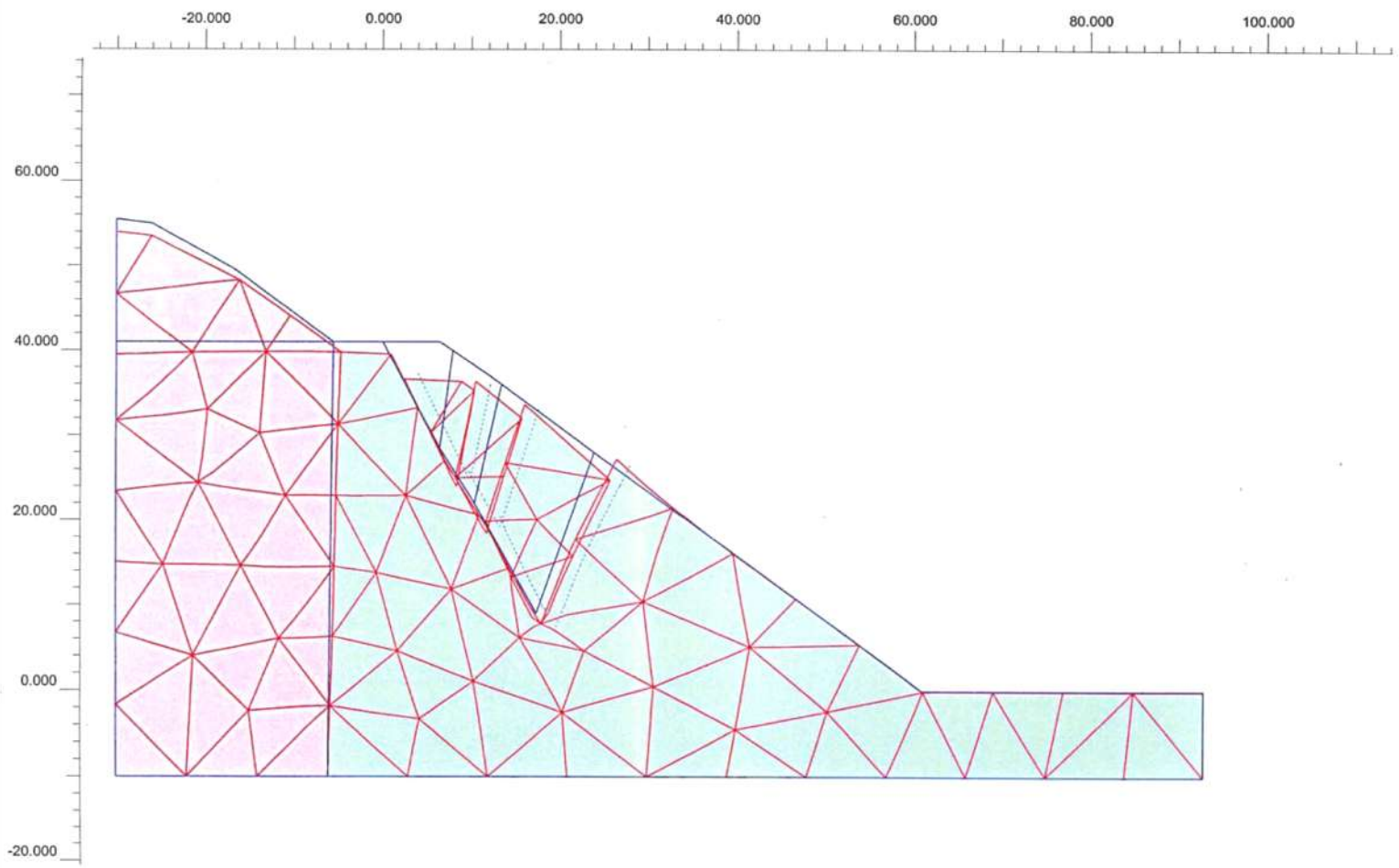
Calculo las tensiones iniciales existentes en el terreno .Este cálculo se ha llevado a cabo imponiendo la fuerza de la gravedad a la geometría del desmonte ya excavado.

Ejecución de las medidas de estabilización (excavación del material por debajo de la berma o instalación de anclajes). Esta fase se realiza utilizando la aplicación del programa que permite desactivar, en el caso de la modelización de la excavación, o activar, en el caso de la ejecución de anclajes, elementos de la malla en cualquier etapa de cálculo.

Determinación del factor de seguridad global del sistema Esta fase se realiza utilizando una aplicación directa del programa de cálculo

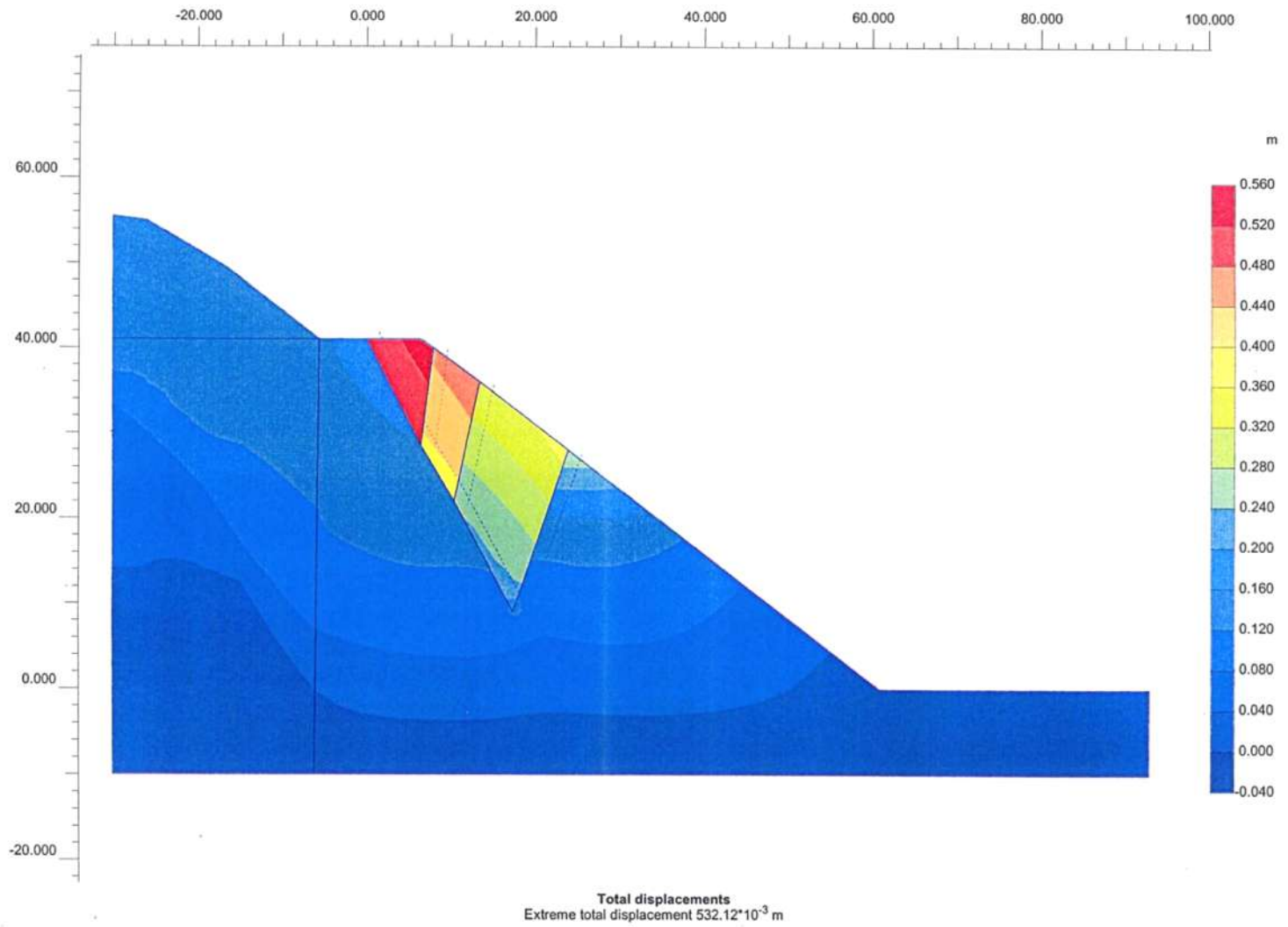
CASOS ESTUDIADOS:

- Caso 1 = Con deformaciones de 50 cm. y Fs > 1.
- Caso 2 = Sin la presencia de fallas ni fracturas.
- Caso 3 = Rebaje de la berma 5 m.
- Caso 4 = Rebaje de la berma 10 m.
- Caso 5 = Introducción de bulones de 20 m.
- Caso 6 = Introducción de bulones de 30 m.

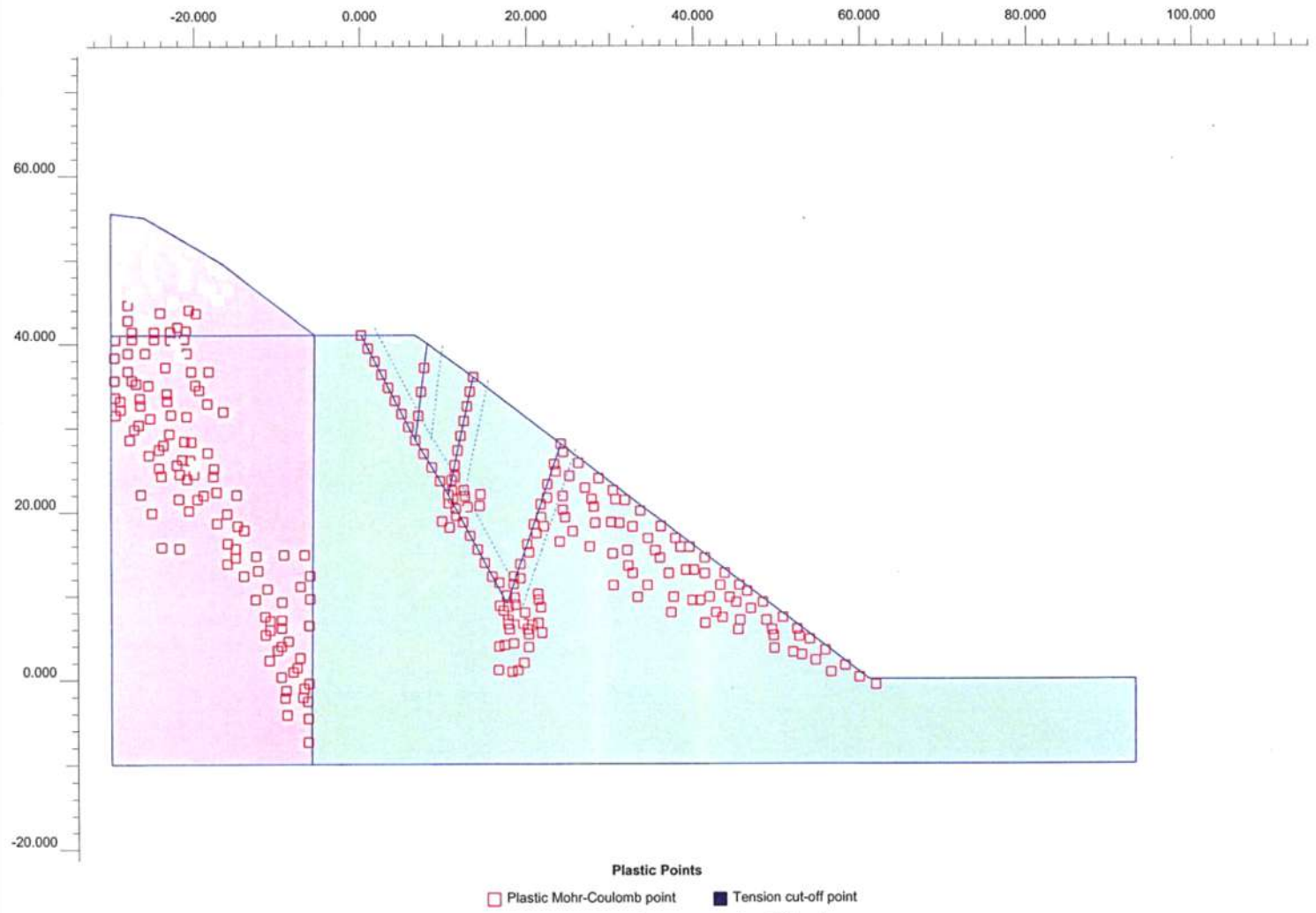


Deformed Mesh
Extreme total displacement $532.12*10^{-3}$ m
(displacements scaled up 10.00 times)

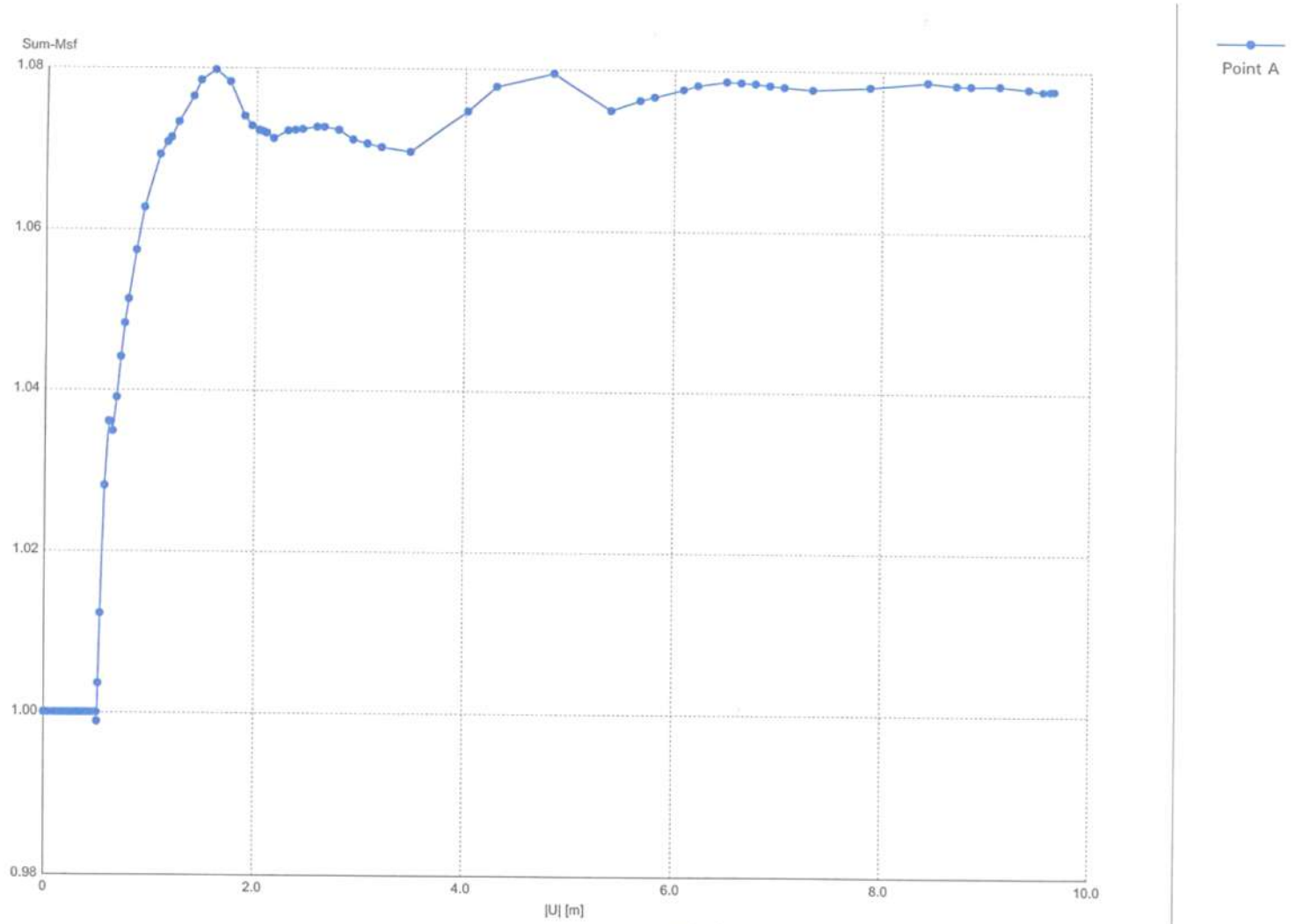
Caso 1: Malla deformada



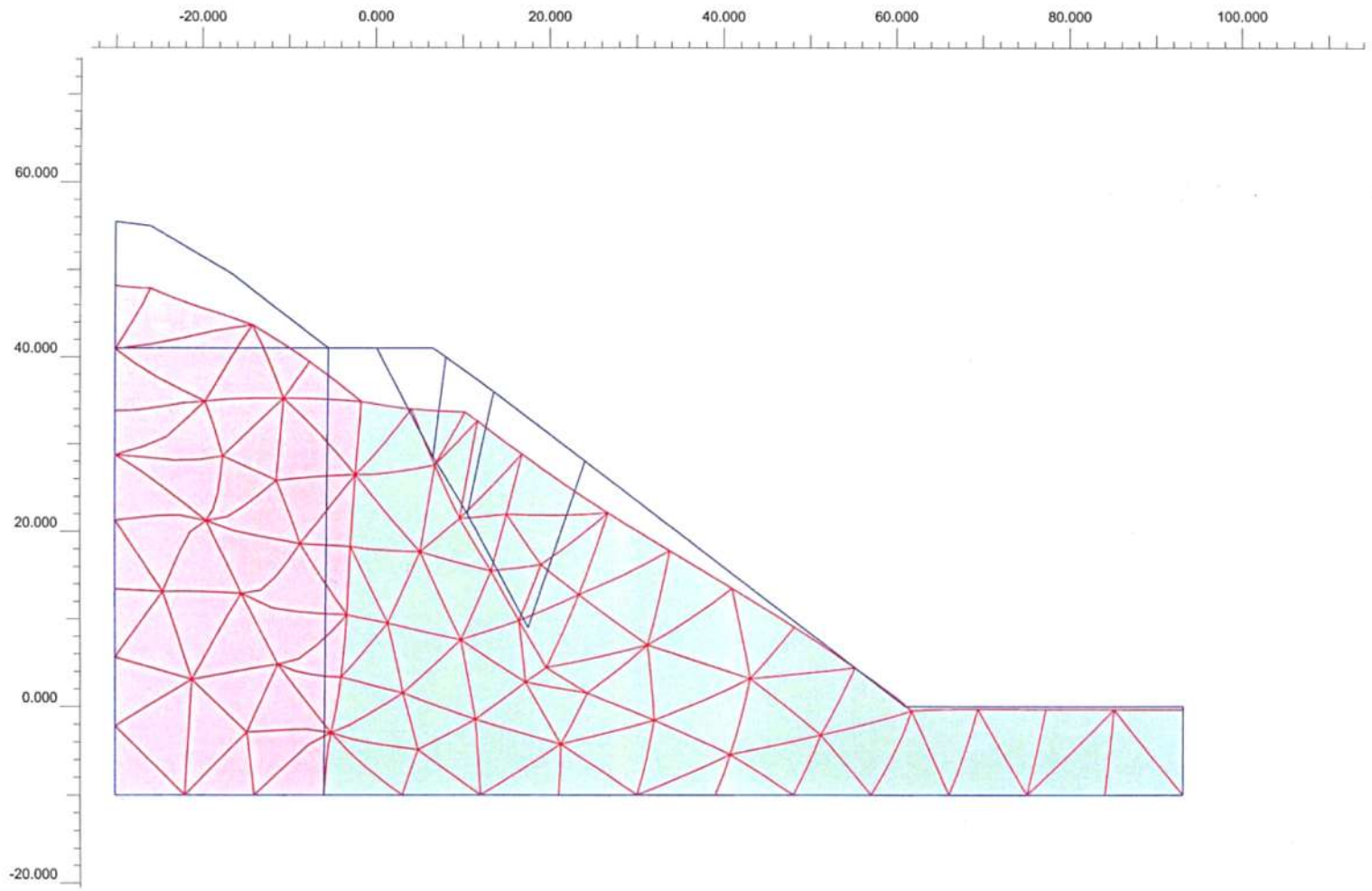
Caso 1: Isol¡neas de desplazamiento



Caso 1: Mapa de puntos plastificados

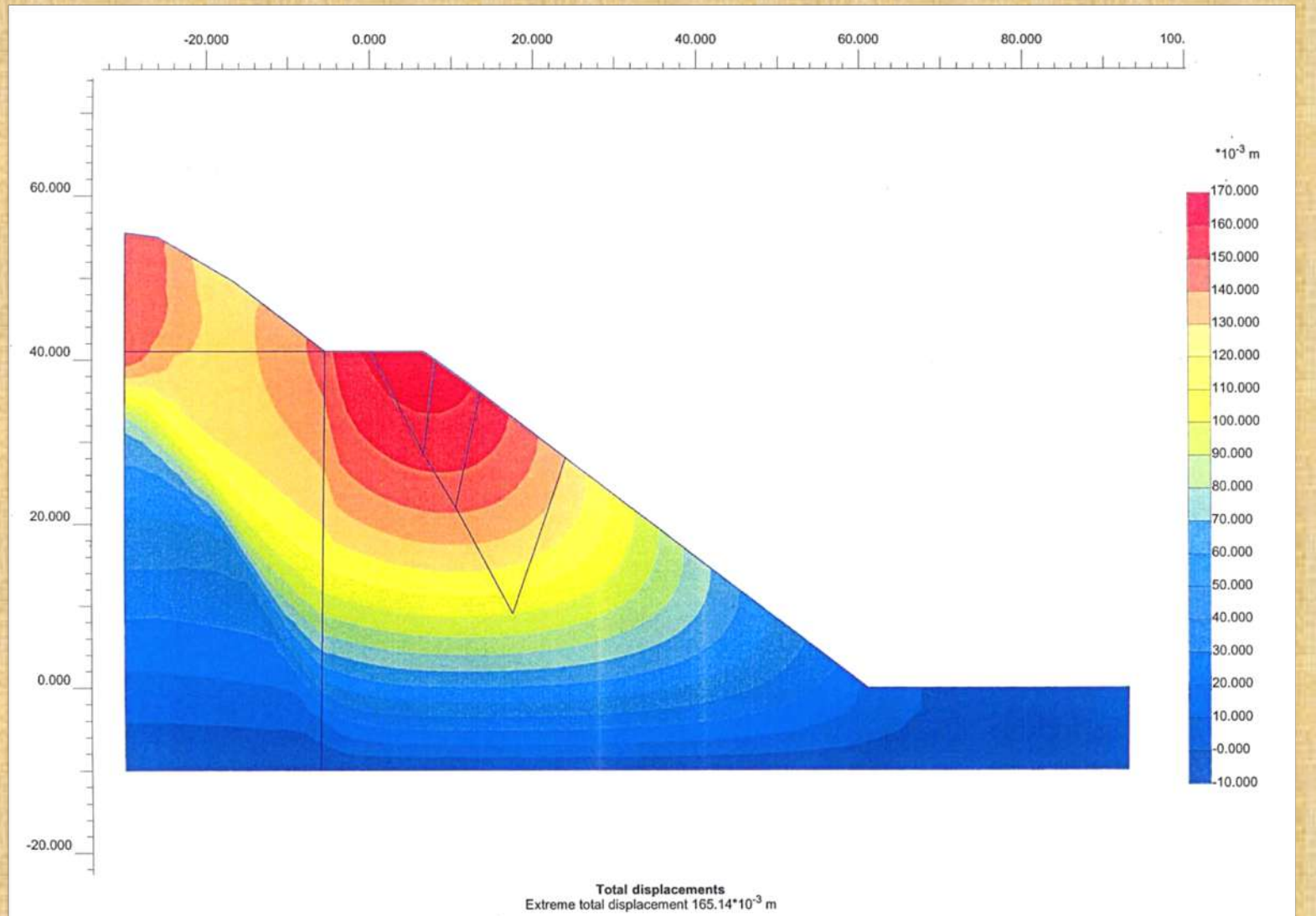


Caso 1: Factor de seguridad

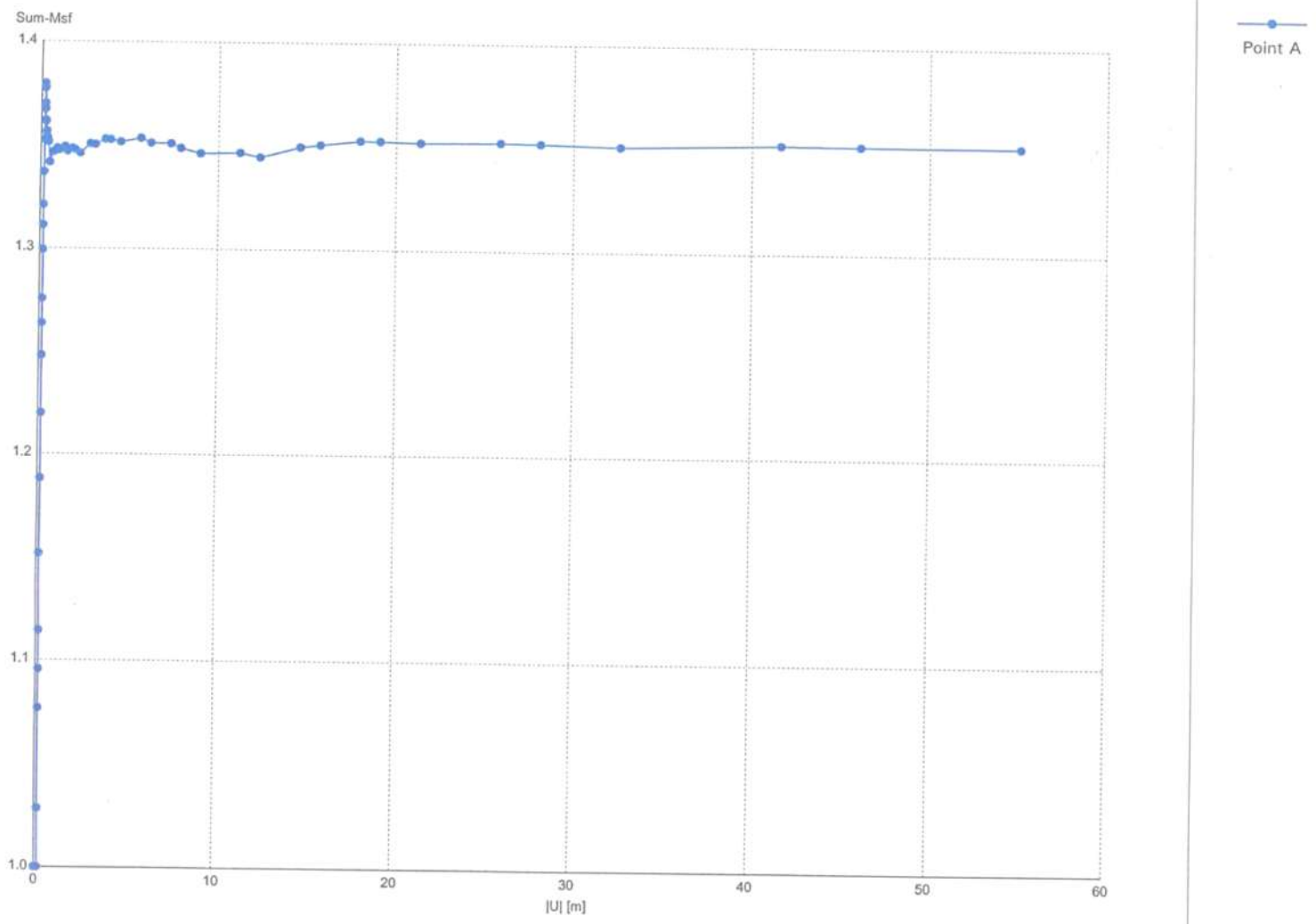


Deformed Mesh
Extreme total displacement $165.14 \cdot 10^{-3}$ m
(displacements scaled up 50.00 times)

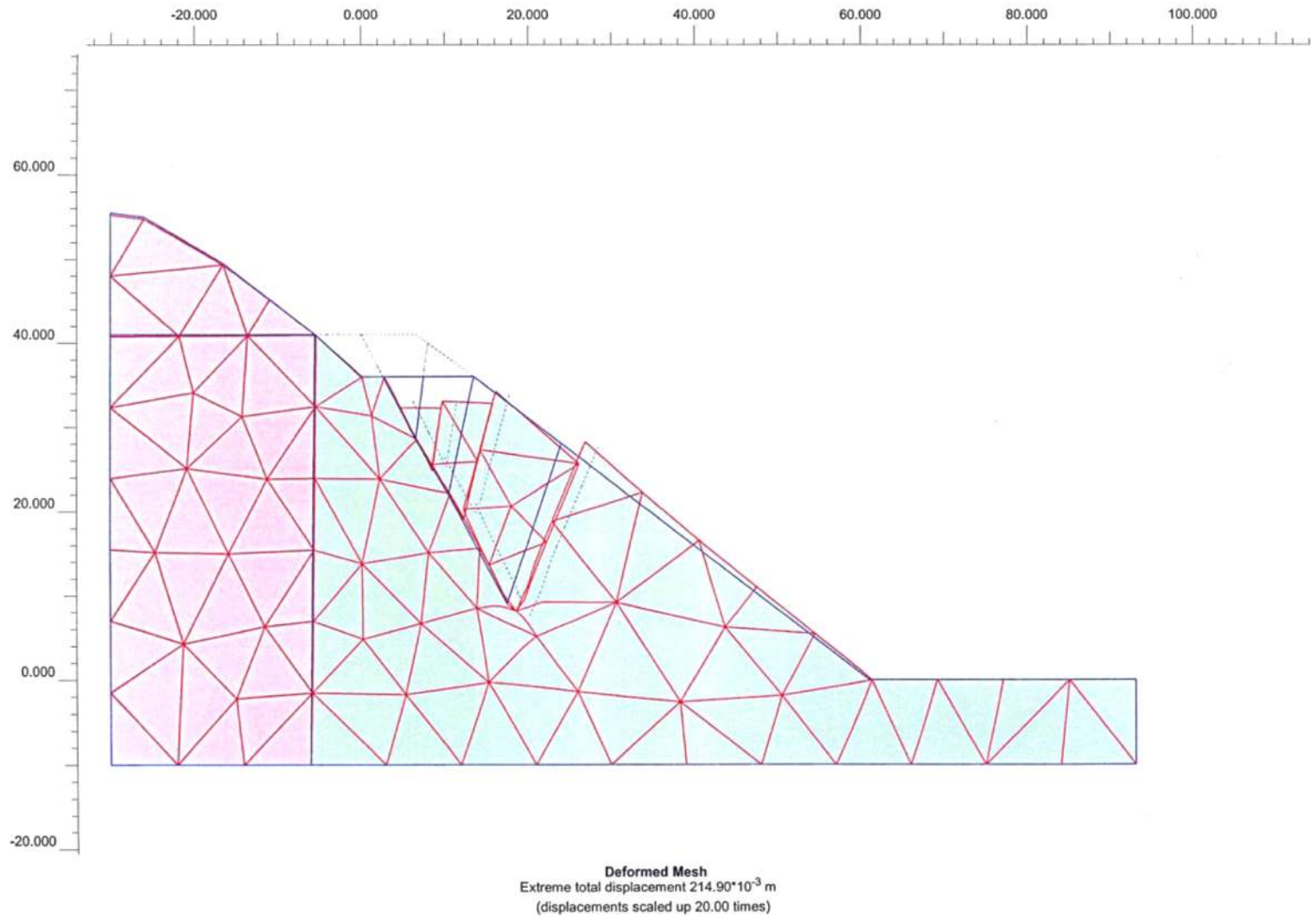
Caso 2: Malla deformada



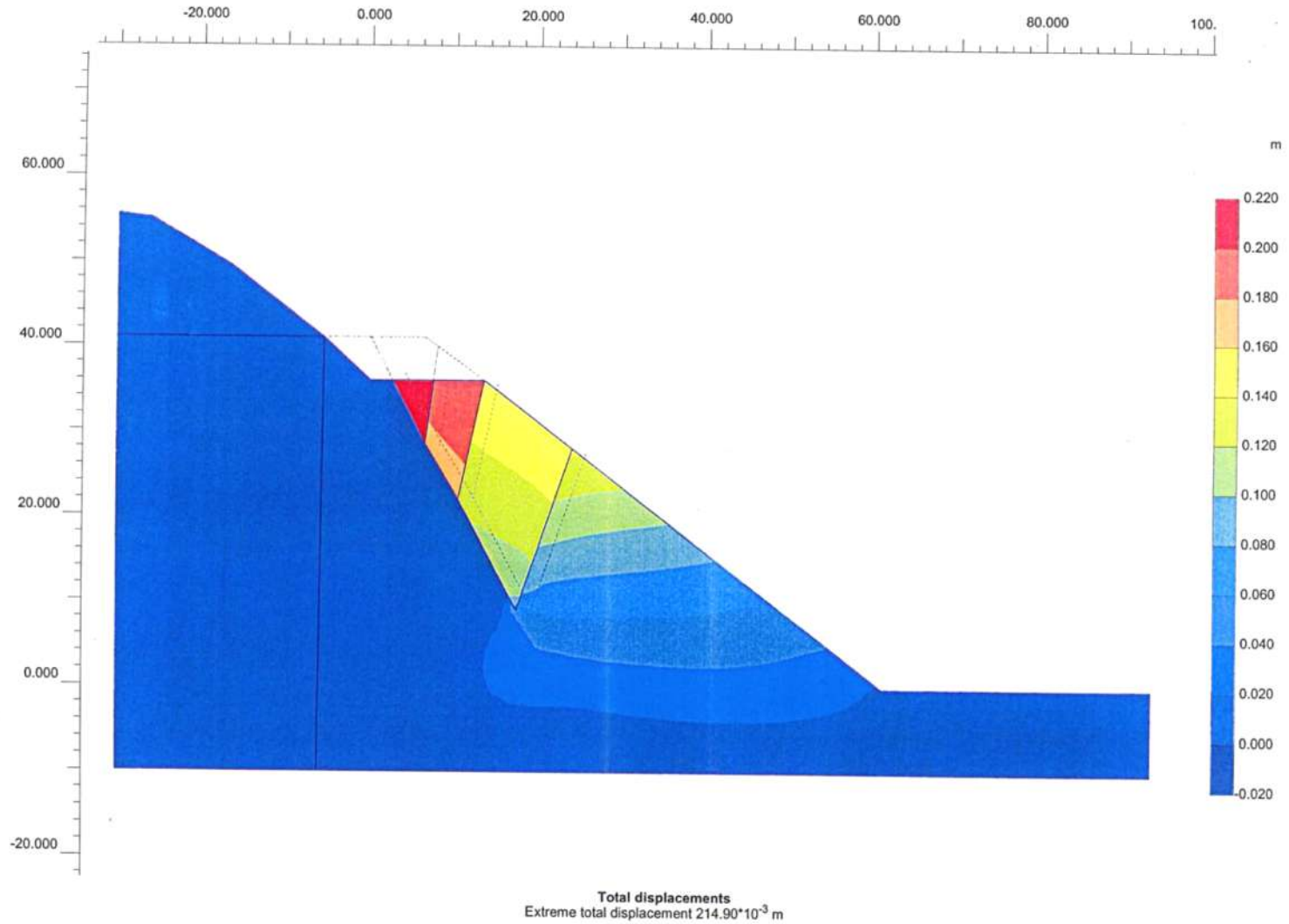
Caso 2: Isol¡neas de desplazamiento



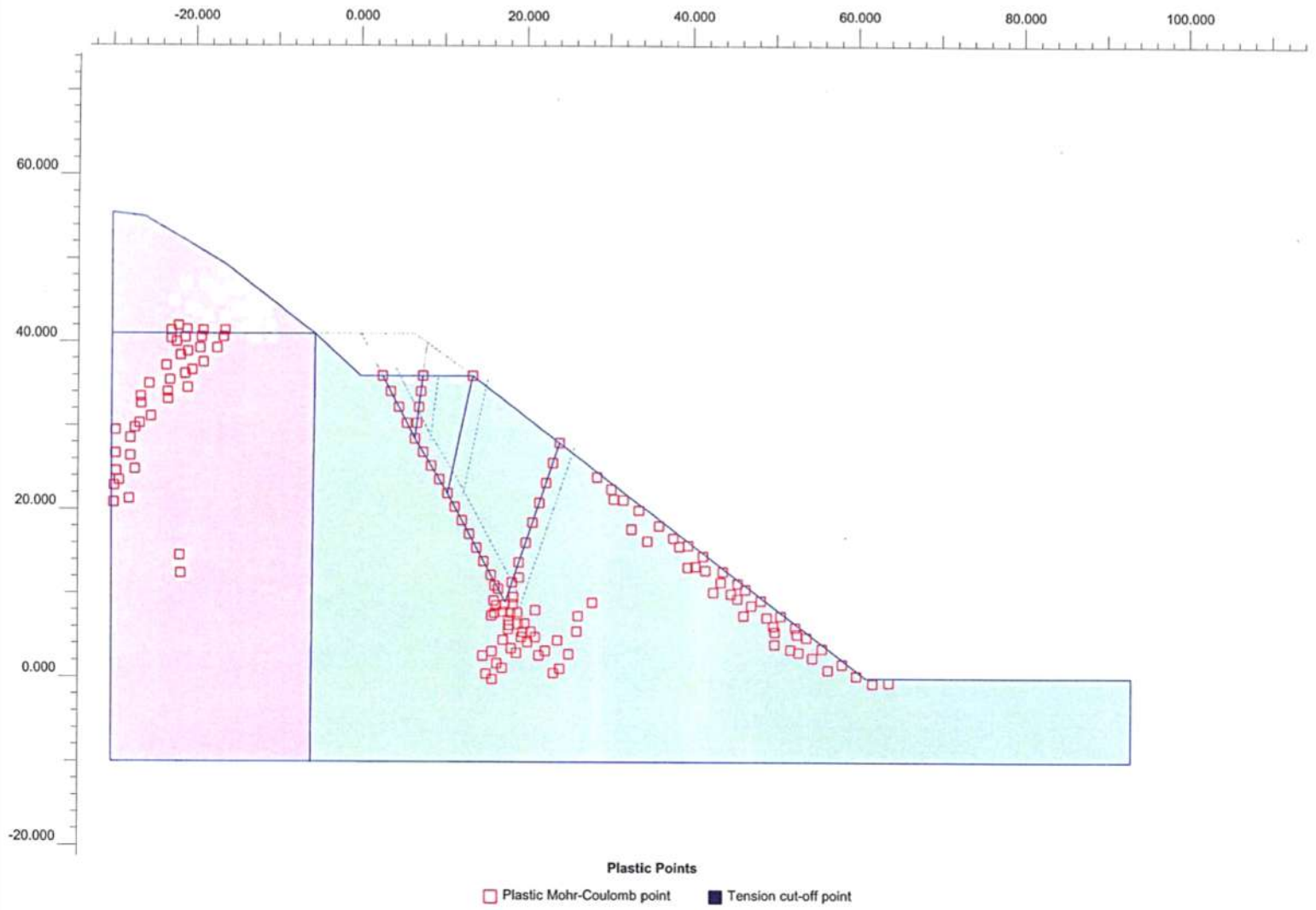
Caso 2: Factor de seguridad



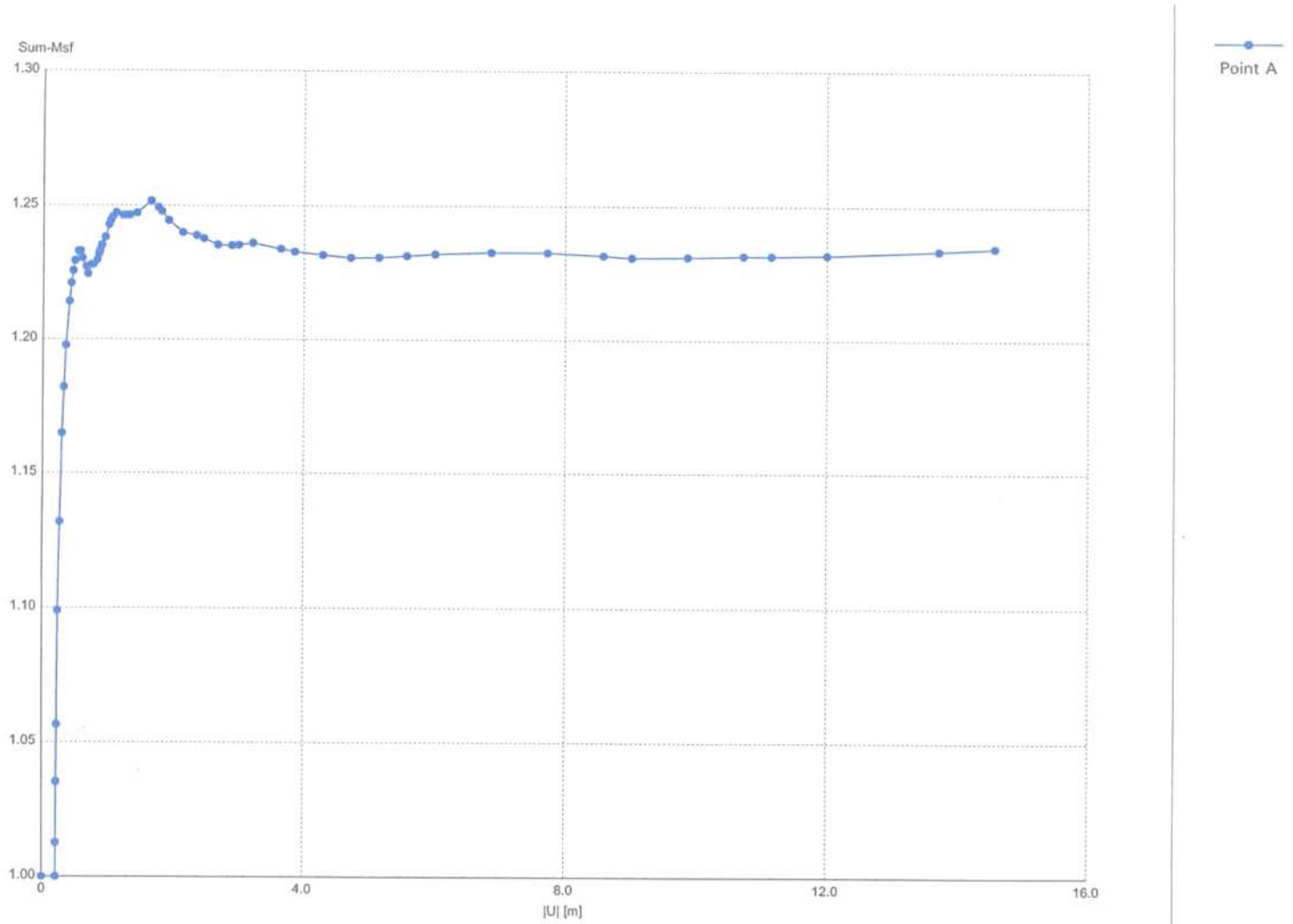
Caso 3: Malla deformada



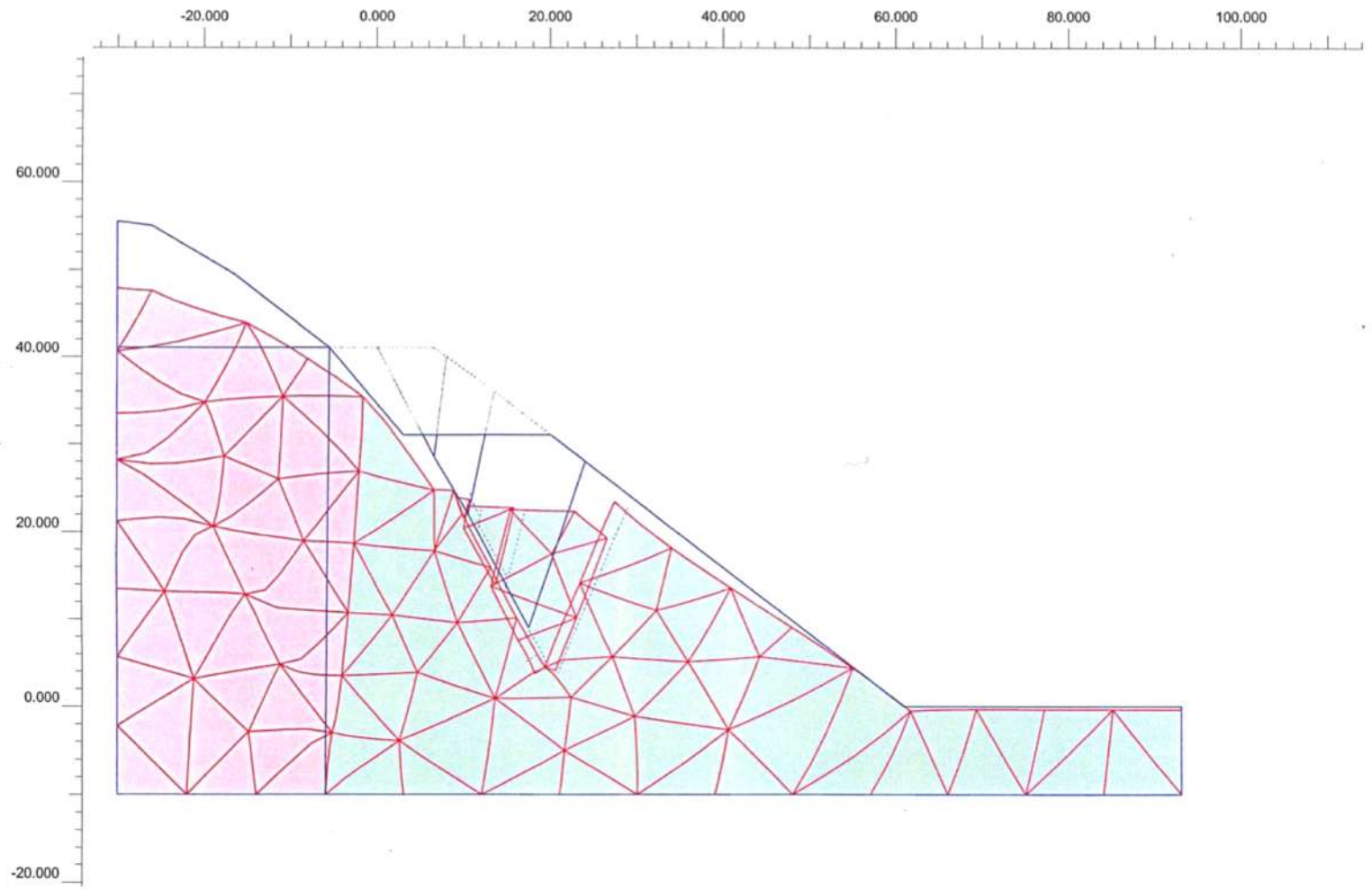
Caso 3: Isol¡neas de desplazamiento



Caso 3: Mapa de puntos plastificados

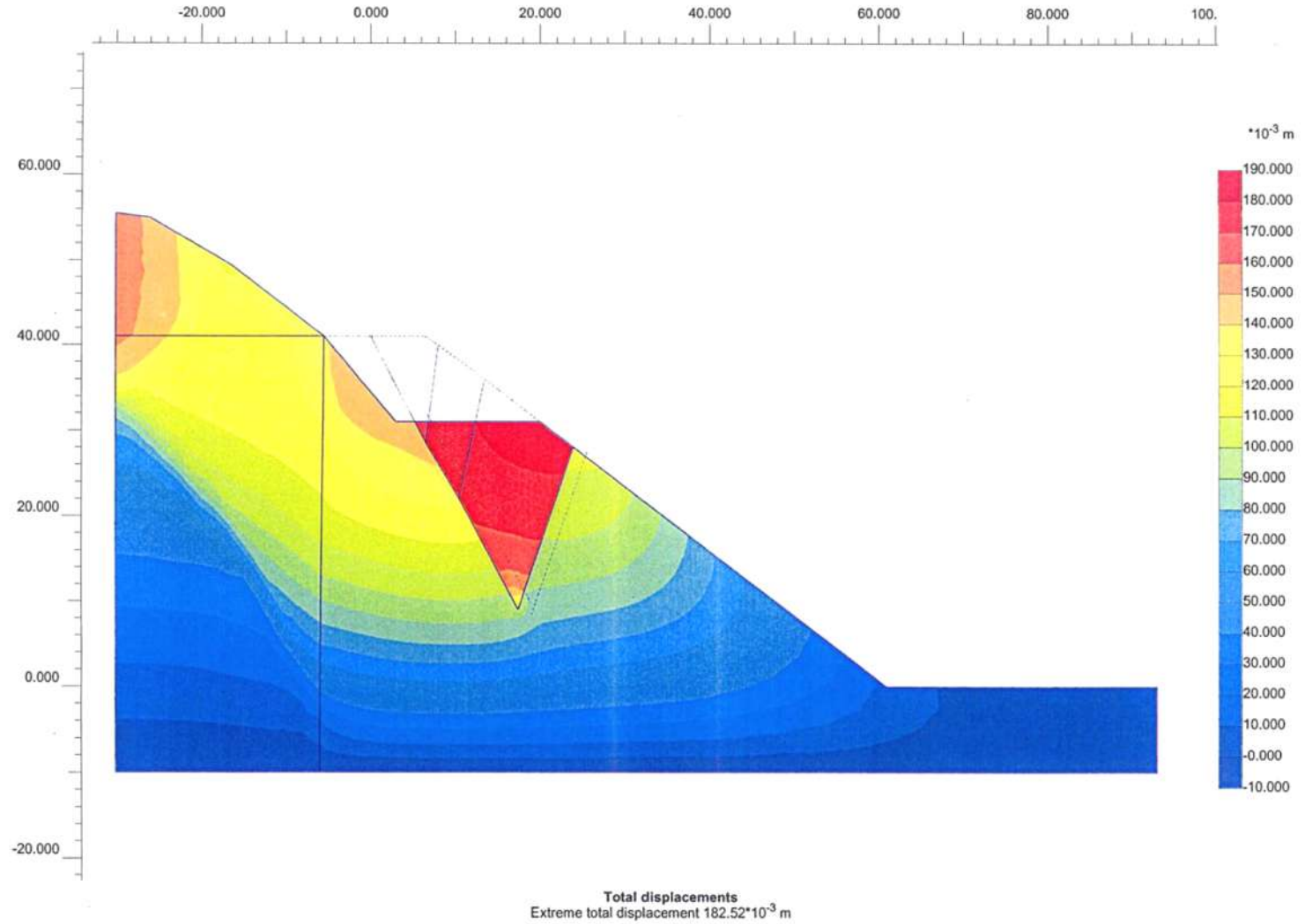


Caso 3: Factor de seguridad

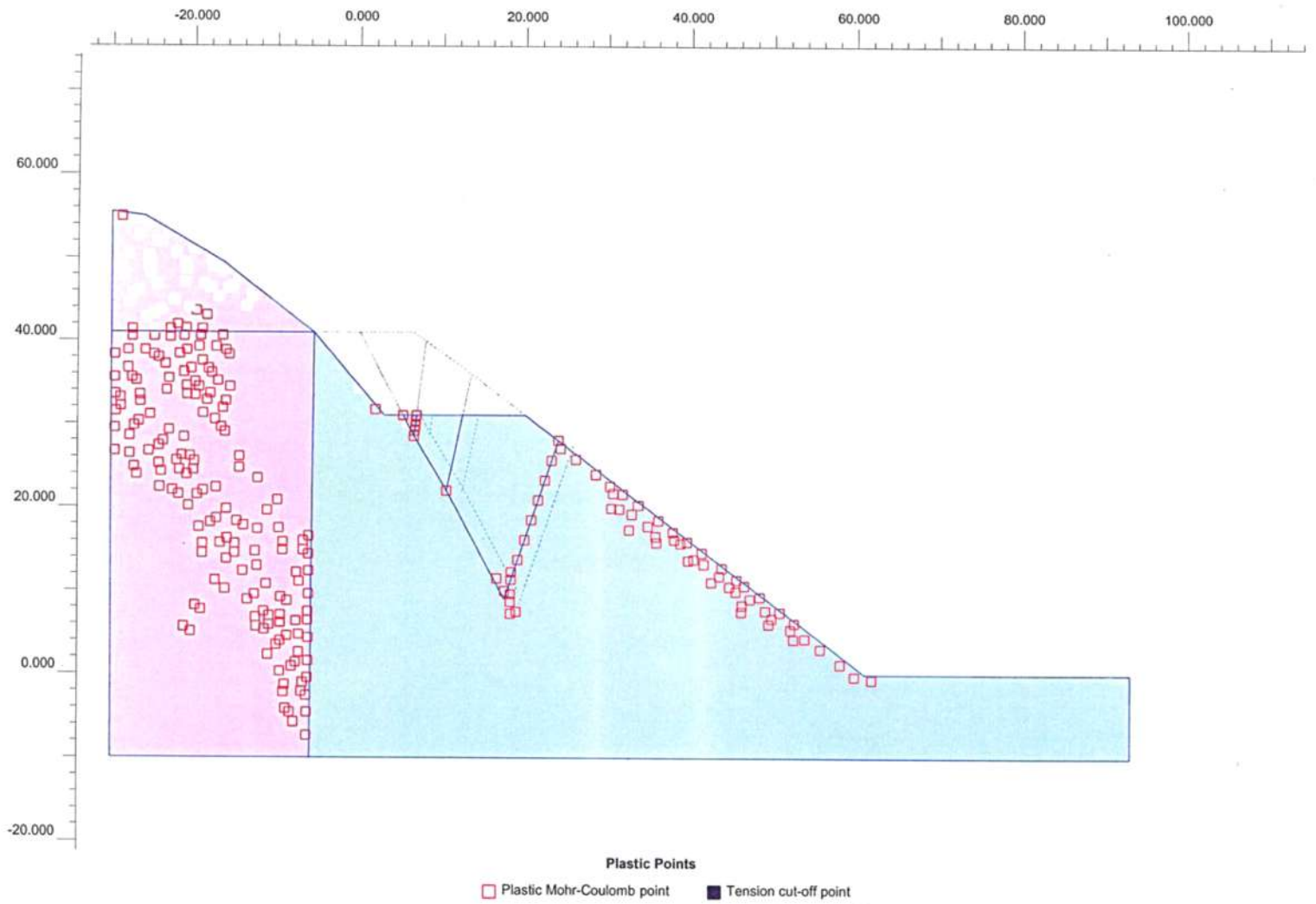


Deformed Mesh
Extreme total displacement $182.52*10^{-3}$ m
(displacements scaled up 50.00 times)

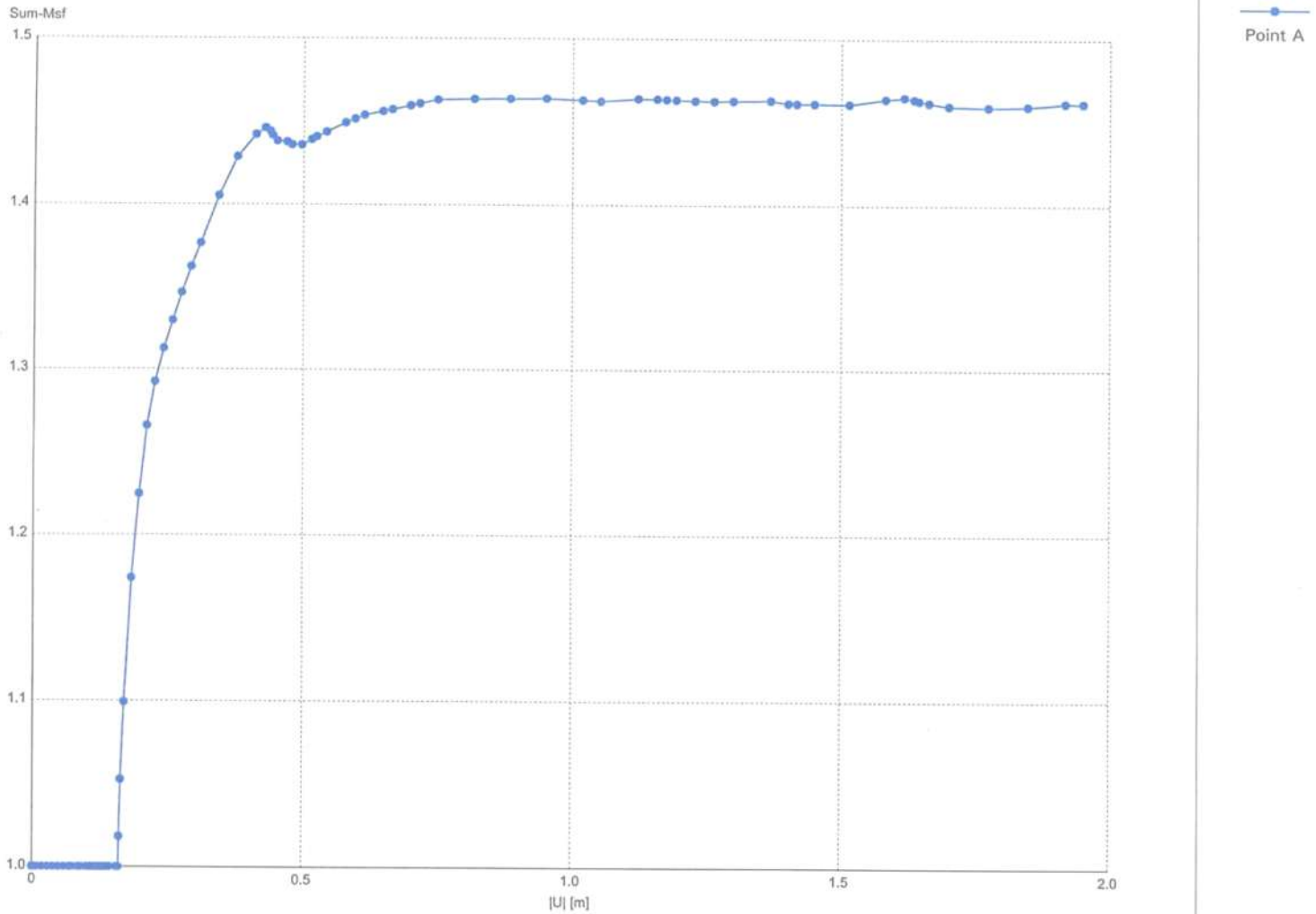
Caso 4: Malla deformada



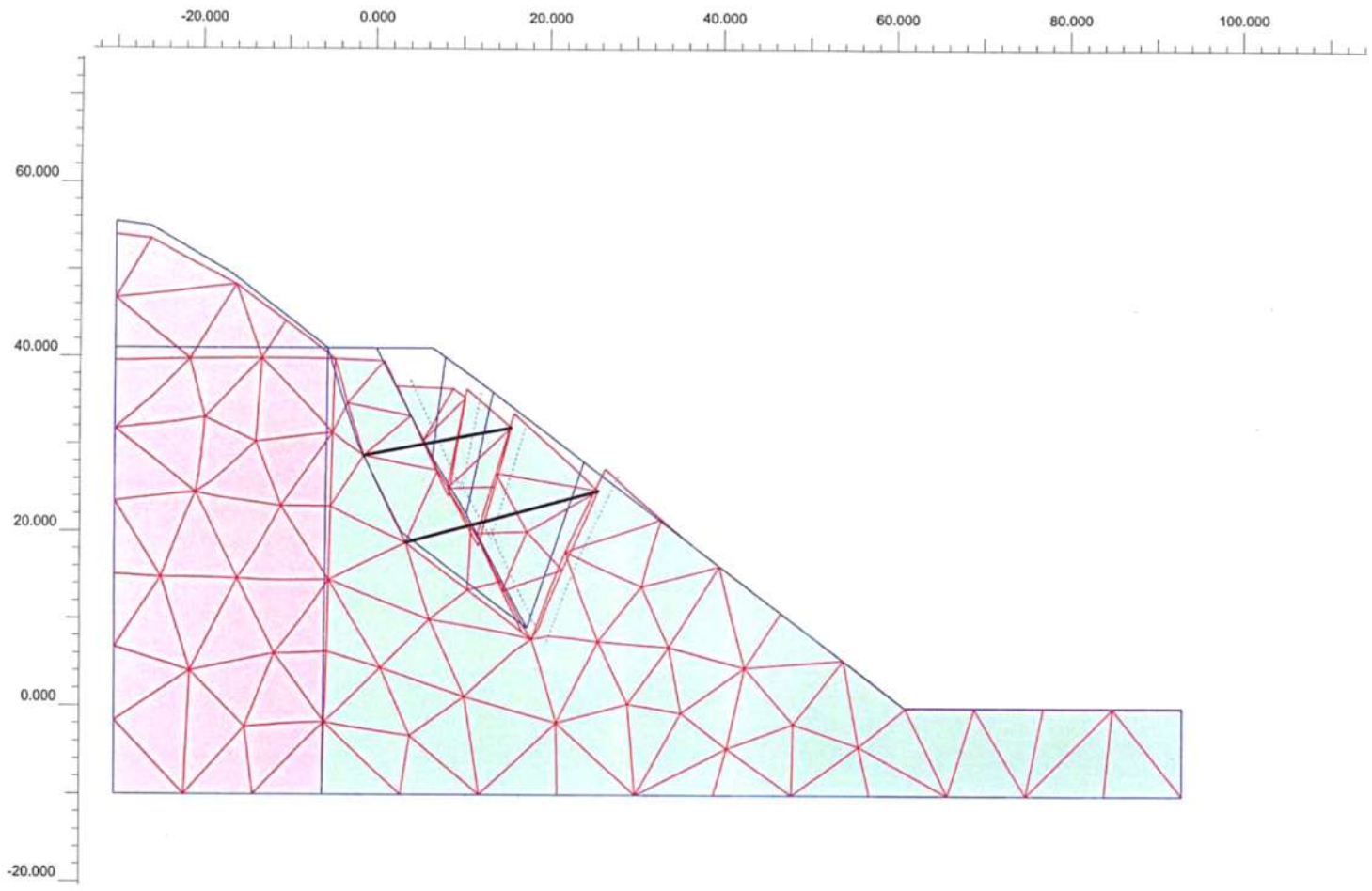
Caso 4: Isol¡neas de desplazamiento



Caso 4: Mapa de puntos plastificados

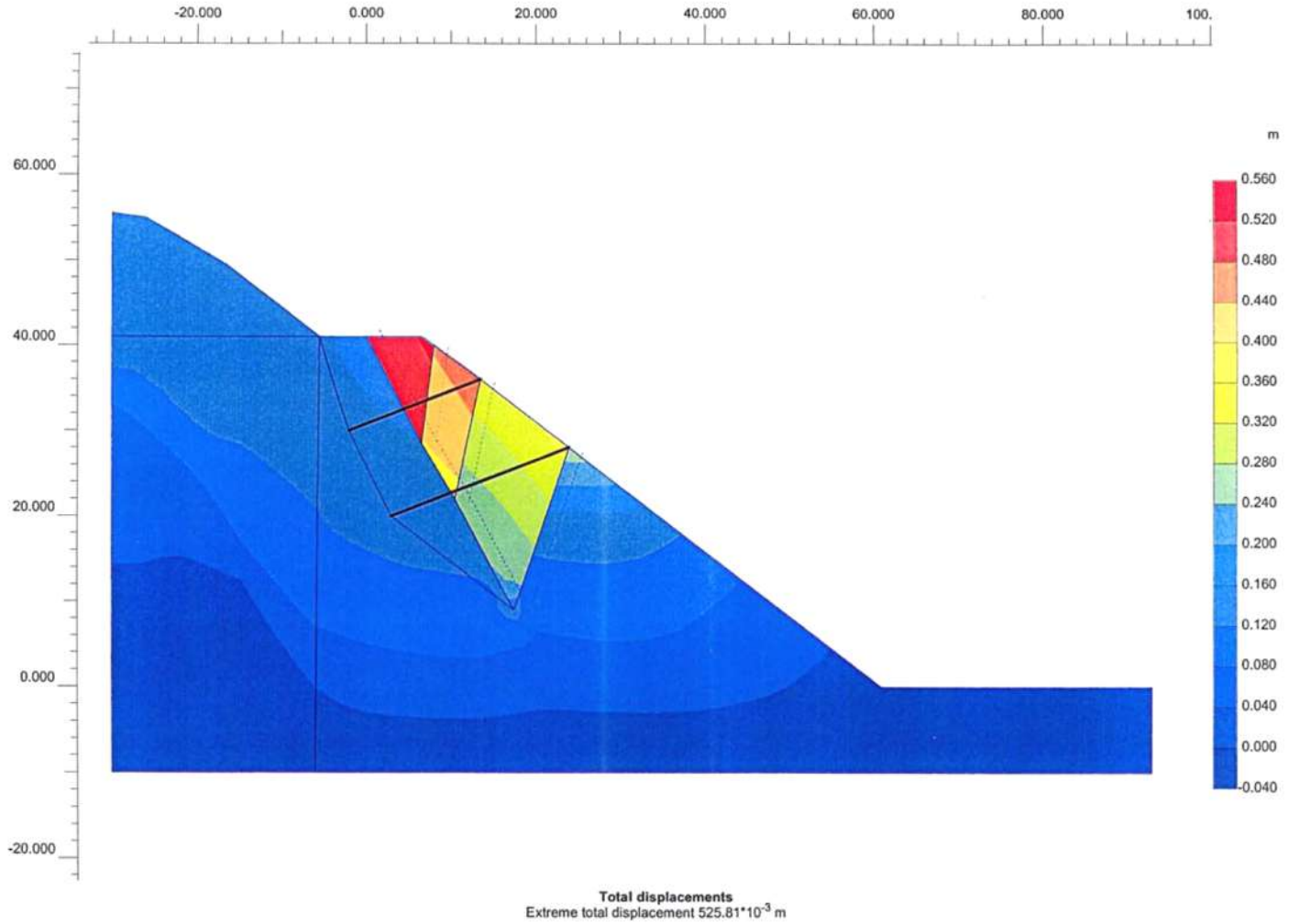


Caso 4: Factor de seguridad

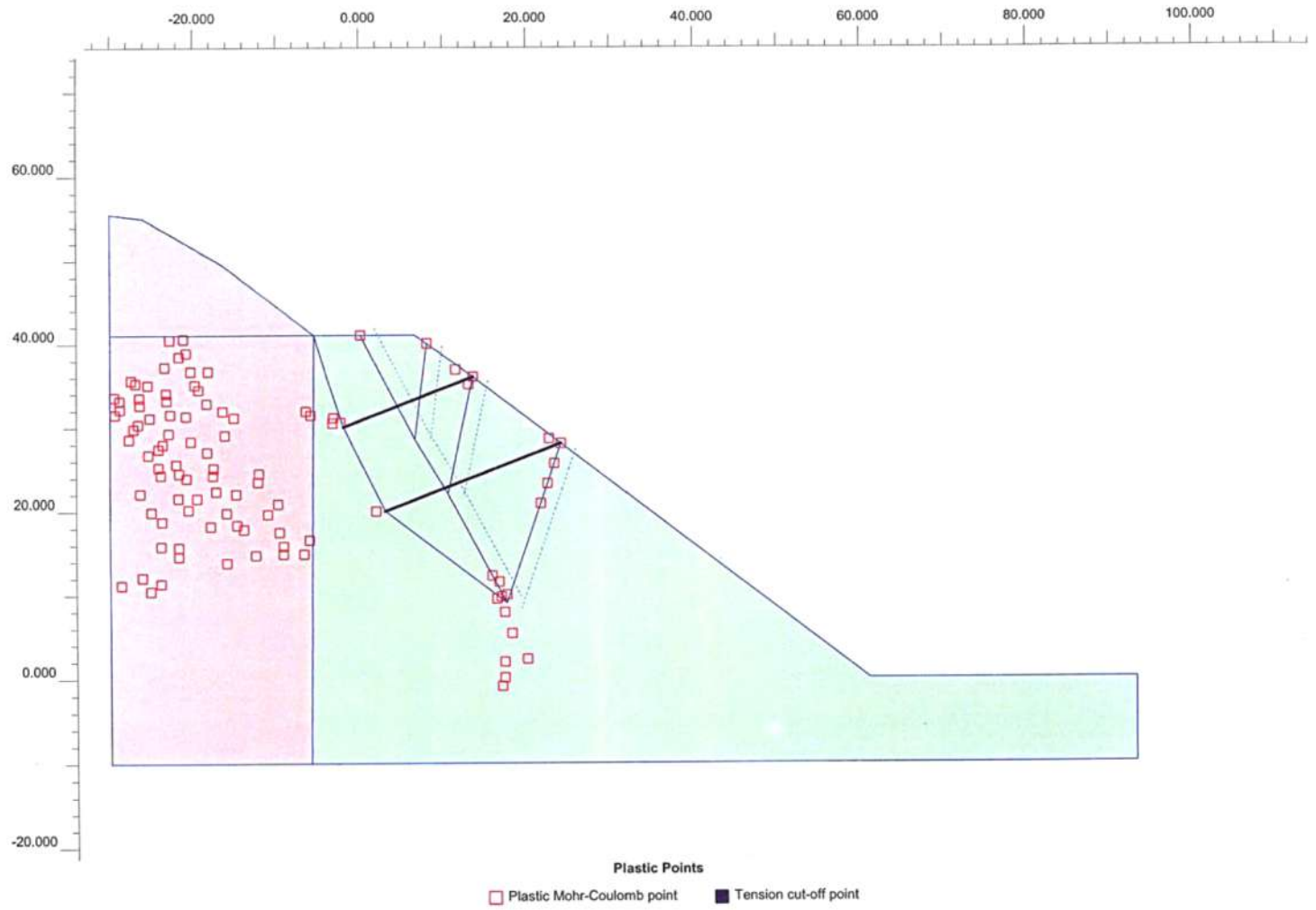


Deformed Mesh
Extreme total displacement $525.81 \cdot 10^{-3}$ m
(displacements scaled up 10.00 times)

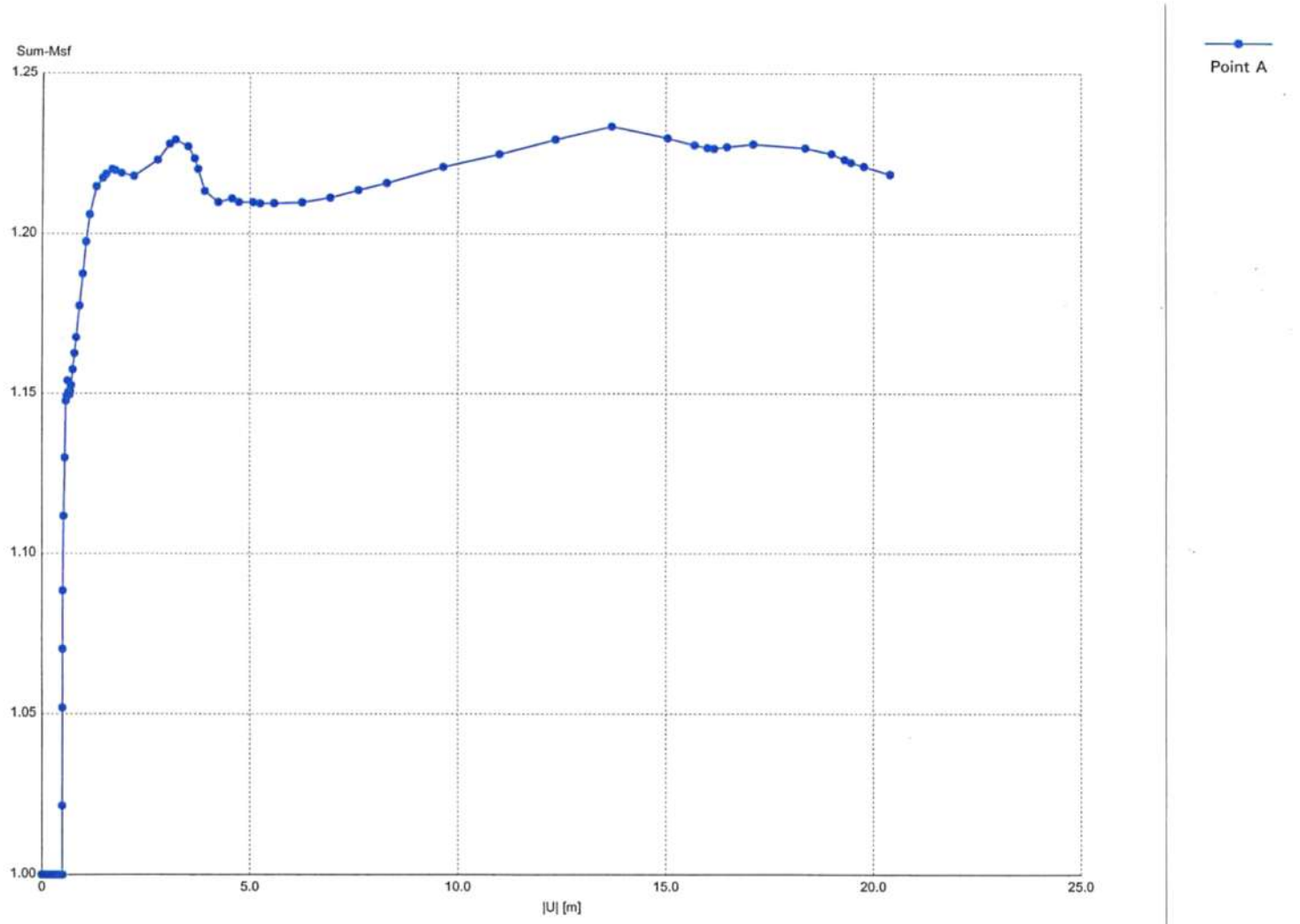
Caso 5: Malla deformada



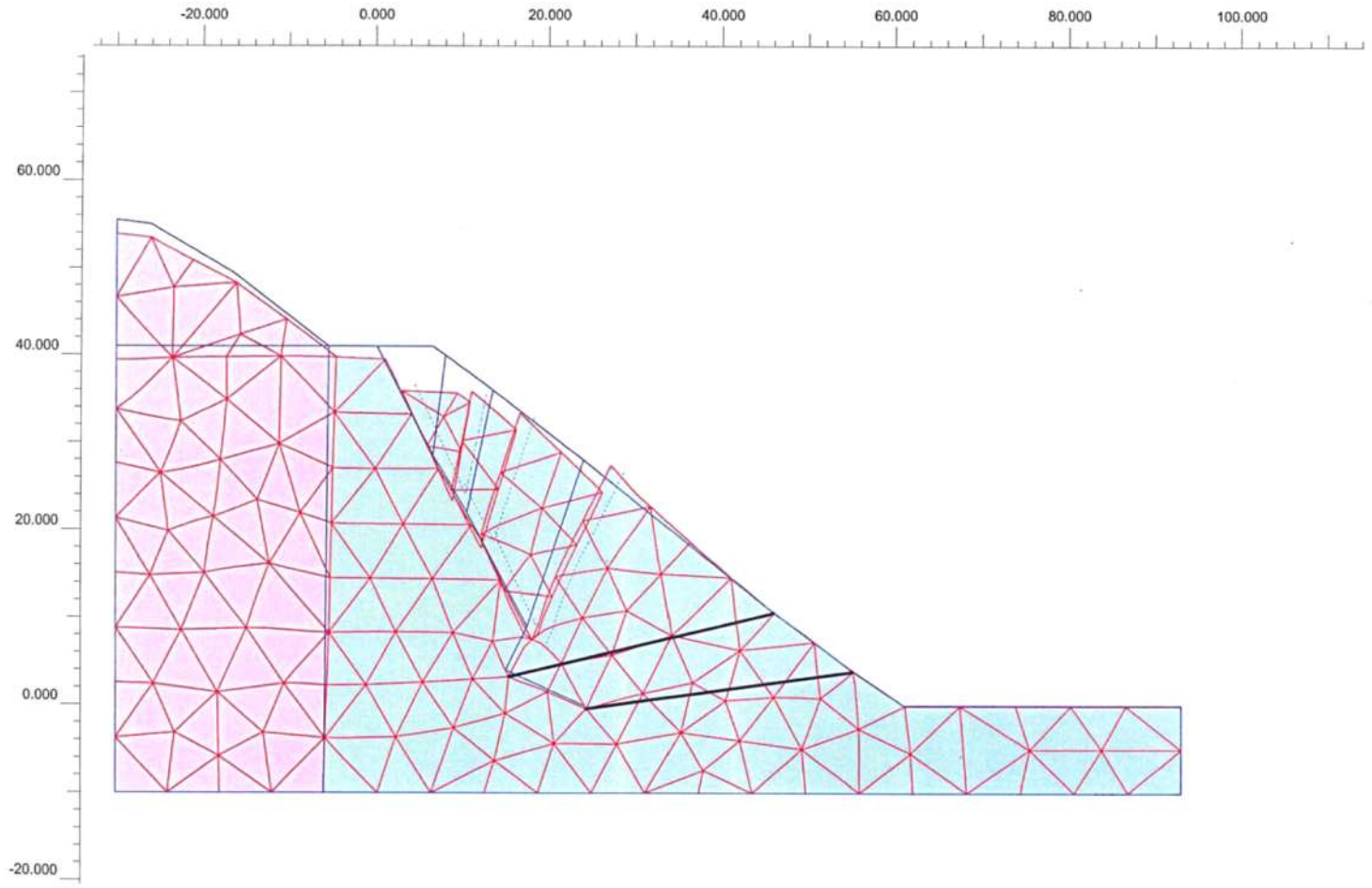
Caso 5: Isol¡neas de desplazamiento



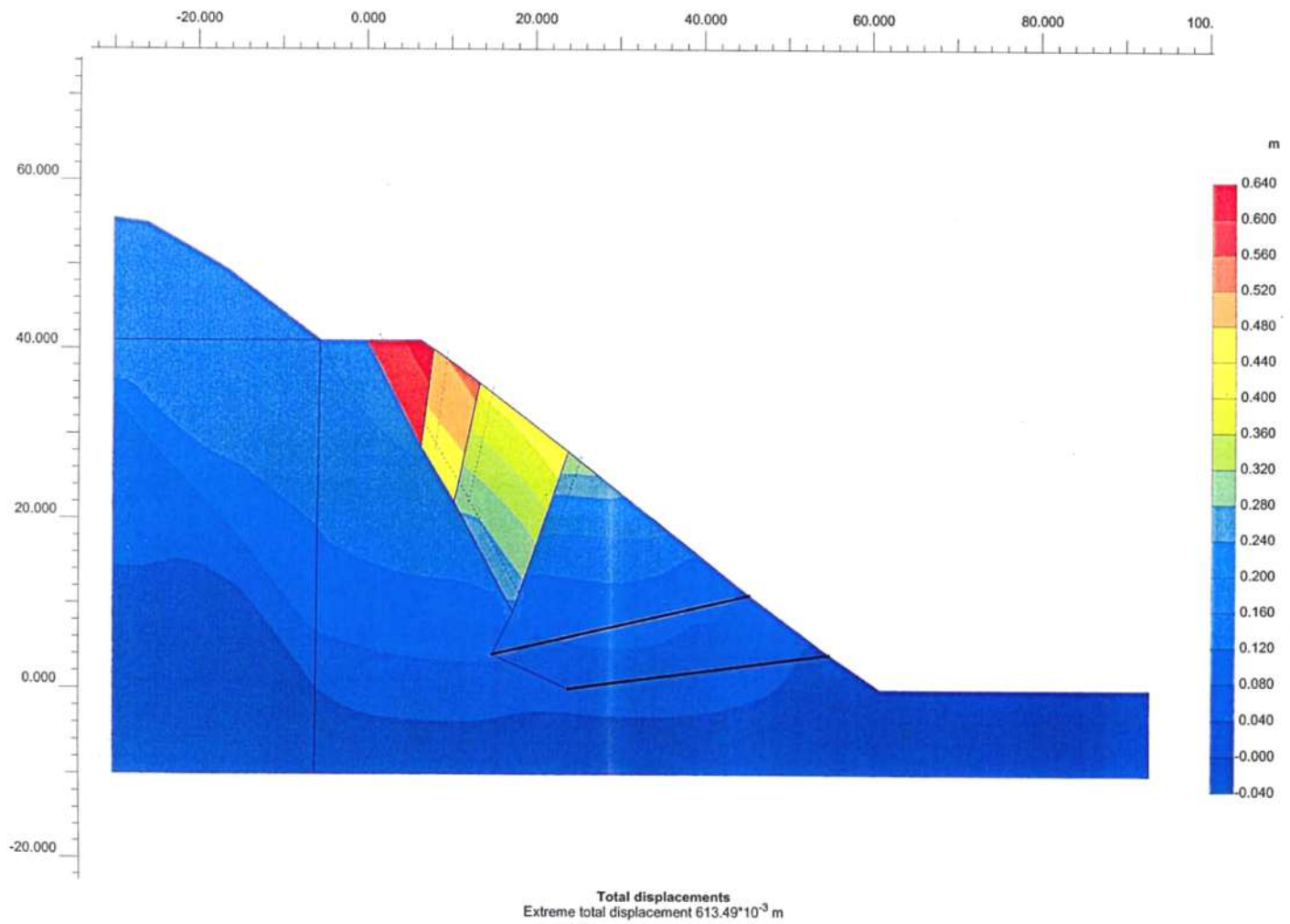
Caso 5: Mapa de puntos plastificados



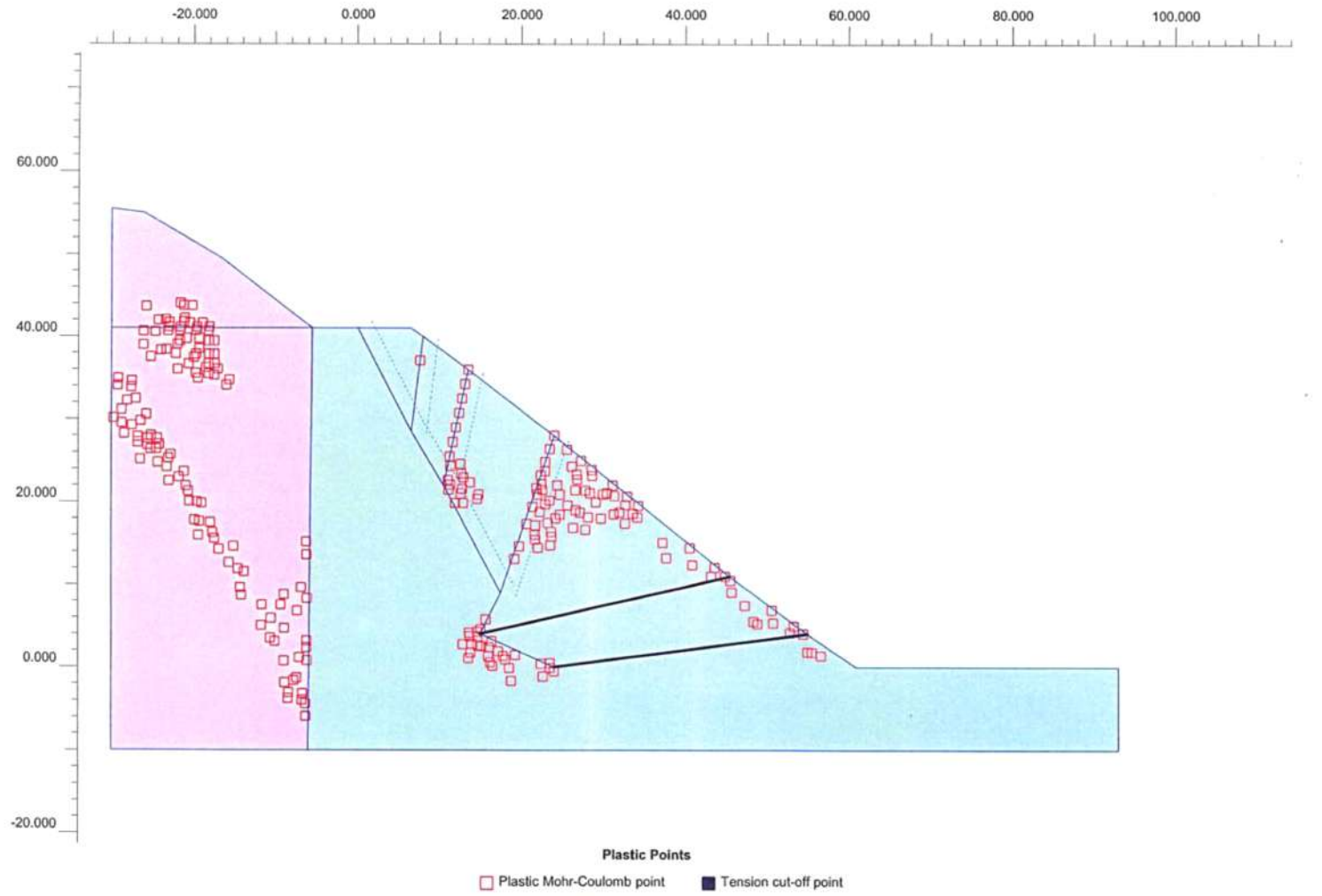
Caso 5: Factor de seguridad



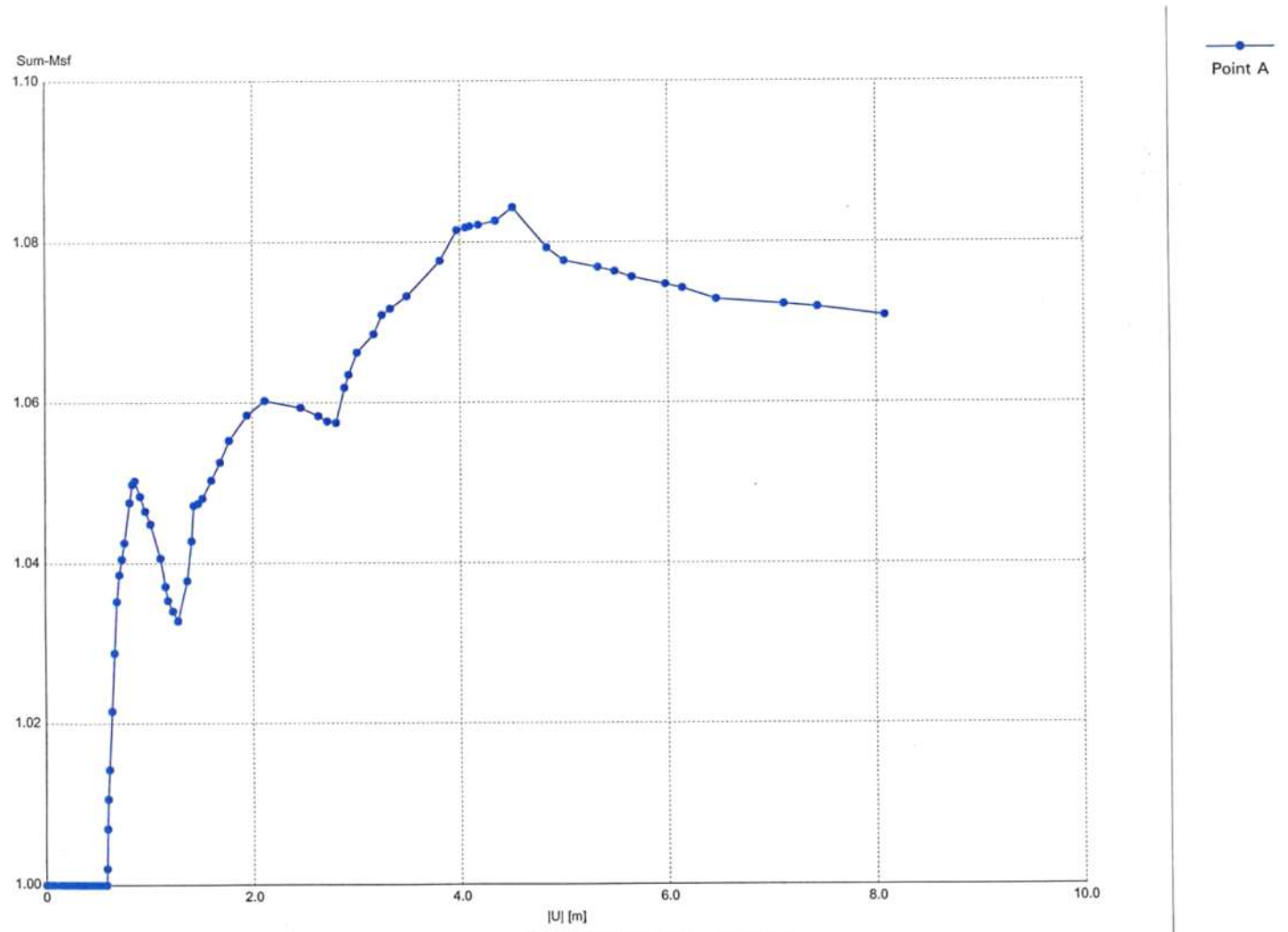
Caso 6: Malla deformada



Caso 6: Isol¡neas de desplazamiento



Caso 6: Mapa de puntos plastificados

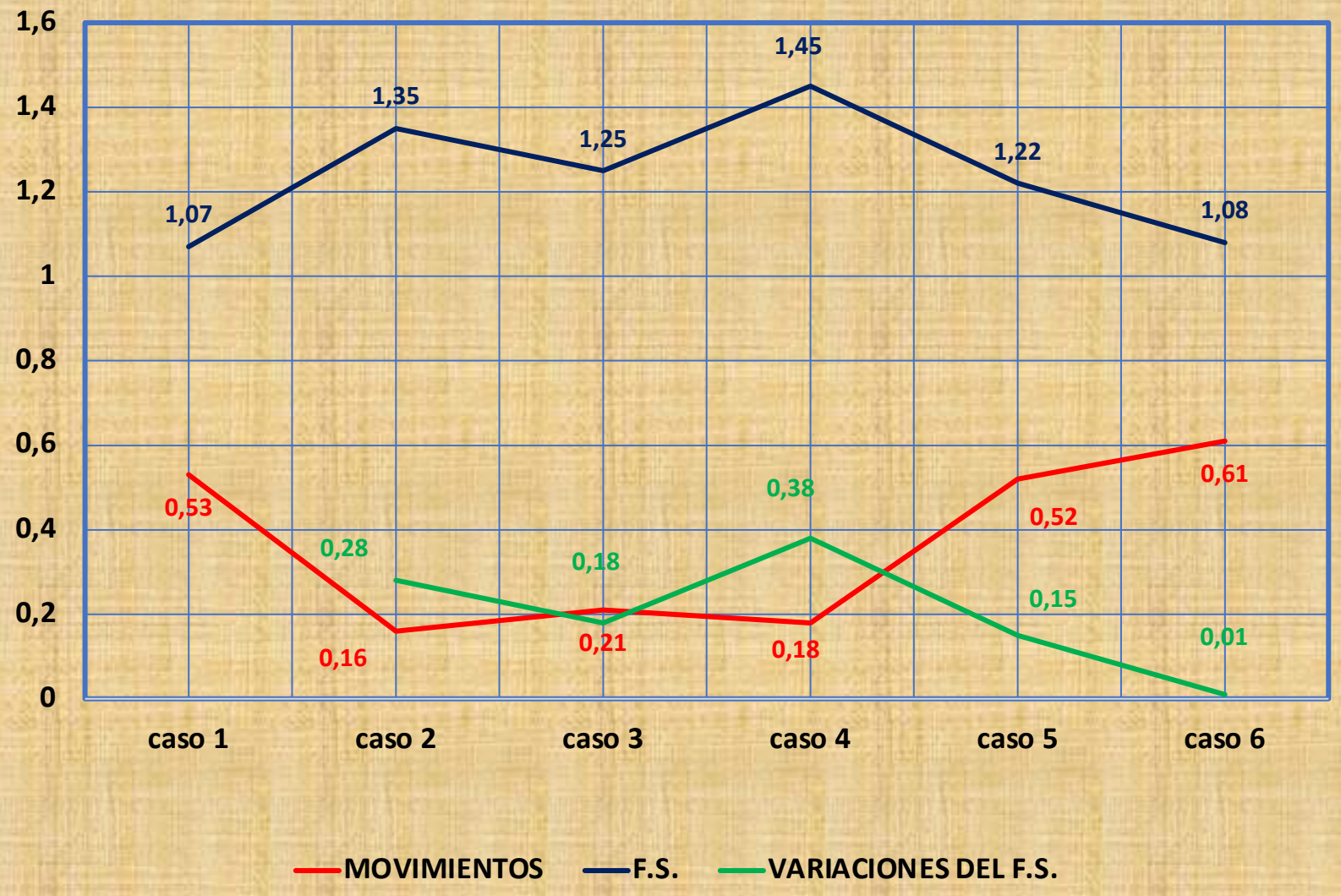


Caso 6: Factor de seguridad

GEOSEN
Geología
Sociedad y Desarrollo

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
GEOLÓGICAS

GRAFICO RESUMEN



GEOSEN
Geología
Sociedad y Desarrollo

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
GEOLÓGICAS

Resumen, conclusiones y recomendaciones

Los mecanismos de inestabilidad del macizo rocoso en la parte alta del talud observados por grietas y deformaciones (movimientos de bloques y cuñas delimitados por fallas y planos de esquistosidad), pasan en su parte baja a comportarse como una “masa continua” que actúa plásticamente bajo los solicitaciones de carga, deformándose y formando grietas en la gunita. (Caso 1)

Los cálculos tensodeformacionales realizados por elementos finitos, confirman el mecanismo “mixto”, suma de un macizo rocoso ,propiamente dicho, y un material asimilable a un suelo.

Si se cambian las condiciones de partida (supuesta masa sin discontinuidades grandes o ausencia de fallas), los resultados se modifican alejándose de los estados próximos a la rotura, y dejan de ser representativos de los observados. (Caso 2).

Asimismo, conseguir una buena estabilidad mediante la introducción de fuerzas estabilizadoras (anclajes), es una alternativa de menor efectividad sobre el factor de seguridad, y a su vez implica mayores dificultades técnicas de ejecución. (Caso 5 y 6)

Por lo consiguiente, para incrementar el factor de seguridad y por lo tanto el margen de seguridad del talud, lo mas seguro es: *rebajar la berma en la zona unos diez metros de altura. (Caso 3 y 4)*

Como medida complementaria, instalar una batería de drenes horizontales (tipo californiano) a pie del talud, con el fin de disminuir las presiones de agua.

Los materiales rocosos fundamentalmente esquistosos si-túados bajo la berma son excavables, a veces con dificultad, estimándose en un 5-10% el porcentaje de materiales excavables con mucha dificultad, que pueden requerir puntualmente la utilización de *martillo picador* para romper intercalaciones areniscosas de mayor resis-tencia.

GEOSEN
Geología
Sociedad y Desarrollo

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
GEOLÓGICAS

Muchas gracias por su atención