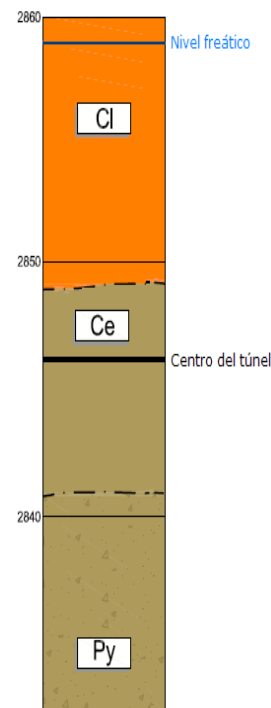


**3.2.1. Cálculo P.K. 12+300-P.K. 12+900**

Se ha realizado un cálculo representativo de las excavaciones realizadas entre el P.K. 12+300 y el P.K. 12+900, siguiendo la misma columna de cálculo empleada en las estimaciones iniciales de los valores de pérdida de suelo indicados en el **Apartado 3.1**, compuesta a partir de la superficie del terreno por un espesor de 11 m de la Unidad Cangahua limo-arcillosa (Cl), seguida de 8 m de Unidad Guamaní vulcano-sedimentaria (Ce) situados sobre los flujos piroclásticos de la Unidad Guamaní (Py).

Se ha considerado un nivel freático a la profundidad de 2,0 m, con el centro de la excavación a la profundidad de 16,0 m. La columna litológica representativa de los cálculos sería la mostrada en la **Figura 3.2.1.a**:



**Figura 3.2.1.a:** Columna litológica representativa del cálculo (P.K. 12+300-P.K. 12+900)

Los resultados obtenidos en el cálculo se incluyen en la **Tabla 3.2.1.I**:

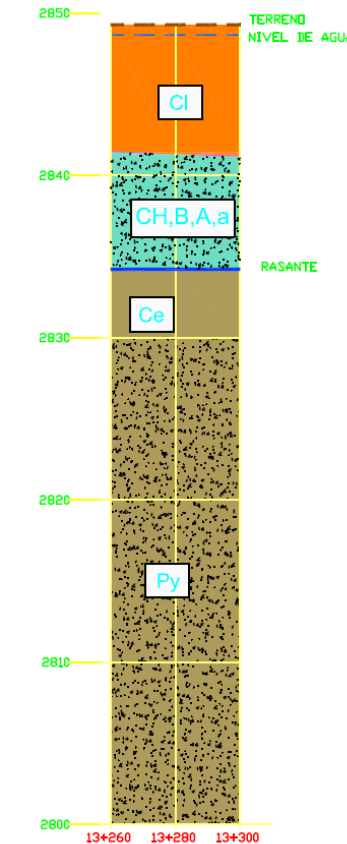
Caso	Ho (m)	P (kPa)*	Svmax (m)	i (m)	Vs (m <sup>3</sup> /m)	VL (%)	η
P.K 12+300-12+900	16,00	90	-0,021	9,0	0,46	0,66	1,42

\* En clave

**Tabla 3.2.1.I:** Resumen de resultados obtenidos en el cálculo (P.K. 12+300-P.K. 12+900)

**3.2.2. Cálculo P.K. 13+280**

Se ha realizado un cálculo en el P.K. 13+280. En este punto del trazado, el centro de la excavación se encontraría a una profundidad de 13,0 m bajo la superficie del terreno. La columna litológica representativa de los cálculos sería la mostrada en la **Figura 3.2.2.a**:



**Figura 3.2.2.a:** Columna litológica representativa del cálculo (P.K. 13+280)

Tal y como se puede comprobar, el nivel freático se encontraría prácticamente a nivel superficial, realizándose la excavación en esa zona en terrenos correspondientes a las Unidades El Pintado (CH, B, A, a) y Guamaní (Ce). El techo de la excavación estaría formado por la Unidad Cangahua limo-arcillosa (Cl), mientras que bajo la misma se encontrarían los flujos piroclásticos de la Unidad Guamaní.

Los resultados obtenidos en el cálculo en lo referente a asientos máximos en superficie, distancia del punto de inflexión al centro del eje del túnel en sección transversal, volúmenes estimados de pérdida de suelo y valor del parámetro de ajuste de la fórmula de Sagaseta y Oteo (1974, 1996) se incluyen en la **Tabla 3.2.2.I**:

Caso	Ho (m)	P (kPa)*	Svmax (m)	i (m)	Vs (m <sup>3</sup> /m)	VL (%)	η
P.K 13+280	13,00	70	-0,0113	8,5	0,25	0,36	1,78

\* En clave

**Tabla 3.2.2.I:** Resumen de resultados obtenidos en el cálculo (P.K. 13+280)

### 3.2.3. Cálculo P.K. 14+320

Se ha realizado un cálculo en el P.K. 14+320. En este punto del trazado, el centro de la excavación se encontraría a una profundidad de 13,0 m bajo la superficie del terreno. La columna litológica representativa de los cálculos sería la mostrada en la **Figura 3.2.3.a**:

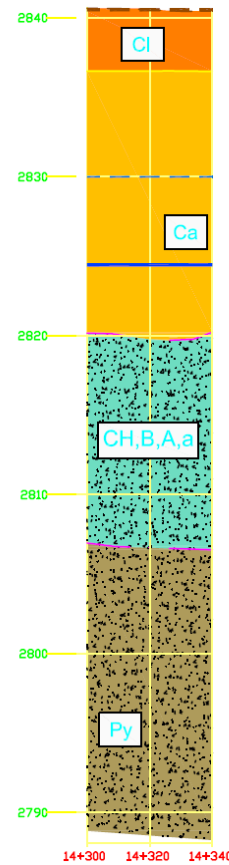


Figura 3.2.3.a: Columna litológica representativa del cálculo (P.K. 14+320)

En este punto del trazado, se estima que el nivel freático se encontraría a una profundidad de 10,0 m, realizándose completamente la excavación en terrenos correspondientes a la Unidad Cangahua arenosa-limoso (Ca). En un espesor de 3,0 m bajo la superficie del terreno se encontraría la Unidad Cangahua limo-arcillosa (Cl), mientras que a partir de 20,0 m de profundidad aparecerían las Unidades El Pintado (CH, B, A, a) y los flujos piroclásticos de la Unidad Guamaní (Py).

Los resultados obtenidos en el cálculo en lo referente a asentos máximos en superficie, distancia del punto de inflexión al centro del eje del túnel en sección transversal, volúmenes estimados de pérdida de suelo y valor del parámetro de ajuste de la fórmula de Sagaseta y Oteo (1974, 1996) se incluyen en la **Tabla 3.2.3.I**:

Caso	Ho (m)	P (kPa)*	Svmax (m)	i (m)	Vs (m³/m)	VL (%)	η
P.K 14+320	13,00	70	-0,0065	7	0,11	0,15	1,46

\* En clave

Tabla 3.2.3.I: Resumen de resultados obtenidos en el cálculo (P.K. 14+320)

### 3.2.4. Cálculo P.K. 18+220

Se ha considerado un cálculo representativo para el P.K. 14+320, con centro de la excavación a una profundidad de 15,0 m y el nivel freático a una profundidad de 10,0 m. La excavación se realizaría prácticamente por completo en la Unidad Cangahua no alterada (Ctb) situada a partir de los 12,0 m de profundidad. Sobre esta Unidad se encontrarían, a partir de la cota de superficie del terreno, un espesor de 6,0 m de la Unidad Cangahua limo-arenosa y, bajo ésta, otro espesor de 6,0 m de la Unidad Cangahua arenosa-limoso, tal y como se puede observar en la columna litológica representativa de los cálculos, mostrada en la **Figura 3.2.4.a**:

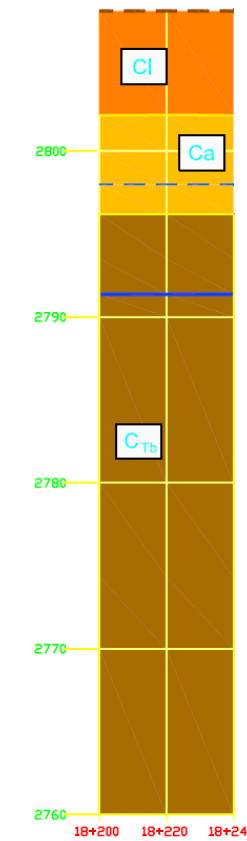


Figura 3.2.4.a: Columna litológica representativa del cálculo (P.K. 18+220)

Los resultados obtenidos en el cálculo en lo referente a asentos máximos en superficie, distancia del punto de inflexión al centro del eje del túnel en sección transversal, volúmenes estimados de pérdida de suelo y valor del parámetro de ajuste de la fórmula de Sagaseta y Oteo (1974, 1996) se incluyen en la **Tabla 3.2.4.I**:

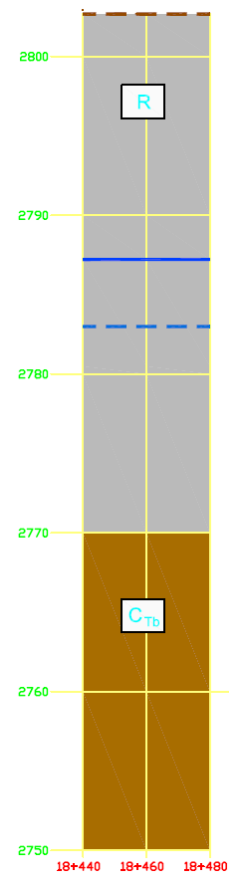
Caso	Ho (m)	P (kPa)*	Svmax (m)	i (m)	Vs (m³/m)	VL (%)	η
P.K 18+220	15,00	70	-0,0067	6,5	0,1	0,145	1,12

\* En clave

Tabla 3.2.4.I: Resumen de resultados obtenidos en el cálculo (P.K. 18+220)

### 3.2.5. Cálculo P.K. 18+460

La excavación para el modelo considerado como representativo para el P.K. 18+460 se realizaría por completo en rellenos antrópicos (R), con espesores estimados superiores a los 30 m, tal y como se puede observar en la columna litológica representativa de los cálculos, mostrada en la **Figura 3.2.5.a**:



**Figura 3.2.5.a:** Columna litológica representativa del cálculo (P.K. 18+460)

El nivel freático se encontraría a una profundidad estimada de 19,0 m respecto a la cota de superficie. Debido a las propiedades geotécnicas de los rellenos, fundamentalmente debido a su bajo módulo de deformación, se trataría del caso de cálculo más desfavorable en lo referente a los resultados obtenidos a cuanto a asentamientos en superficie. Los resultados obtenidos en el cálculo se incluyen en la **Tabla 3.2.5.I**

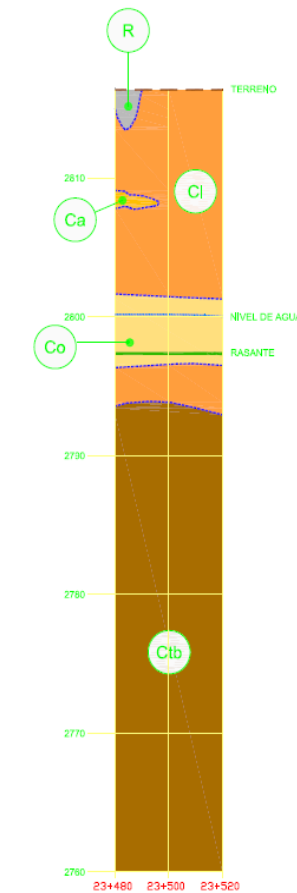
Caso	H <sub>0</sub> (m)	P (kPa)*	Svmax (m)	i (m)	Vs (m <sup>3</sup> /m)	V <sub>L</sub> (%)	η
P.K 18+460	13,00	60	-0,034	6,5	0,52	0,75	1,36

\* En clave

**Tabla 3.2.5.I:** Resumen de resultados obtenidos en el cálculo (P.K. 18+460)

### 3.2.6. Cálculo P.K. 23+500

La excavación para el modelo considerado como representativo para el P.K. 23+500 se realizaría considerando sobre clave la Unidad Cangahua limo-arcillosa (Cl), tal y como se puede observar en la columna litológica representativa mostrada en la **Figura 3.2.6.a**:



**Figura 3.2.6.a:** Columna litológica representativa del cálculo (P.K. 23+500)

El nivel freático se encontraría a una profundidad estimada de 15,0 m respecto a la cota de superficie. Los resultados obtenidos en el cálculo se incluyen en la **Tabla 3.2.6.I**

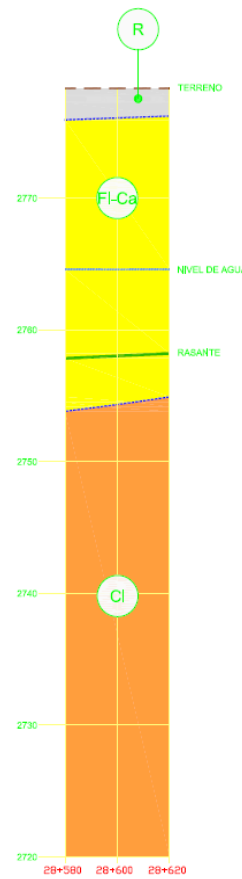
Caso	H <sub>0</sub> (m)	P (kPa)*	Svmax (m)	i (m)	Vs (m <sup>3</sup> /m)	V <sub>L</sub> (%)	η
P.K 23+500	17,00	60	-0,007	8,5	0,15	0,21	1,24

\* En clave

**Tabla 3.2.6.I:** Resumen de resultados obtenidos en el cálculo (P.K. 23+500)

### 3.2.7. Cálculo P.K. 28+600

La excavación para el modelo considerado como representativo para el P.K. 28+600 se realizaría en terrenos correspondientes a la Unidad La Carolina (FI-Ca), tal y como se puede observar en la columna litológica representativa mostrada en la **Figura 3.2.7.a**:



**Figura 3.2.7.a:** Columna litológica representativa del cálculo (P.K. 28+600)

El nivel freático se encontraría a una profundidad estimada de 12,0 m respecto a la cota de superficie. Los resultados obtenidos en el cálculo se incluyen en la **Tabla 3.2.7.I**

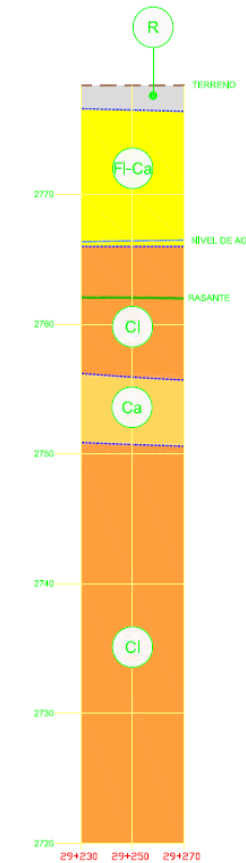
Caso	H <sub>0</sub> (m)	P (kPa)*	Svmax (m)	i (m)	V <sub>s</sub> (m <sup>3</sup> /m)	V <sub>L</sub> (%)	η
P.K 28+600	18,00	70	-0,030	8,25	0,60	0,86	1,12

\* En clave

**Tabla 3.2.7.I:** Resumen de resultados obtenidos en el cálculo (P.K. 28+600)

### 3.2.8. Cálculo P.K. 29+250

La excavación para el modelo considerado como representativo para el P.K. 29+250 se realizaría en terrenos correspondientes a las unidades La Carolina (FI-Ca) y Cangahua limo-arcillosa (Cl), tal y como se puede observar en la columna litológica representativa mostrada en la **Figura 3.2.8.a**:



**Figura 3.2.8.a:** Columna litológica representativa del cálculo (P.K. 29+250)

El nivel freático se encontraría a una profundidad estimada de 12,0 m respecto a la cota de superficie. Los resultados obtenidos en el cálculo se incluyen en la **Tabla 3.2.8.I**

Caso	H <sub>0</sub> (m)	P (kPa)*	Svmax (m)	i (m)	V <sub>s</sub> (m <sup>3</sup> /m)	V <sub>L</sub> (%)	η
P.K 29+250	13,00	60	-0,031	6,25	0,45	0,65	1,31

\* En clave

**Tabla 3.2.8.I:** Resumen de resultados obtenidos en el cálculo (P.K. 29+250)

### 3.3. Resultados y conclusiones

De forma general, en los casos en los que se ha realizado una estimación de los valores de pérdida de suelo, se podría indicar que éstos aumentan con la profundidad de excavación, siendo en la totalidad de los casos inferiores al 0,95 %. Este valor límite coincidiría prácticamente con el propuesto considerando un diámetro de excavación similar en terrenos arcillosos según una serie de datos reales obtenidos en obras ejecutadas, tal y como se muestra en el gráfico de la **Figura 3.3.a**.

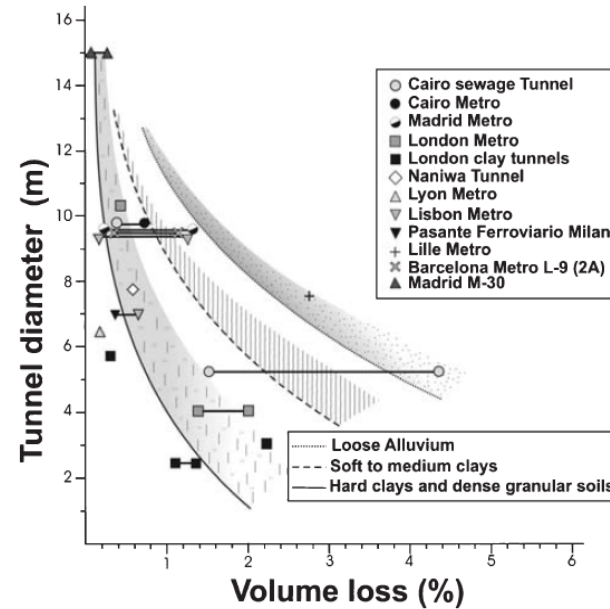


Figura 3.3.a: Estimación de pérdidas de suelo en diversos túneles urbanos (Rodríguez Ortiz, 2007)

Se ha realizado un análisis de los resultados obtenidos para los cálculos particularizados, cuyos resultados en lo referente a asentamientos máximos en superficie y a valores estimados de pérdida de suelo se han incluido en los gráficos de la **Figura 3.3.b** y de la **Figura 3.3.c**:

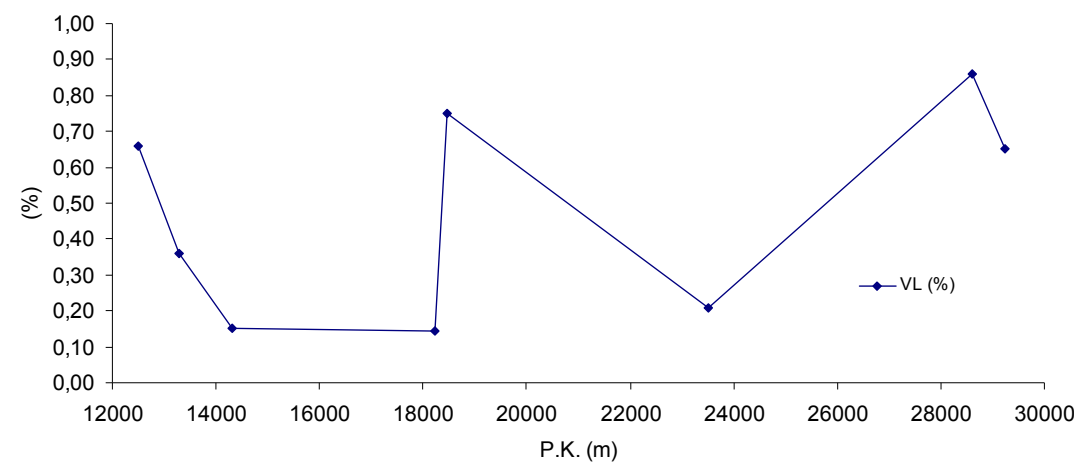


Figura 3.3.b: Estimación de pérdidas de suelo obtenidas en los cálculos particularizados.

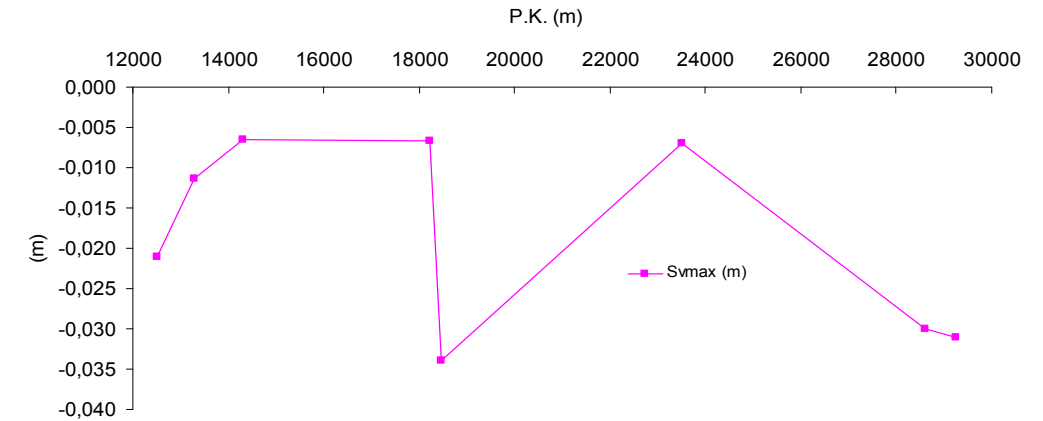


Figura 3.3.c: Estimación de asentamientos máximos obtenidos en los cálculos particularizados.

En lo referente a la distancia media del eje de la excavación al punto de inflexión de las curvas de subsidencias calculado, ésta se encontraría en el entorno de 7,0-8,0 m, tal y como puede comprobarse en la **Figura 3.3.d**:

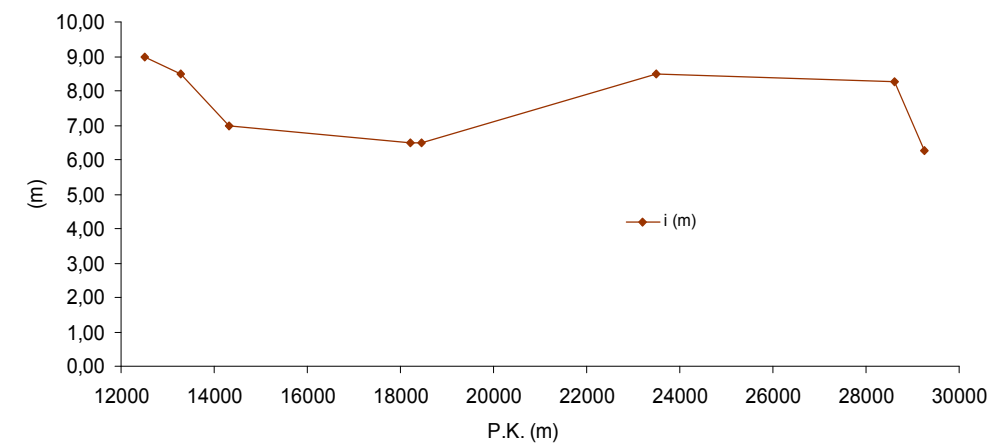


Figura 3.3.d: Estimación de distancias al punto de inflexión obtenidas en los cálculos particularizados.

Los valores más desfavorables obtenidos en cuanto a pérdidas de suelo se corresponden con el cálculo realizado en la zona del P.K. 28+600, habiéndose alcanzado valores de hasta el 0,86%. Los asentamientos máximos en superficie alcanzados serían del orden de los 0,035 m en la zona del P.K. 18+460, aunque también se obtendrían ya valores superiores a los 0,030 m en los cálculos realizados a partir del P.K. 28+600.

En el resto de las zonas de cálculo, los valores de pérdida de suelo estimados estarían comprendidos entre 0,14% y 0,75%, con asentamientos máximos del orden de 0,021 m. Los cálculos realizados en el P.K. 14+320 y el en P.K. 18+220 arrojan resultados de valores de asentamientos prácticamente idénticos, tal y como puede comprobarse de nuevo en la **Tabla 3.3.I**, al realizarse la excavación en litologías similares sobre la clave del túnel y con un nivel freático localizado a la misma profundidad:

Caso	Ho (m)	Svmax (m)	i (m)	Vs (m <sup>3</sup> /m)	VL (%)	η
12+300-12+900	16,00	-0,021	9,0	0,46	0,66	1,42
13+280	13,00	-0,0113	8,5	0,25	0,36	1,78
14+320	13,00	-0,0065	7,0	0,11	0,15	1,46
18+220	15,00	-0,0067	6,5	0,1	0,145	1,12
18+460	13,00	-0,034	6,5	0,52	0,75	1,36
23+500	17,00	-0,007	8,5	0,15	0,21	1,24
28+600	18,00	-0,030	8,25	0,6	0,86	1,12
29+250	13,00	-0,031	6,25	0,45	0,65	1,31

Tabla 3.3.I: Resumen de resultados obtenidos

A la hora de comparar los resultados recogidos en la **Tabla 3.3.I**, han de tenerse en cuenta los múltiples factores diferenciadores entre los cálculos efectuados, tales como el recubrimiento, los espesores y las litologías afectadas, parámetros geomecánicos intervinientes en los cálculos, localización del nivel freático, etc.

Así, por ejemplo, en el cálculo realizado en el P.K. 13+280, el efecto de considerar el nivel freático prácticamente en superficie afectaría a los resultados de los asentamientos obtenidos, con una influencia similar a la que se produciría al haber considerado un nivel freático más superficial (2,0 m bajo la superficie frente a 11,0 m) en los cálculos de estimación inicial de valores de pérdida de suelo, tal y como se puede comprobar en la **Tabla 3.1.I** y en la **Tabla 3.1.II**.

Asimismo, en el cálculo considerado como representativo de la excavación a ejecutar entre el P.K. 12+300 y el P.K. 12+900, se obtienen unos valores bastante más elevados del asiento en superficie y del valor de la pérdida de suelo que en el resto de los cálculos realizados en las zonas intermedias del trazado. Este hecho es probablemente debido a la ubicación del nivel freático en una zona prácticamente superficial y a la presencia de la Unidad Cangahua limo-arcillosa sobre la clave de la excavación, siendo esta Unidad la que posee un valor del módulo de deformación más reducido entre las analizadas, si se exceptúan los rellenos antrópicos.

Los cálculos realizados en el P.K. 28+600 y en el PK 29+250 se han alcanzado valores muy elevados de asentamientos en superficie y en pérdidas de suelo, debido fundamentalmente a que la Unidad Depósitos La Carolina presenta módulos de deformación muy reducidos, tan sólo ligeramente superiores a los de los rellenos presentes en el P.K. 18+460.

La influencia de la profundidad del nivel freático se ve de nuevo reflejada si se comparan los resultados obtenidos en los cálculos de las zonas comprendidas entre el PK 12+500 y el P.K. 12+900 y el cálculo representativo del P.K. 23+500. Como se puede observar, para dos cálculos a profundidades prácticamente similares y con el mismo tipo de terreno sobre la clave del túnel, la Unidad Cangahua limo-arcillosa (Cl), se obtienen valores bastante superiores de asentamientos y de valores de pérdidas de suelo considerando un nivel freático a una profundidad de 2,0 m en lugar de considerar la profundidad del mismo a 15,0 m.

Considerando los cálculos realizados a lo largo del trazado, se ha realizado un análisis de la variación del valor de la pérdida de suelo en función de la profundidad del centro de la excavación. Los resultados se incluyen en el gráfico de la **Figura 3.3.e**.

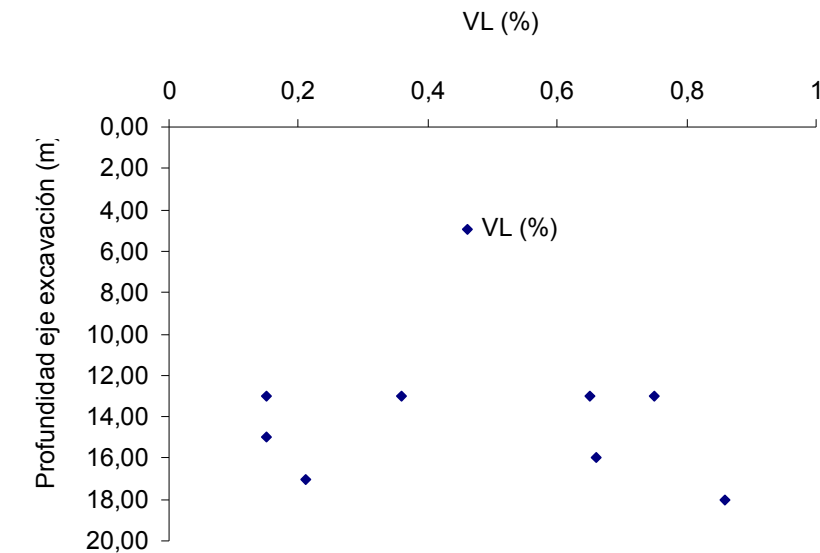


Figura 3.3.e: Valores obtenidos de pérdida de suelo frente a profundidades de excavación

Tras considerar los resultados obtenidos en los cálculos particularizados en función del P.K. de cálculo, se considera conveniente adoptar valores máximos del orden de 0,6%-0,75% para la pérdida de suelo a efectos de cálculos analíticos.

Si se realiza un análisis similar considerando los valores obtenidos para el valor del parámetro de ajuste de la fórmula de Sagaseta y Oteo (1974, 1996), se obtendrían según el gráfico de la **Figura 3.3.f**, que los valores promedio se encontrarían en un entorno de 1,20-1,40 a las profundidades de excavación consideradas en los cálculos.

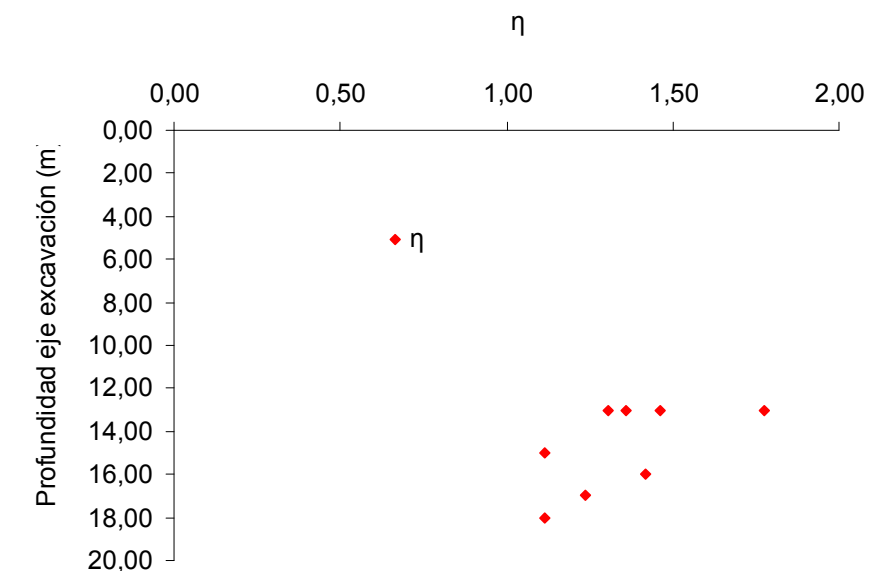
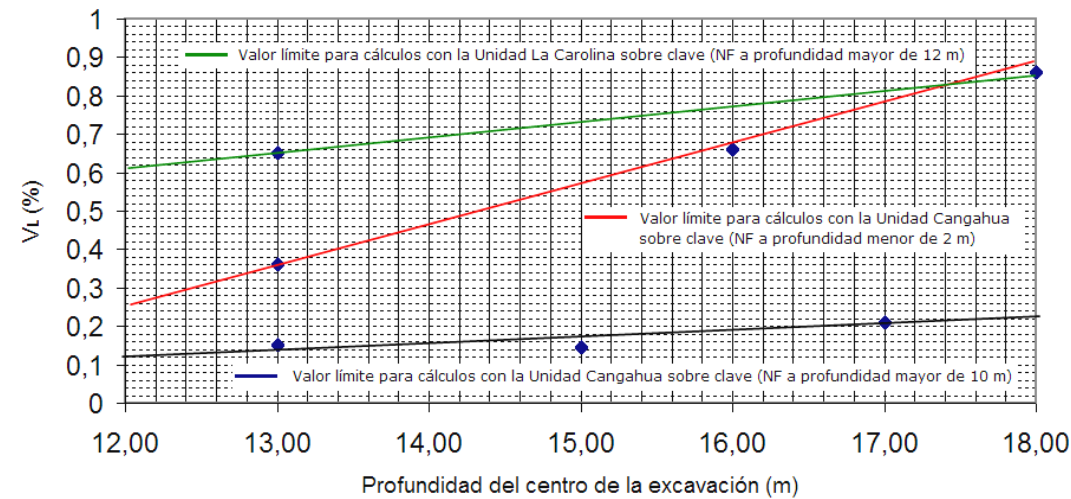


Figura 3.3.f: Valores obtenidos del parámetro de ajuste frente a profundidades de excavación

Se podría plantear un gráfico que permitiese obtener, sólo de forma general y orientativa, valores límite de la pérdida de suelo según los resultados obtenidos en los cálculos. El citado gráfico vendría representado en la **Figura 3.3.g**:



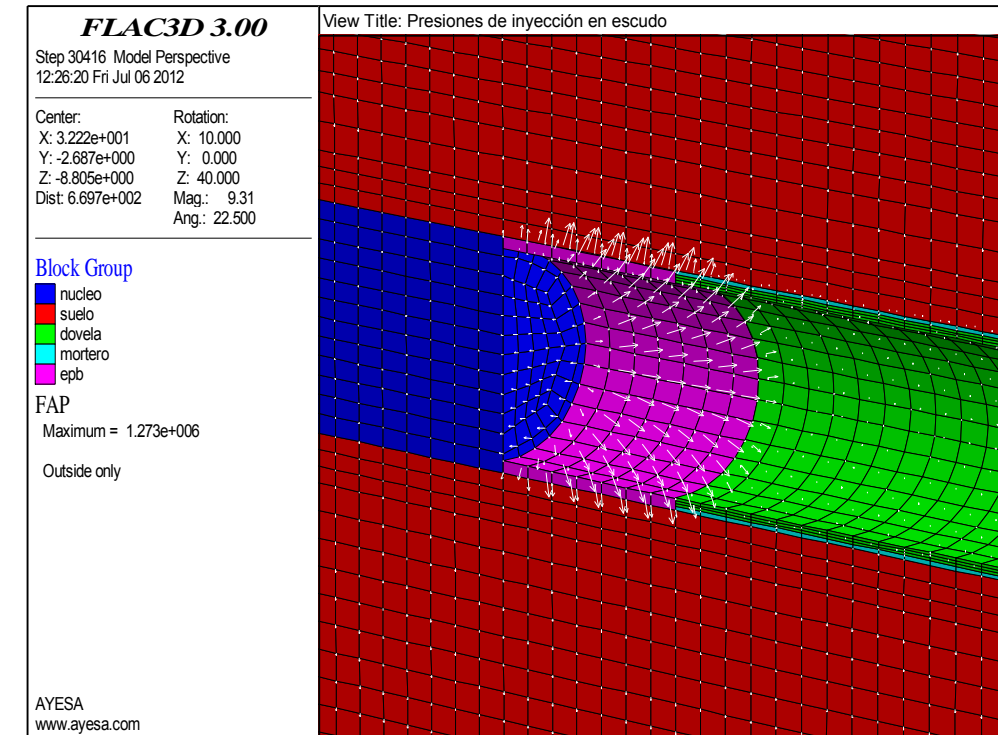
**Figura 3.3.g:** Gráfico de estimación inicial de pérdidas de suelo

En este gráfico se proporcionarían los valores límite para la pérdida de suelo en función de la profundidad del centro de la excavación y de los materiales sobre la clave del túnel, distinguiéndose entre los pertenecientes a la Unidad Cangahua y los correspondientes a la Unidad La Carolina.

El gráfico muestra la influencia de la altura del nivel freático sobre los valores de la pérdida de suelo obtenidos en los cálculos, dado que, tal y como se puede comprobar, cuando los materiales sobre la clave del túnel pertenecen a la Unidad Cangahua y el nivel freático se encuentra a profundidades iguales o superiores a 10 m, apenas se nota influencia en la variación en el valor de la pérdida de suelo a medida que la excavación es más profunda.

Tal y como se ha indicado en el **Apartado 2.6**, en los cálculos iniciales se ha desestimado la consideración de inyecciones a través de la coraza del escudo, debido a las restricciones que impondría a la hora de emplear ciertas TBM.

No obstante, a la vista de los resultados obtenidos en los cálculos anteriormente comentados, se decidió analizar una serie de secciones críticas a lo largo del trazado de cara a evaluar el efecto que este tipo de tratamiento tendría. Esta presión de inyección se ha modelizado tal y como se muestra en la **Figura 3.3.h**.



**Figura 3.3.h:** Modelización de las inyecciones de coraza en los cálculos efectuados.

En la **Tabla 3.3.II**, en la **Figura 3.3.i** y en la **Figura 3.3.j** se incluyen los resultados obtenidos tras la simulación del efecto que produciría el adoptar presiones de inyección en coraza de 100 kPa y de 150 kPa.

Caso	H <sub>0</sub> (m)	Sv <sub>max</sub> (m) Caso normal	VL (%) Caso normal	Sv <sub>max</sub> (m) Presión 100 kPa	VL (%) Presión 100 kPa	Sv <sub>max</sub> (m) Presión 150 kPa	VL (%) Presión 150 kPa
12+300-12+900	16,00	-0,021	0,66	-0,004	0,15	-0,002	0,06
13+280	13,00	-0,0113	0,36	-0,002	0,06	-0,001	0,02
18+460	13,00	-0,034	0,75	-0,006	0,14	-0,0005	0,06
28+600	18,00	-0,030	0,86	-0,008	0,22	-0,004	0,10

**Tabla 3.3.II:** Resumen de resultados obtenidos

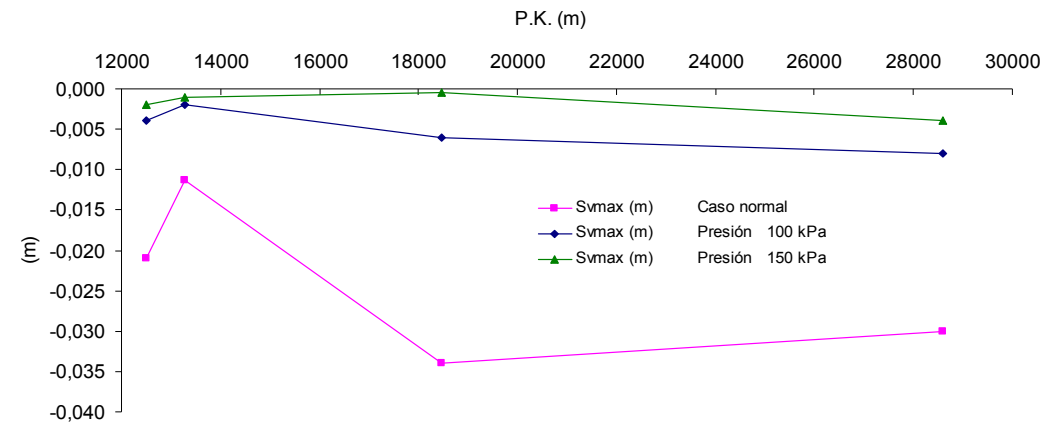


Figura 3.3.i: Asientos en superficie para varios cálculos a lo largo del trazado en función del valor de la presión de inyección en coraza del escudo

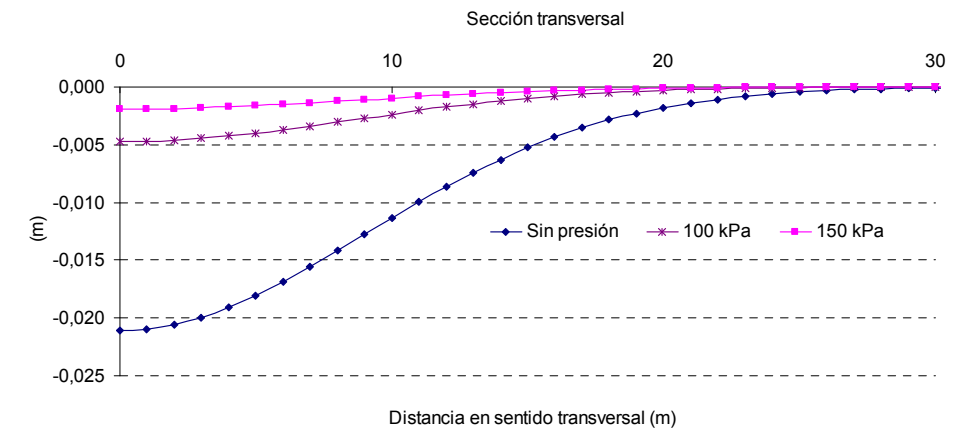


Figura 3.3.j: Asientos en superficie según eje transversal en función del valor de la presión de inyección en coraza del escudo (Cálculo representativo P.K.12+300-P.K.12+900)

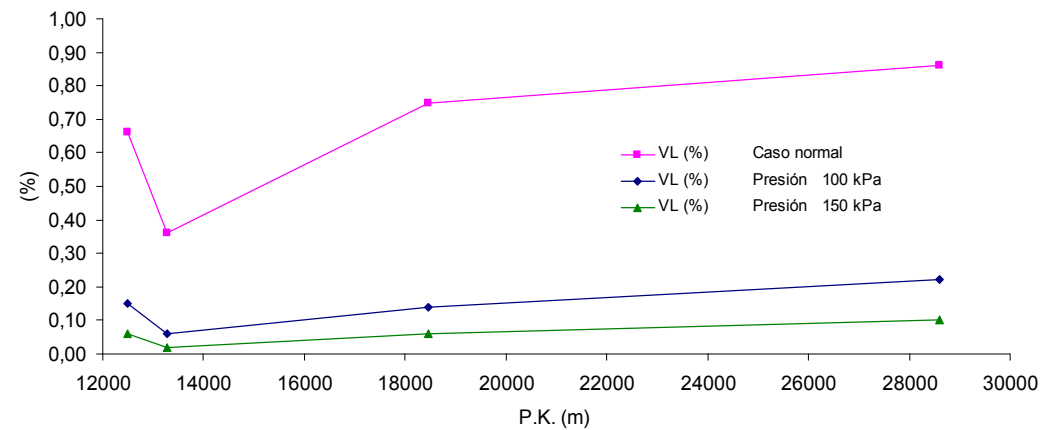


Figura 3.3.j: Pérdidas de suelo para varios cálculos a lo largo del trazado en función del valor de la presión de inyección en coraza del escudo

No obstante, convendría tener en cuenta que **en el modelo se considera que las presiones de inyección se mantendrían constantes durante todo el tiempo de cálculo**, mientras que en una gran cantidad de casos reales se producirían disipaciones de las mismas a través de los terrenos circundantes a la excavación (Rodríguez Ortiz, 2007).

Bowers y Moss (2006) indican un efecto positivo de las inyecciones de bentonita alrededor del escudo, con reducciones obtenidas en casos reales del orden de 0,25% para las pérdidas de suelo en túneles excavados en arcillas de Londres con EPB de 8,15 m de diámetro. Por su parte, Gatti y Cassani (2007) indican que el efecto de las inyecciones en coraza en el Túnel de Castellanza permitió reducir los asentamientos en superficie desde 35-40 mm a 10-15 mm en determinadas zonas del trazado.

La aplicación de presiones de inyección en el escudo parece que podría contribuir a reducir los valores de pérdidas de suelo y de asentamientos en superficie de forma significativa, aunque **en ningún caso se considera adecuado adoptar reducciones en valor tan elevadas como las obtenidas debido al citado efecto a partir de los cálculos realizados.**

Una vez que se han comprobado los resultados obtenidos en los cálculos, se observa que si se considera el efecto sobre el modelo de la aplicación de inyecciones alrededor del escudo se produciría una notable disminución de los valores de las pérdidas de suelo y de los asentamientos en superficie obtenidos, con reducciones en sus valores del orden del 80% respecto a los cálculos iniciales sin aplicación de presión. En la **Figura 3.3.j** se muestra la citada reducción producida en el valor de los asentamientos superficiales para el modelo de cálculo representativo entre el P.K. 12+300 y el P.K. 12+900.



#### 4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anagnostou, G. (1995), *The influence of tunnel excavation on the hydraulic head*, International Journal for Numerical and Analytical methods in Geomechanics, Vol. 19, pp. 725-746.
- Bowers, K. H y Moss, N. A. (2006), *Settlement due to tunnelling on the CTRL London Tunnels*, Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground, Taylor & Francis, Amsterdam, pp. 203-209.
- Broere, W. (2001), *Tunnel Face Stability and New CPT Applications*, Ph. D. Thesis, Technical University of Delft.
- Chang, Y. y Stille, H. (1993), *Influence of early-age properties of shotcrete on tunnel construction sequences*, Shotcrete for Underground Support VI, pp. 110-117.
- Díez Rubio, F. (2010), *Nuevo Modelo Madrid para la estimación de asentamientos producidos en túneles con tuneladoras EPB de gran diámetro*, Tesis Doctoral, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Madrid.
- Gatti, M. C. y Cassani, G. (2007), *Ground loss control in EPB TBM tunnel excavation*, Underground Space-the 4th Dimension of Metropolises, Taylor & Francis, Londres.
- Medina, L. (2008), *Modelización de la excavación de túneles mediante EPB: diferencias finitas y elementos discretos*, Aula Paymacotas de Ingeniería de Túneles, Jornada Técnica: Túneles con EPB, simulación y control de la tuneladora, Barcelona.
- MINTRA (2007), *El Plan de Ampliación de Metro de Madrid 2003-2007: Tuneladoras, Auscultación e Instrumentación*, Comunidad de Madrid, Consejería de Transportes e Infraestructuras.
- Rodríguez Ortiz, J. M. (2007), *Ground deformations associated with urban tunnels*, Proceedings of the 14th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Madrid.



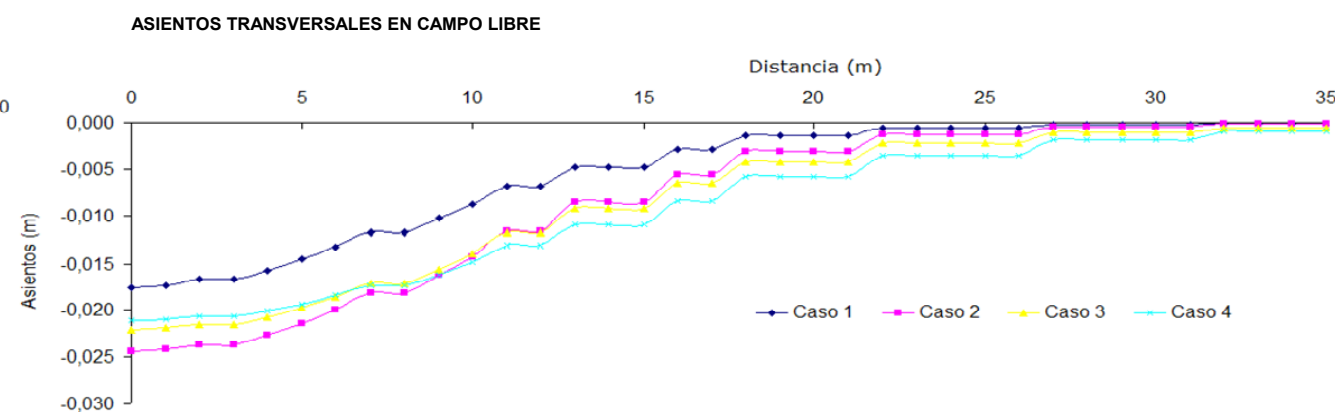
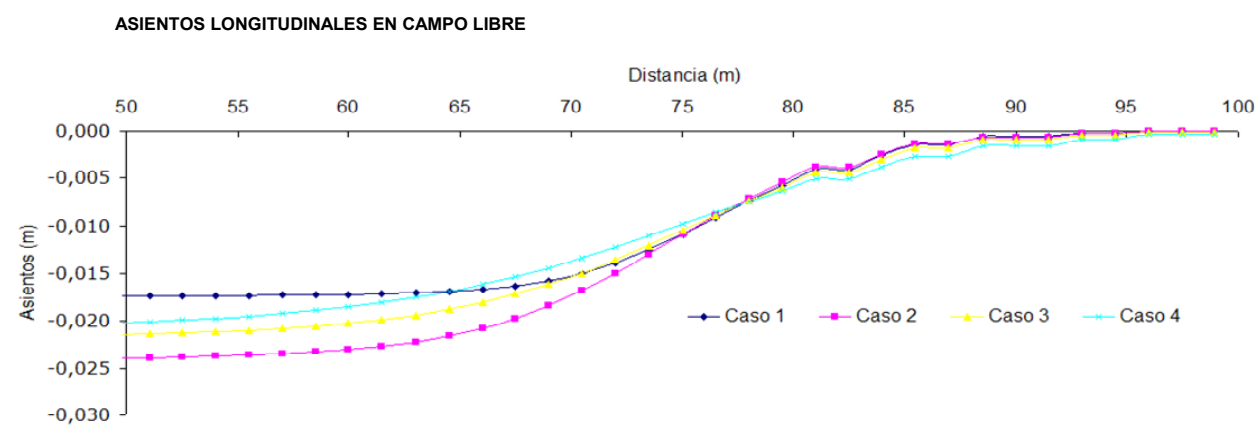
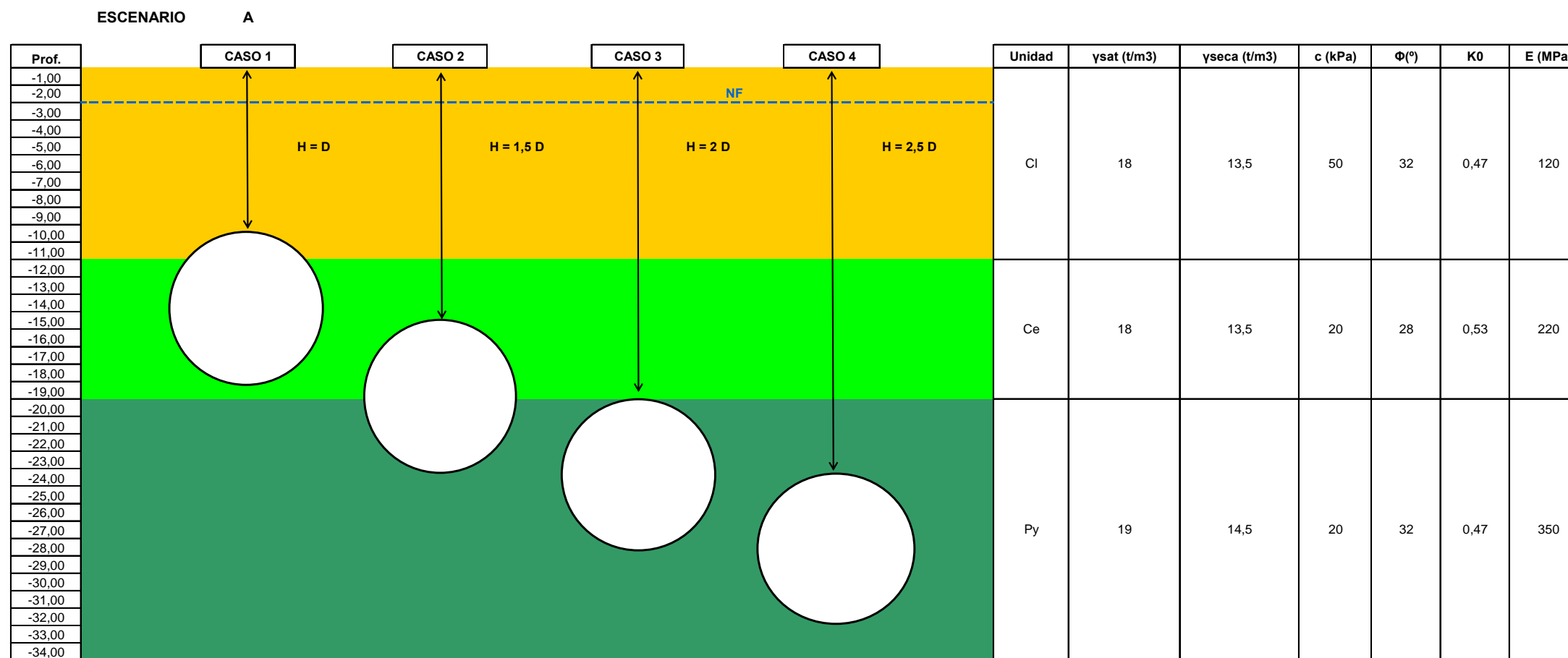
**APÉNDICES**





**ESTIMACIÓN DE VALORES DE PÉRDIDA DE SUELO**

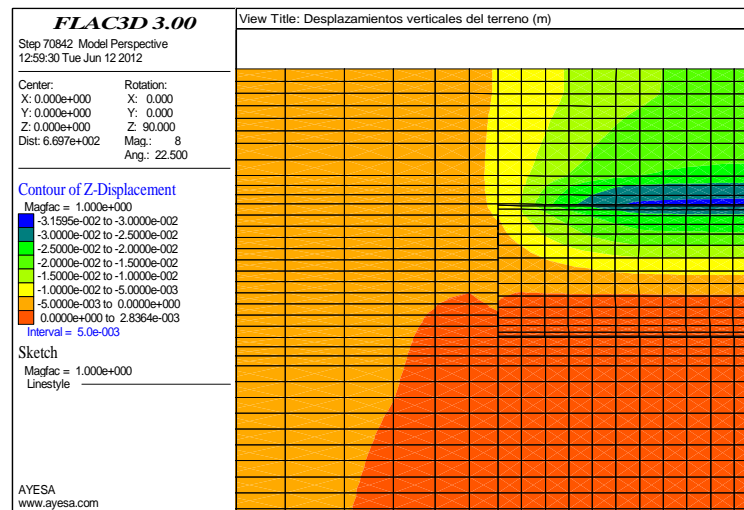
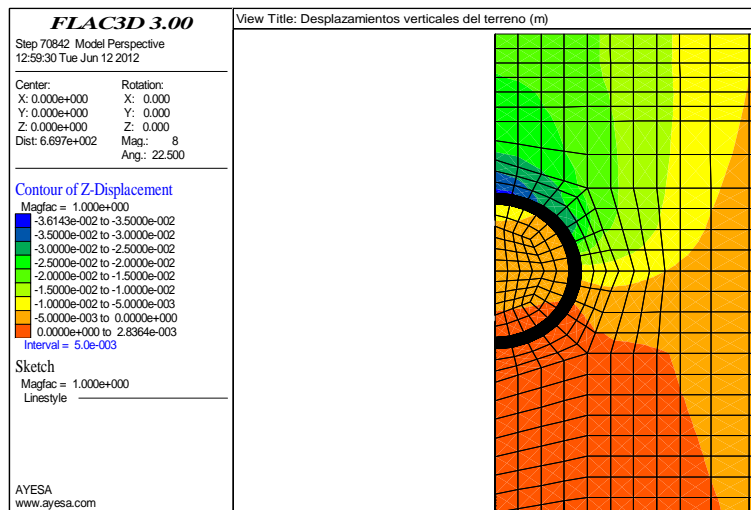
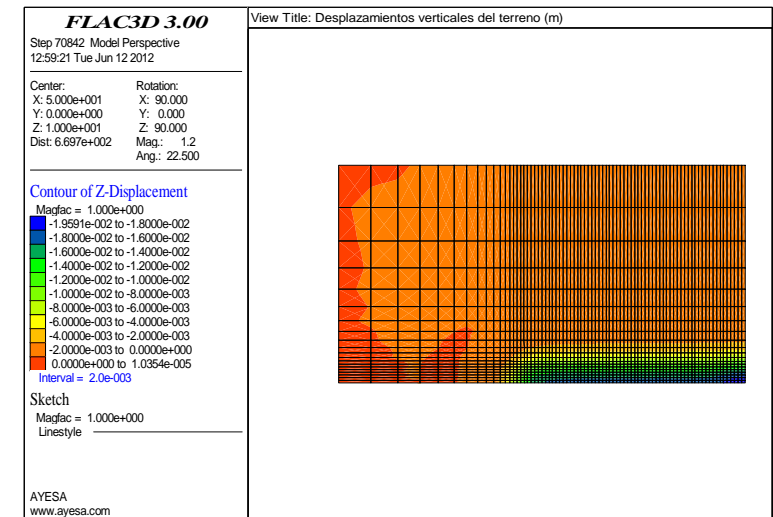
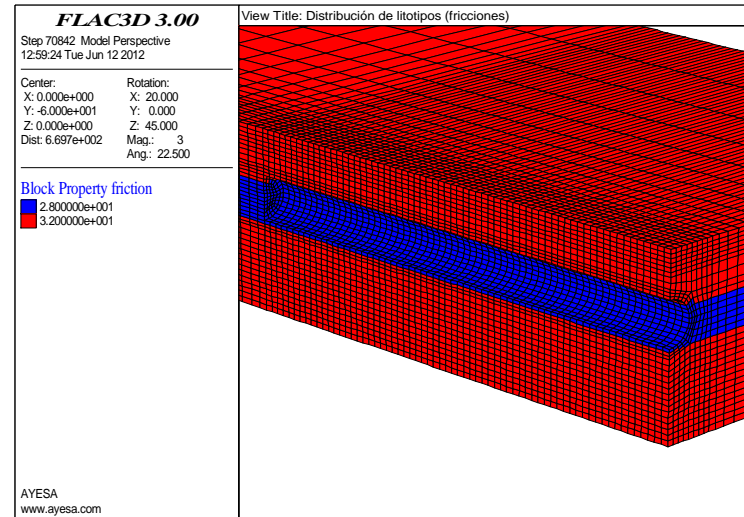
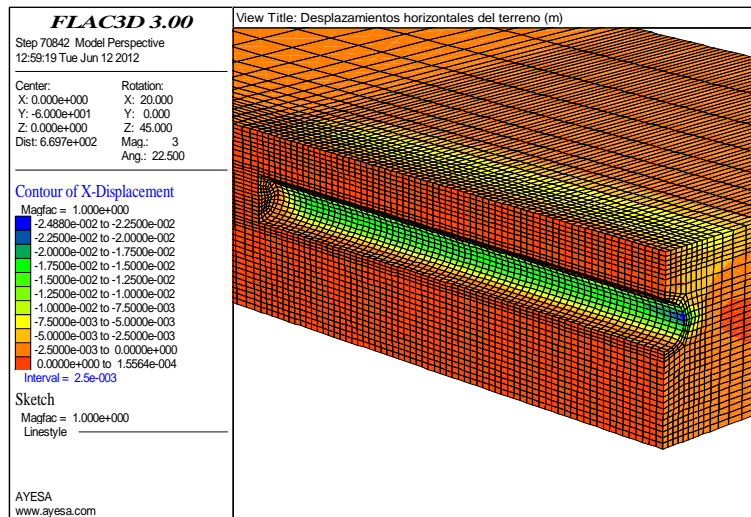
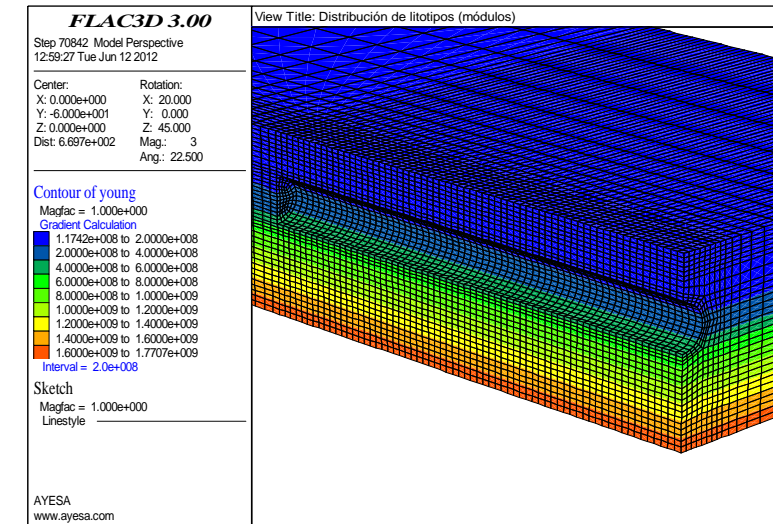
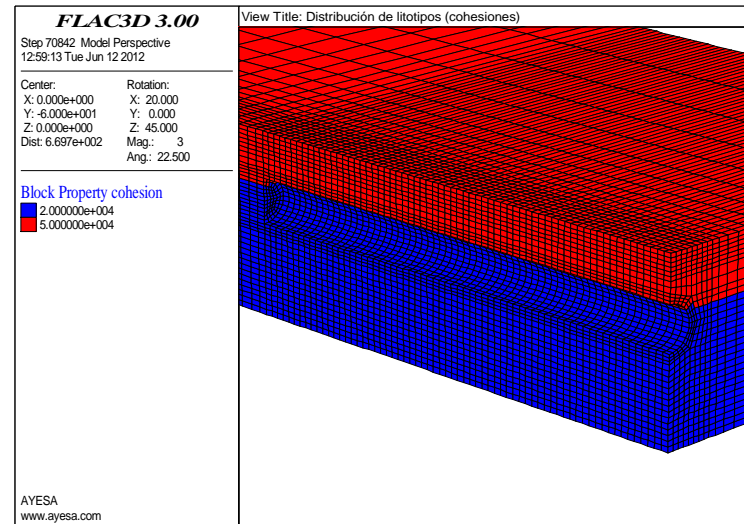
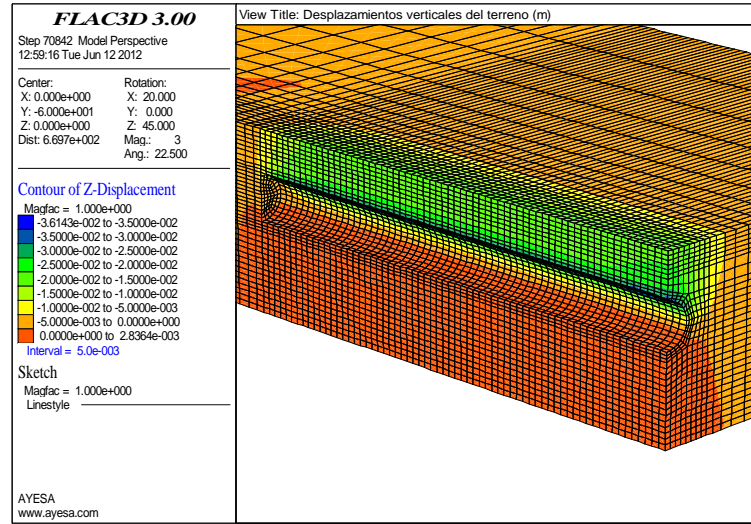




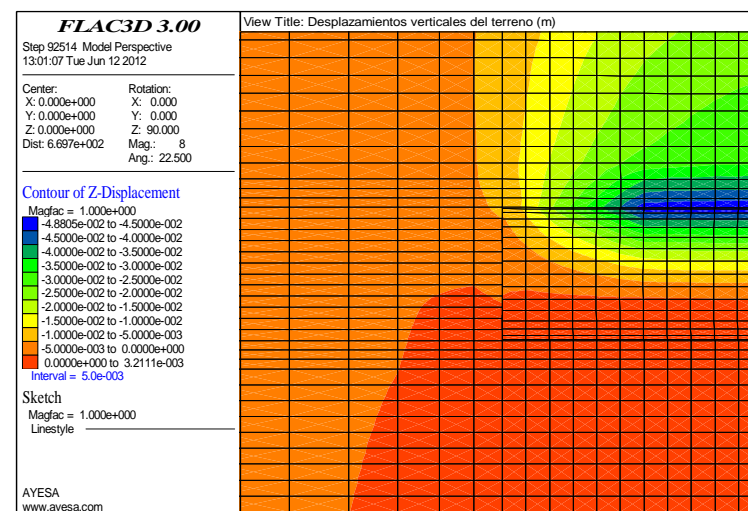
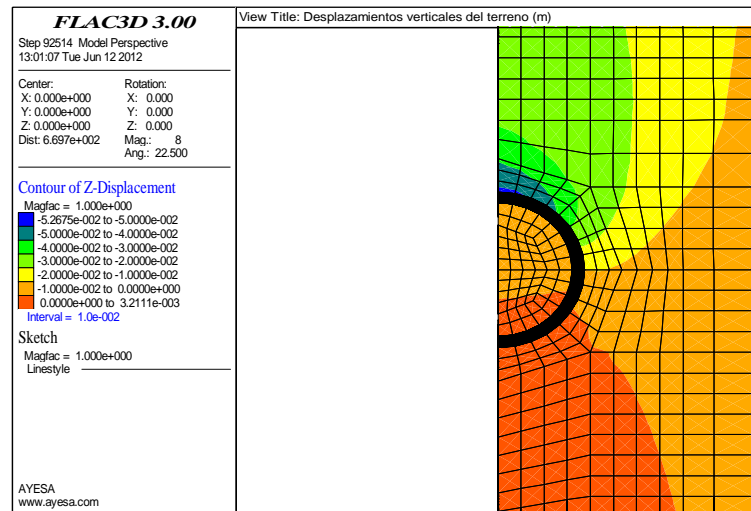
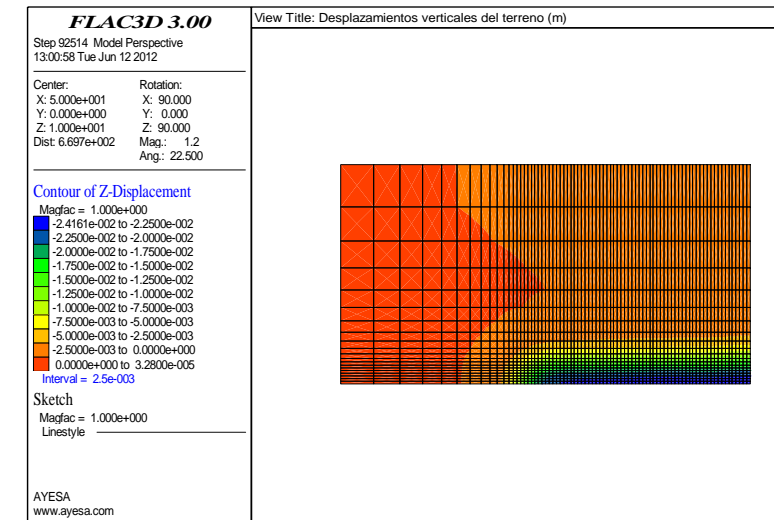
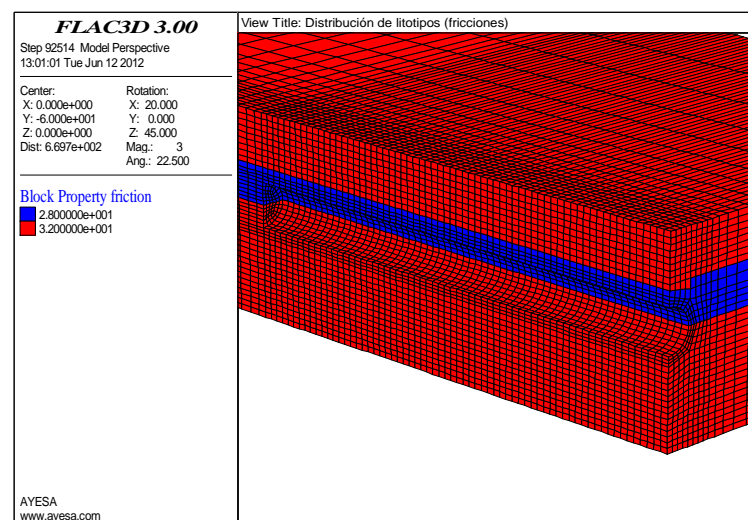
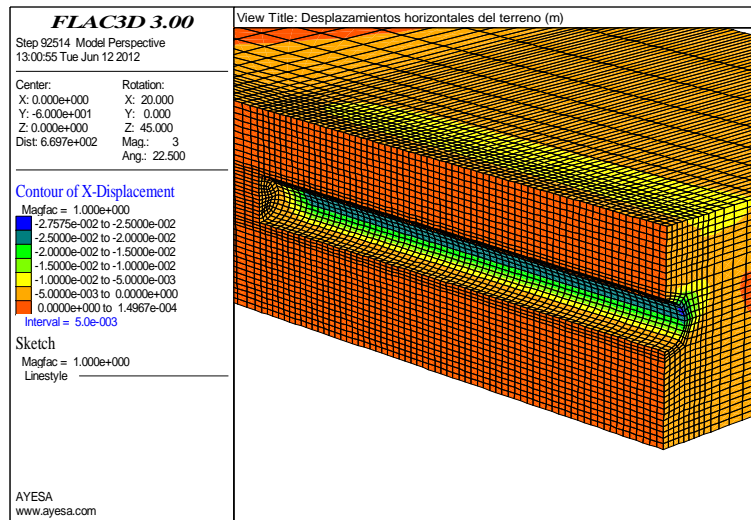
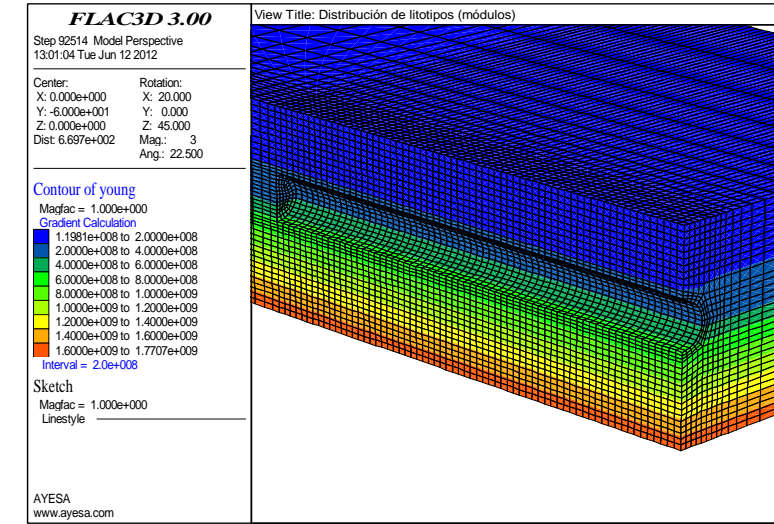
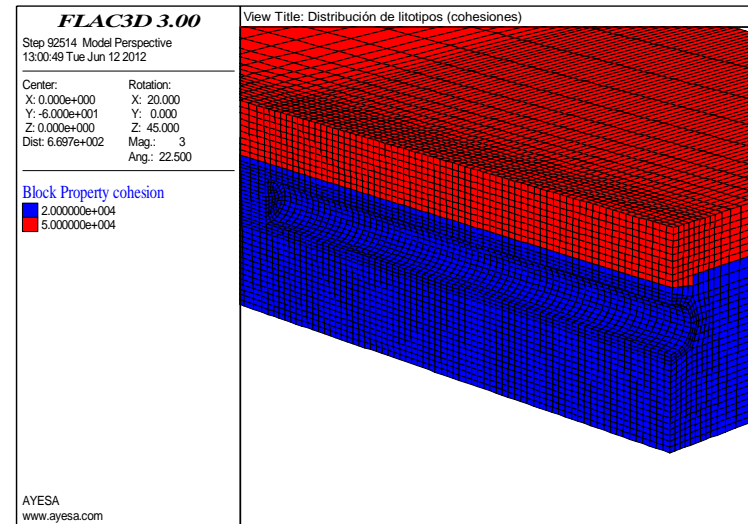
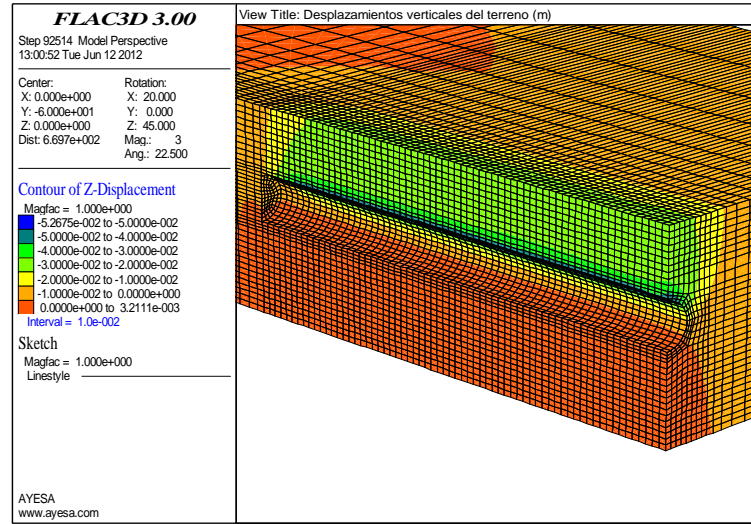
RESUMEN DE RESULTADOS

CASO	H (m)	H <sub>0</sub> (m)	P(kPa)*	S <sub>Vmax</sub> (m)	i (m)	V <sub>s</sub> (m <sup>3</sup> /m)	V <sub>L</sub> (%)	$\eta$
1	D	14,25	75	-0,01751	8,5	0,4	0,56	1,56
2	1,5D	19,00	120	-0,02441	9,5	0,6	0,87	1,20
3	2D	23,75	170	-0,02208	10,5	0,6	0,87	1,01
4	2,5D	28,20	170	-0,02106	12	0,65	0,95	0,95

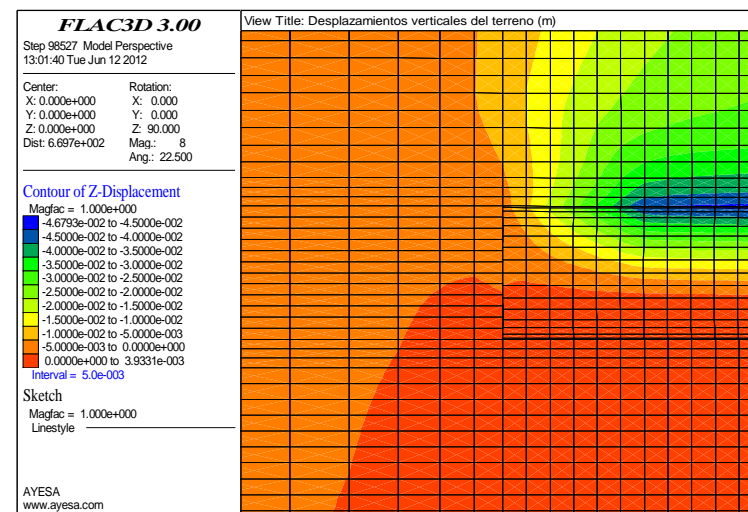
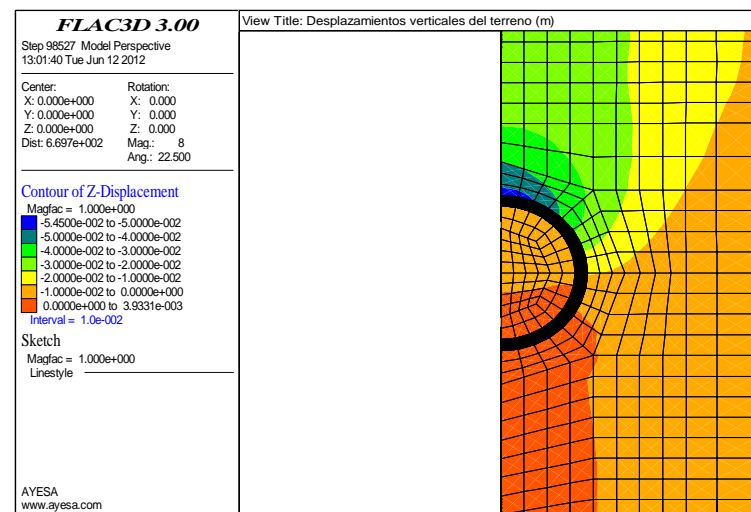
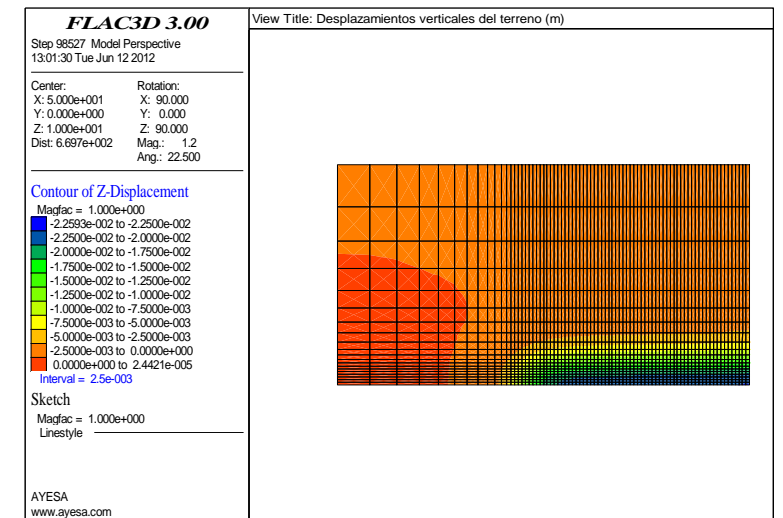
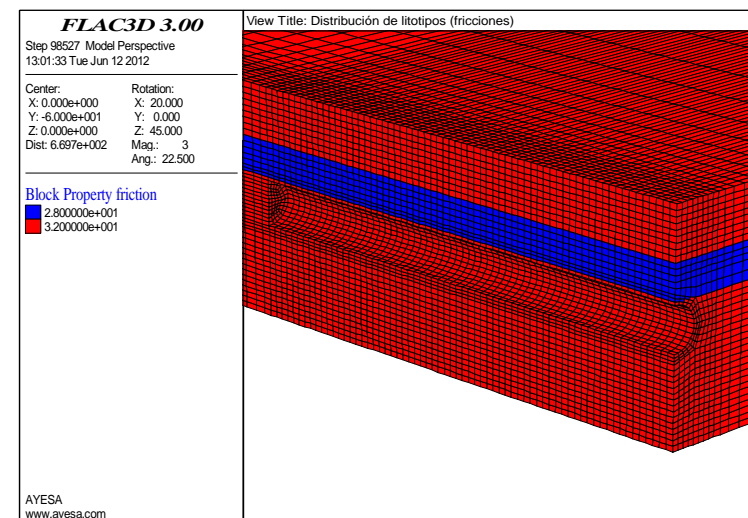
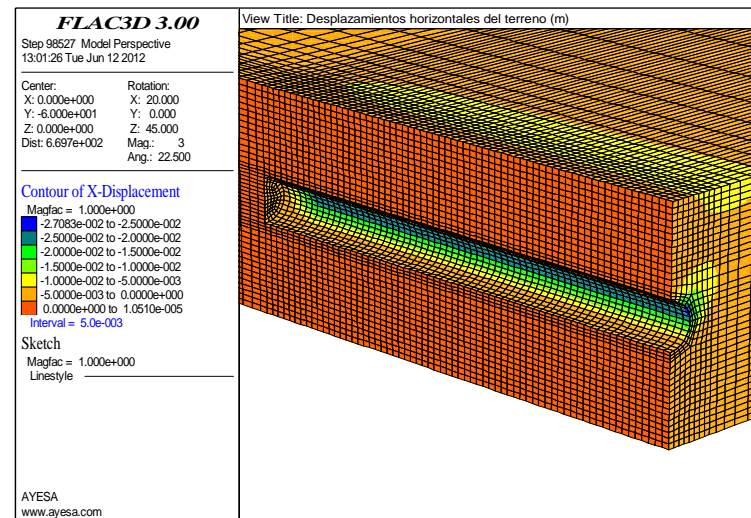
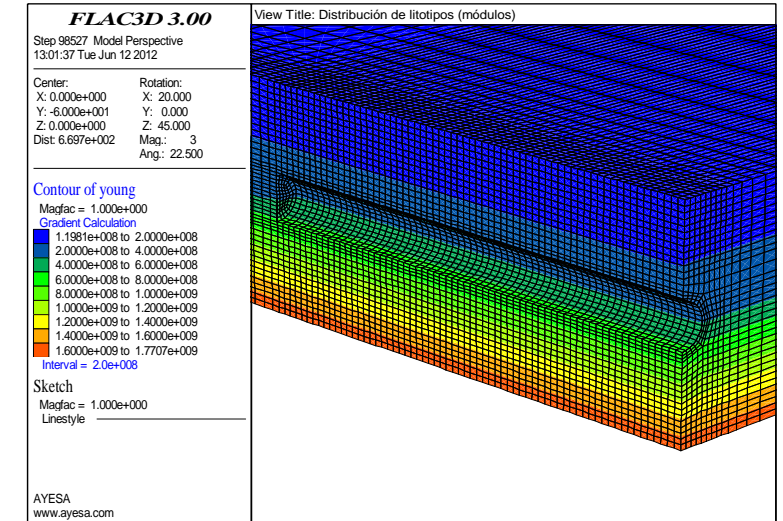
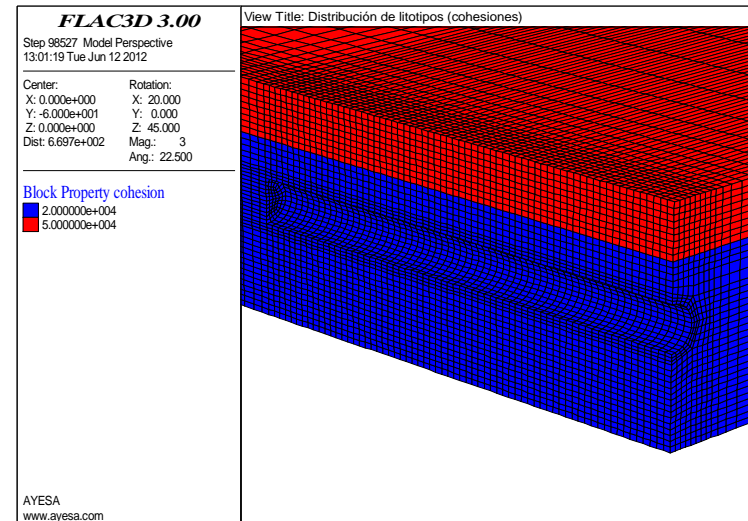
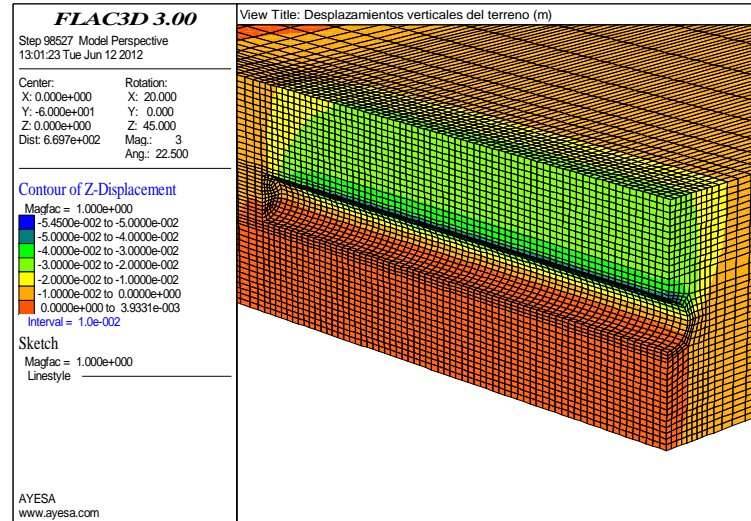
\* En clave



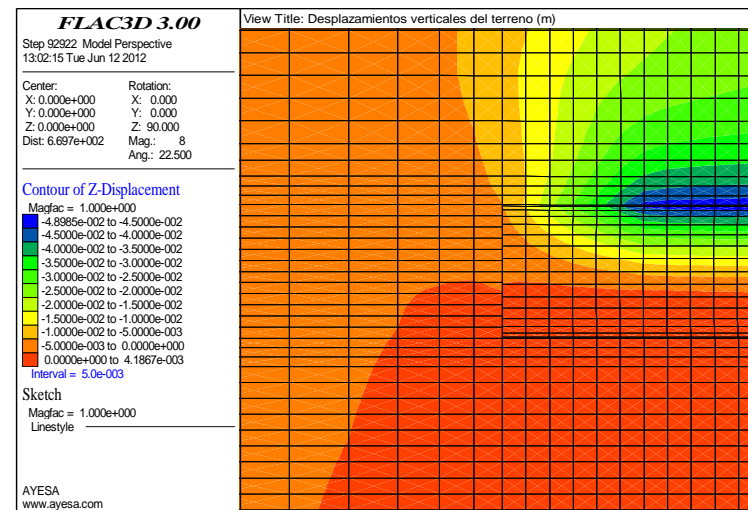
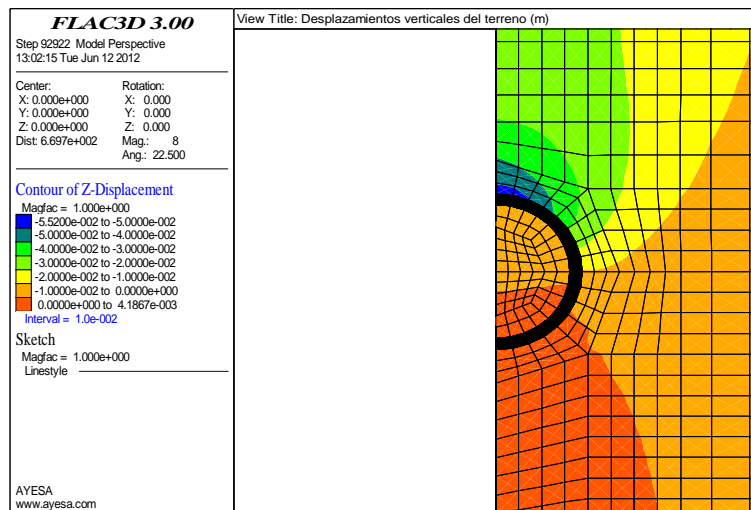
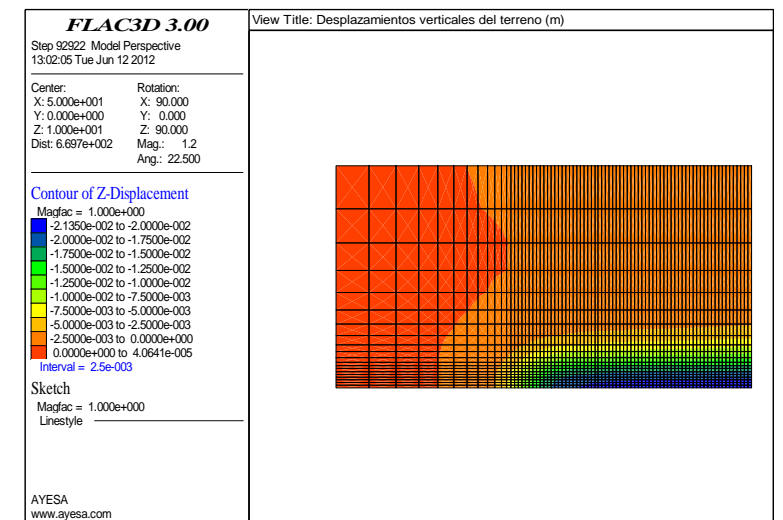
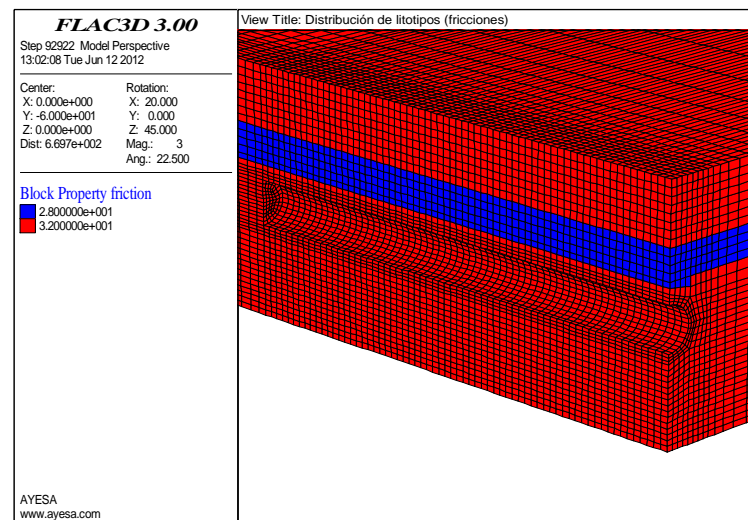
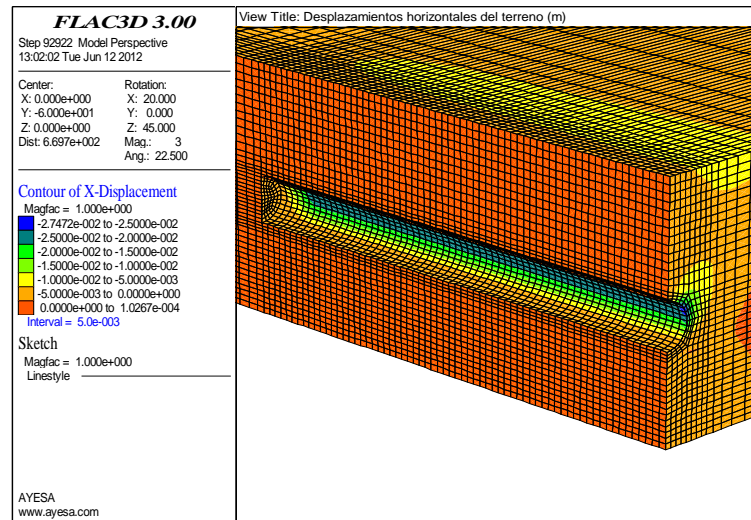
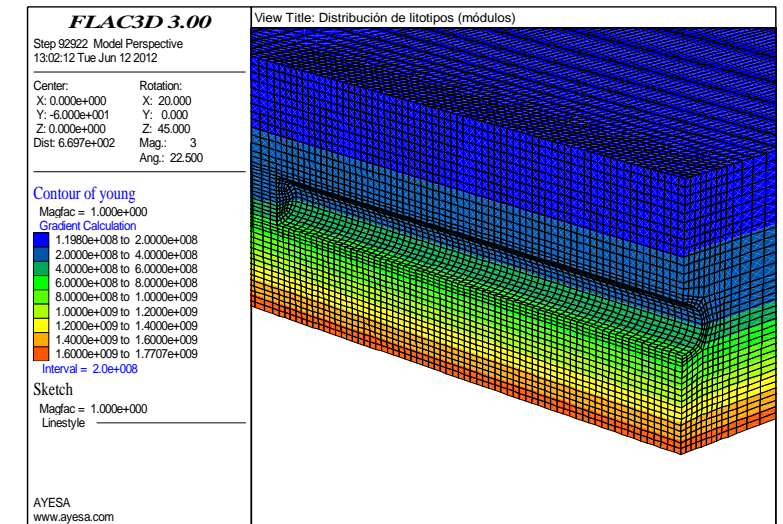
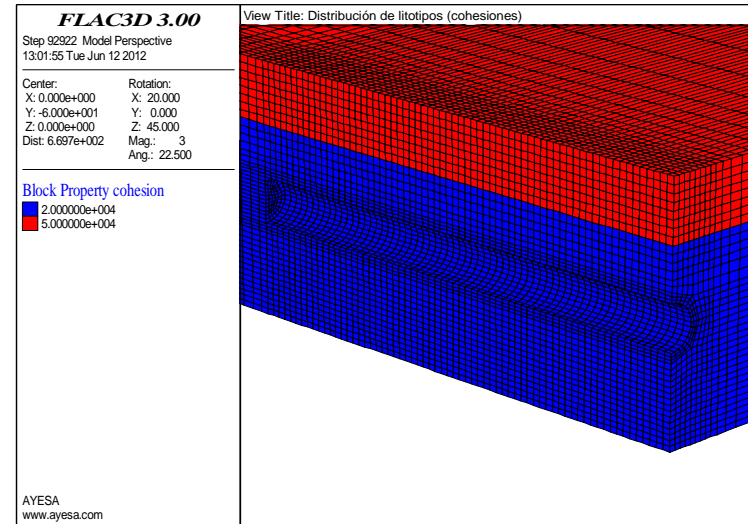
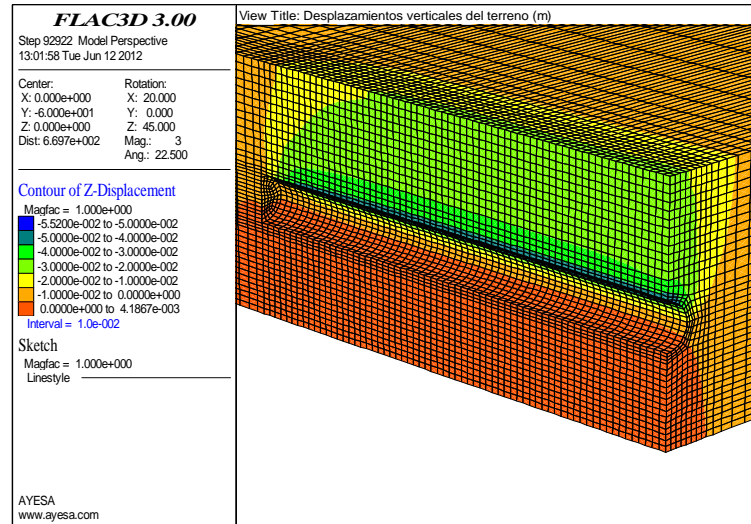
CASO 1A



CASO 2A

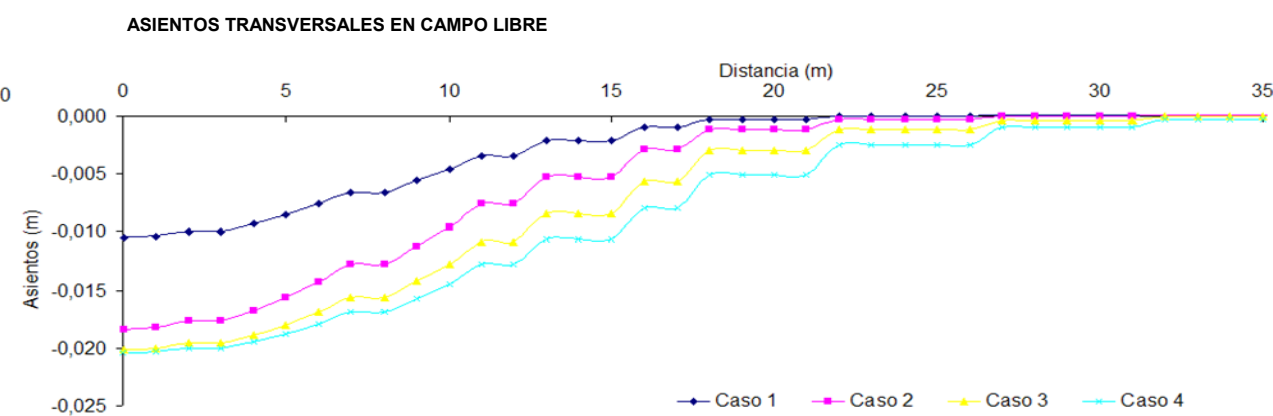
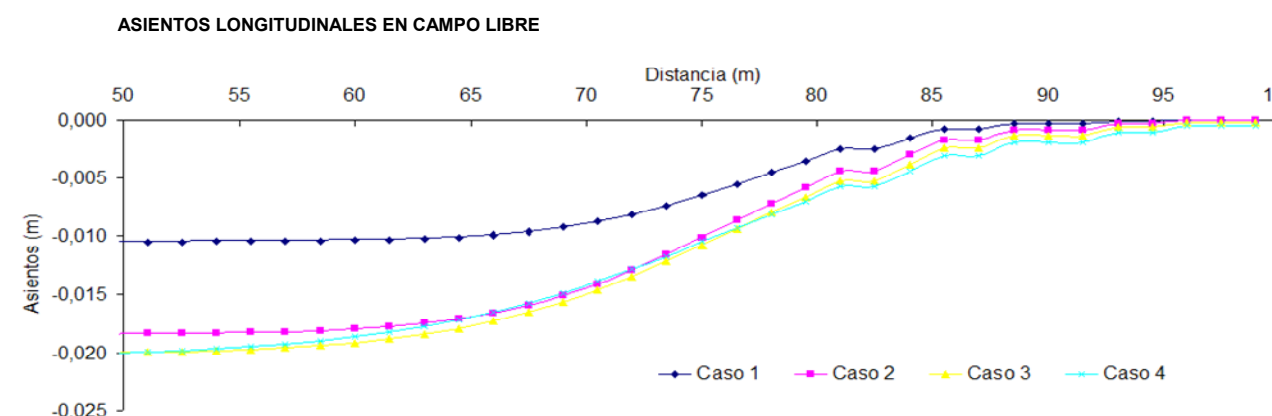
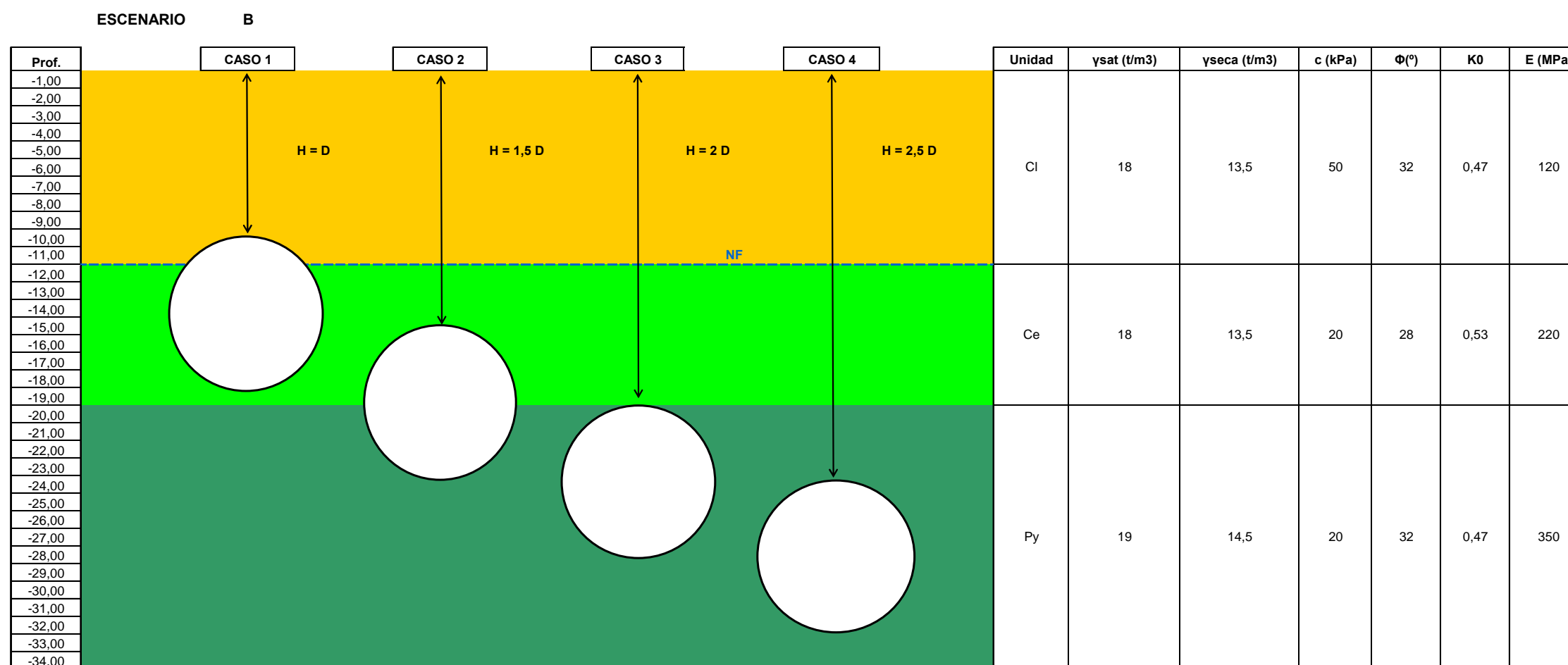


CASO 3A



CASO 4A

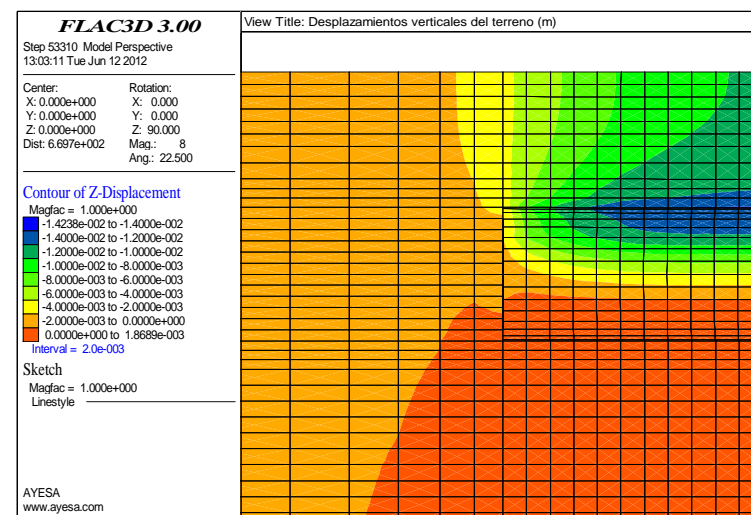
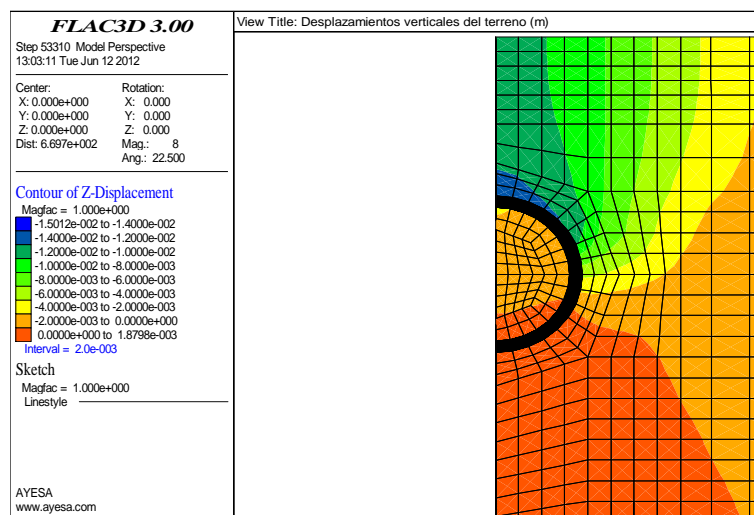
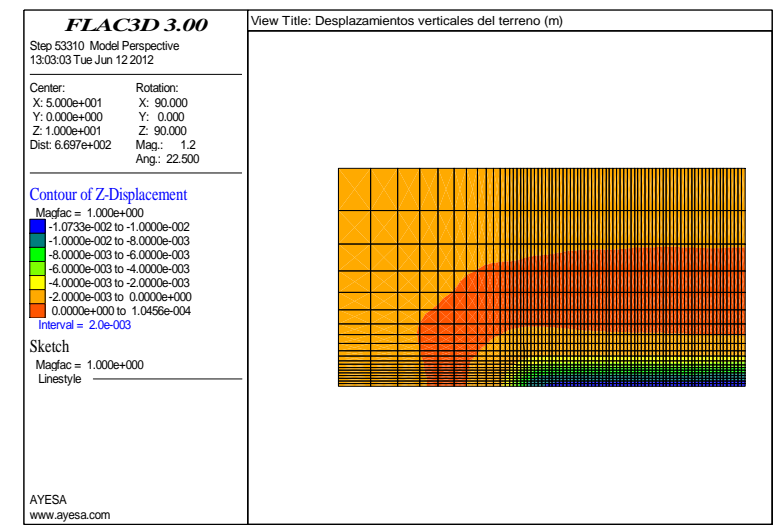
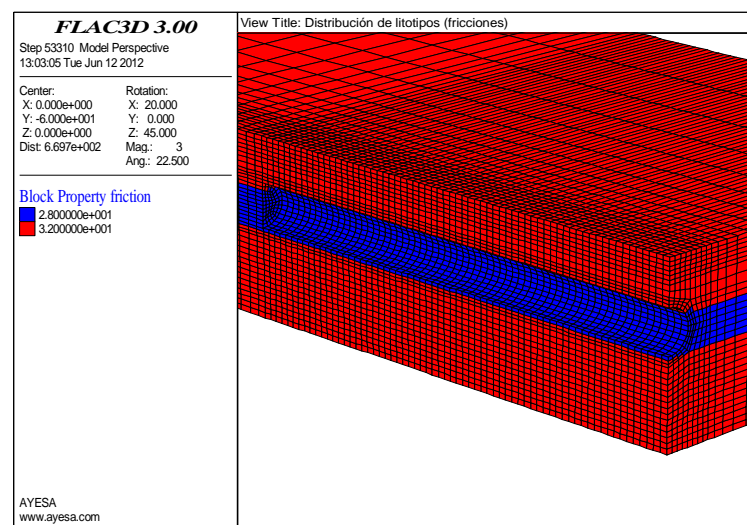
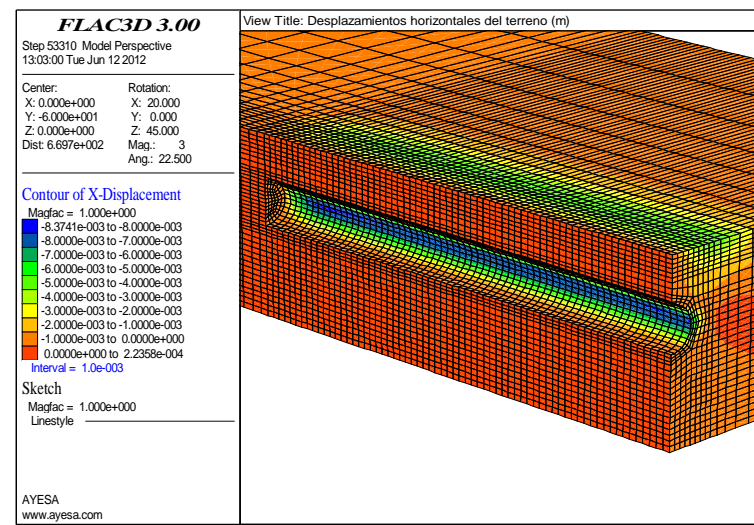
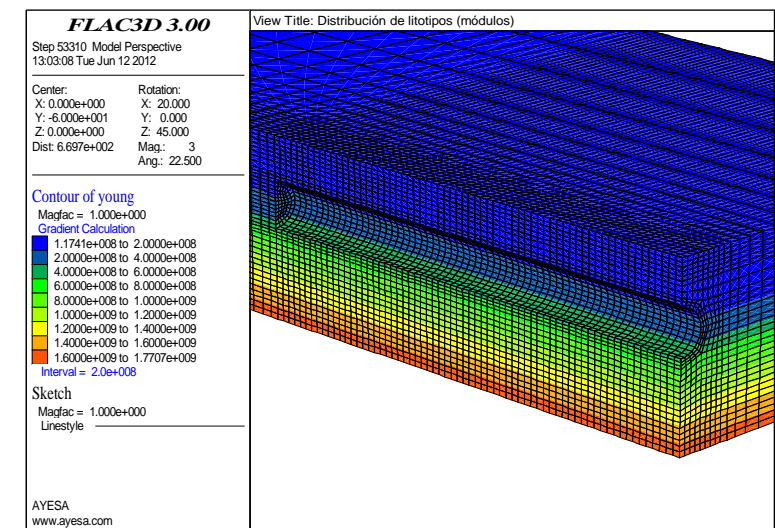
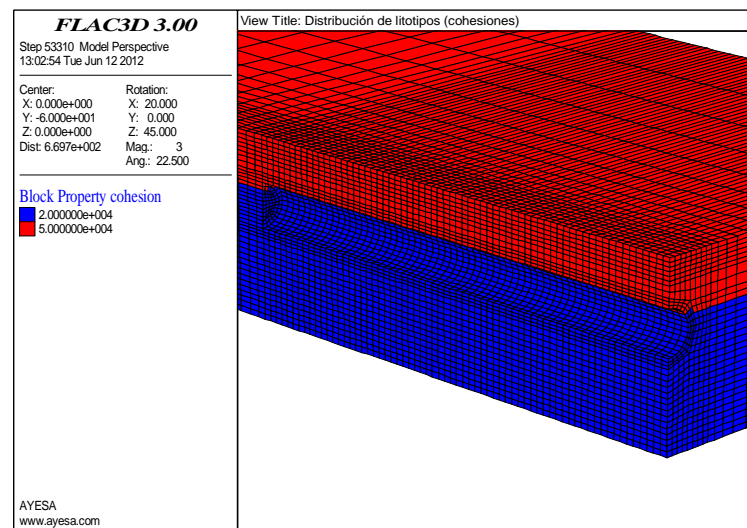
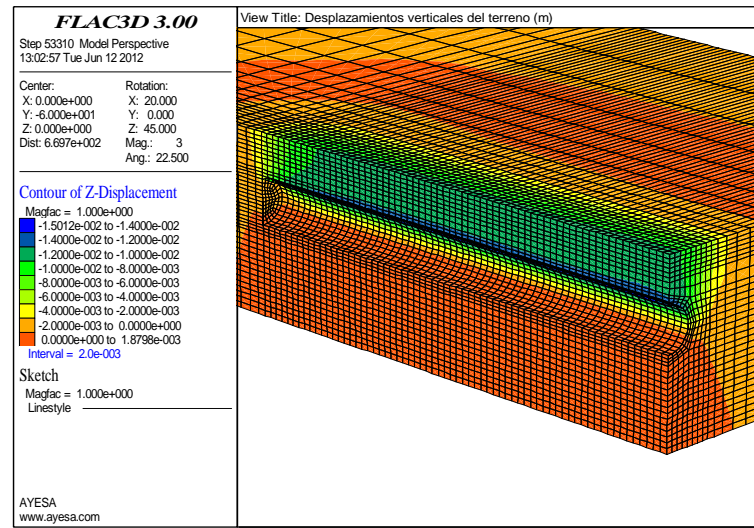




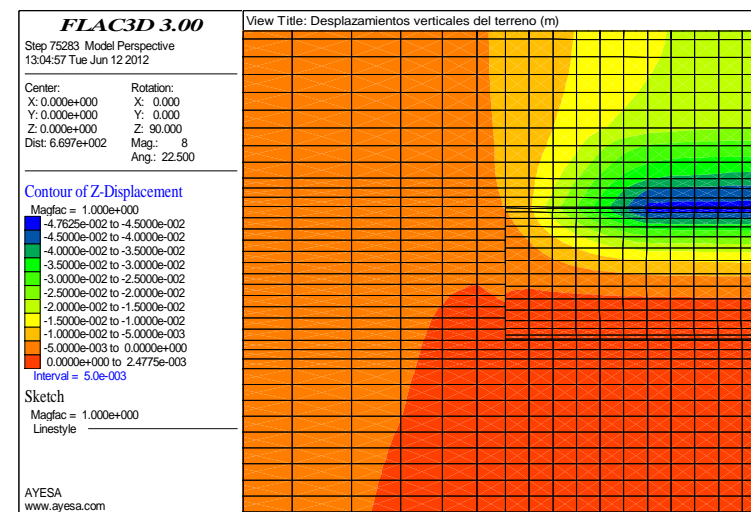
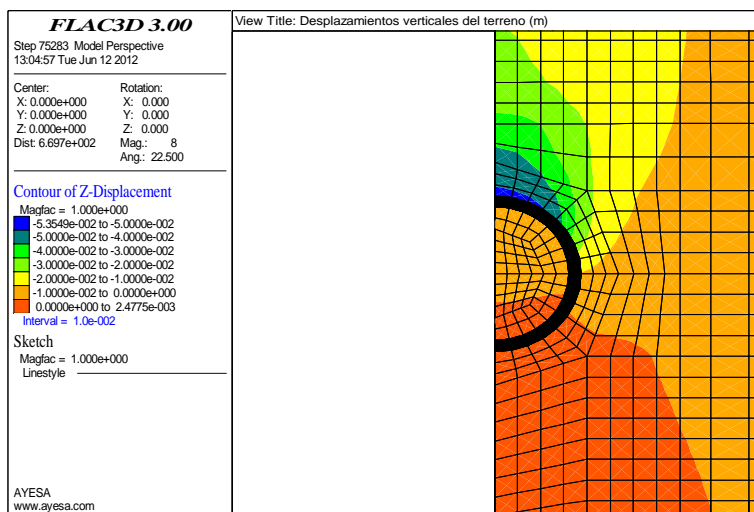
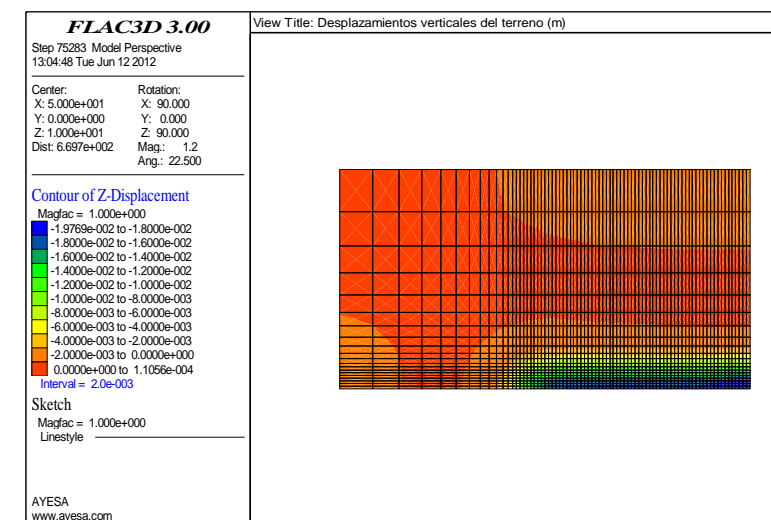
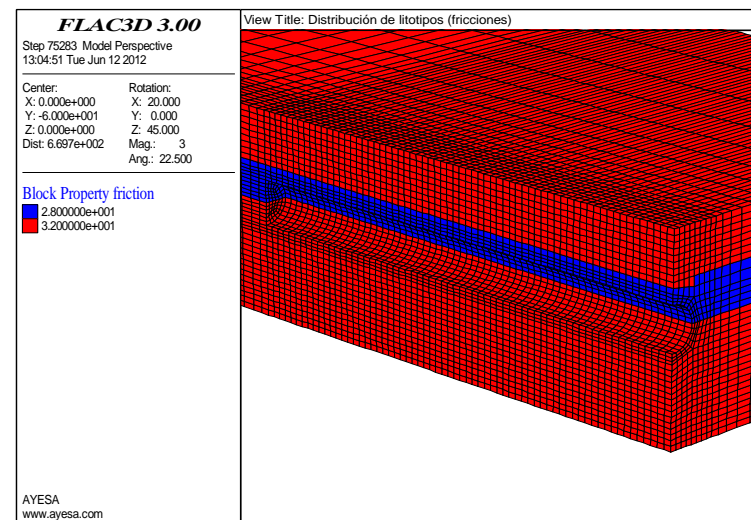
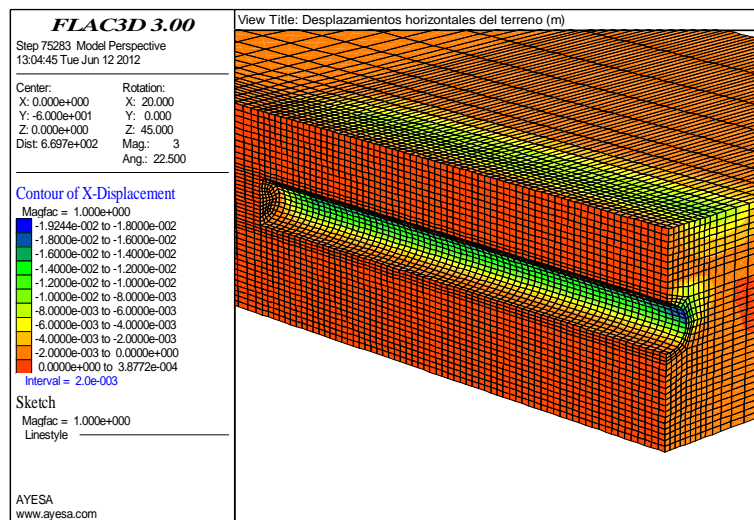
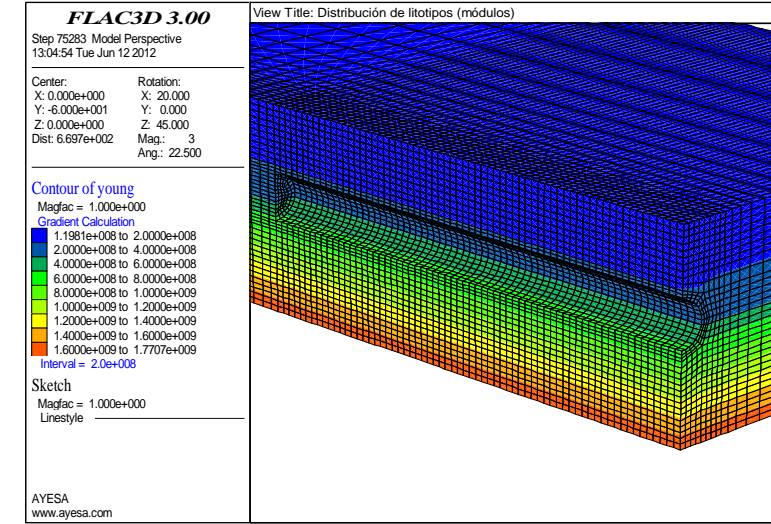
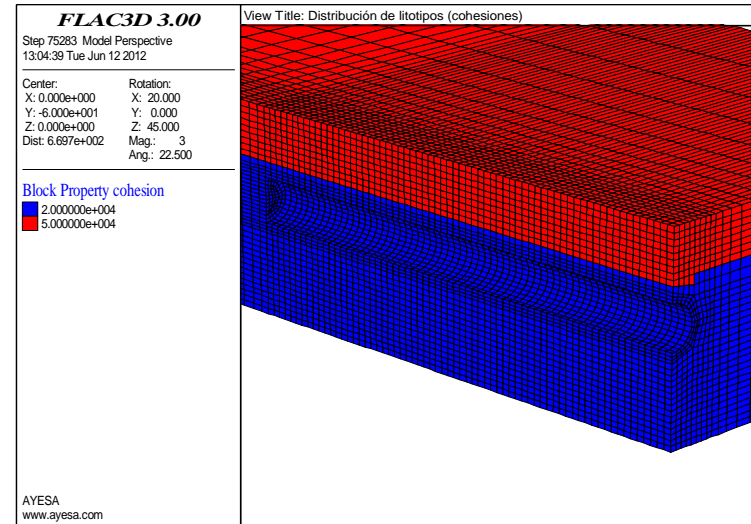
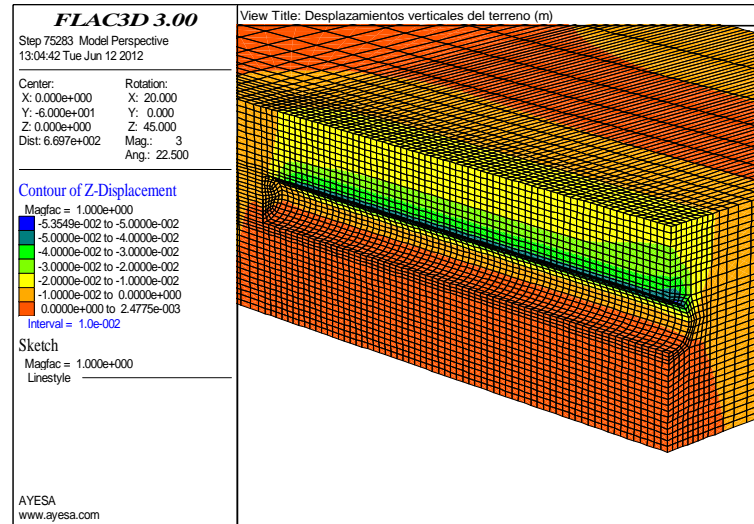
**RESUMEN DE RESULTADOS**

CASO	H (m)	H <sub>0</sub> (m)	P(kPa)*	S <sub>vmax</sub> (m)	i (m)	V <sub>s</sub> (m <sup>3</sup> /m)	V <sub>L</sub> (%)	$\eta$
1	D	14,25	50	-0,01045	8	0,22	0,32	1,47
2	1,5D	19,00	65	-0,01838	9	0,43	0,62	1,14
3	2D	23,75	80	-0,02013	10,5	0,55	0,80	1,01
4	2,5D	28,20	80	-0,02040	12	0,63	0,91	0,95

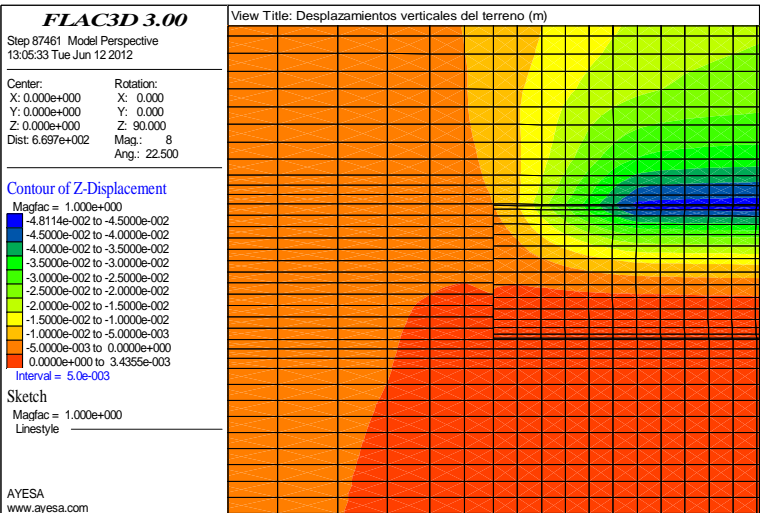
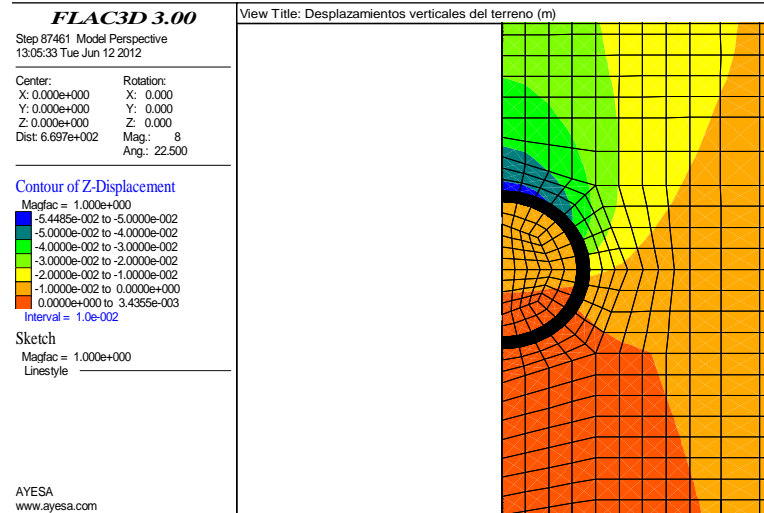
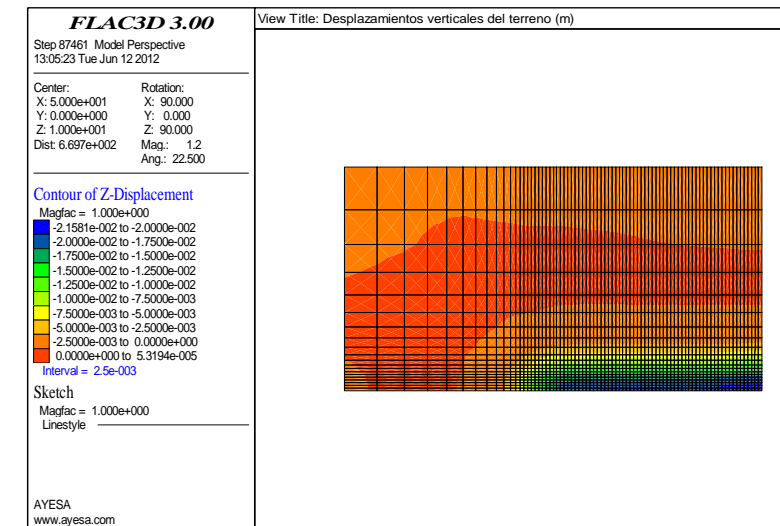
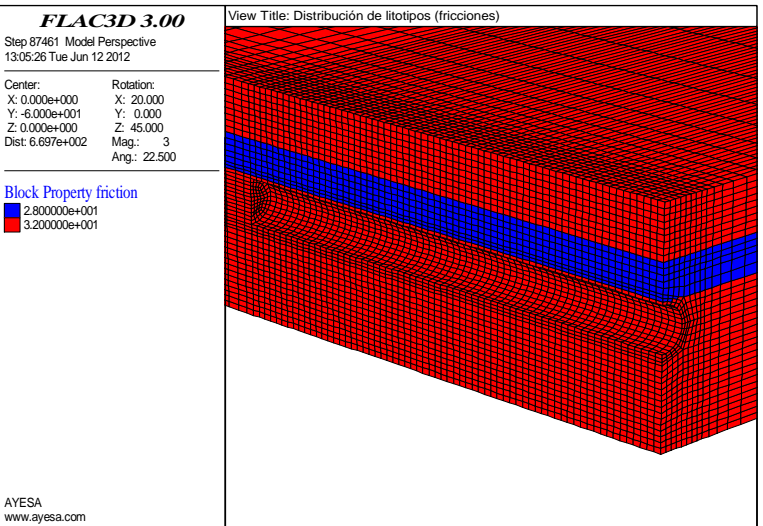
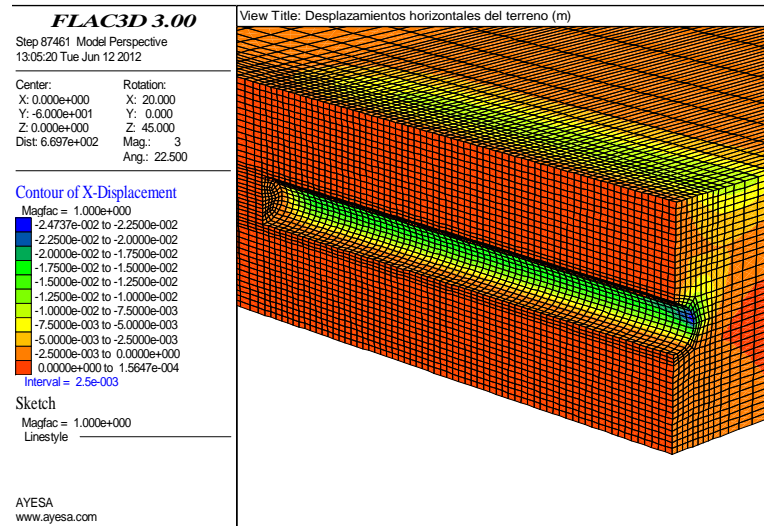
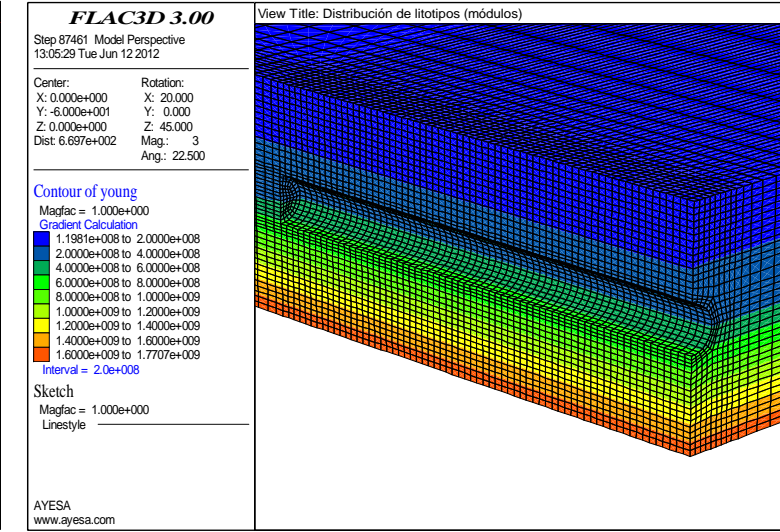
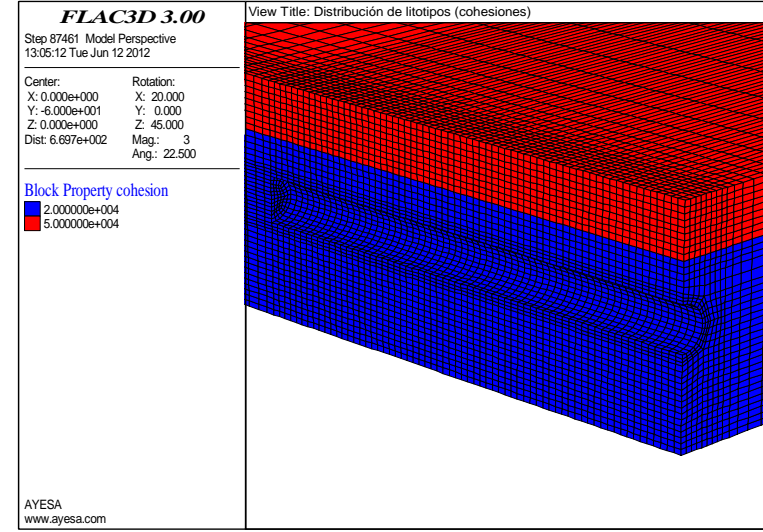
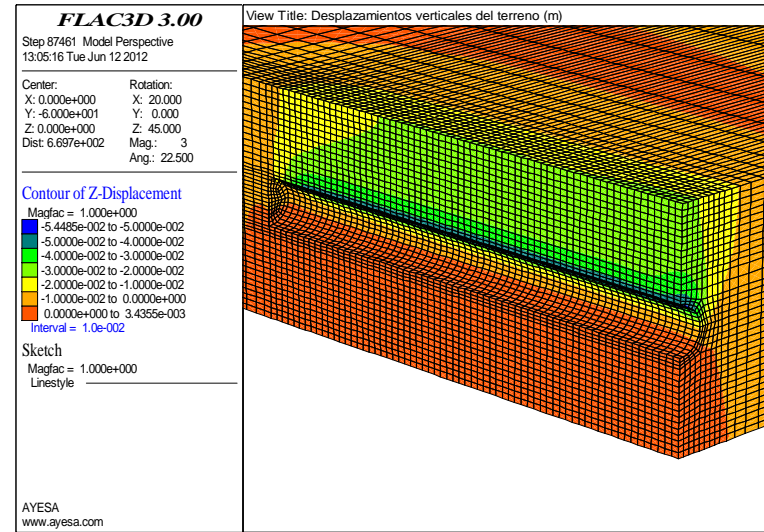
\* En clave



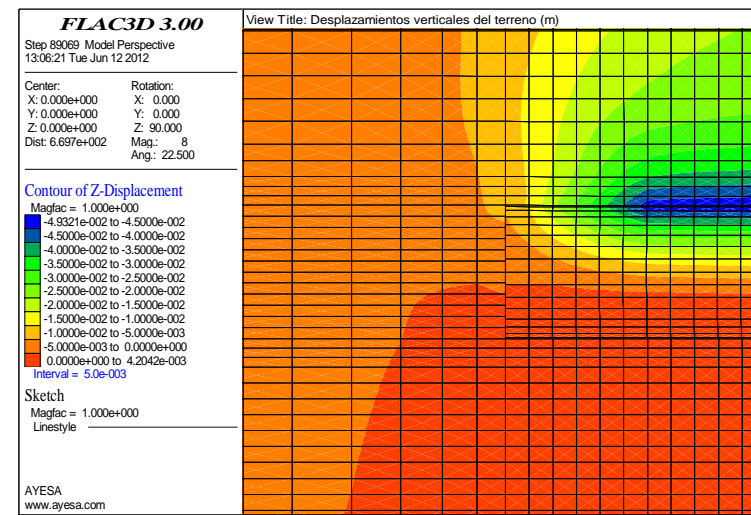
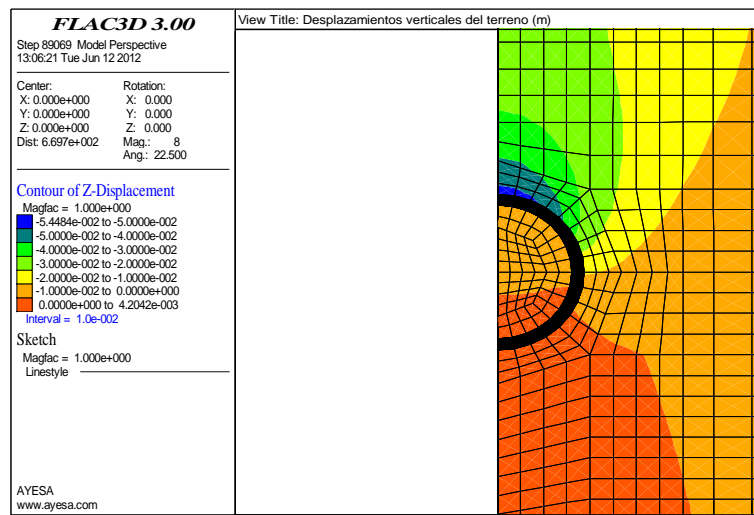
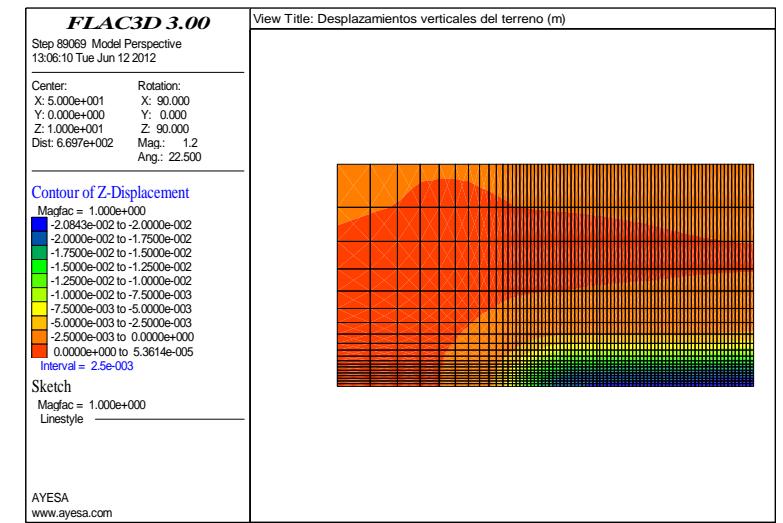
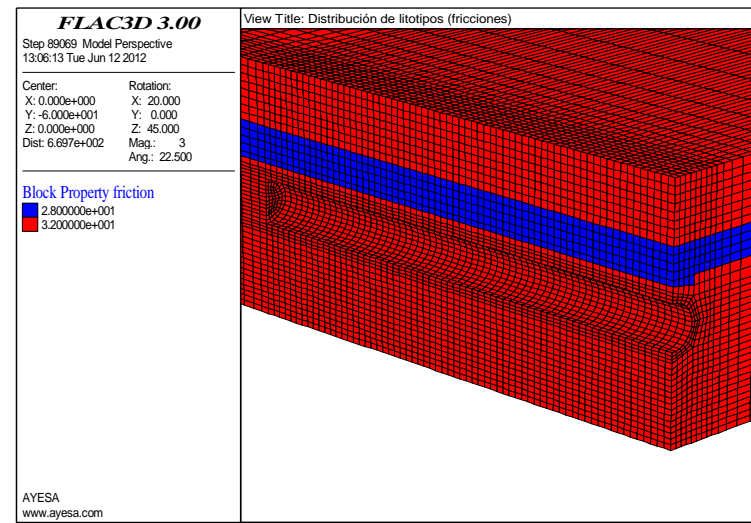
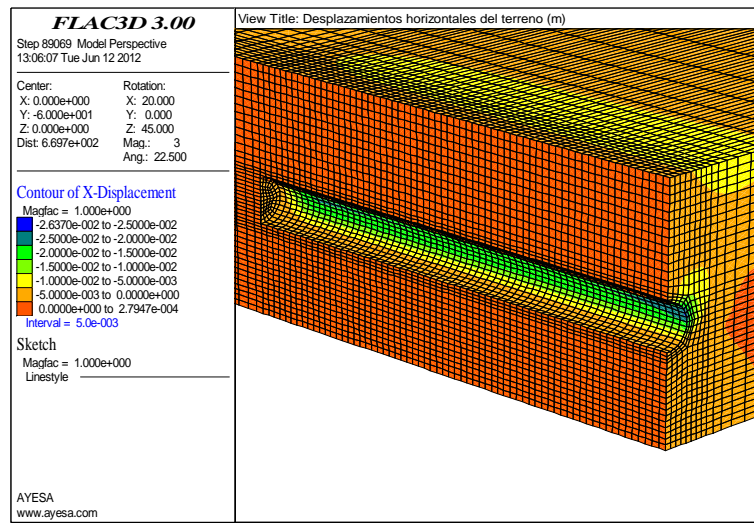
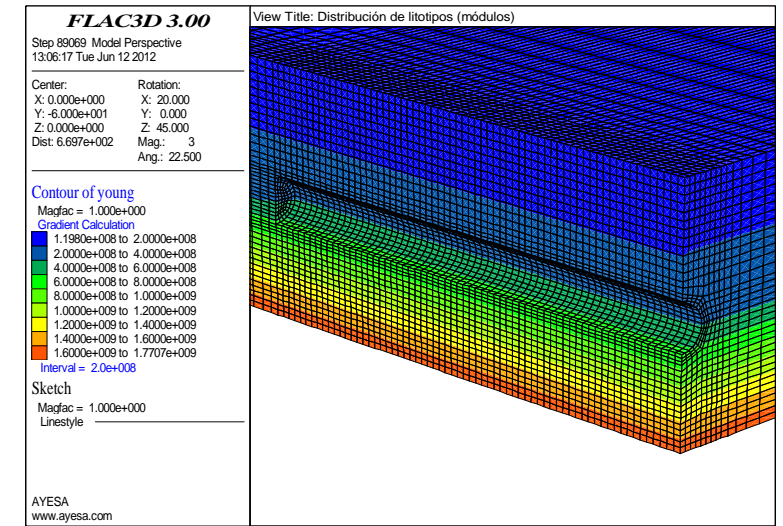
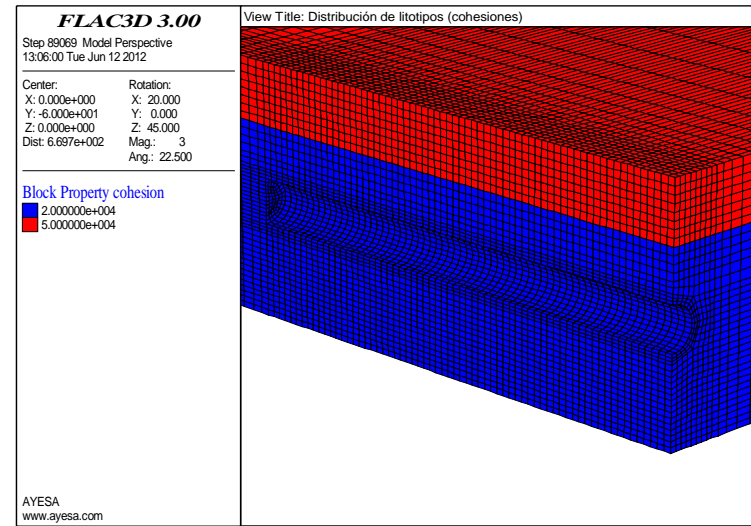
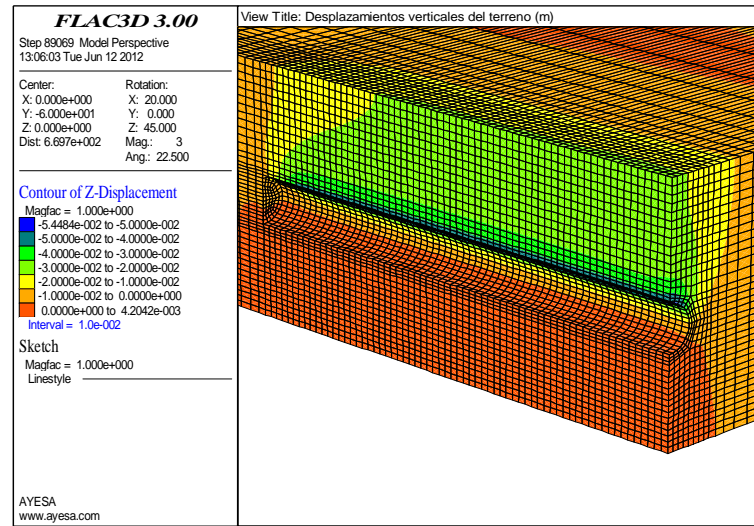
CASO 1B



CASO 2B



CASO 3B



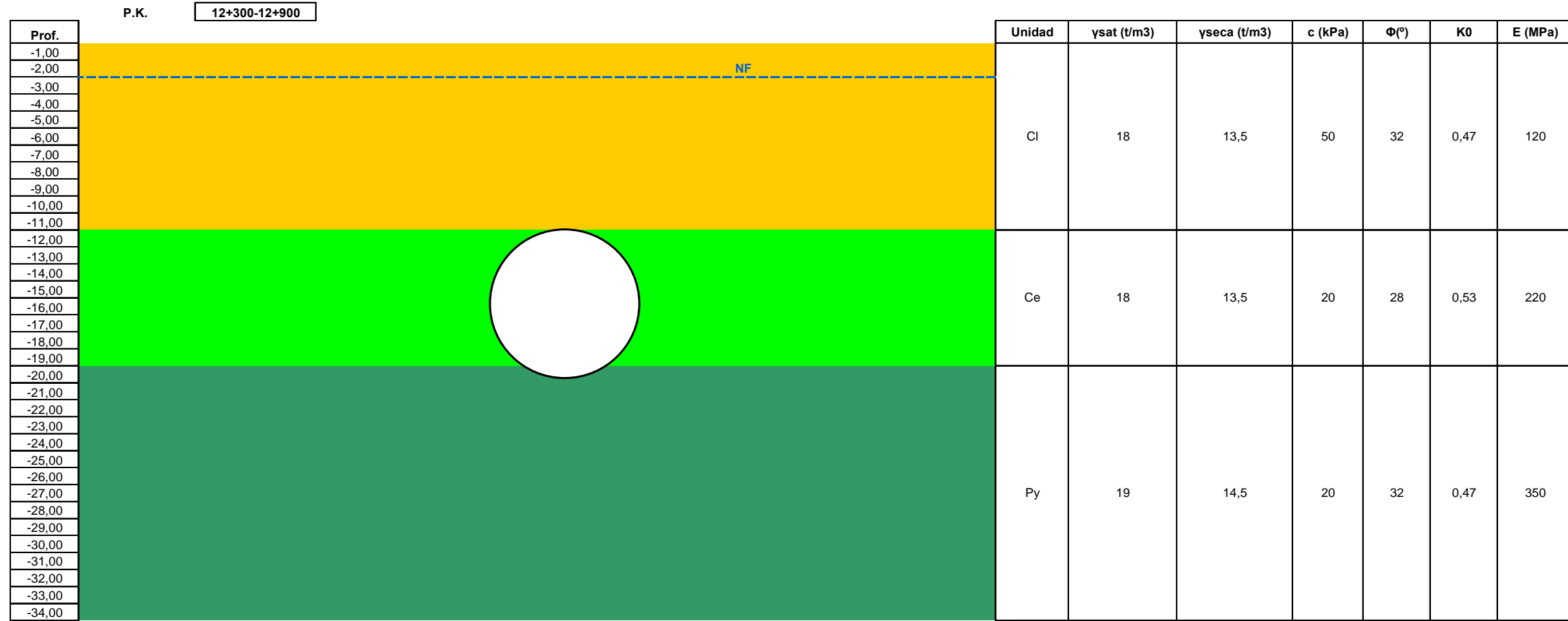
CASO 4B



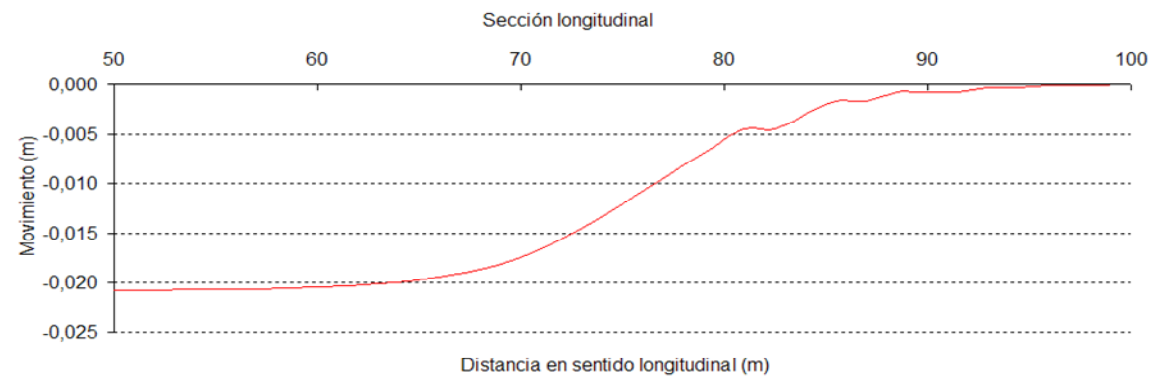
**CÁLCULOS PARTICULARIZADOS PARA ZONAS CONCRETAS DEL TRAZADO**



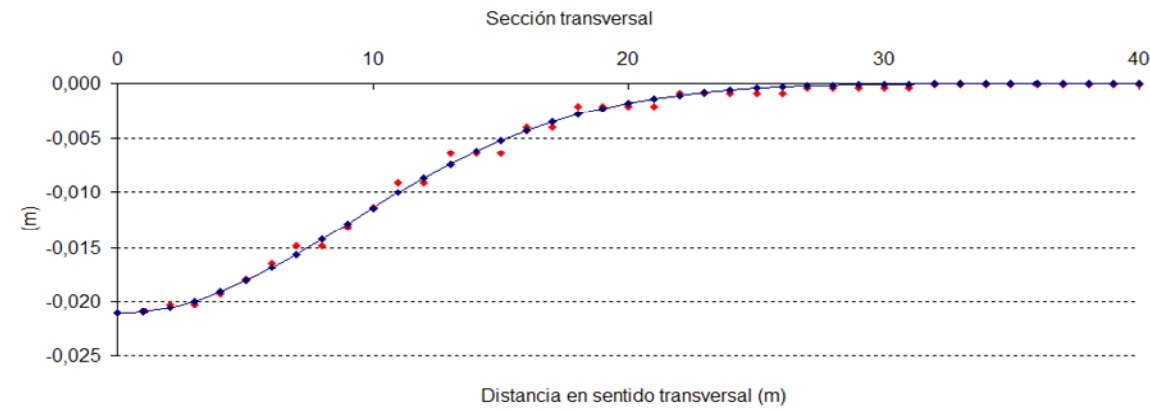




ASIENTOS LONGITUDINALES EN CAMPO LIBRE



ASIENTOS TRANSVERSALES EN CAMPO LIBRE

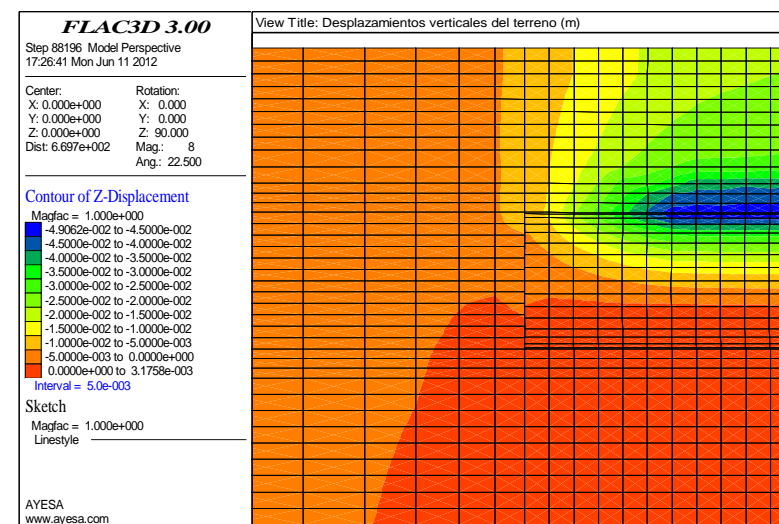
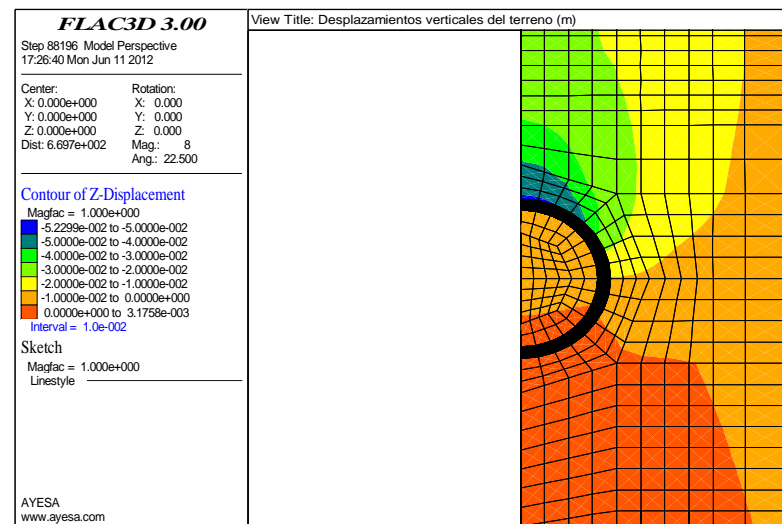
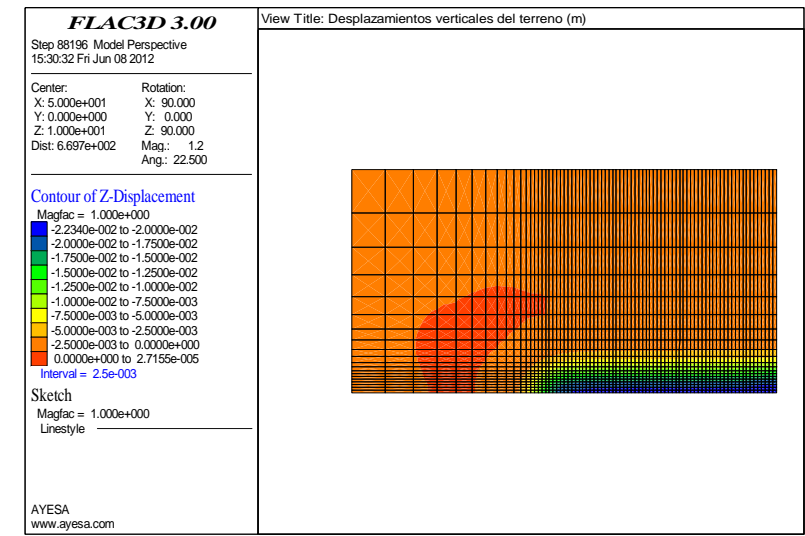
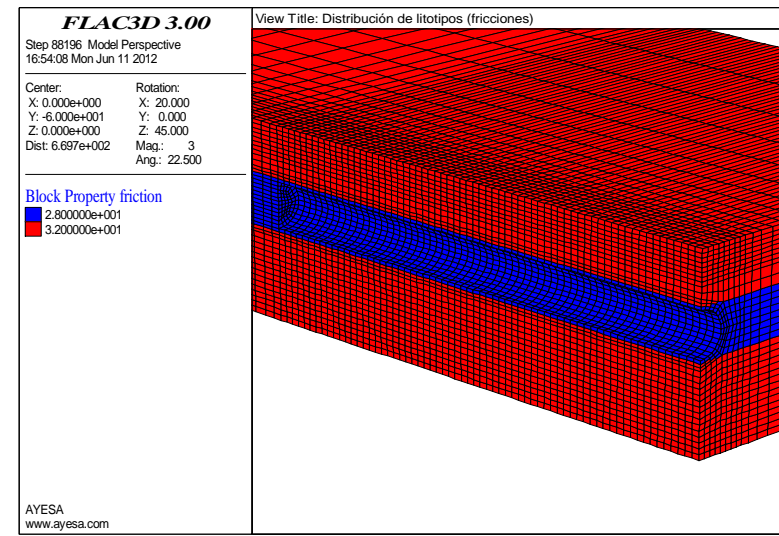
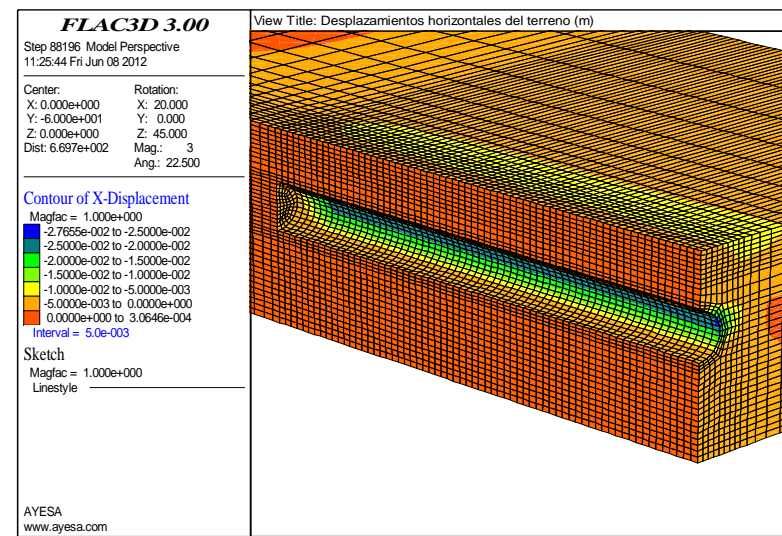
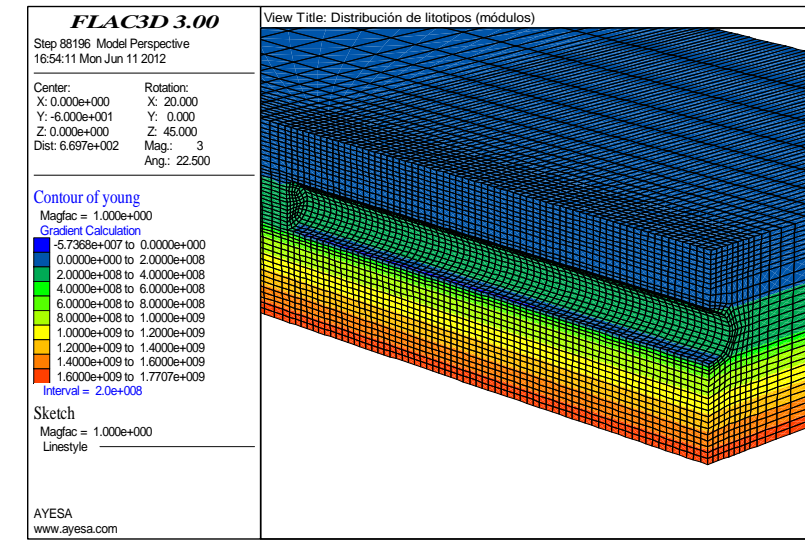
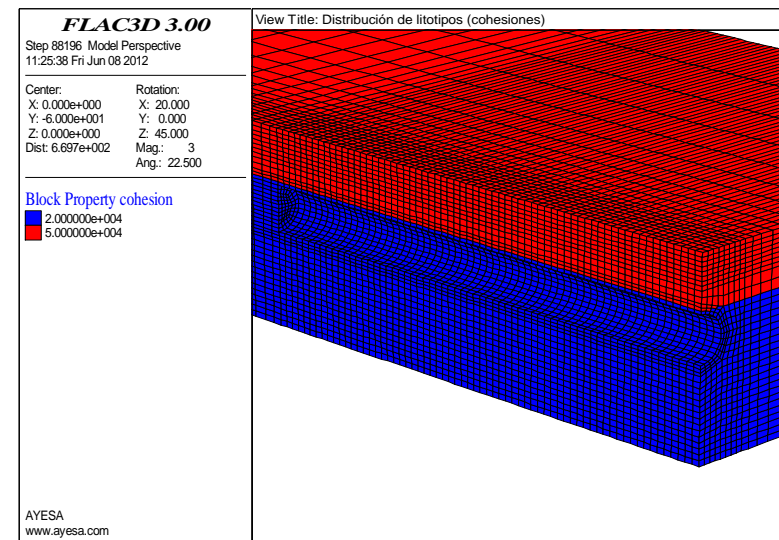
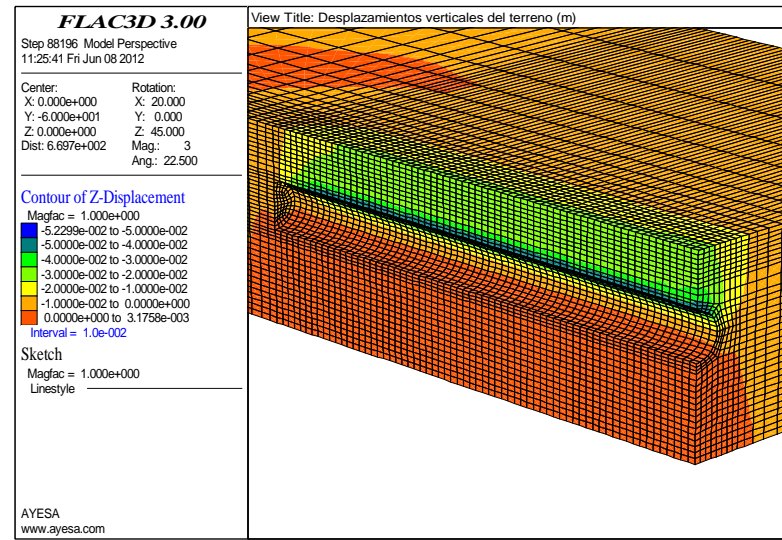


RESUMEN DE RESULTADOS

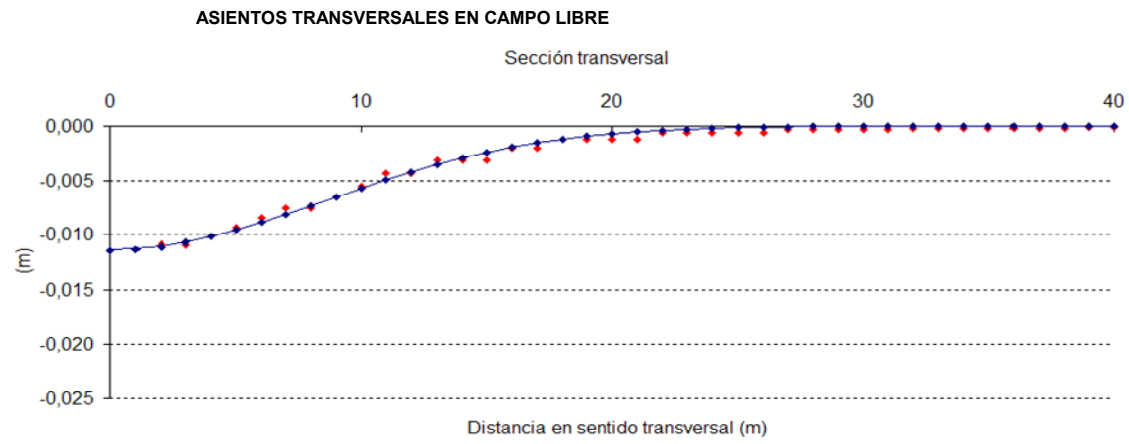
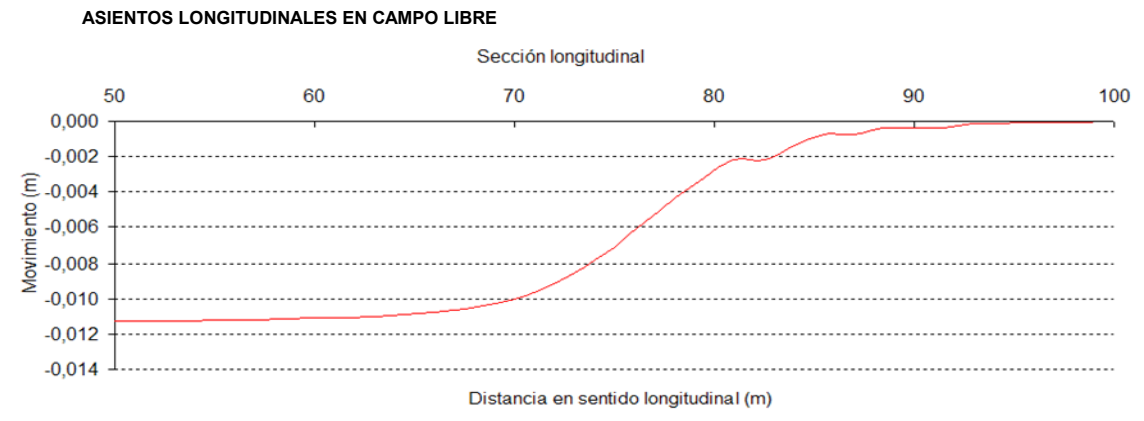
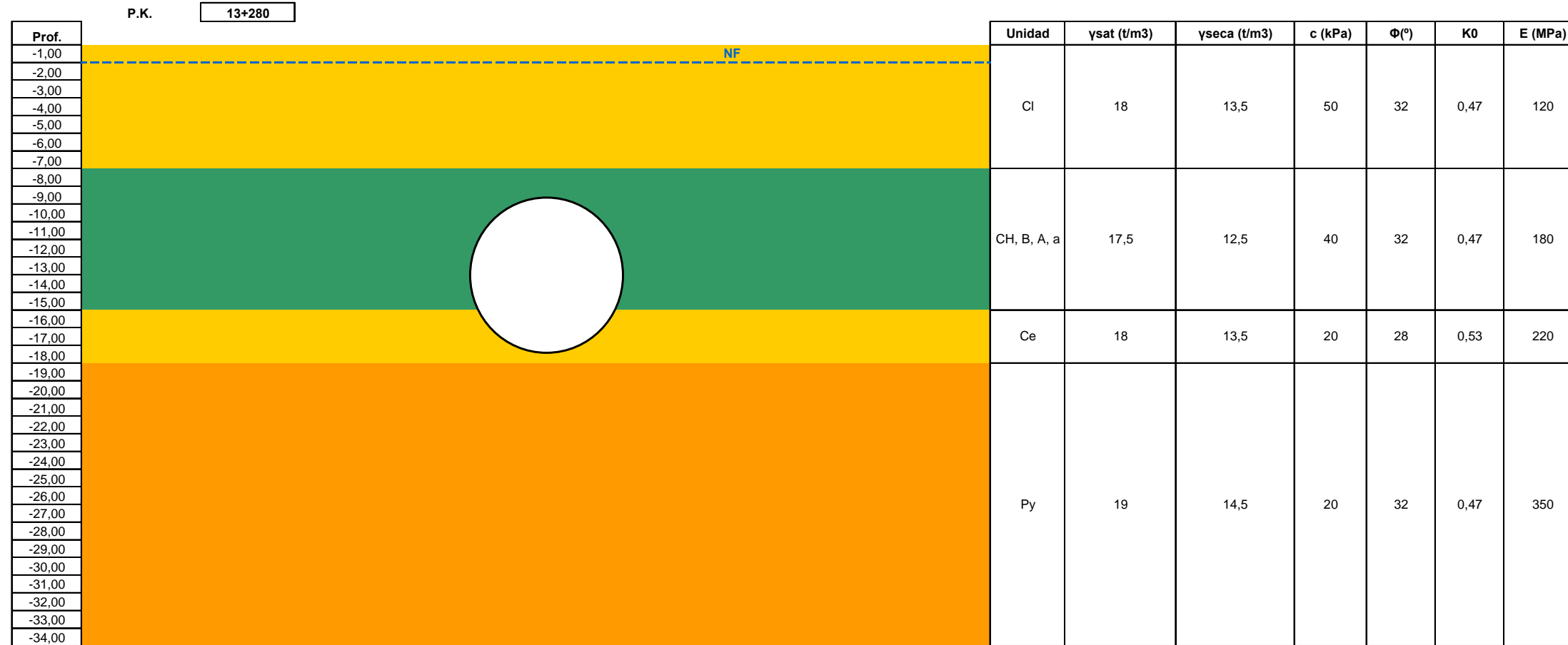
H <sub>0</sub> (m)	P(kPa)*	S <sub>Vmax</sub> (m)	i (m)	V <sub>s</sub> (m <sup>2</sup> /m)	V <sub>L</sub> (%)	$\eta$
16,00	90	0,021	9,0	0,46	0,66	1,42

\* En clave





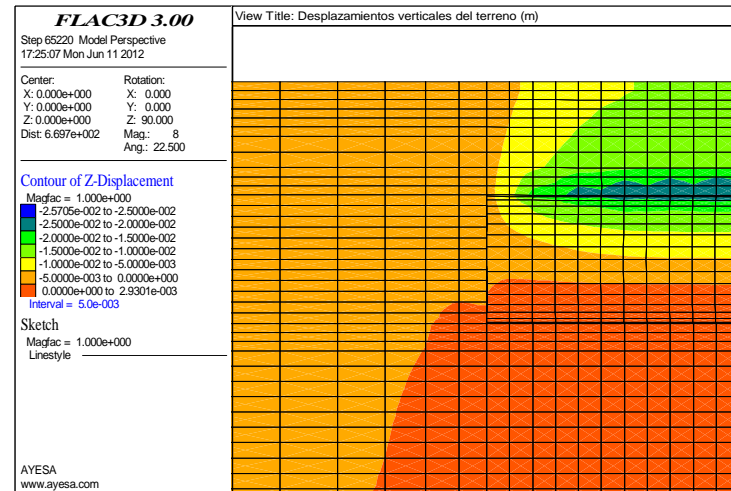
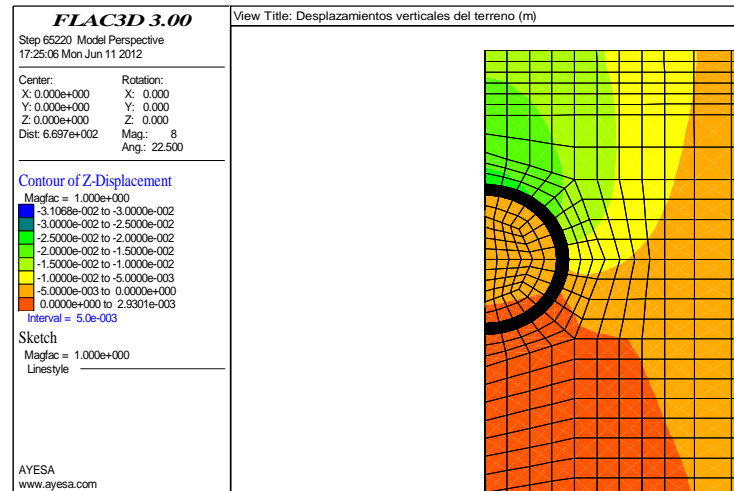
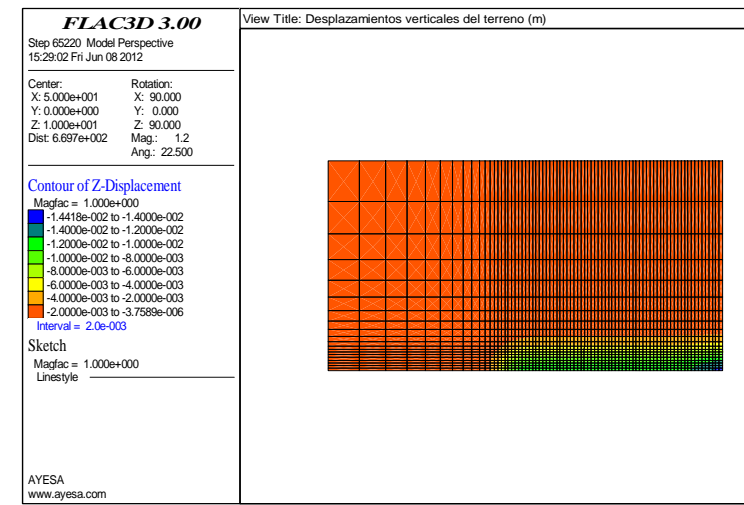
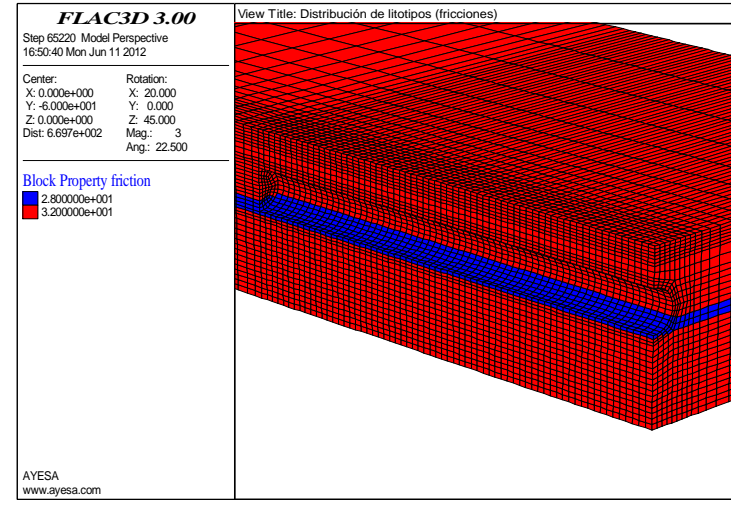
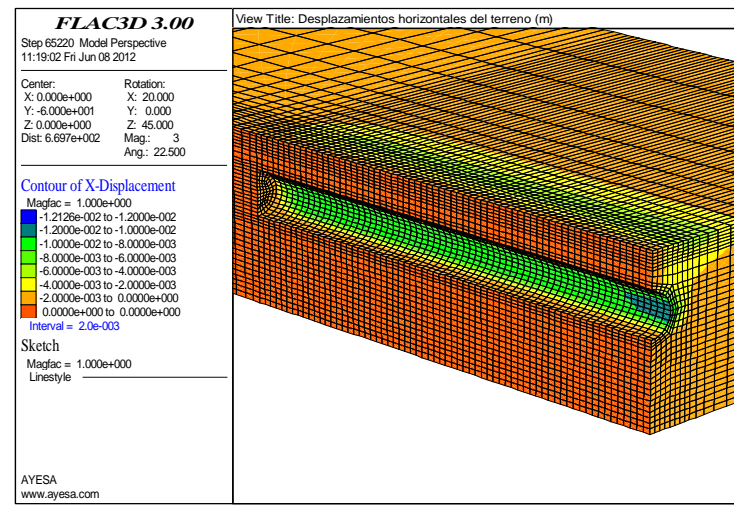
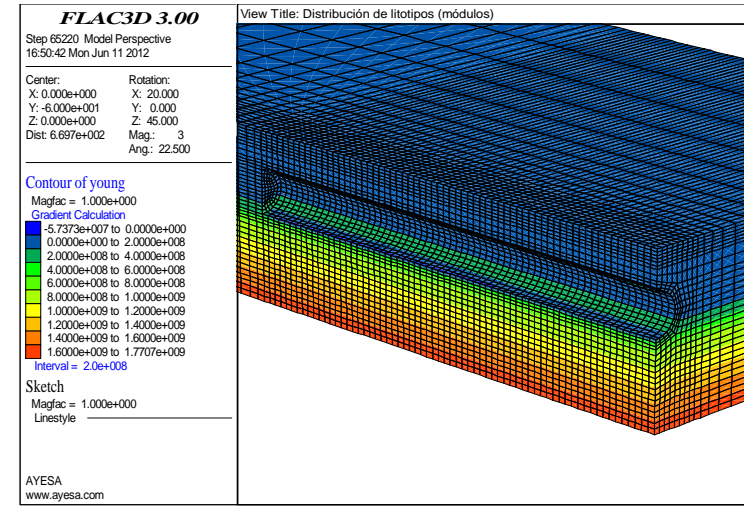
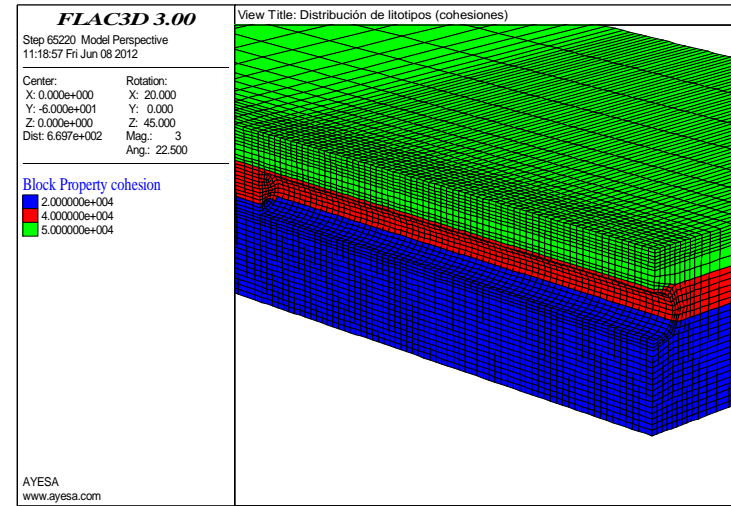
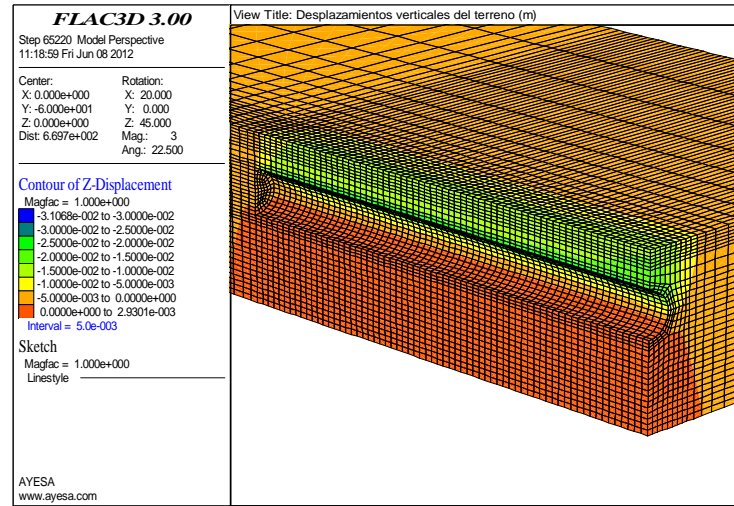
P.K. 12+300-12+900



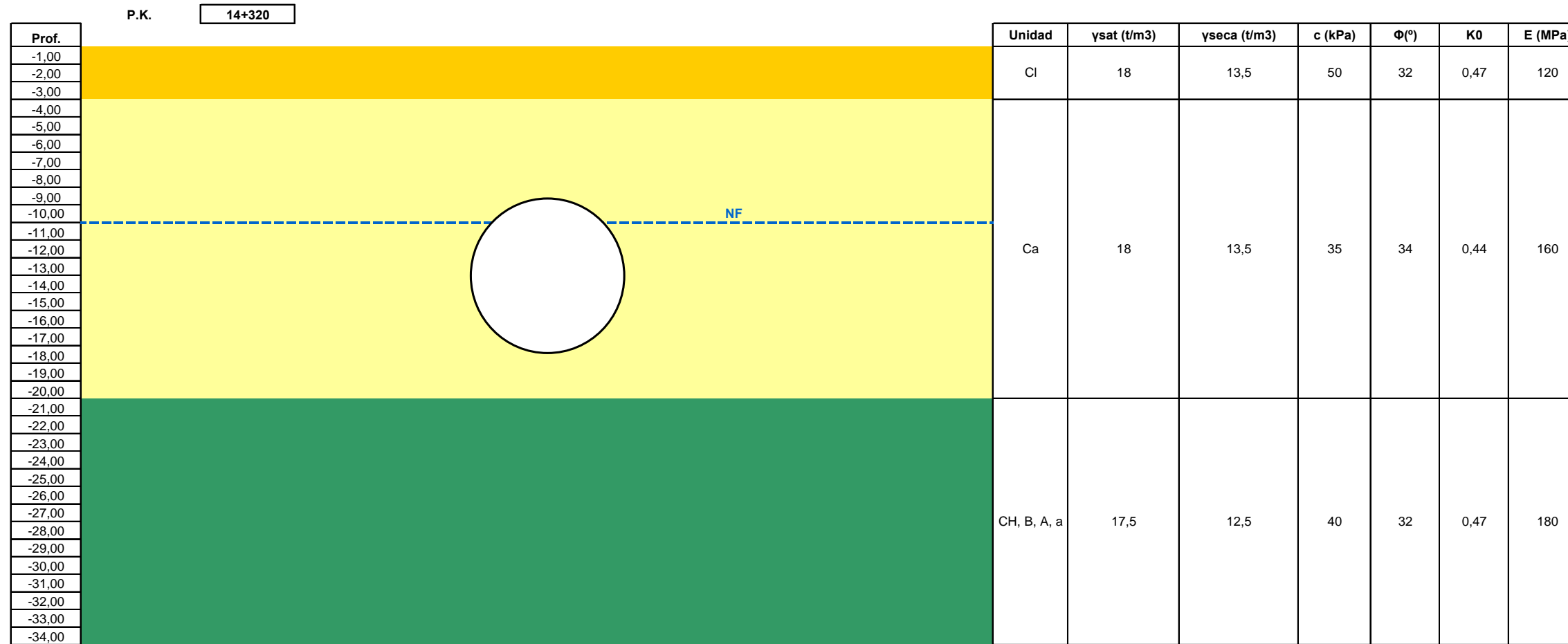
**RESUMEN DE RESULTADOS**

H <sub>0</sub> (m)	P(kPa)*	S <sub>Vmax</sub> (m)	i (m)	V <sub>s</sub> (m <sup>2</sup> /m)	V <sub>L</sub> (%)	η
13,00	70	0,0113	8,5	0,25	0,36	1,78

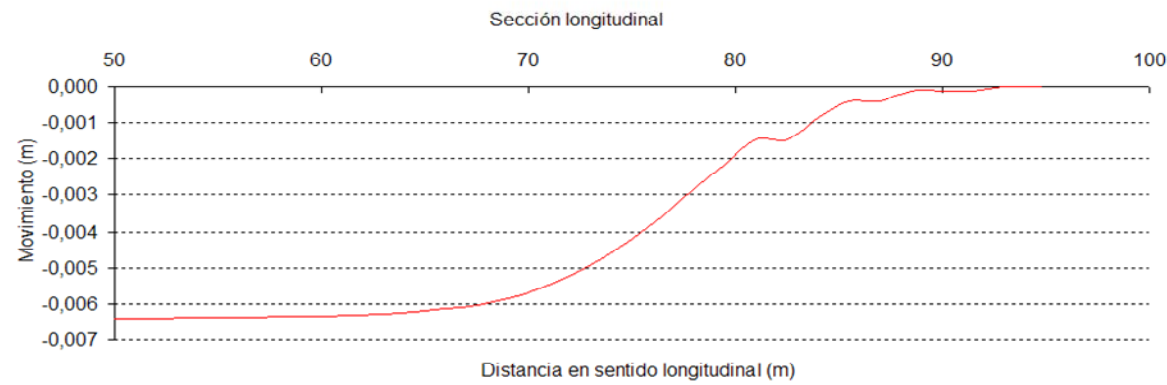
\* En clave



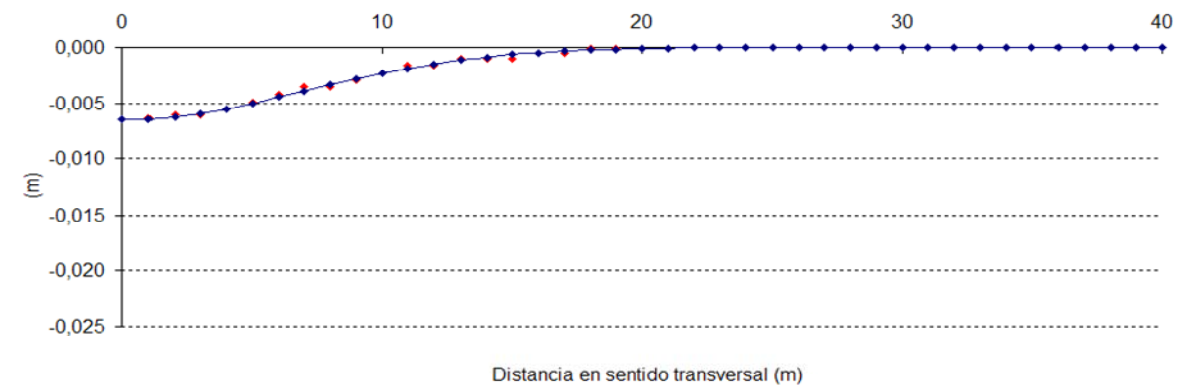
P.K. 13+280



ASIENTOS LONGITUDINALES EN CAMPO LIBRE



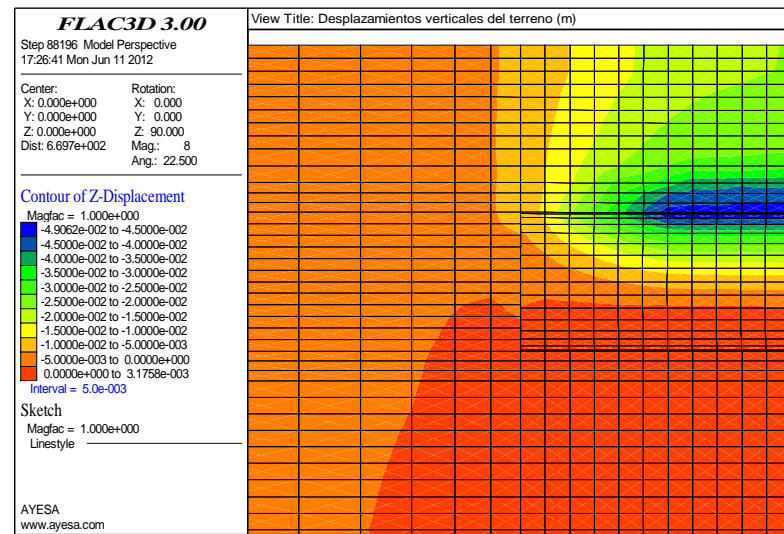
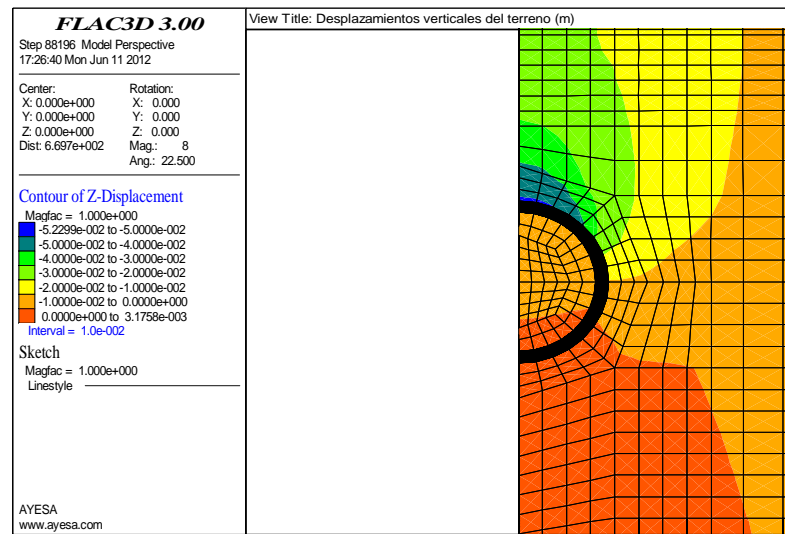
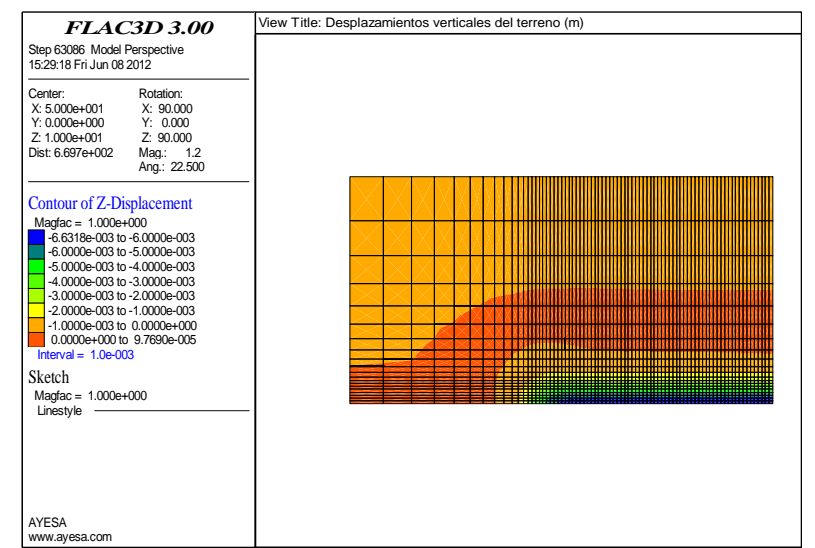
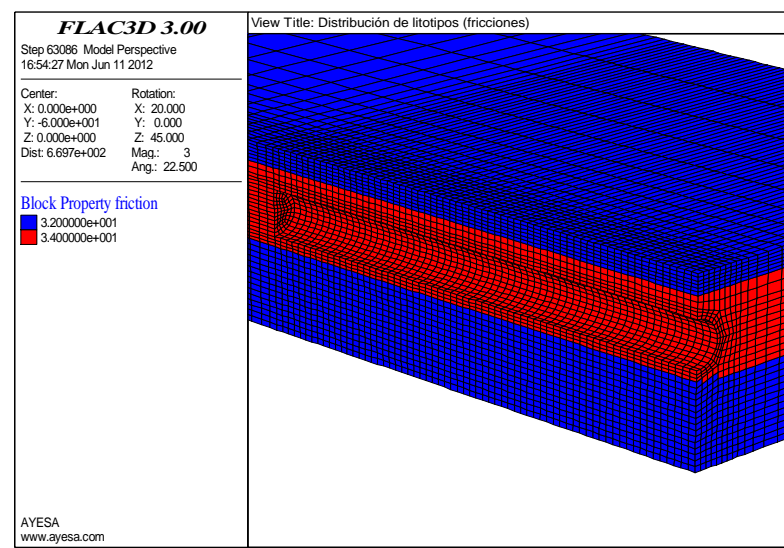
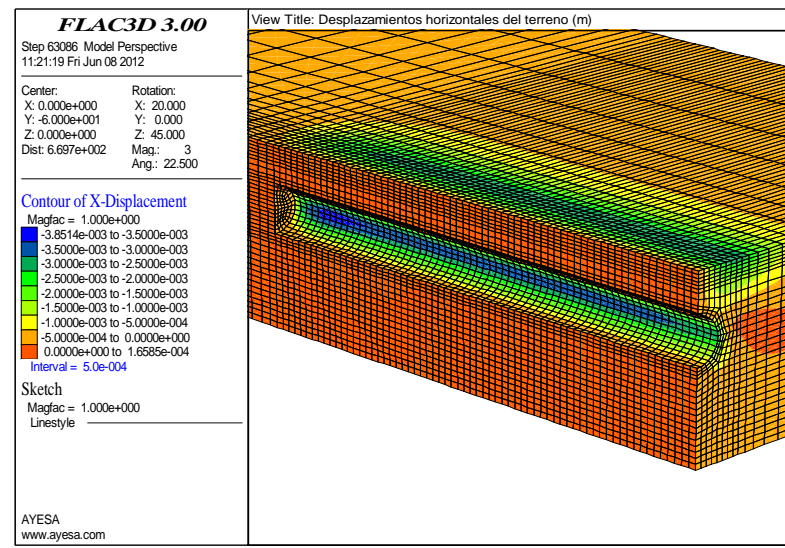
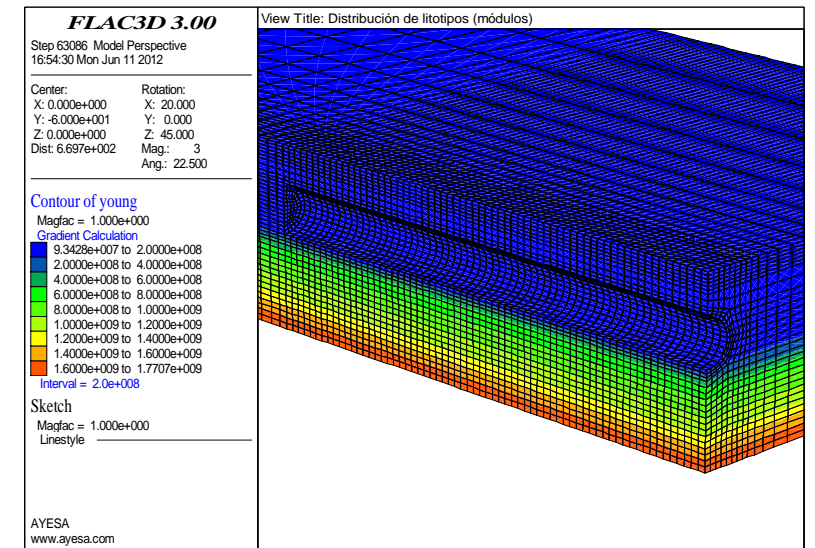
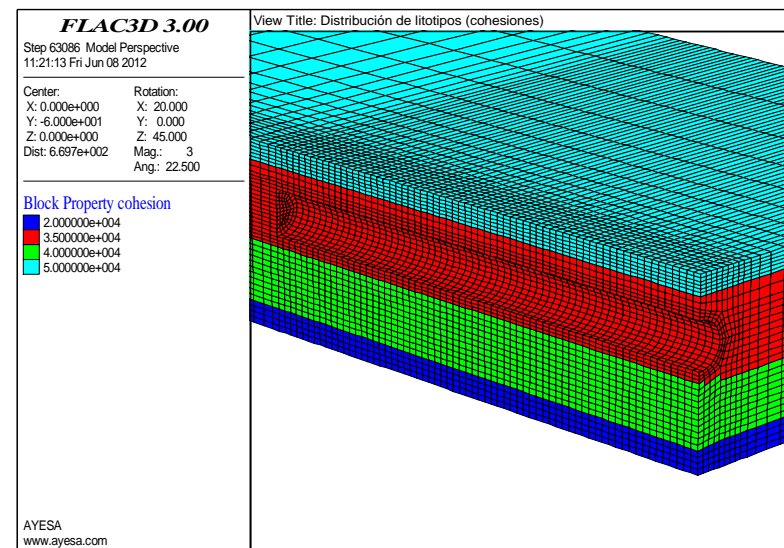
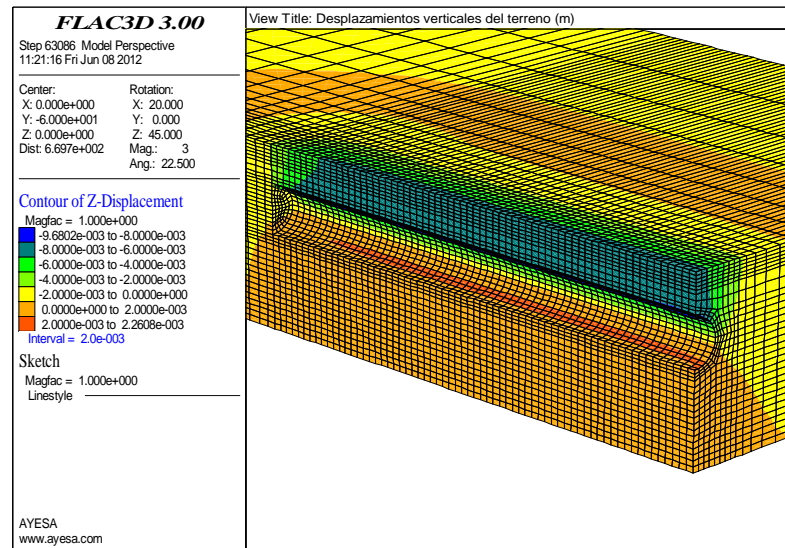
ASIENTOS TRANSVERSALES EN CAMPO LIBRE



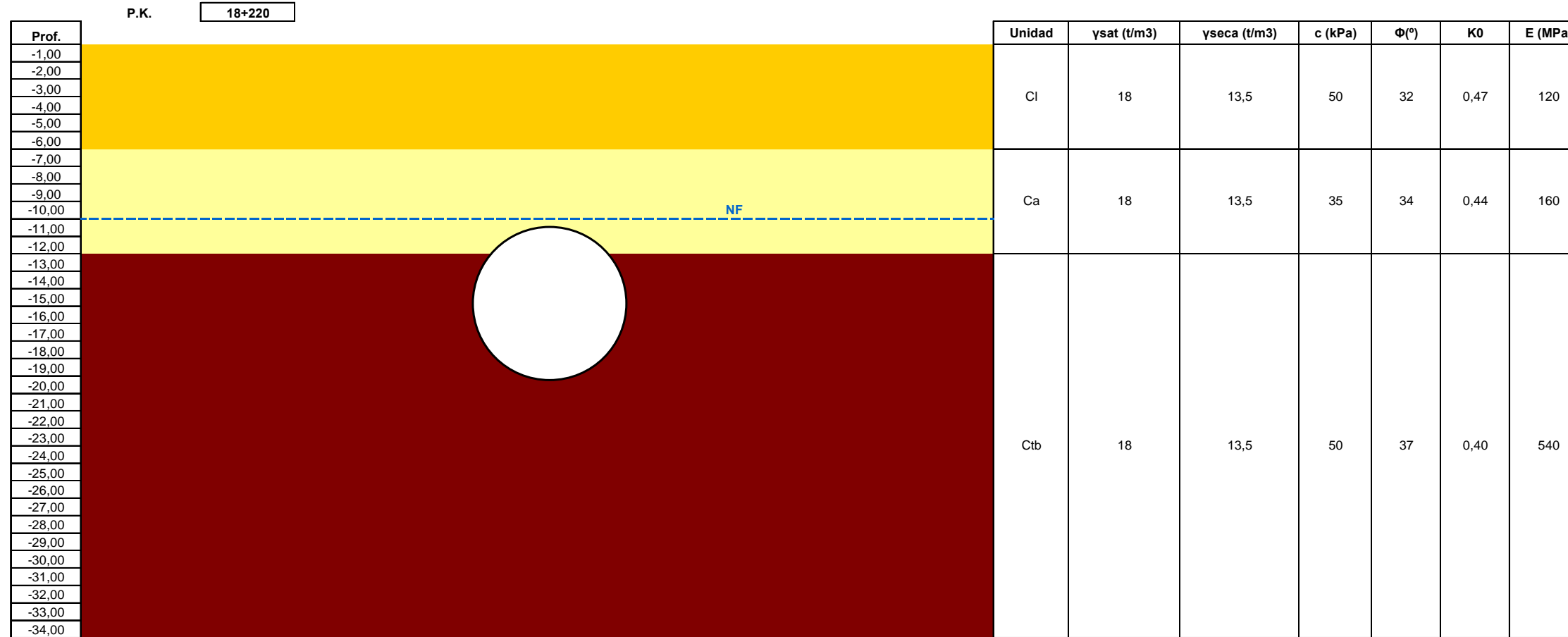
RESUMEN DE RESULTADOS

H <sub>0</sub> (m)	P(kPa)*	S <sub>Vmax</sub> (m)	i (m)	V <sub>s</sub> (m <sup>2</sup> /m)	V <sub>L</sub> (%)	η
13,00	70	0,0065	7,0	0,11	0,15	1,46

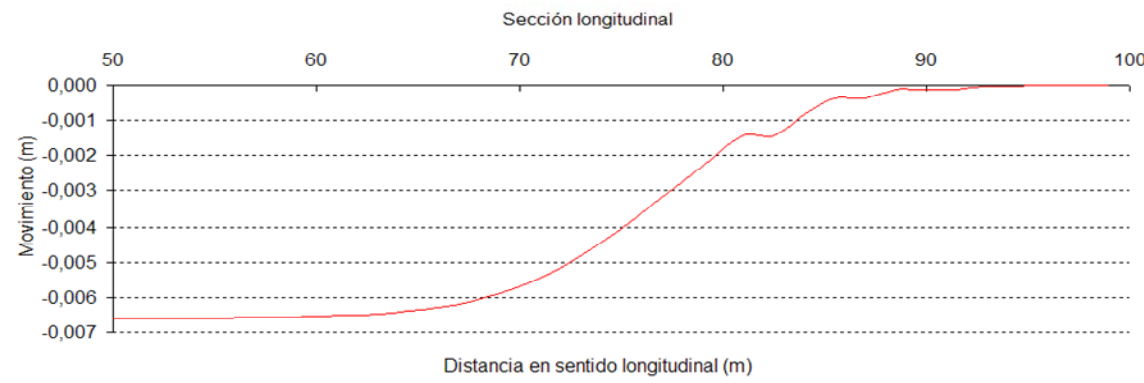
\* En clave



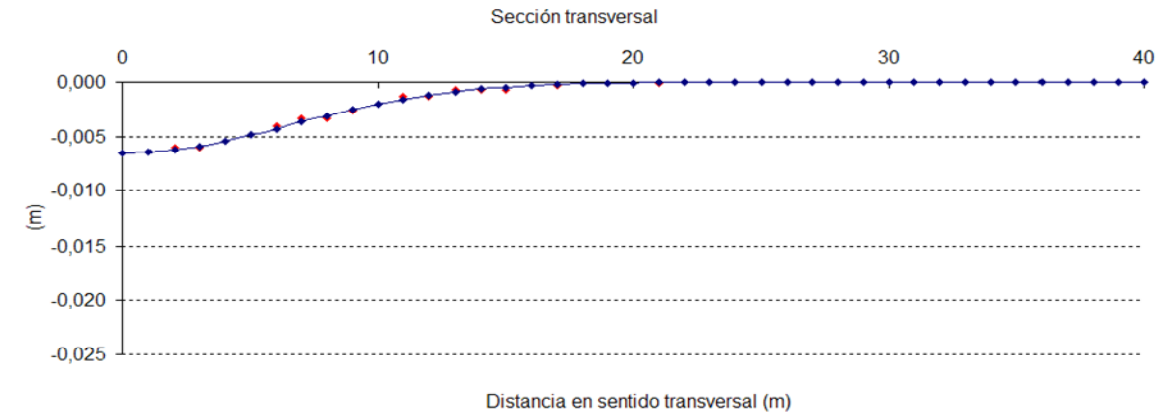
P.K. 14+320



ASIENTOS LONGITUDINALES EN CAMPO LIBRE



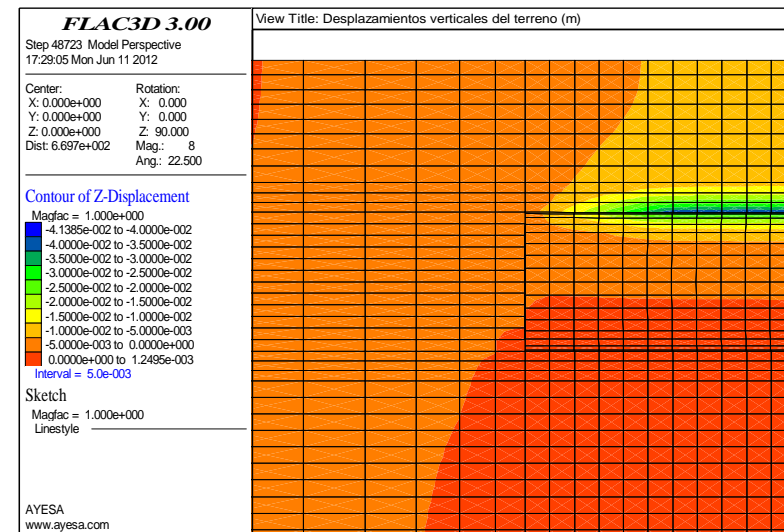
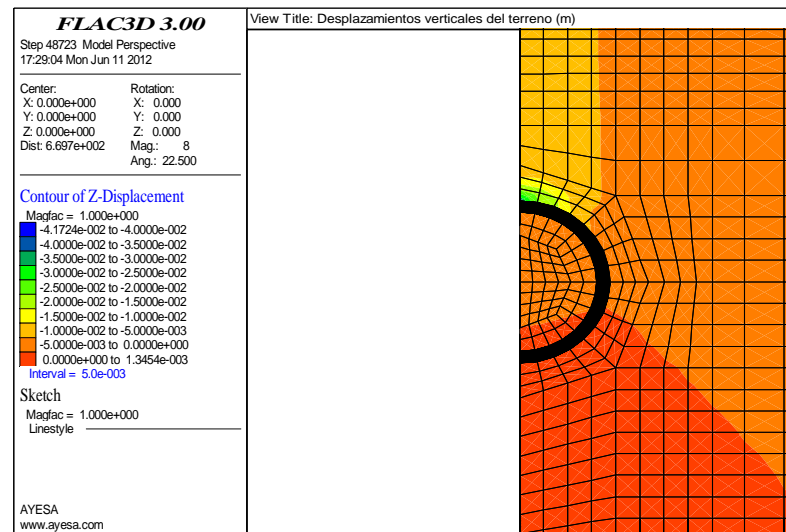
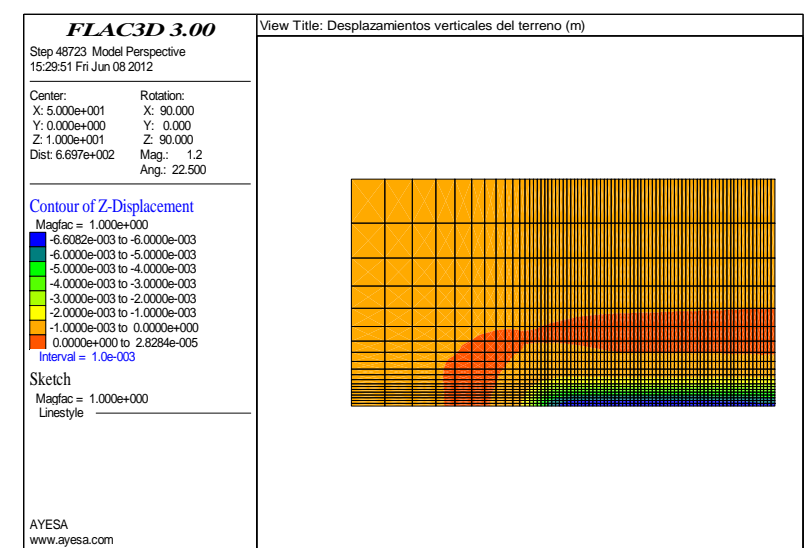
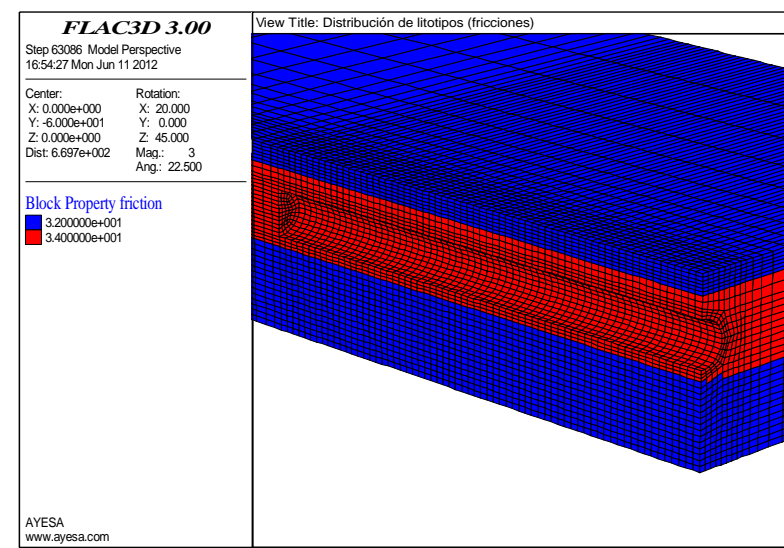
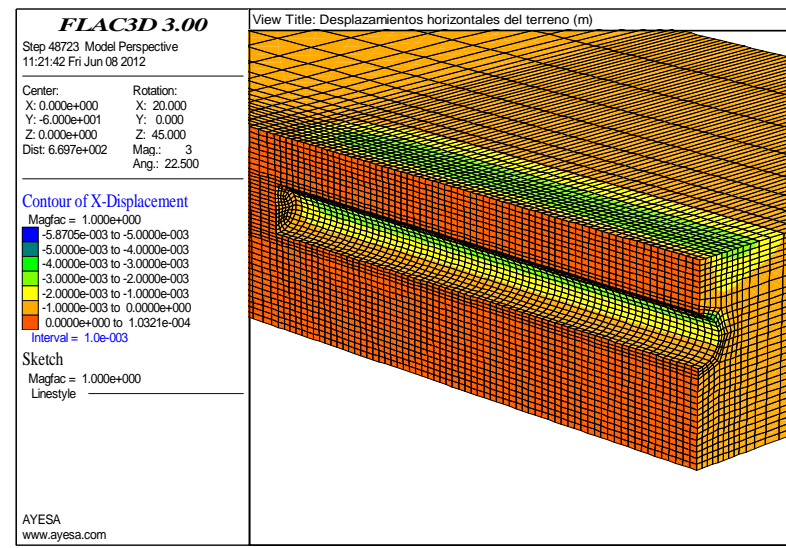
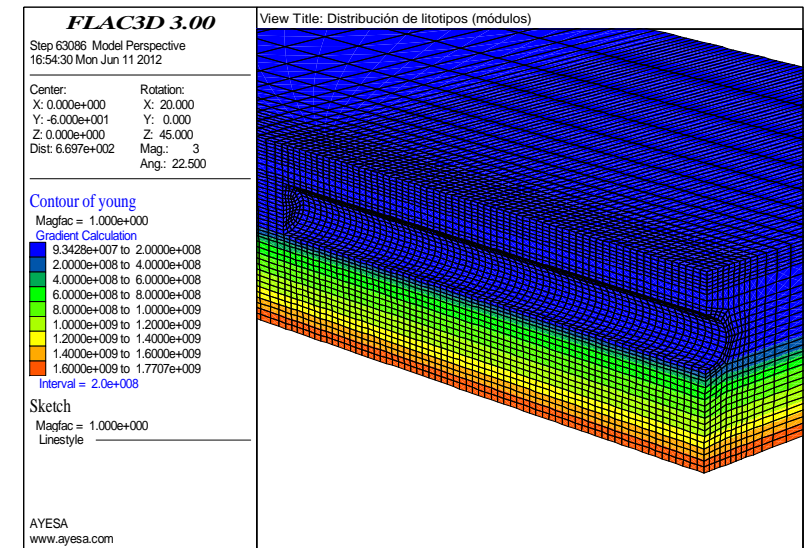
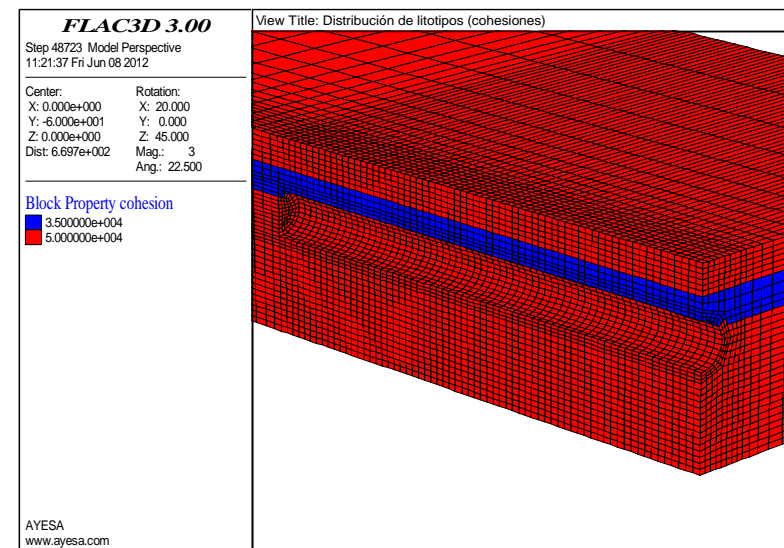
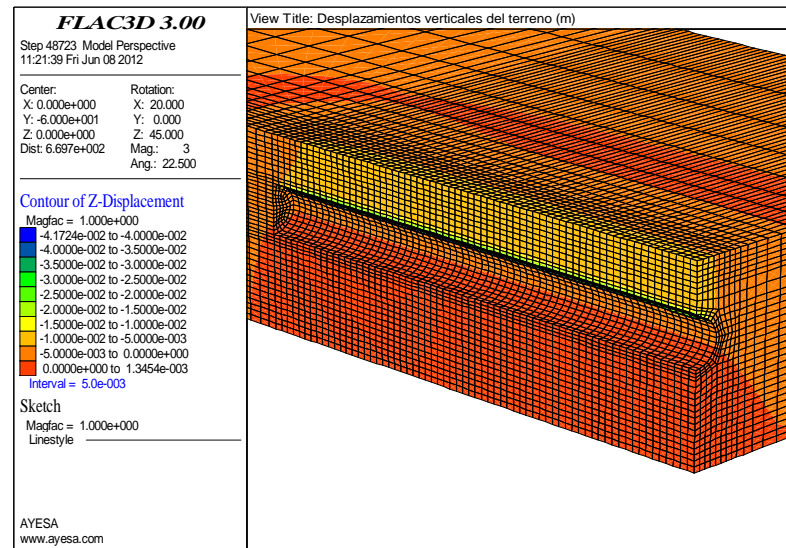
ASIENTOS TRANSVERSALES EN CAMPO LIBRE



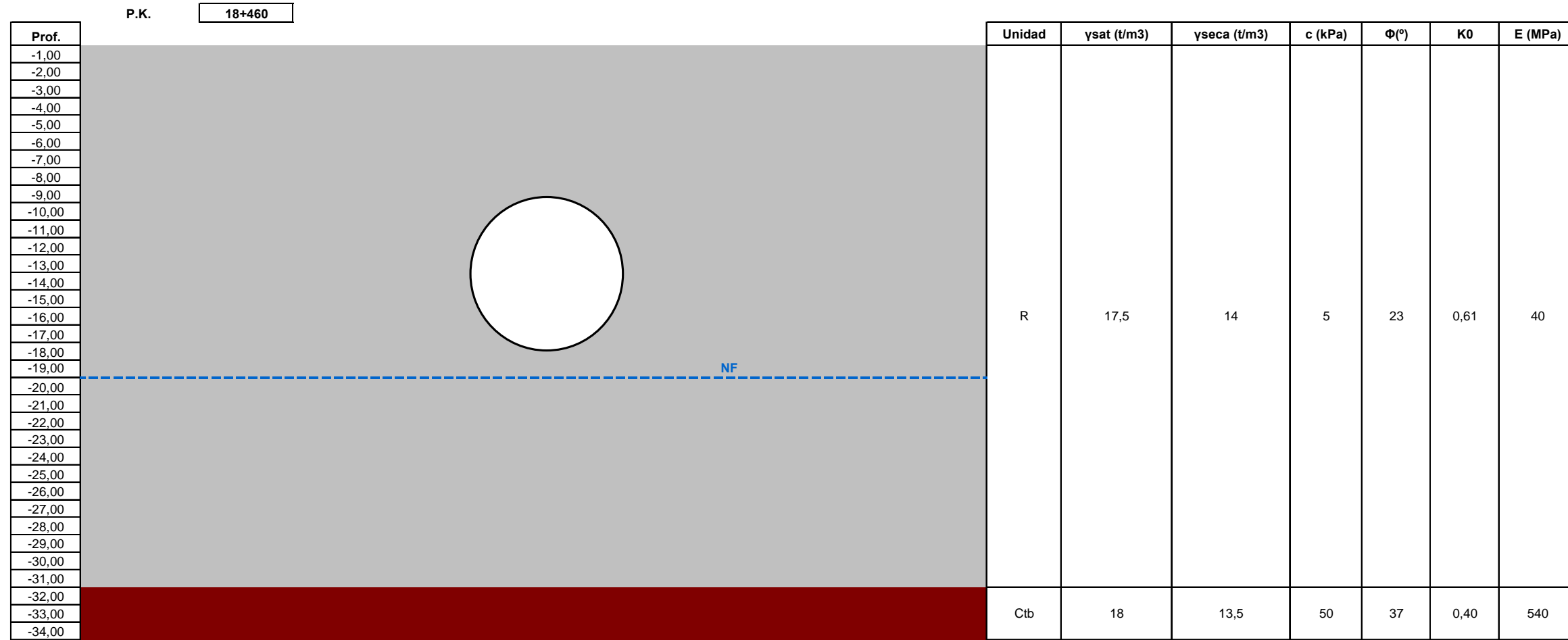
RESUMEN DE RESULTADOS

H <sub>0</sub> (m)	P(kPa)*	S <sub>Vmax</sub> (m)	i (m)	V <sub>s</sub> (m <sup>2</sup> /m)	V <sub>L</sub> (%)	η
15,00	70	0,0067	6,5	0,1	0,145	1,12

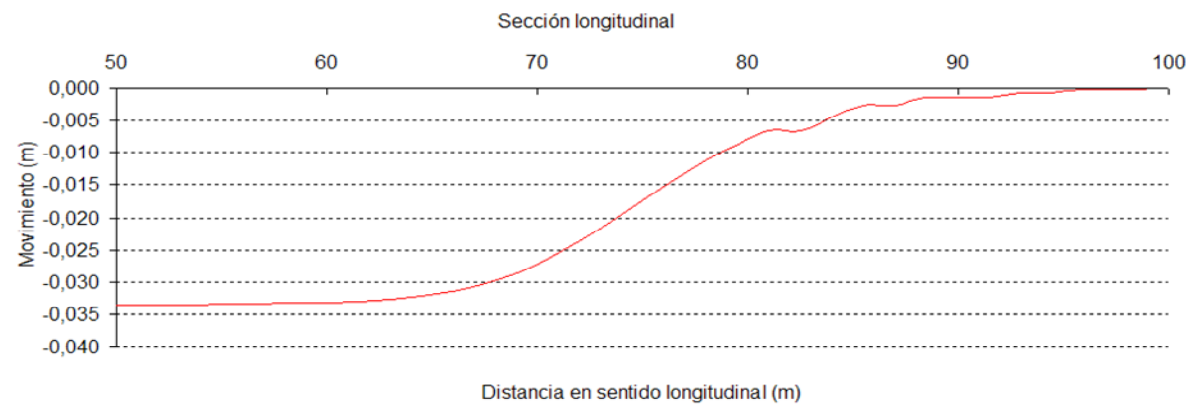
\* En clave



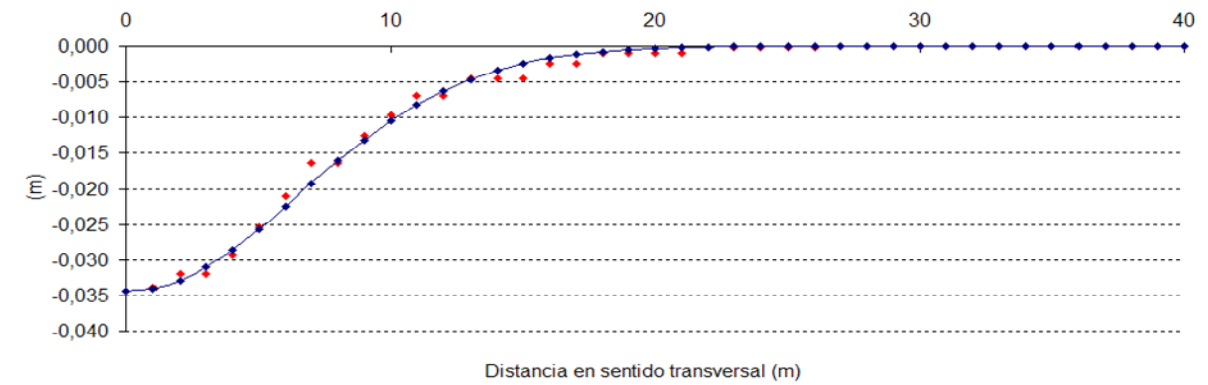
P.K. 18+220



ASIENTOS LONGITUDINALES EN CAMPO LIBRE



ASIENTOS TRANSVERSALES EN CAMPO LIBRE

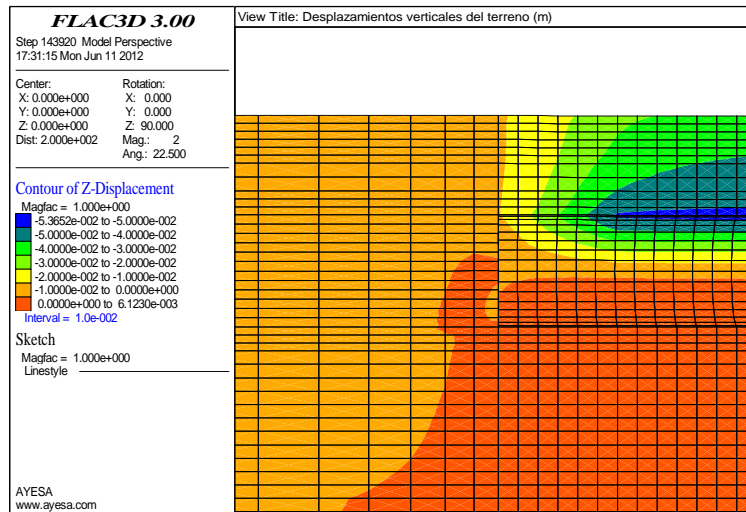
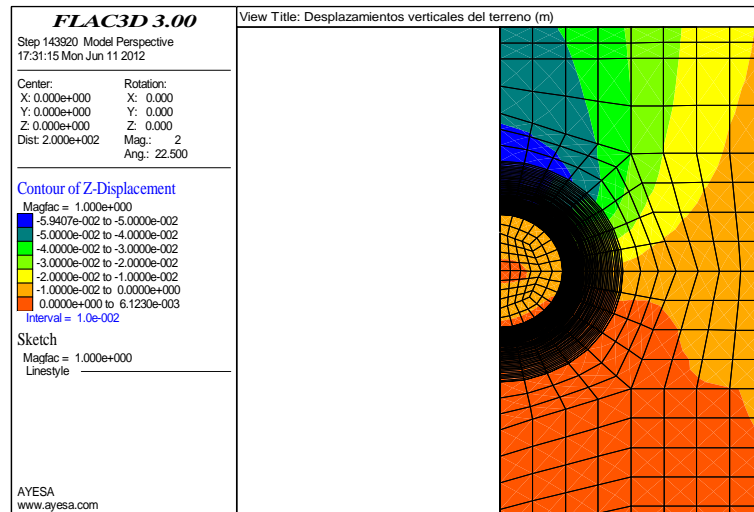
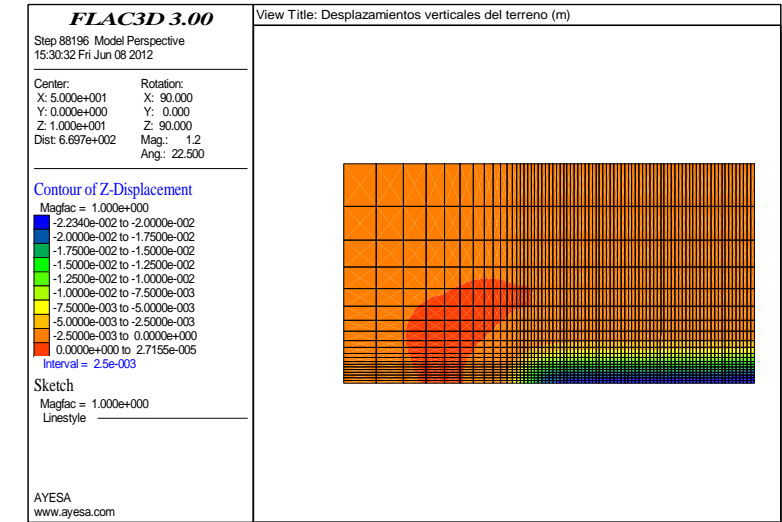
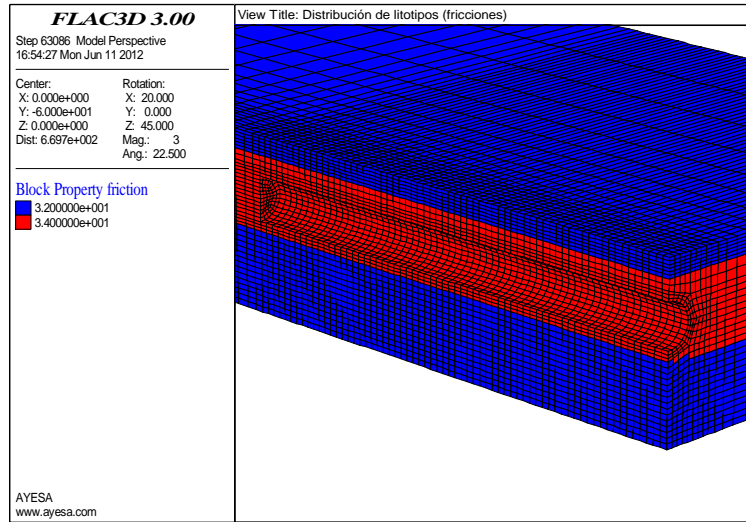
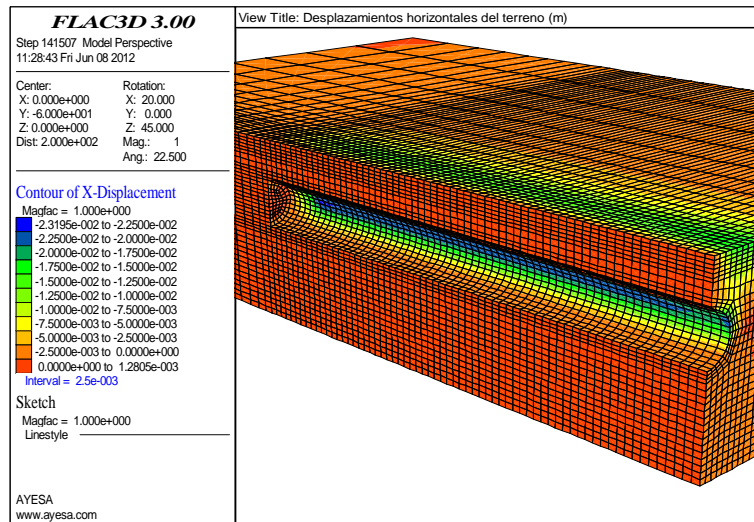
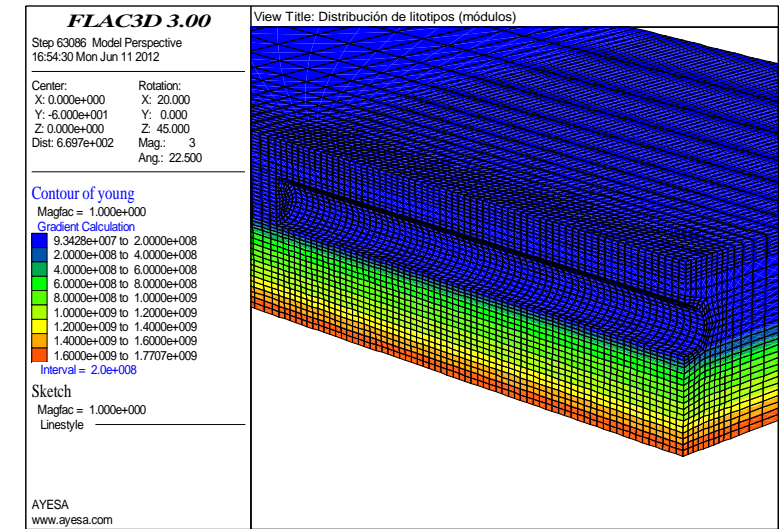
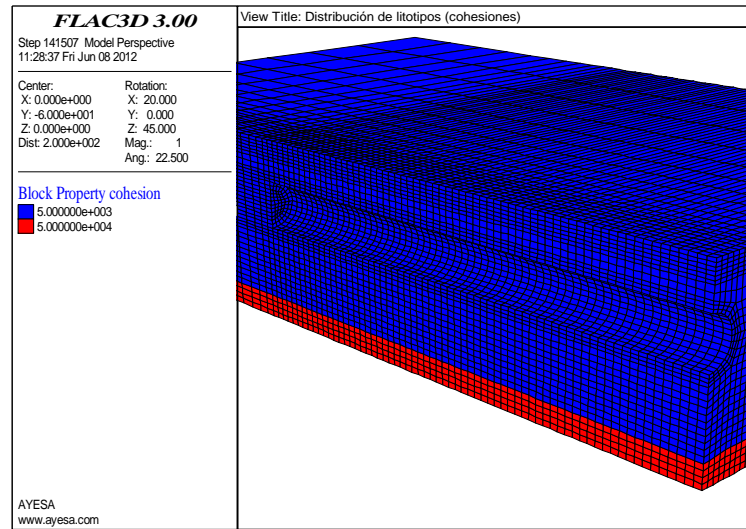
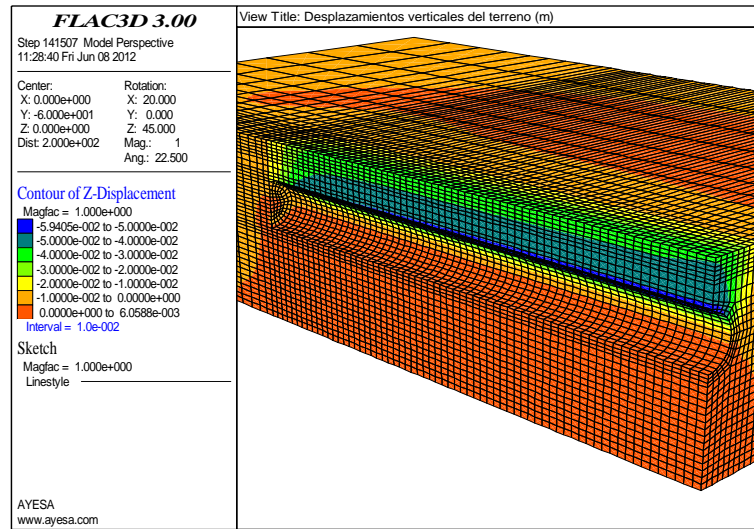


RESUMEN DE RESULTADOS

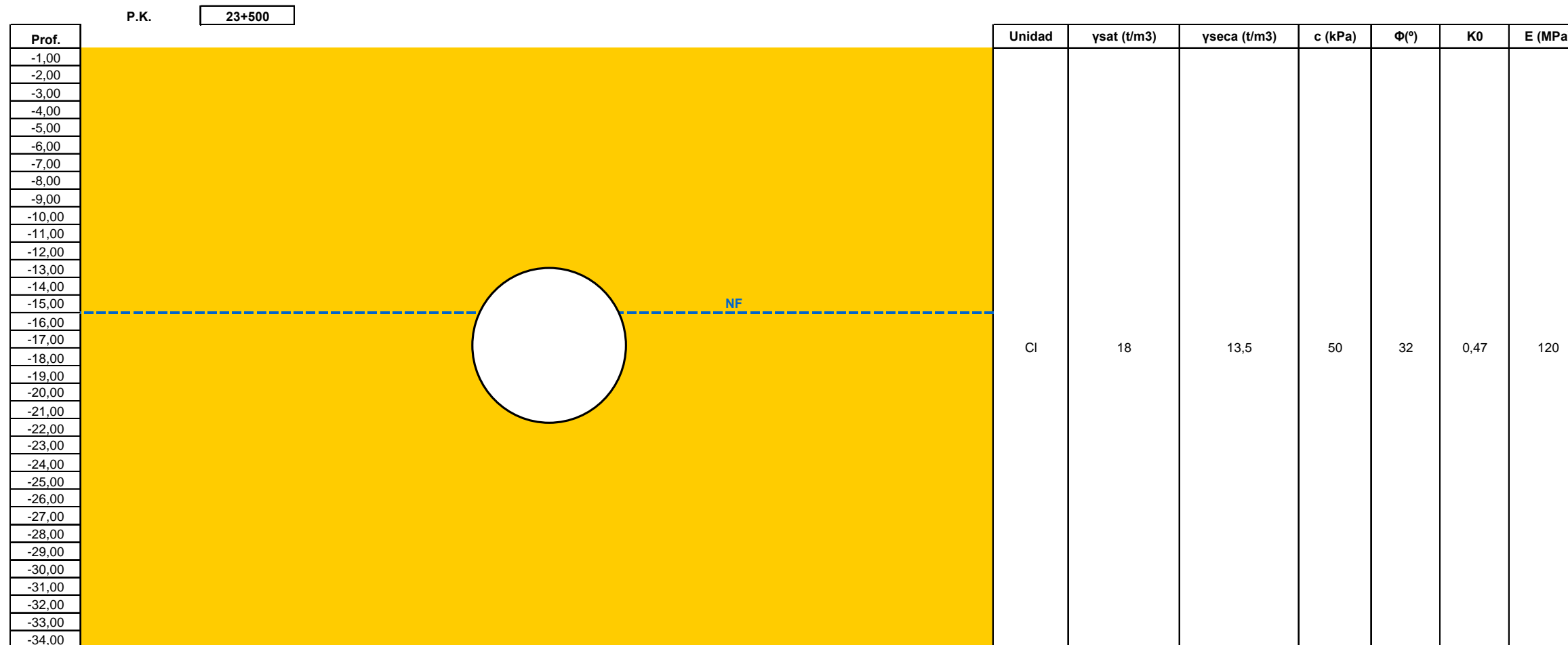
H <sub>0</sub> (m)	P(kPa)*	Sv <sub>max</sub> (m)	i (m)	Vs (m <sup>3</sup> /m)	V <sub>L</sub> (%)	η
13,00	60	0,034	6,5	0,52	0,75	1,36

\* En clave

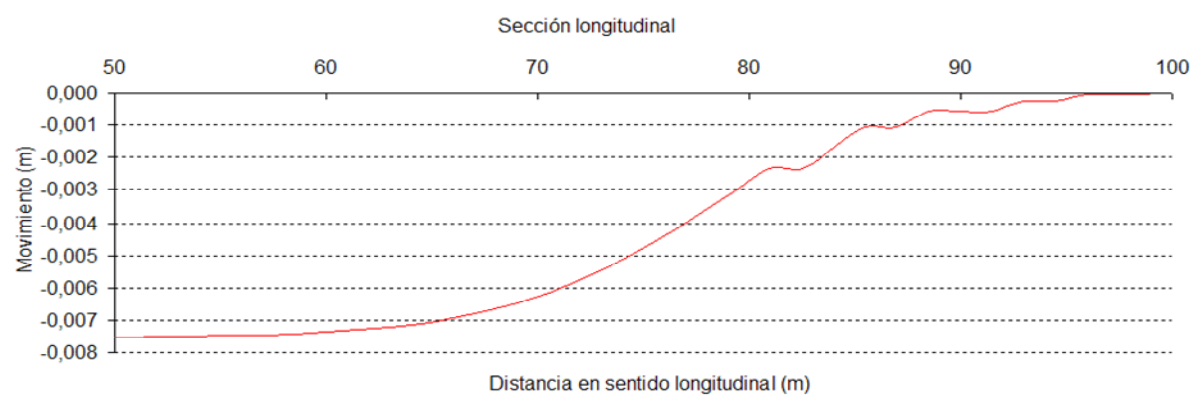




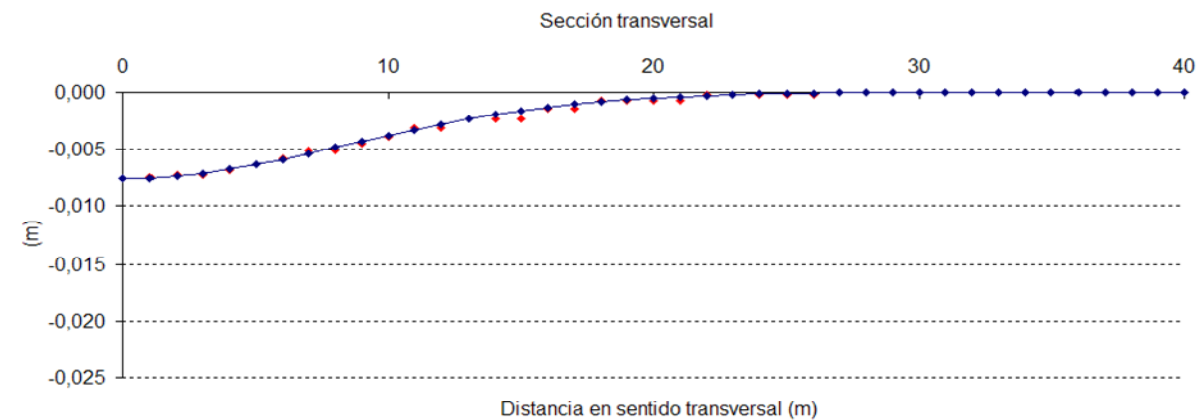
P.K. 18+460



ASIENTOS LONGITUDINALES EN CAMPO LIBRE



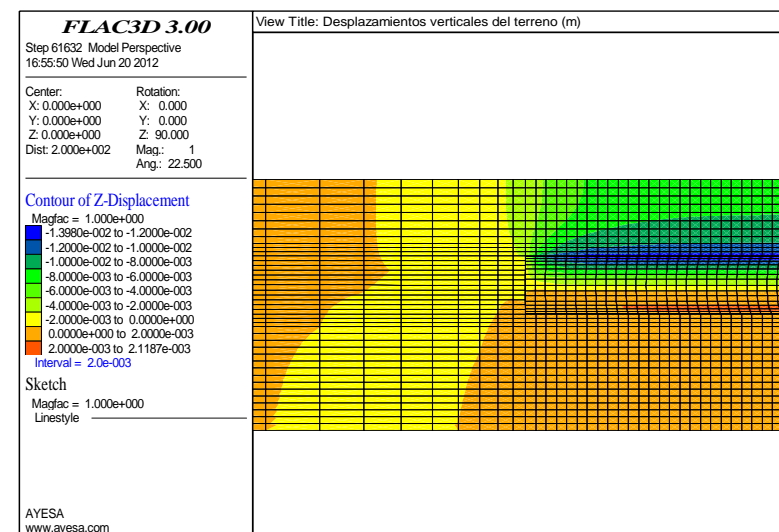
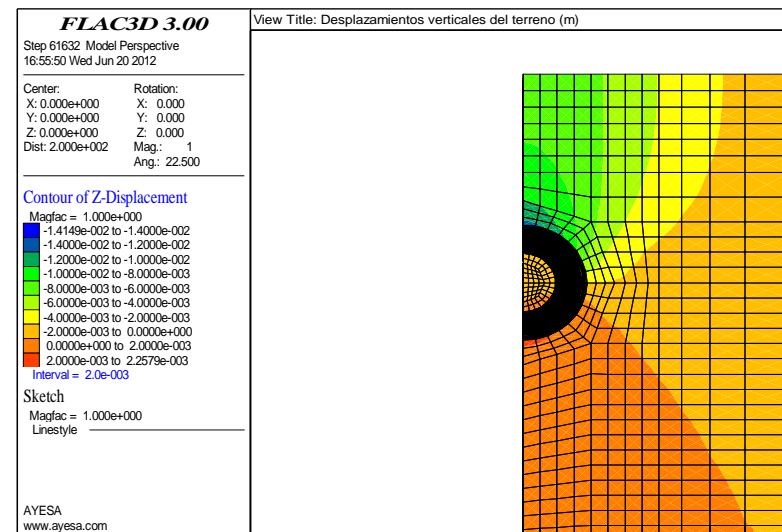
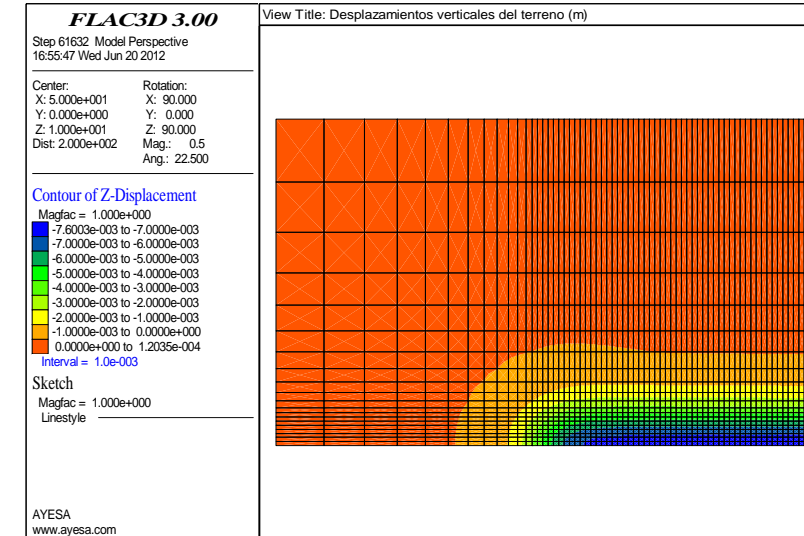
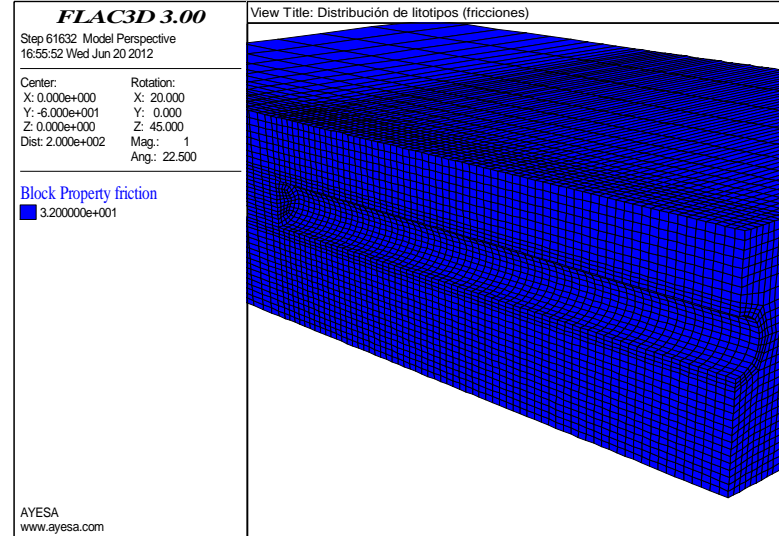
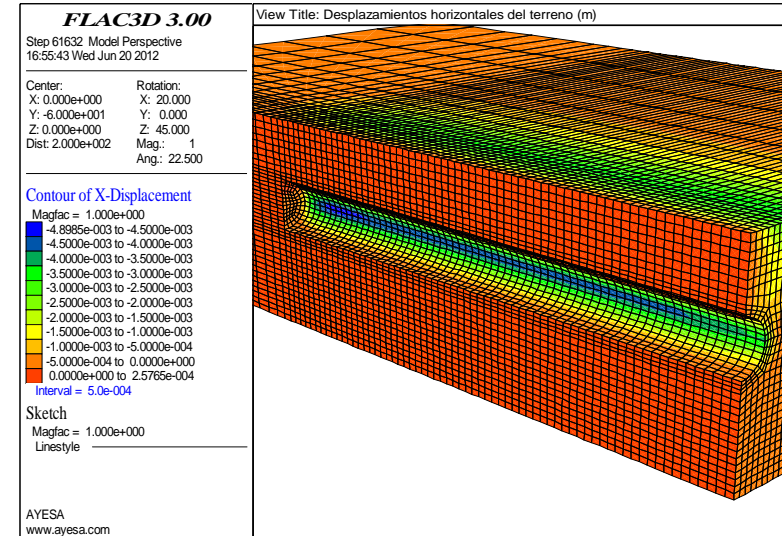
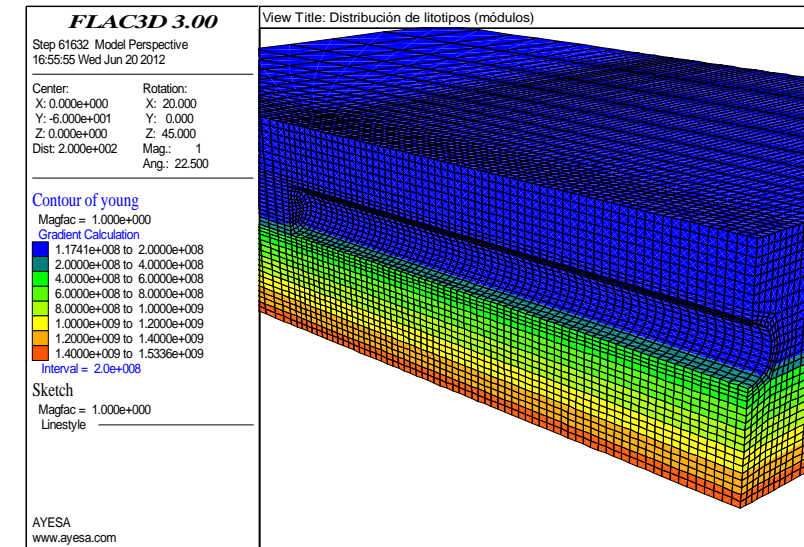
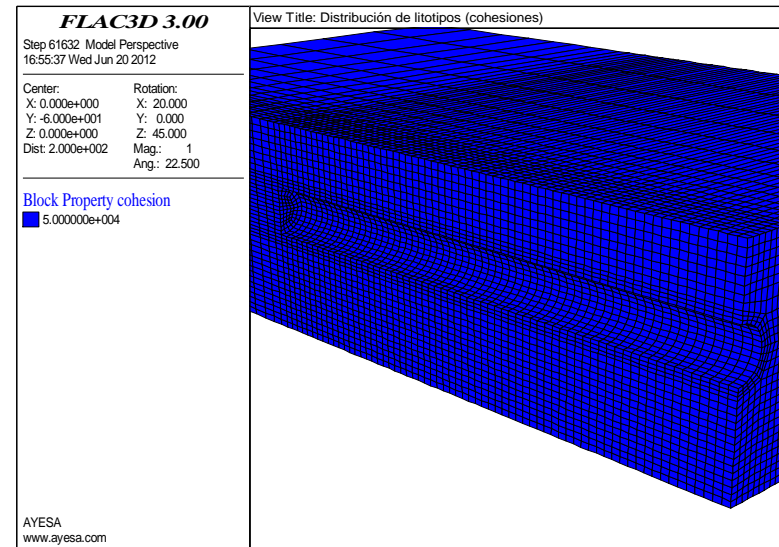
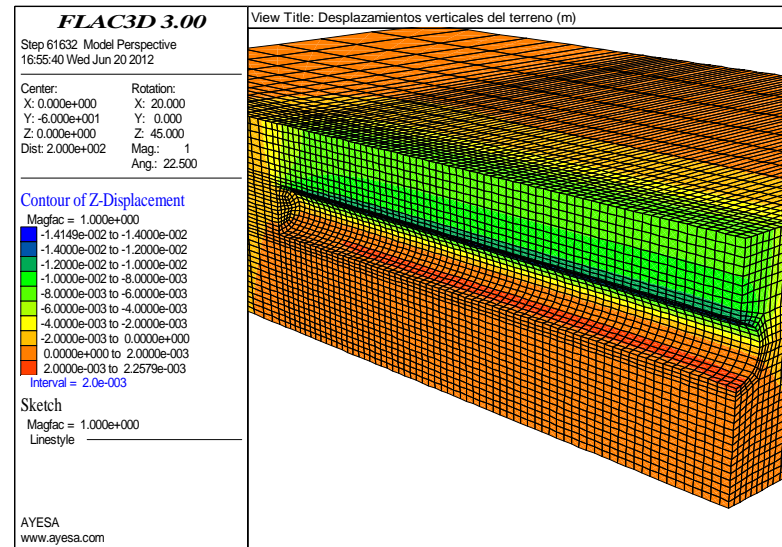
ASIENTOS TRANSVERSALES EN CAMPO LIBRE



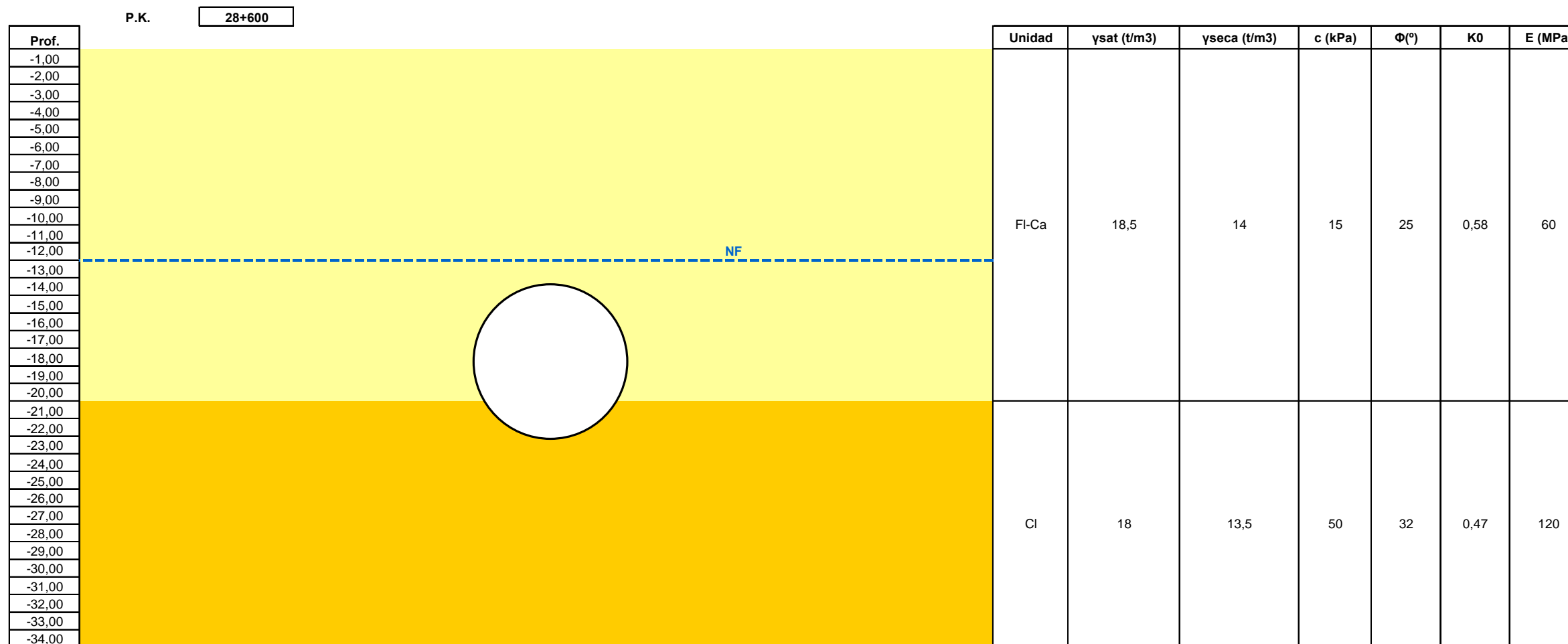
RESUMEN DE RESULTADOS

H <sub>0</sub> (m)	P (kPa)*	S <sub>vmax</sub> (m)	i (m)	V <sub>s</sub> (m <sup>3</sup> /m)	V <sub>L</sub> (%)	$\eta$
17,00	60	0,007	8,5	0,15	0,21	1,24

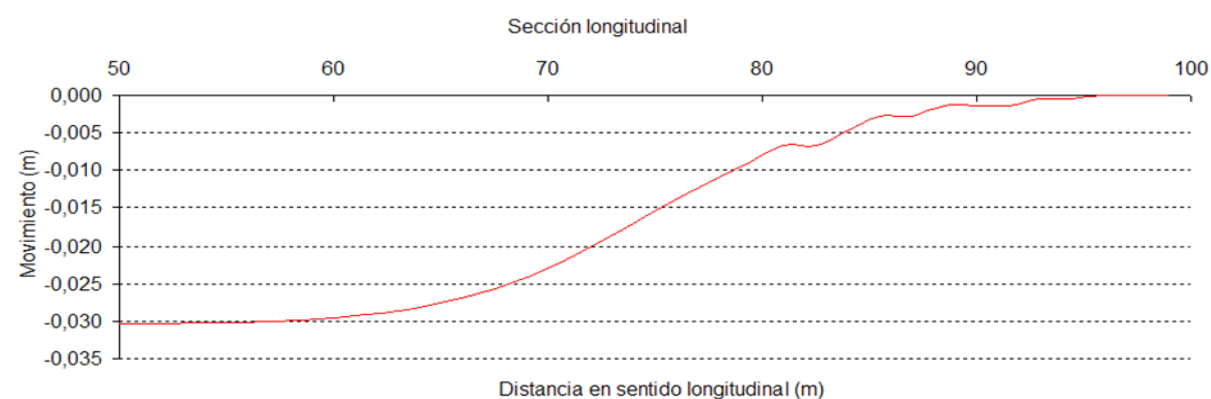
\* En clave



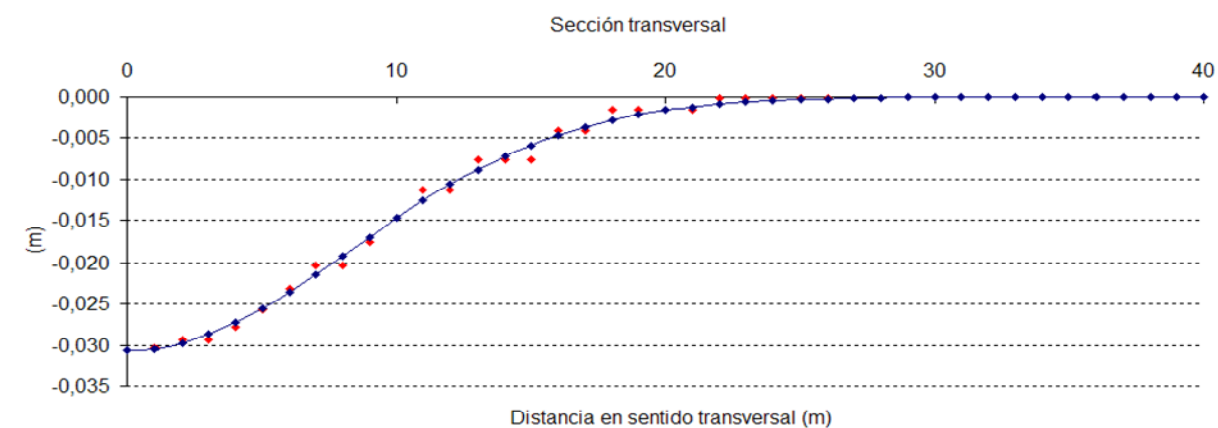
P.K. 23+500



ASIENTOS LONGITUDINALES EN CAMPO LIBRE



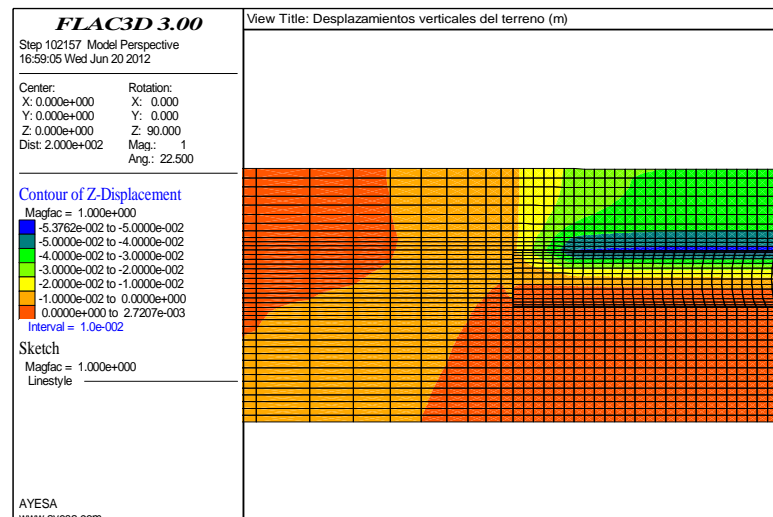
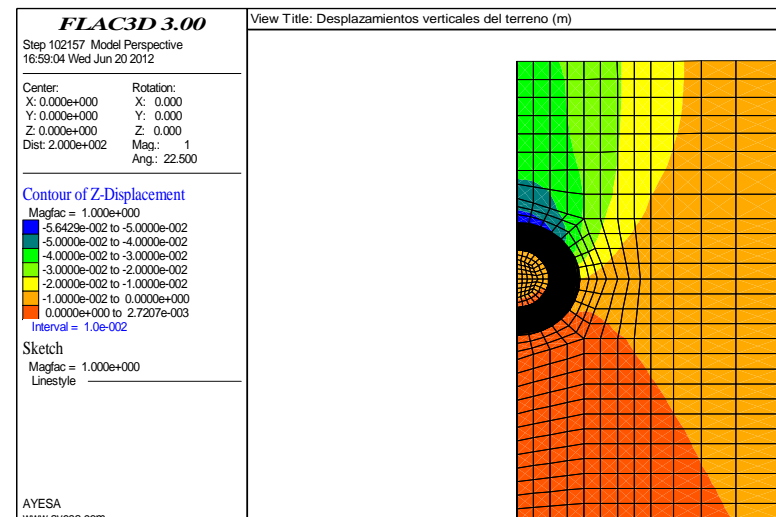
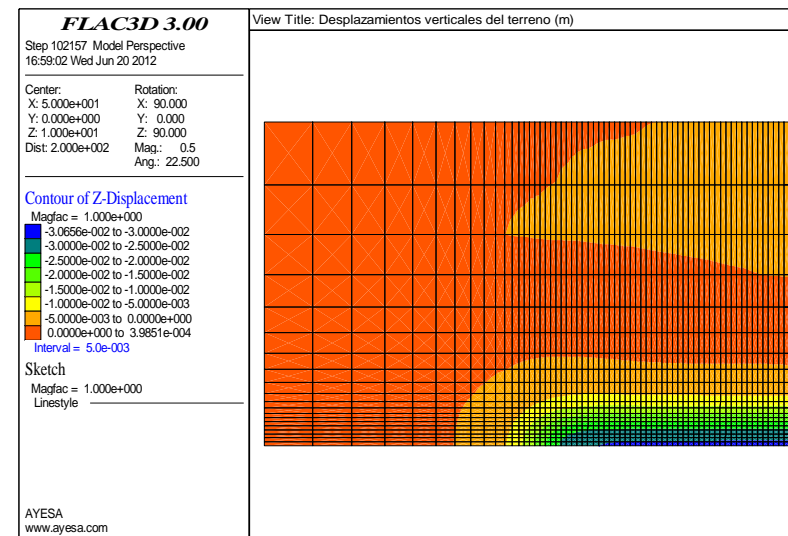
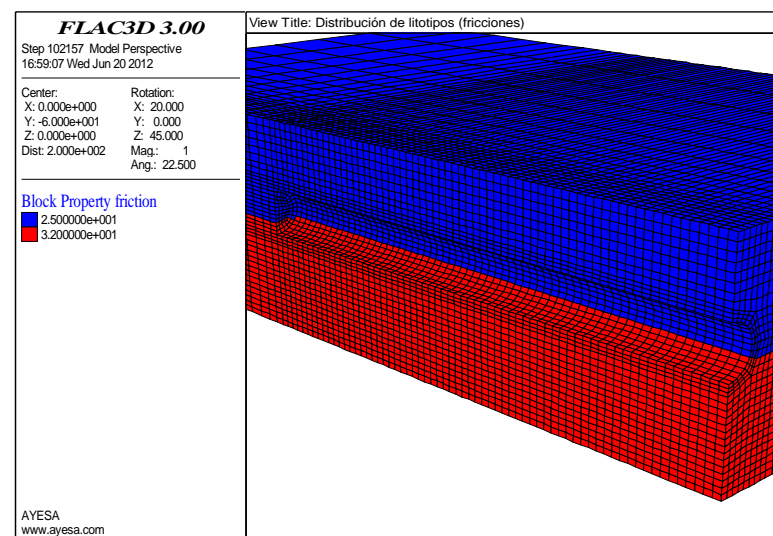
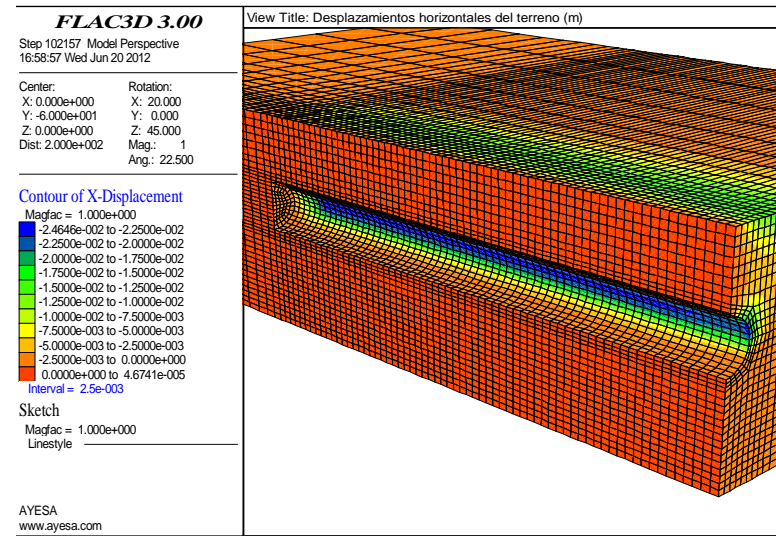
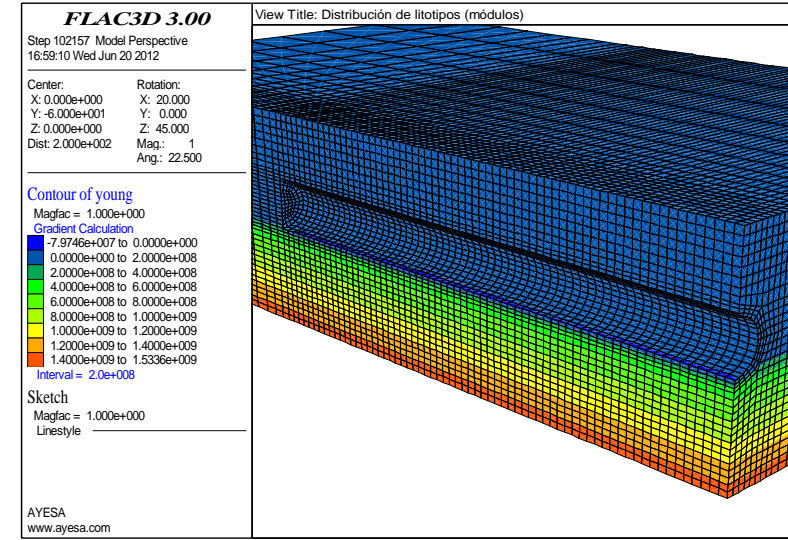
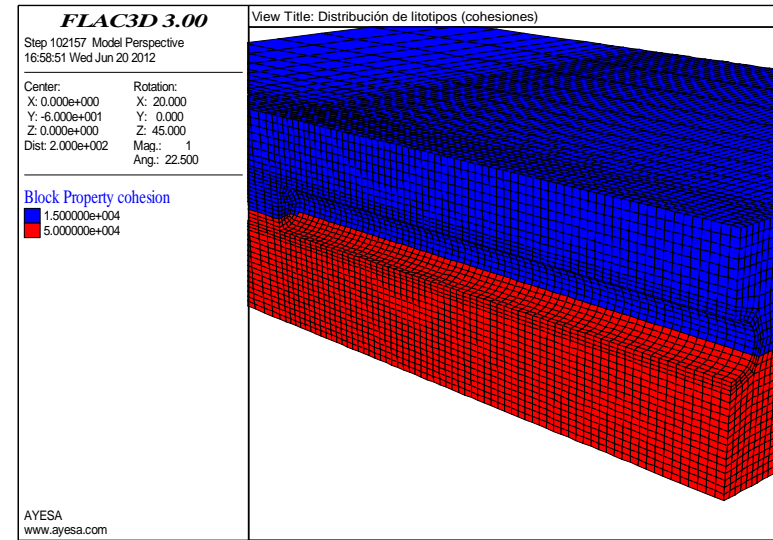
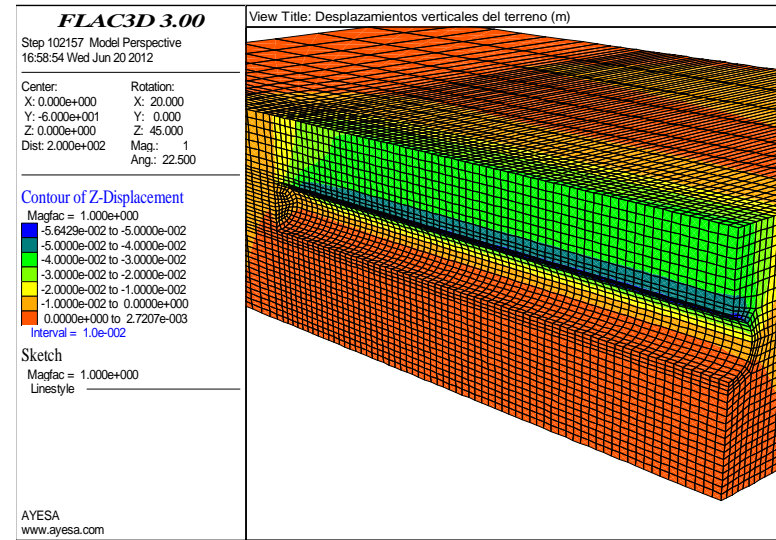
ASIENTOS TRANSVERSALES EN CAMPO LIBRE



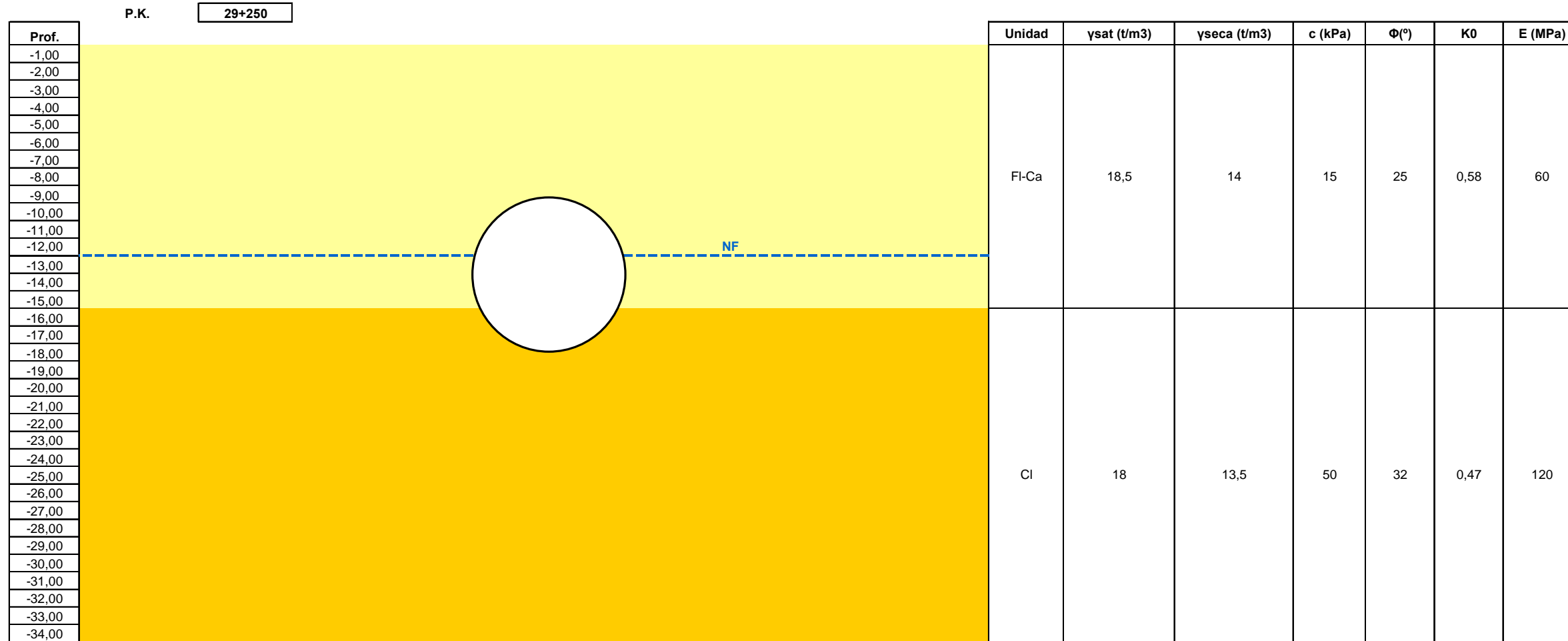
RESUMEN DE RESULTADOS

H <sub>0</sub> (m)	P(kPa)*	S <sub>vmax</sub> (m)	i (m)	V <sub>s</sub> (m <sup>2</sup> /m)	V <sub>L</sub> (%)	$\eta$
18,00	70	0,030	8,25	0,6	0,86	1,12

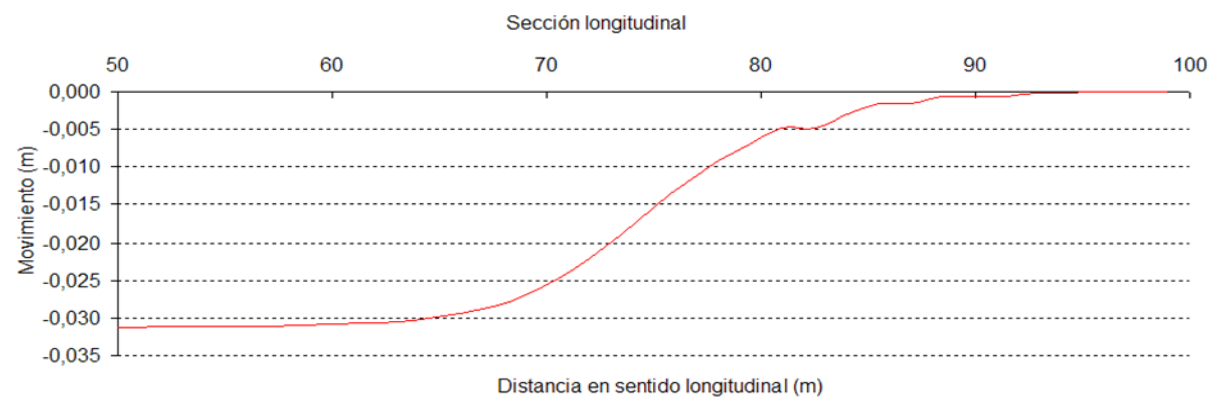
\* En clave



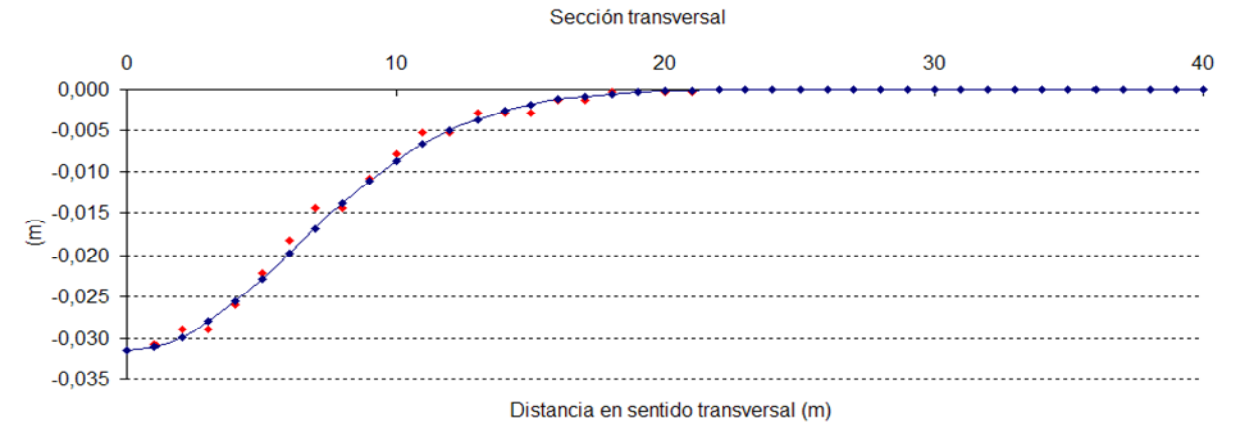
P.K. 28+600



ASIENTOS LONGITUDINALES EN CAMPO LIBRE



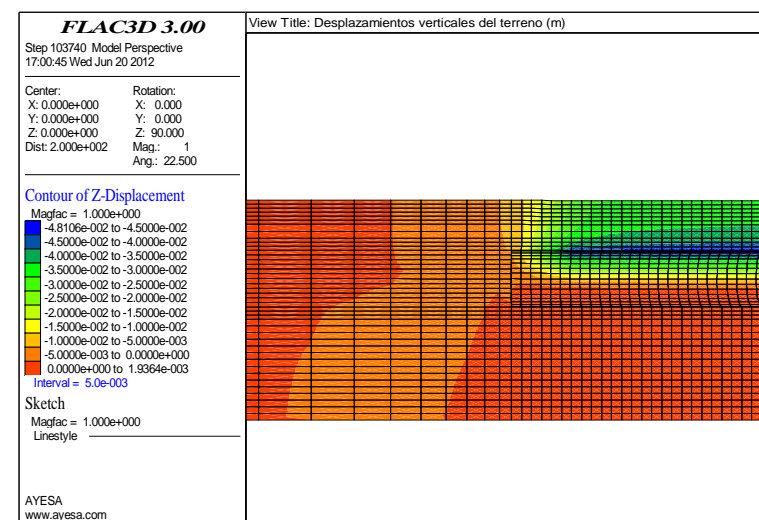
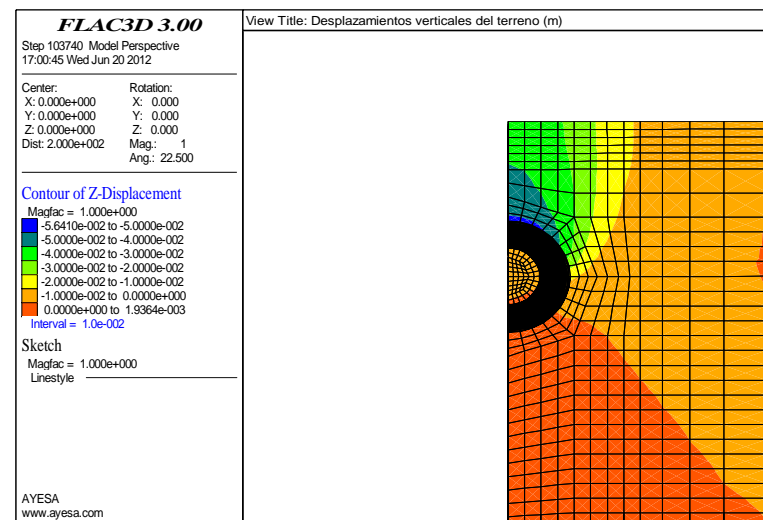
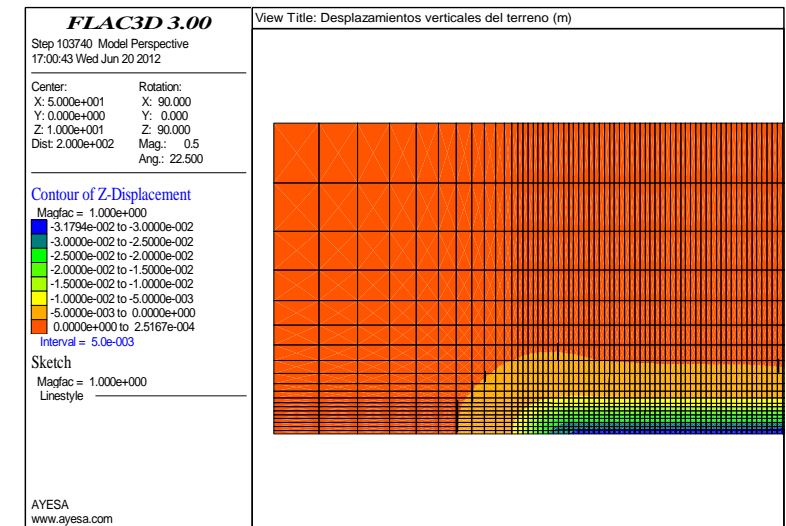
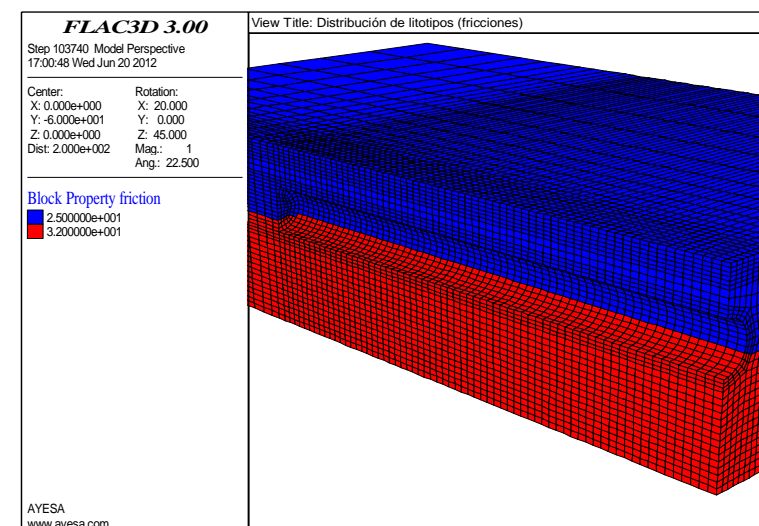
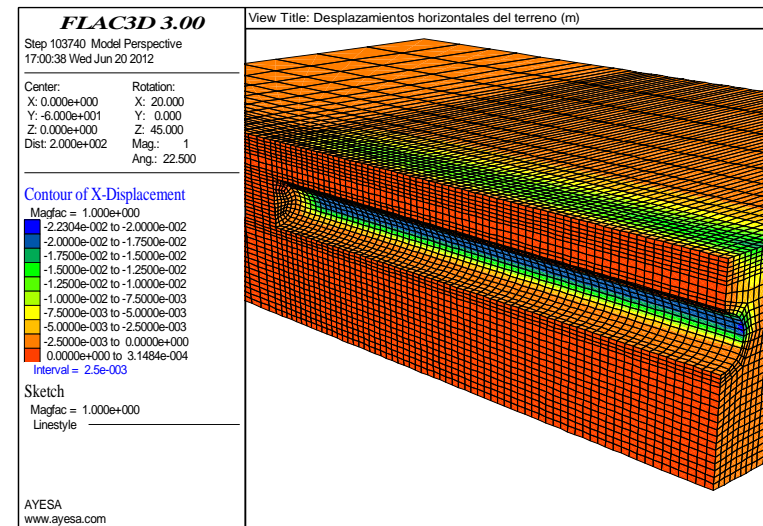
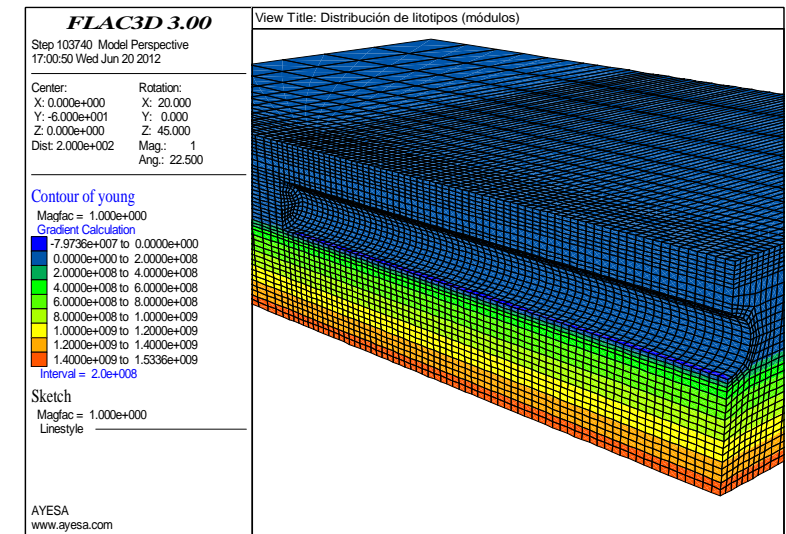
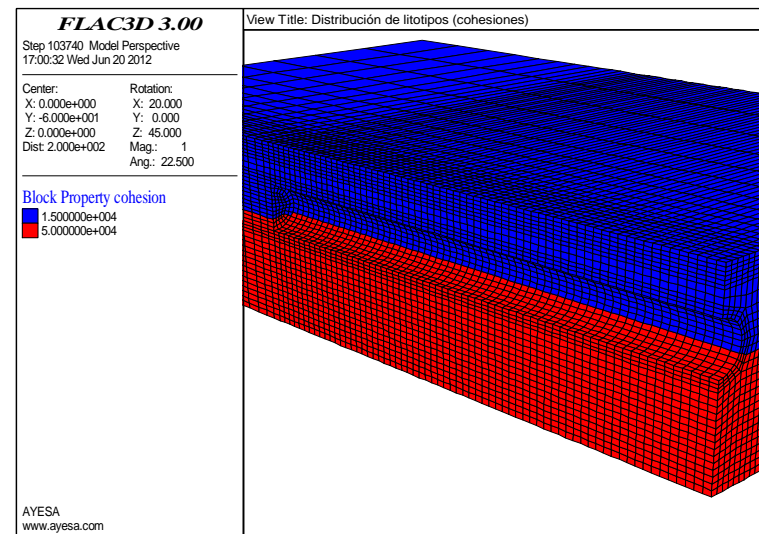
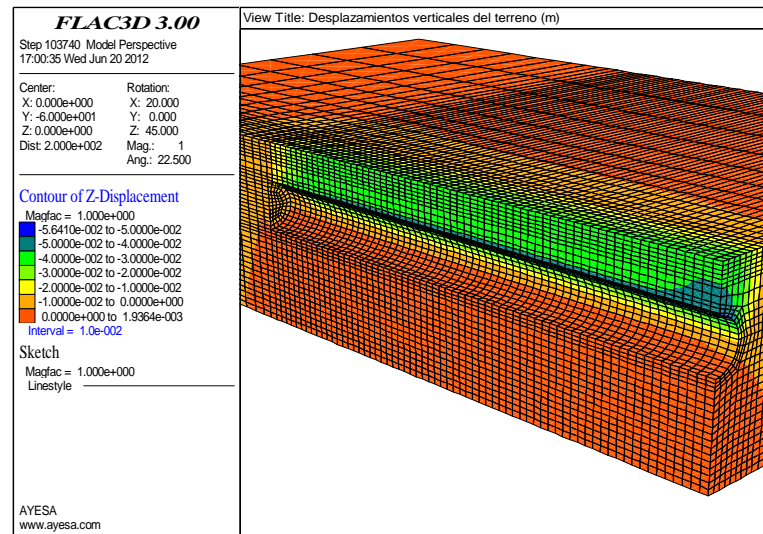
ASIENTOS TRANSVERSALES EN CAMPO LIBRE



RESUMEN DE RESULTADOS

H <sub>0</sub> (m)	P (kPa)*	S <sub>Vmax</sub> (m)	i (m)	V <sub>s</sub> (m <sup>3</sup> /m)	V <sub>L</sub> (%)	$\eta$
13,00	60	0,031	6,25	0,45	0,65	1,31

\* En clave



P.K. 29+250

**APÉNDICE Nº3. FICHAS DE ESTIMACIÓN DE SUBSIDENCIAS CON  
TRATAMIENTOS POR MÉTODOS NUMÉRICOS**