

POTENCIALES APLICACIONES DE GEOSINTÉTICOS A DIQUES DE COLA



Reyes & Asociados S.R.L.
INGENIERIA Y MEDIOAMBIENTE
www.reyesyasoc.com.ar



- Agua con Contaminantes
- Drenaje con SolidificaciónConsolidación
- Evitar contacto con acuíferos
- Simples, Simple Compuestos, Dobles
- Cuando H es significativa ...los sistemas de impermeabilización y drenaje presentan problema singulares
- El agua drenada debe contenerse para tratamiento.....Impermeabilización???



El Suelo de Fundación condicionala elección del tipo de Liner y sistema de drenaje

Desde	A	Descripción del material	Tipo de Suelo Preliminar	Perfil Estándar típico
0.00	0.30	Limo con algo de grava, muy suelta, tamaño max de partícula 1.5", sub redondeadas, no plásticas, marrón claro, seco, homogéneo, reacción de carbonato 2	ML	[Symbol]
0.30	1.50	Limo con algo de grava, muy suelta, tamaño max de partícula 2", sub redondeadas, no plásticas, beige, seco, cementación débil, reacción de carbonato 2	SM	[Symbol]
1.50	2.10	Limo con algo de grava, muy suelta, tamaño max de partícula 2", sub redondeadas, no plásticas, beige, seco, cementación débil, reacción de carbonato 2	SM	[Symbol]
2.10	2.40	Grava y limo, suelta, tamaño máximo de partícula 2", sub redondeadas, no plásticas, beige, seco, cementación débil, reacción de carbonato 2	GM	[Symbol]
2.40	2.45	Yeso.		[Symbol]
2.45	2.75	Grava y limo, suelta, tamaño máximo de partícula 2", sub redondeadas, no plásticas, beige, seco, cementación débil, reacción de carbonato 2	GM	[Symbol]
2.75	2.80	Sal		[Symbol]
2.80	3.00	Grava y limo, suelta, tamaño máximo de partícula 2", sub redondeadas, no plásticas, beige, seco, cementación débil, reacción de carbonato 2	GM	[Symbol]
3.00	3.10	Grava y arena, compacta, grs, seco.	GP	[Symbol]
3.10	3.40	Arena con algo de grava, compacta, grs, sub redondeada, no plástica, húmeda, cementación moderada, reacción de carbonato 2	SP	[Symbol]
3.40	3.70	Sal, forma, marrón claro, seco, cementación moderada, reacción de carbonato 2	SM	[Symbol]
3.70	3.80	Yeso.		[Symbol]
3.80	4.30	Canto Rodado con algo de piedras bocha y algo de arena, muy densa, tamaño máximo de partícula 9", grs, seco, cementación moderada, reacción de carbonato 1	Canto Rodado	[Symbol]
4.30	5.20	Grava con traza de piedra bocha, muy densa, tamaño máximo de partícula 6", sub redondeadas, grs, seco, cementación fuerte, reacción de carbonato 1	GP	[Symbol]
5.20	5.80	Canto rodado con algo de arena, muy densa, grs, seco, cementación moderada, reacción de carbonato 1	Canto Rodado	[Symbol]
5.80	6.00	Grava con traza de piedra bocha, muy densa, tamaño máximo de partícula 6", sub redondeadas, grs, seco, cementación fuerte, reacción de carbonato 1	GP	[Symbol]
6.00	6.90	Sal, compacta, marrón, no plástica, húmeda.	SM	[Symbol]





Ensayos

En laboratorio

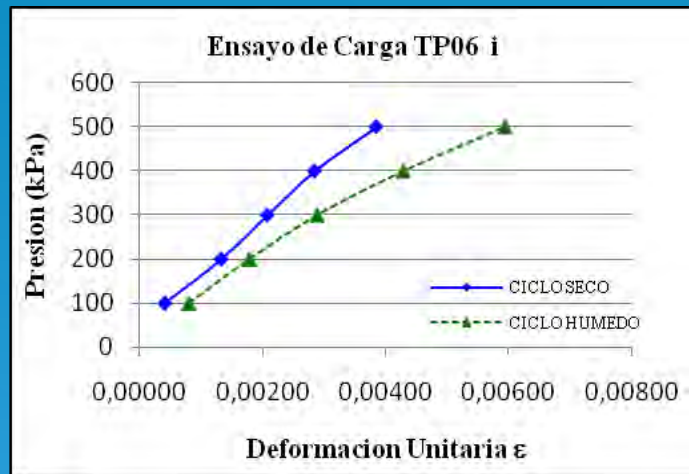
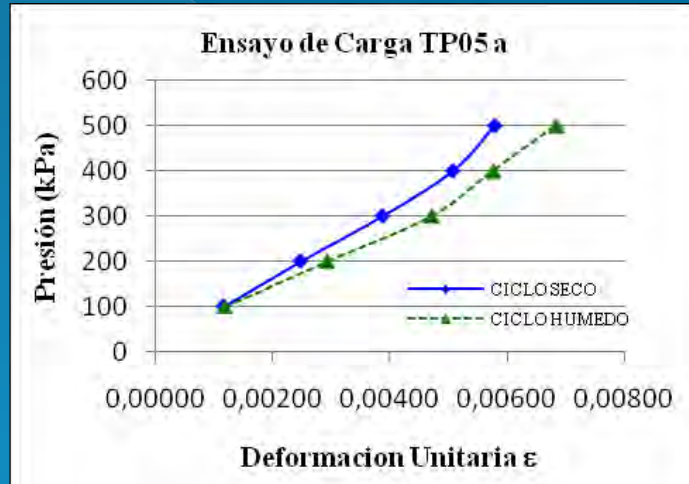
Ensayos de pérdida de masa por ciclos de inmersión - secado.

	<u>Calicata N° 1</u> <u>Prof. 1,00 m</u>		<u>Calicata N° 1</u> <u>1,00-2,50 m</u>		<u>Calicata N° 1</u> <u>5,00-8,00 m</u>	
	<u>Masa</u> <u>(peso)</u> <u>[kg]</u>	<u>%</u>	<u>Masa</u> <u>(peso)</u> <u>[kg]</u>	<u>%</u>	<u>Masa</u> <u>(peso)</u> <u>[kg]</u>	<u>%</u>
<u>Masa Inicial</u>	0,3723	100 %	0,3343	100,0 %	0,4499	100,0 %
<u>Ciclo N° 1</u>	0,3472	93,4 %	0,3077	92,0 %	0,4302	95,6 %
<u>Ciclo N° 2</u>	0,3343	89,7 %	0,2983	89,2 %	0,4196	93,3 %
<u>Ciclo N° 3</u>	0,3301	88,7 %	0,2960	88,5 %	0,4183	93,0 %
<u>Ciclo N° 4</u>	0,3281	88,1 %	0,2948	88,2 %	0,4171	92,7 %
<u>Luego de lavado</u> <u>en tamiz #200</u>	0,1205	32,4 %	0,1150	34,4 %	0,2637	58,6 %

Esto evidencia la importancia del agua percolante en la pérdida de masa



Ensayos realizados





++Ensayos.....

En campo

Ensayos de plato de carga de 0,30 m de lado se obtuvieron los siguientes resultados en condiciones de:

- *Humedad natural*

Rango de variaciones del módulo de Young es de 37 MPa a 300 MPa.

- *Inmersión de 24 horas*

Rango de E varió entre 30 MPa a 105 MPa.

Al incrementar la profundidad el rango evidenciado varió entre 48 MPa hasta 205 MPa que incluye a aquellos con humedad natural e incrementada.

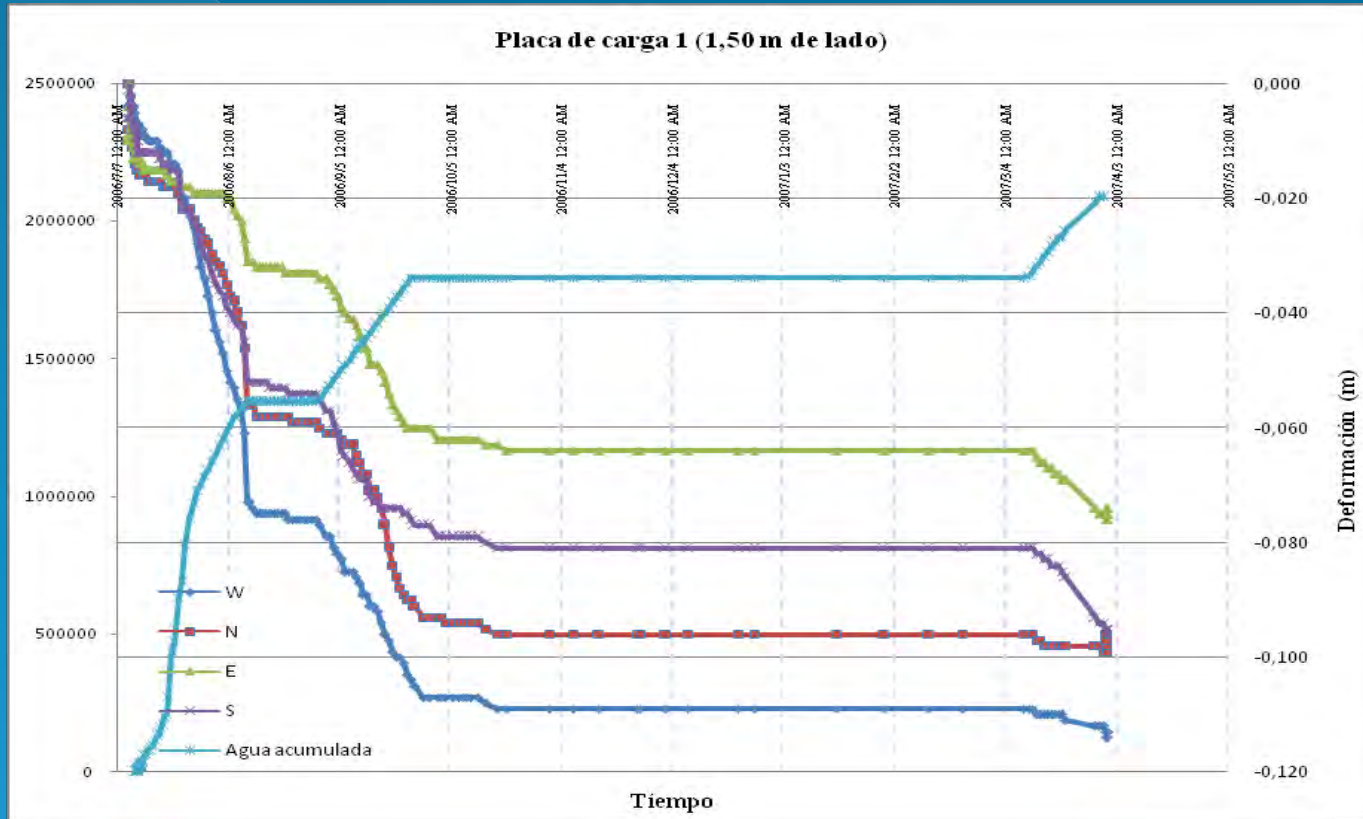


Ensayos de Placa de 1,5 m





Resultados de placa de grandes dimensiones





Resumen Resultados ?????

En campo

Ensayo de plato de carga de 1,50 m de lado se obtuvieron los siguientes resultados en condiciones de:

- *Humedad natural*

Rango de variaciones del módulo de Young es de 34 MPa a 88 MPa

- *Inmersión de una semana*

Al agregar agua percolante a la masa de suelo tensionada y permitir el lapso de tiempo, las deformaciones resultaron significativamente mayores, poniendo en evidencia el efecto de la disolución de yeso como cementante de la fracción fina del suelo y su consiguiente lavado.



Rango de Módulo E

Placa de carga de 0,3 m de lado con Humedad Natural

Calicata	$\Delta\sigma$ (kPa)	Def (m)	$\Delta\varepsilon$ ($2b=0.60m$)	E (kPa)	Prof (m)
TP 05 A	500	0,003480	0,00580	84.572	2,30
TP 05 C	500	0,007970	0,01328	36.925	2,50
TP 05 D	500	0,001170	0,00195	251.538	2,45
TP 05 F	500	0,007610	0,01268	38.671	2,45
TP 05 F	500	0,006260	0,01043	47.009	2,30
TP 06 I	500	0,002310	0,00385	127.402	3,00
TP 06 M	500	0,004760	0,00793	61.832	2,75
TP 06 N	500	0,003280	0,00547	89.722	2,75
TP 06 P	500	0,000970	0,00162	303.403	2,95
TP 06 T	500	0,000070	0,00012	4.204.281	2,55

Placa de carga de 0,3 m de lado con Humedad Incrementada

Calicata	$\Delta\sigma$ (kPa)	Def (m)	$\Delta\varepsilon$ ($2b=0.60m$)	E (kPa)	Prof (m)
TP 05 A	500	0,004110	0,00685	71.603	2,30
TP 05 C	500	0,005550	0,00925	53.023	2,50
TP 05 D	500	0,000230	0,00038	1.279.567	2,45
TP 05 F	500	0,003980	0,00663	73.948	2,45
TP 05 F	500	0,009790	0,01632	30.058	2,30
TP 06 I	500	0,003560	0,00593	82.669	3,00
TP 06 M	500	0,002800	0,00467	105.104	2,75
TP 06 N	500	0,003010	0,00502	97.776	2,75
TP 06 P	500	0,003140	0,00523	93.724	2,95
TP 06 T	500	0,003300	0,00550	98.183	2,55

Placa de carga 0,30 m de lado a mayor profundidad

Calicata	$\Delta\sigma$ (kPa)	Def (m)	$\Delta\varepsilon$ ($2b=60$)	E (kPa)	Prof (m)
1EP7 (Hn)	226	0,001070	0,00178	124.322	4,00
1EP7 (Hn)	537	0,001540	0,00257	205.245	8,40
2 (Hi)	430	0,002040	0,00340	124.067	4,00
2 (Hi)	484	0,005890	0,00982	48.363	8,00
2 (Hi)	323	0,007000	0,01167	27.164	8,00

Placa de carga de 1,5 m de lado a 2,30 m de lado

Ensayo N°	$\Delta\sigma$ (kPa)	Def (m)	$\Delta\varepsilon$ ($2b=300$)	E (kPa)
1	150	0,0050	0,00167	88.290
2	150	0,0120	0,00400	36.787
3	150	0,0130	0,00433	33.962
4	150	0,0080	0,00267	55.181



Se realizaron dos ensayos de carga variable que arrojaron valores de permeabilidad no saturada (ninguna de las áreas bajo los pozos excavados e inundados se encontraba previamente saturada) en el rango 4×10^{-6} a 6×10^{-6} m/s.

A largo término el efecto de disolución del cementante cobra importancia en el comportamiento mecánico.



**Cual es la Importancia que
estos Parámetros tienen.....??**



Comportamiento del suelo

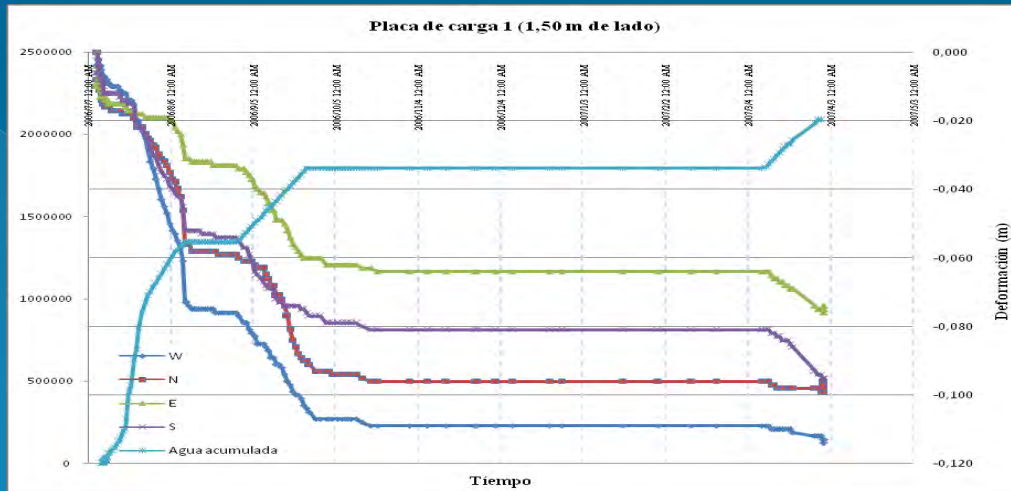
El agua actúa sobre las fracciones finas transportándolas y depositándolas en fisuras que luego sirven como planos de resistencia determinantes al corte.

Además de precipitaciones la infiltración puede originarse a partir de la impermeabilización de estructuras de retención .

En el suelo bajo análisis existen dos tipos de características determinantes de la resistencia al corte y por ende de las deformaciones:

1. Presencia de capas delgadas subhorizontales cementadas con yeso
2. Distribución aleatoria de dicho cementante diluible bajo la acción de agua en tiempos relativamente prolongados.

Al diluirse y ser transportado se deposita en canales preferenciales de flujo determinando el origen de potenciales “zonas de falla”.



Probablemente como consecuencia que la disolución del yeso cementante ya había tenido lugar en la etapa de incremento de humedad anteriory entonces la modificación del ángulo de fricción operacional depende ahora de la humedad natural de la fracción fina (Hvorslev, M. J.).

Este último fenómeno tardapero el aumento del índice de vacíos ocasiona disminución de la capacidad de carga y aumento de la deformabilidad de la masa de suelo tensionada.



Análisis de los resultados

Las deformaciones esperables ante la aplicación de cargas considerables (en exceso de 200 kPa) poseen naturaleza diversa.

- En primer término las **deformaciones inmediatas o elásticas**.

Teniendo en cuenta que se trata de un estrato de suelo cuya módulo de deformación aparentemente no se incrementa en profundidad asumiremos la teoría de Biot.....tiene en cuenta deformaciones tridimensionales elásticas de un estrato relativamente más deformable sobre otro rígido:

$q = 400 \text{ kPa}$ $E = 30 \text{ MPa}$
 $\mu = 0,3$ $a = 500 \text{ m}$
 $h = 50 \text{ m}$

$$w = \frac{2 \cdot a \cdot q \cdot (1 - \mu^2) \cdot K}{E}$$

La deformación estimada al centro ($K = 0,05$) resulta $w = 0,60 \text{ m}$

Y la estimada en el extremo del área cargada ($K_1 = 0,25$) resulta $w = 0,30 \text{ m}$

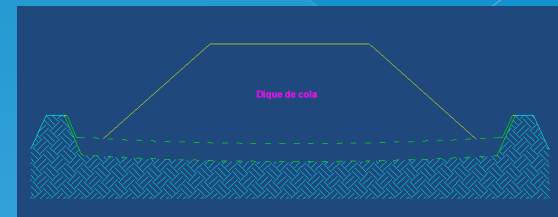


Análisis de los resultados

- En segundo término**AGUA**las deformaciones por disolución del cementante (yeso)se incrementan con la percolación del agua, razón por la cual no posee un valor representativo.

Durante un esquema de irrigaciónsin impermeabilización de fondo durante 60 días $S = 0,10$ m para..... 150 kPa.si la vía de agua concentrada se produjera en proximidades del centro del área cargada (400 kPa??).....que valor podríamos estimar??

El tipo de carga normalmente posee una disposición perimetral en talud desde los extremos hacia el centro (50-100 m aproximadamente)..... soportan una carga incremental distribuida que va desde 0 hasta 400 kPa. una ulterior influencia *en la magnitud de los asentamientos diferenciales esperables.*



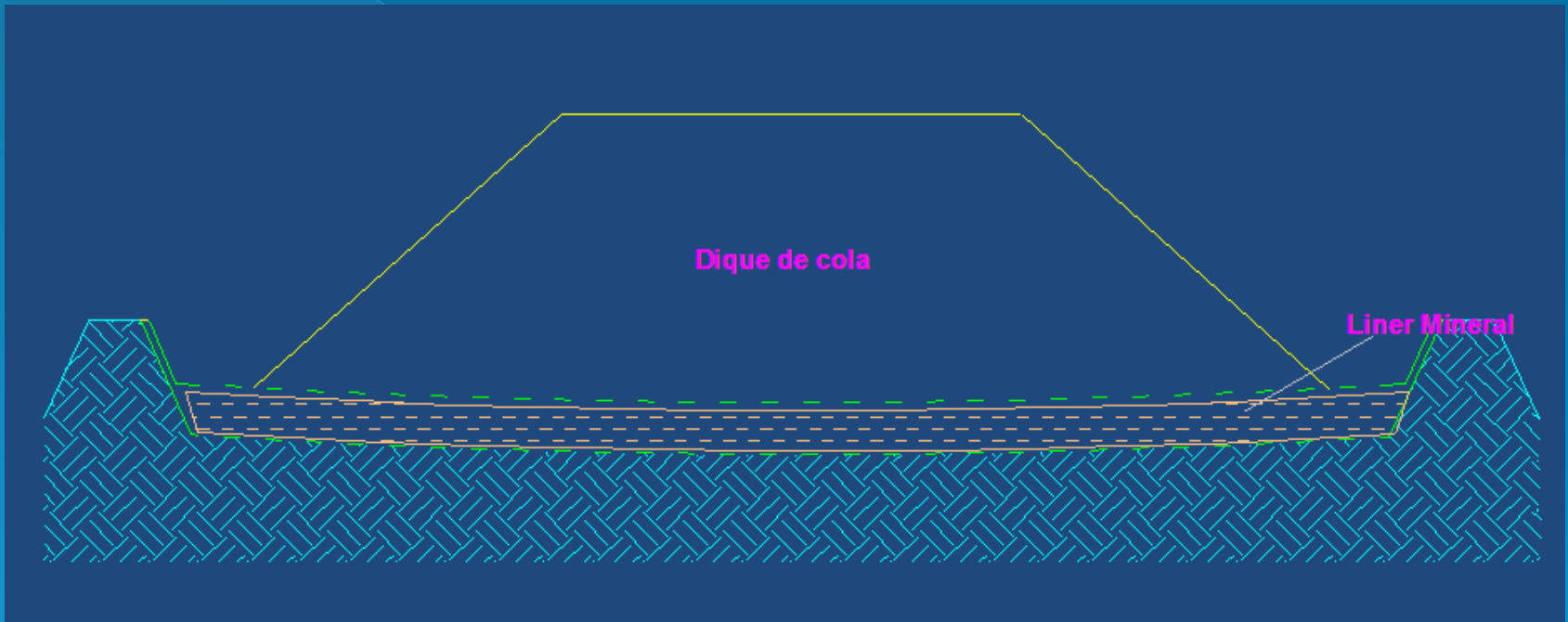


Asentamiento diferencial entre extremo y centro del
área cargada con carga final de 400
kPa???..... 0,50m y un total de
aproximadamente 1,00 m??



Diseño de dique de cola

Liner Mineral...??



Efecto Shadow?



Diseño de dique de cola

Consideraciones

El objetivo es minimizar las deformaciones totales y diferenciales a fin de **mantener la integridad del liner de fondo.**

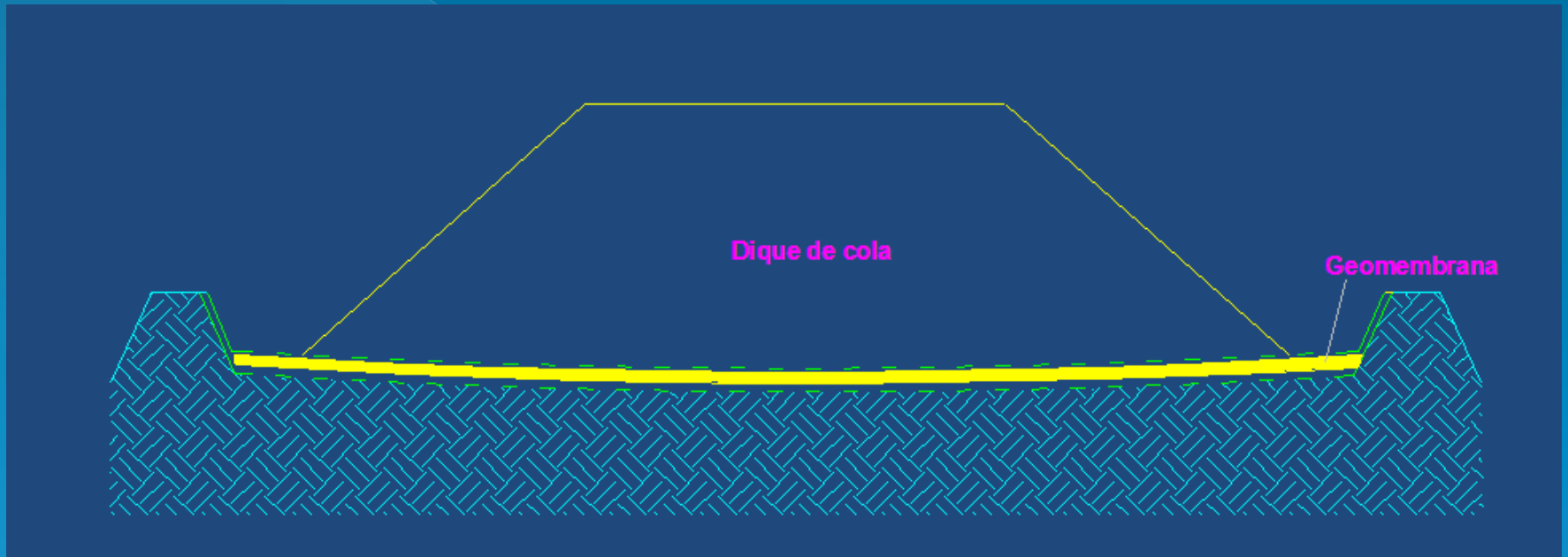
Minimizar fugas del líquido contenido y potencialmente percolante a través del liner de fondo.

- Evitar contacto con eventuales napas superficiales,**

- Evitar la **disminución de la resistencia al corte** en profundidad.



Diseño de dique de cola Alternativas??



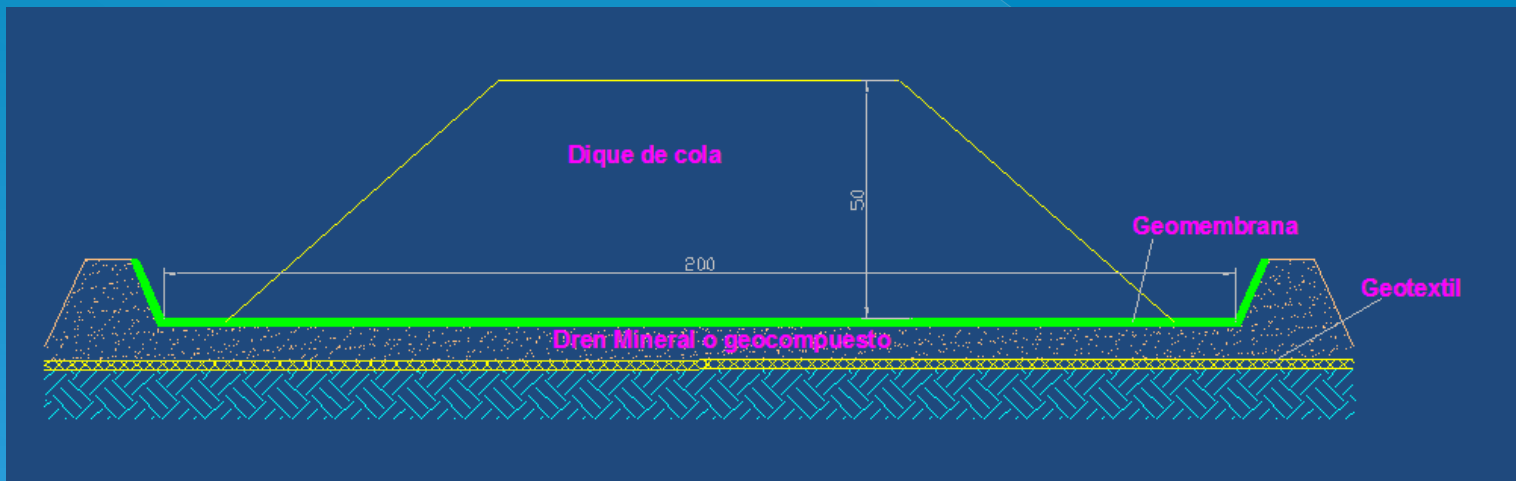
Recordemos que las fibras de PP y PE
Poseen 20 a 30 % def. a rotura



Diseño de dique de cola

Que Alternativas podemos proveer?

- Drenar **por debajo del liner de impermeabilización**.para controlar percolación a través del liner y de condensación conduciendo a cámaras perimetrales.
- Utilizar geocompuestos como liners de fondo y geodrenes para control del percolado .





Diseño de dique de cola Simultáneamente

GCL`sserán de aplicación?????

GM Tendrán mejor comportamiento ante deformaciones????

Las Deformaciones Diferenciales deben tenerse en cuenta en todos los Geocompuestos en el Diseño..... Para evitar contrapendientes y asegurar salida del percolado a cámaras

No diseñar compuestos de impermeabilización para soportar tensiones.....



Proyectar el crecimiento en altura y superficie del dique

- ⦿ Para evitarexcesivas tensiones diferenciales
- ⦿ Para no Exponer a rayos UV grandes superficies sin cubrir.....
- ⦿ No equivocarse la dirección de colocación de geocompuestos
- ⦿ Diseñar en función de la longitud de Rollosminimizar juntas



++++Las que todos Uds. Deseen proponer
y discutir.....

GRACIAS POR SU ATENCIÓN !!!!