



**14<sup>vo</sup> Congreso Iberoamericano  
de Pavimentos de Concreto**

**2<sup>do</sup> Congreso Iberoamericano de  
Pisos Industriales de Concreto**





**14**vo Congreso Iberoamericano  
de Pavimentos de Concreto

**2**do Congreso Iberoamericano de  
Pisos Industriales de Concreto



# Sistemas de Soporte Geotécnico para Pisos Industriales: desafíos y soluciones

Gastón Laporte Molina  
INSUMA SA  
Costa Rica



Tel: (506) 2234-5070 Fax: (506) 2234-9290 E-mail: info@insuma.co.cr



# 1. Introducción



## 1.1 Importancia de los pisos industriales en sectores productivos

- Definición y función de pisos y losas industriales.
- Importancia de la interacción suelo–estructura.
- Objetivo: identificar factores geotécnicos críticos para un diseño seguro y duradero.



**14**vo Congreso Iberoamericano  
de Pavimentos de Concreto  
**2**do Congreso Iberoamericano de  
Pisos Industriales de Concreto



## 1.2 Importancia de la interacción suelo-estructura

- **Importancia de la interacción suelo-estructura.**
- **Objetivo: identificar factores geotécnicos críticos para un diseño seguro y duradero.**

La calidad del piso industrial comienza desde su base. El estudio geotécnico del suelo sobre el cual se apoya, no solo es esencial para evitar fallas estructurales, sino que también es clave para garantizar seguridad operativa y costos sostenibles a largo plazo; por lo tanto, si no se estudia adecuadamente, este podría hundirse, agrietarse o deformarse.

### 1.3 Objetivos:

Identificar problemas geotécnicos existentes y futuros, para su análisis y propuesta de solución para evitar problemas de funcionalidad de la obra, a través del estudio geotécnico



**Falla de un piso por licuefacción**



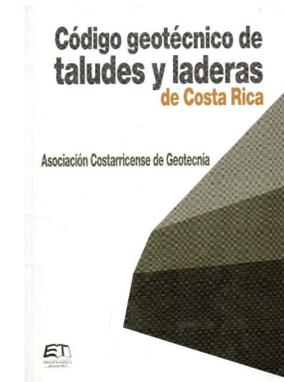
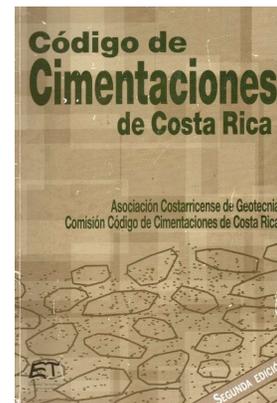
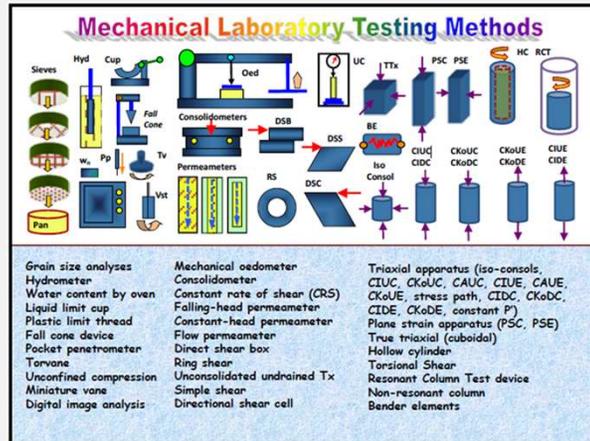
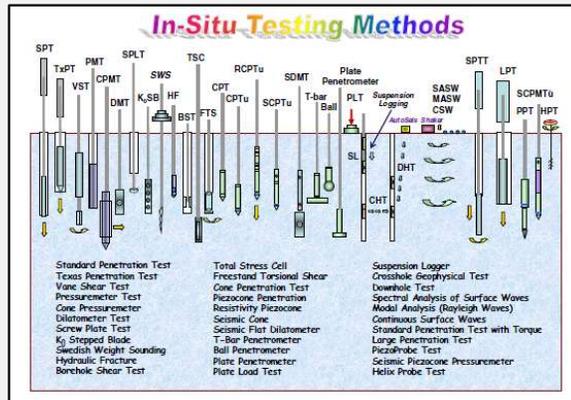
14<sup>vo</sup> Congreso Iberoamericano de Pavimentos de Concreto  
2<sup>do</sup> Congreso Iberoamericano de Pisos Industriales de Concreto



## 2. Investigación y modelo geotécnico

### 2.1 Investigación

- Levantamiento geológico y geotécnico del sitio.
- Ensayos caracterización geotécnica (granulometría, límites Atterberg)
- Ensayos de campo SPT, CPT, DPL DCP, Presiómetro, etc
- Ensayos especiales (Triaxial, corte directo, consolidación, etc).
- Ensayos de carga de placa o CBR si aplica





14<sup>vo</sup> Congreso Iberoamericano de Pavimentos de Concreto

2<sup>do</sup> Congreso Iberoamericano de Pisos Industriales de Concreto

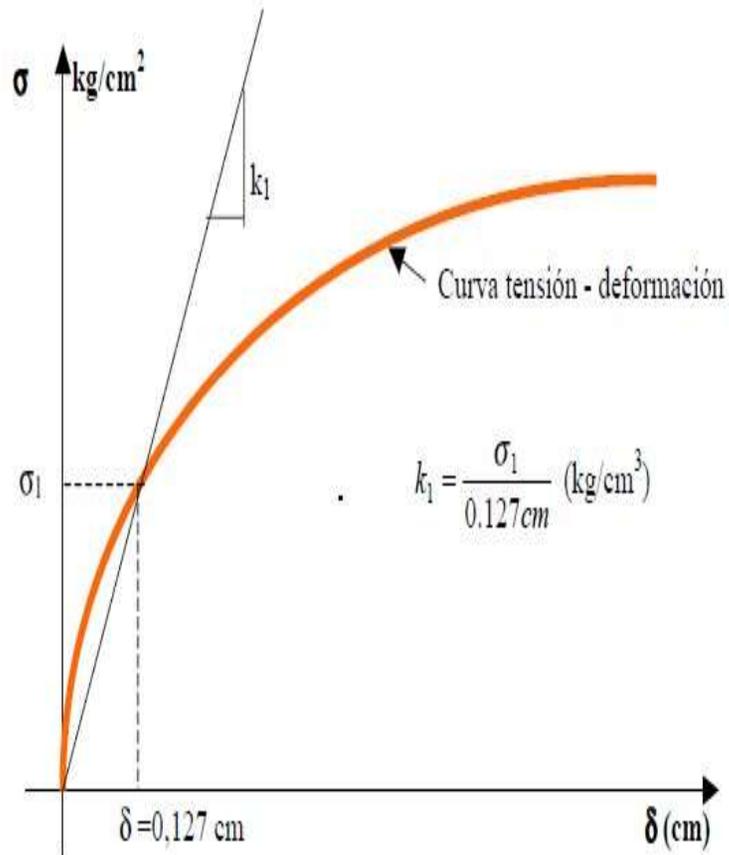
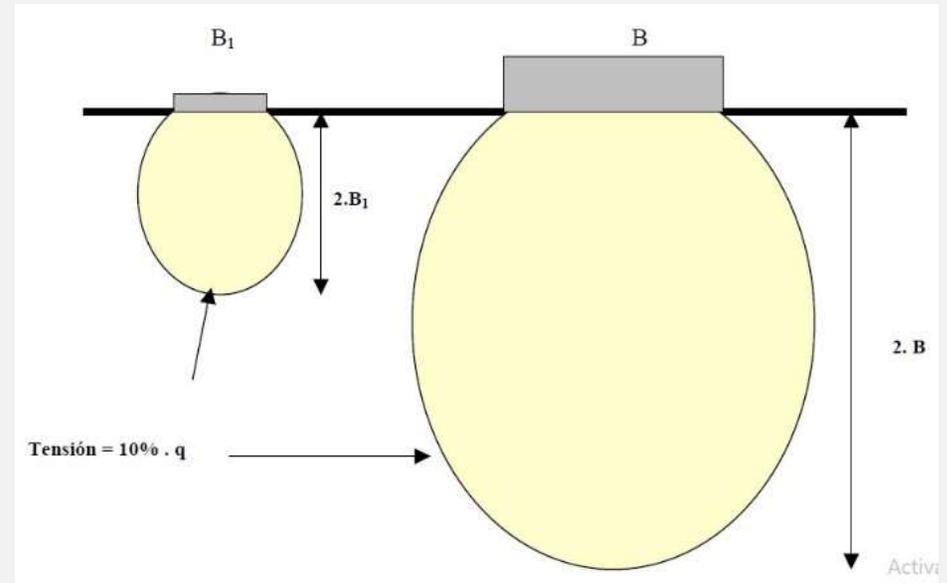


Figura N° 1. Coeficiente de elasticidad



## PRUEBAS DE PLACA

- DETERMINACIÓN DE MODULO DE REACCIÓN VERTICAL ( $k_s$ )
- DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE SOPORTE ÚLTIMA Y ADMISIBLE ( $q_{ult}$  y  $q_{adm}$ )
- DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE

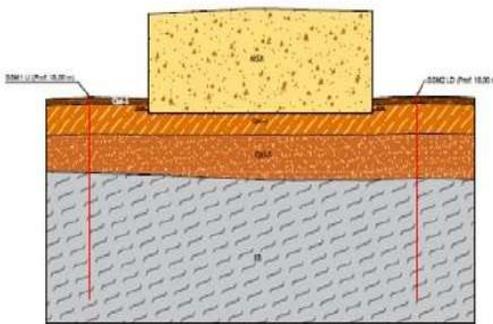


**14**vo Congreso Iberoamericano de Pavimentos de Concreto  
**2**do Congreso Iberoamericano de Pisos Industriales de Concreto

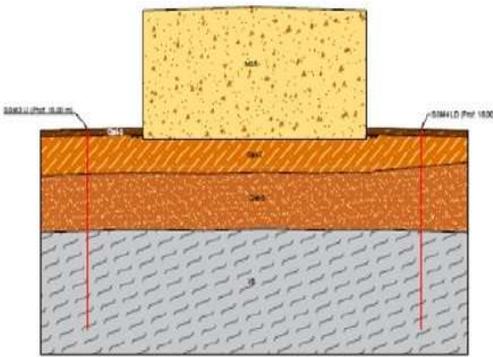


## 2.2 Perfil estratigráfico del subsuelo y modelo geológico-geotécnico

### MODELO GEOLÓGICO. BASTIÓN B1.



### MODELO GEOLÓGICO. BASTIÓN B2.



### LEYENDA GEOLÓGICA

- MSR**  
**MURO EN SUELO REFORZADO**  
 El material de relleno se compone de gravas y arenas con clasificación GP
- Qal-1**  
**DEPÓSITO VOLCÁNICO - ALUVIAL**  
 Qal-1  
 Depósito volcánico - aluvial de textura limo - arcillosa color marrón oscuro y consistencia medianamente firme
- Qal-2**  
**DEPÓSITO VOLCÁNICO - ALUVIAL**  
 Qal-2  
 Depósito volcánico - aluvial de textura arcillo - limosa de color marrón amarillento
- Qal-3**  
**DEPÓSITO VOLCÁNICO - ALUVIAL**  
 Qal-3  
 Depósito volcánico aluvial de textura areno - arcillosa de color marrón amarillento
- IIB**  
**ROCAS VOLCÁNICAS**  
**FORMACIÓN BRITO**  
 Horizonte IIB  
 Toba lapilli de color gris

TERCIARIO/CUATERNARIO

Cuadro 4. Resumen de valores  $N_{SPT}$  obtenidos de las perforaciones.

Profundidad (m)	Valores $N_{SPT}$							
	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8
0,00 - 0,45	13	9	19	12	20	18	14	15
0,45 - 0,90	7	5	10	8	6	6	13	12
0,90 - 1,35	15	10	9	16	7	8	9	9
1,35 - 1,80	7	12	5	12	10	9	9	10
1,80 - 2,25	9	6	12	10	15	15	8	9
2,25 - 2,70	11	14	12	18	15	13	5	17
2,70 - 3,15	12	16	13	17	23	12	20	18
3,15 - 3,60	8	13	10	13	15	(*)	22	(*)
3,60 - 4,05	10	12	14	8	13		11	
4,05 - 4,50	21	20	13	13	15		11	
4,50 - 4,95	13	6	16	19	7		15	
4,95 - 5,40	4	5	11	10	6		14	
5,40 - 5,85	2	15	6	5	2		5	
5,85 - 6,30	3	2	4	4	3		5	
6,30 - 6,75	10	3	6	6	5		4	
6,75 - 7,20	17	3	5	32	6		18	
7,20 - 7,65	(*)	33	31	35	12		19	
7,65 - 8,10		27	25	(*)	24		10	
8,10 - 8,55							28	

### Simbología

- Relleno conformado por materiales del sitio.
- Limo arcilloso y/o arcillo arenoso café.
- Arena y/o arena limosa gris y/o café.
- Tramo de consistencia blanda ( $N_{SPT} < 9$ ).
- Rebote del equipo.
- Nivel freático.

Modelo geológico del terreno en el entorno de los bastiones B1 y B2



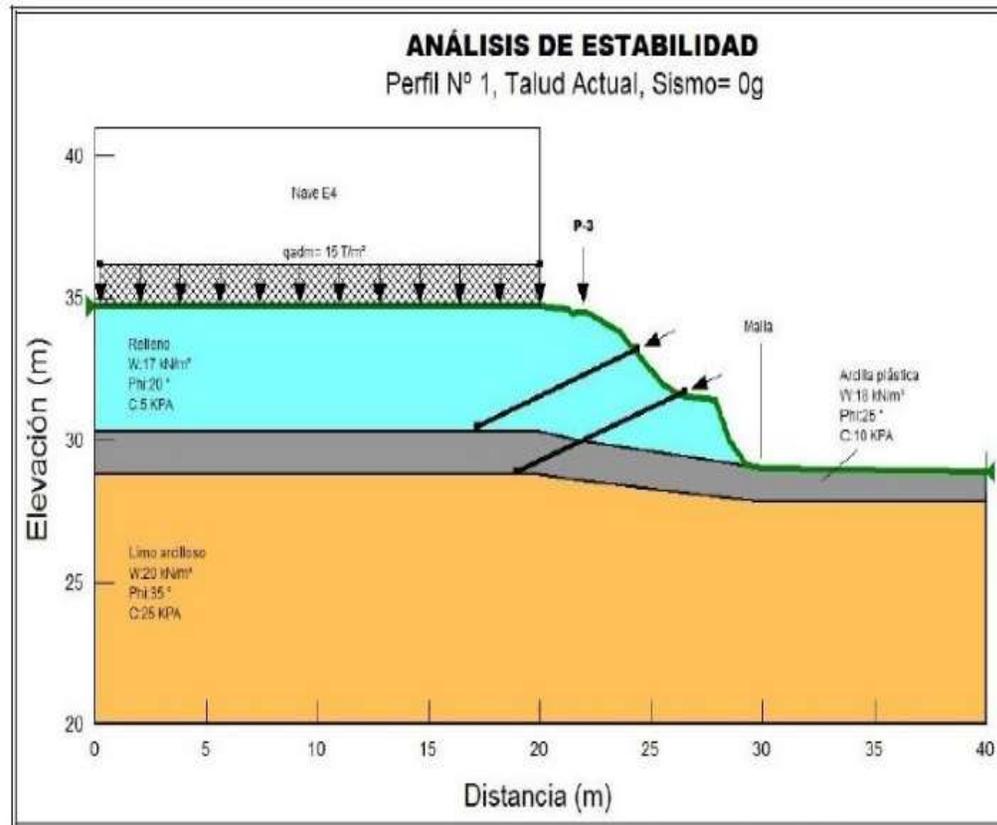
14<sup>vo</sup> Congreso Iberoamericano de Pavimentos de Concreto  
2<sup>do</sup> Congreso Iberoamericano de Pisos Industriales de Concreto



## MODELO DE UN RELLENO INESTABLE Y PARÁMETROS GEOTÉCNICOS

Parámetros de Resistencia utilizados en el Modelo.

Capa N°	Descripción	Peso Volumétrico (Ton/m <sup>3</sup> )		Cohesión (Ton/m <sup>2</sup> )	Ángulo de Fricción (°)
		Total ( $\gamma_t$ )	Seco ( $\gamma_d$ )		
1	Relleno	1.70	1.17	0.5	20°
2	Arcilla gris	1.80	1.22	1.0	25°
3	Limo arcilloso	2.00	1.40	2.5	35°



Modelo Geotécnico del talud Perfil N° 1.



Grietas en pisos generadas por relleno inestable adyacente

### 3. Características del medio soportante

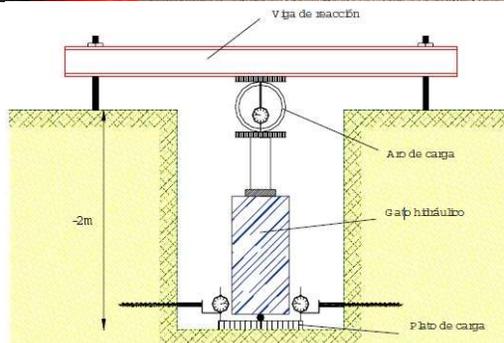


Figura N° 1: Ensayo de plato de carga

- Capacidad soportante.
- Módulo de reacción del suelo (kv).
- Asentamientos esperados (elásticos y por consolidación), especialmente para el caso de existencia de rellenos o suelos en sitio muy compresibles
- Expansividad o colapsabilidad del suelo (en suelos finos).



**14**vo Congreso Iberoamericano de Pavimentos de Concreto  
**2**do Congreso Iberoamericano de Pisos Industriales de Concreto



## 4. Problemas geotécnicos y soluciones

Resumen de valores  $N_{SPT}$  registrados en las perforaciones.

Profundidad (m)	Valores $N_{SPT}$							
	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8
0,00 - 0,45	3	4	3	5	3	8	3	5
0,45 - 0,90	1	8	3	0	2	2	0	6
0,90 - 1,35	6	9	7	9	7	2	2	4
1,35 - 1,80	9	7	6	4	2	3	2	4
1,80 - 2,25	12	9	9	5	3	7	3	1
2,25 - 2,70	13	9	7	4	5	2	3	6
2,70 - 3,15	12	8	9	6	7	6	4	4
3,15 - 3,60	8	6	10	7	10	5	2	6
3,60 - 4,05	10	6	17	10	14	7	4	5
4,05 - 4,50	9	5	9	11	15	12	2	6
4,50 - 4,95	7	7	7	10	14	10	3	7
4,95 - 5,40	21	15	6	11	15	13	5	11
5,40 - 5,85	40	35	8	15	16	10	5	17
5,85 - 6,30				14			11	
6,30 - 6,75							14	
6,75 - 7,20							20	
7,20 - 7,65							13	
7,65 - 8,10							13	

Simbología de colores

	Capa 1: Suelo vegetal/orgánico (raíces/maleza).
	Capa 2: Relleno antrópico conformado con suelos finos.
	Capa 3: Limo arcilloso algo arenoso de color café.

- Retiro de material orgánico o compresible en las capas superficiales.
- Existencia de capas débiles generalmente suelos orgánicos a cierta profundidad que pueden generar asentamientos
- Compactación adecuada del terreno natural o de rellenos estructurales.
- Verificación del grado de compactación (Proctor, densidad in situ).
- Pisos sobre rellenos mal compactados o no controlados
- Casos especiales (fincas cafetaleras, especies de árboles en la zona, contactos geológicos, etc)



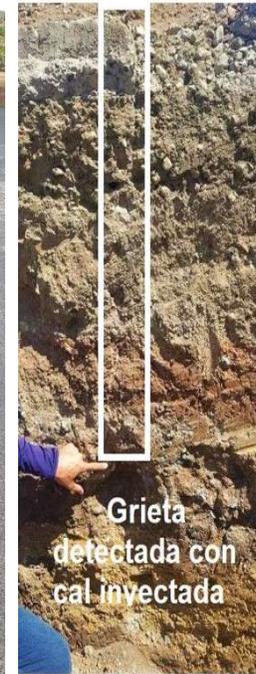
**14**vo Congreso Iberoamericano  
de Pavimentos de Concreto  
**2**do Congreso Iberoamericano de  
Pisos Industriales de Concreto



## Agrietamientos en pavimento por asentamientos



Ubicación de la calicata en la excavación exploratoria donde se detecta la capa vegetal



. Detalle de las grietas inyectadas detectadas en el corte. Nótese la profundidad alcanzada

## Resumen de Condiciones del medio soportante, intervenciones y soluciones:

Condiciones del subsuelo	Intervención y solución
<p><b>Suelos Blandos</b></p> <p>El suelo natural no es lo suficientemente resistente para soportar las cargas impuestas por el piso y la maquinaria.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejoramiento del suelo: compactación dinámica, adición de cal o cemento</li> <li>• Precarga si es posible</li> <li>• Cimentaciones profundas: pilotes o micropilotes</li> <li>• Geotextiles: para reforzar y distribuir cargas</li> </ul>
<p><b>Asentamientos diferenciales</b></p> <p>Sectores del terreno se deforman a distintas velocidades, causando grietas o inclinaciones en el piso.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudios geotécnicos detallados para conocer la variabilidad del subsuelo</li> <li>• Diseño estructural adecuado del piso, con juntas y refuerzos</li> <li>• Uso de losas flotantes o sistemas de compensación de</li> </ul>



**14**vo Congreso Iberoamericano  
de Pavimentos de Concreto

**2**do Congreso Iberoamericano de  
Pisos Industriales de Concreto



<b>Condiciones del subsuelo</b>	<b>Intervención y solución</b>
<p><b>Nivel freático</b></p> <p>Presencia de agua subterránea que puede afectar la estabilidad del suelo y provocar humedad o corrosión.</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Drenajes subterráneos (franceses o pozos de bombeo)</li><li>• Impermeabilización de la base del piso</li><li>• Relleno con materiales no susceptibles a la humedad (grava compactada, geodrenes)</li></ul>
<p><b>Arcillas expansivas</b></p> <p>Cambian de volumen con la humedad, lo que produce levantamientos o hundimientos.</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sustitución o estabilización del suelo</li><li>• Evitar cambios de humedad</li><li>• Diseño flexible de la losa, con juntas bien distribuidas</li><li>• Capa de transición granular que reduzca los movimientos</li></ul>

<b>Condiciones del subsuelo</b>	<b>Intervención y solución</b>
<p><b>Suelos orgánicos</b></p> <p>Estos suelos se descomponen o compactan fácilmente, generando inestabilidad</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Excavación y reemplazo del material orgánico</li> <li>• Uso de rellenos estructurales</li> <li>• Compactación en capas controladas y supervisadas</li> </ul>
<p><b>Condiciones sísmicas</b></p> <p>El terreno puede amplificar las vibraciones sísmicas, afectando la estabilidad del piso.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño sismo-resistente del piso (refuerzo especial)</li> <li>• Acondicionamiento del terreno para reducir efectos de licuefacción</li> <li>• Incorporación de juntas sísmicas y refuerzos</li> </ul>

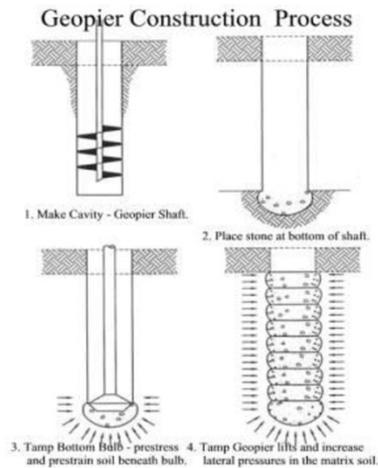


14<sup>vo</sup> Congreso Iberoamericano  
de Pavimentos de Concreto

2<sup>do</sup> Congreso Iberoamericano de  
Pisos Industriales de Concreto



## 5. Métodos de mejoramiento del medio soportante



- Rellenos controlados.
- Estabilización química (cal, cemento).
- Evitar cambios de humedad, subdrenajes y sobrecarga en el caso de suelos muy expansivos
- Precarga (si hay tiempo) con o sin drenes para el caso de suelos en sitio muy suaves
- Uso de geotextiles o geogrillas si hay suelos blandos.
- Inclusiones rígidas o columnas de grava si hay suelos de baja capacidad



14<sup>vo</sup> Congreso Iberoamericano  
de Pavimentos de Concreto  
2<sup>do</sup> Congreso Iberoamericano de  
Pisos Industriales de Concreto

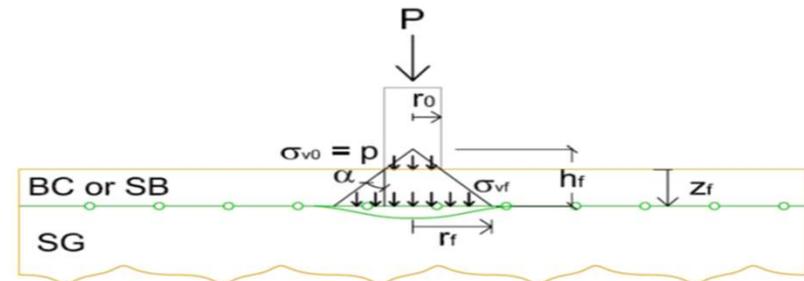
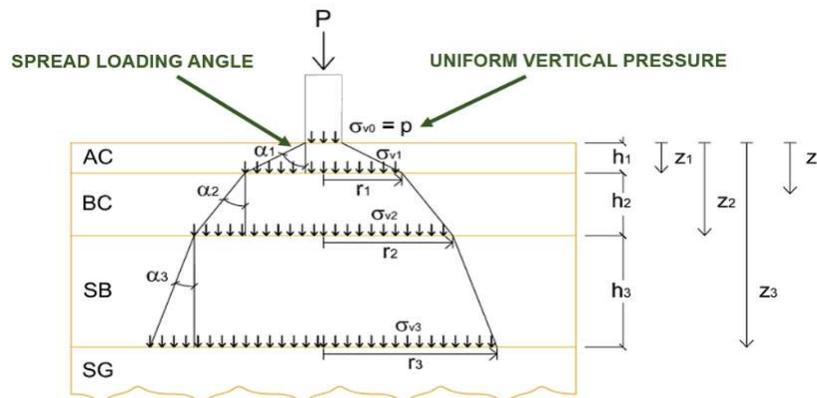
## Uso de rellenos livianos y geosintéticos para refuerzo de rellenos





14<sup>vo</sup> Congreso Iberoamericano de Pavimentos de Concreto  
2<sup>do</sup> Congreso Iberoamericano de Pisos Industriales de Concreto

## Uso de geomallas de alto módulo





14<sup>vo</sup> Congreso Iberoamericano  
de Pavimentos de Concreto  
2<sup>do</sup> Congreso Iberoamericano de  
Pisos Industriales de Concreto



## 6. Casos Problemáticos Frecuentes

- Subsuelo existente de muy mala calidad y nivel freático superficial
- Investigación no adecuada al sitio o insuficiente
- Suelos expansivos o colapsables.
- Mal drenaje subterráneo.
- Compactación deficiente de rellenos.
- Diseño que no considera cargas reales
- Capas de suelo débiles a poca profundidad
- Es frecuente que en zonas donde existen suelos transportados (aluviales o coluviales) rellenan paleodepresiones que cubren capas débiles muchas veces a poca profundidad



14<sup>vo</sup> Congreso Iberoamericano de Pavimentos de Concreto

2<sup>do</sup> Congreso Iberoamericano de Pisos Industriales de Concreto



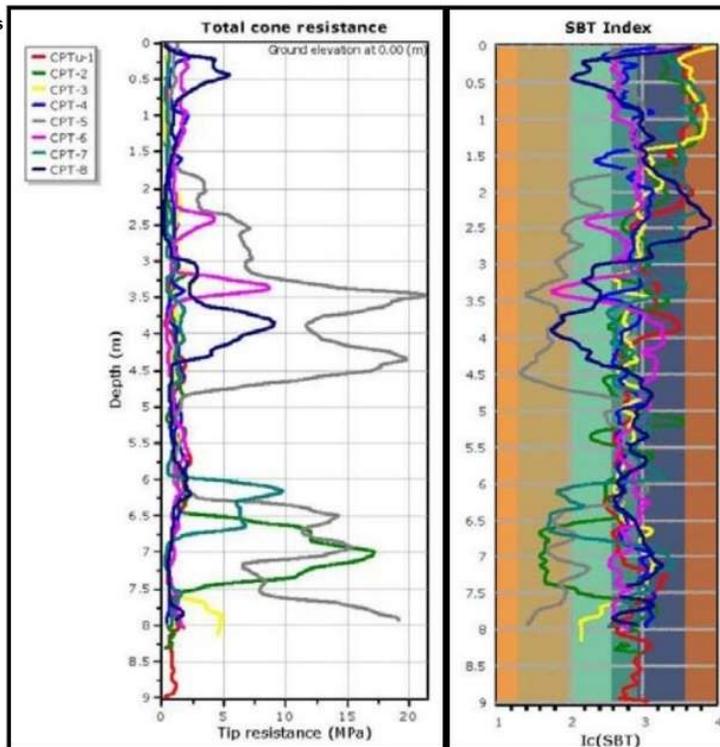
## Suelos blandos y asentamientos en pisos y pavimentos de concreto en carreteras

### 1. Resumen de valores $N_{SPT}$ obtenidos de las perforaciones

Profundidad (m)	Valores $N_{SPT}$	
	P-1	P-2
0,00 - 0,45	26	31
0,45 - 0,90	22	18
0,90 - 1,35	9	5
1,35 - 1,80	10	8
1,80 - 2,25	3	13
2,25 - 2,70	9	11
2,70 - 3,15	12	11
3,15 - 3,60	12	26
3,60 - 4,05	7	20
4,05 - 4,50	2	30
4,50 - 4,95	5	5
4,95 - 5,40	16	9
5,40 - 5,85	38	6

#### Simbología

- Material de relleno.
- Mezcla de limos arenosos y arcillas limosas.



Grieta paralela a la cara externa del muro y adyacente a la losa en el tramo del bastión 1 y junta de la losa desplazada en el eje central de la carretera

Resumen de sondeos CPT.



**14<sup>vo</sup> Congreso Iberoamericano de Pavimentos de Concreto**  
**2<sup>do</sup> Congreso Iberoamericano de Pisos Industriales de Concreto**

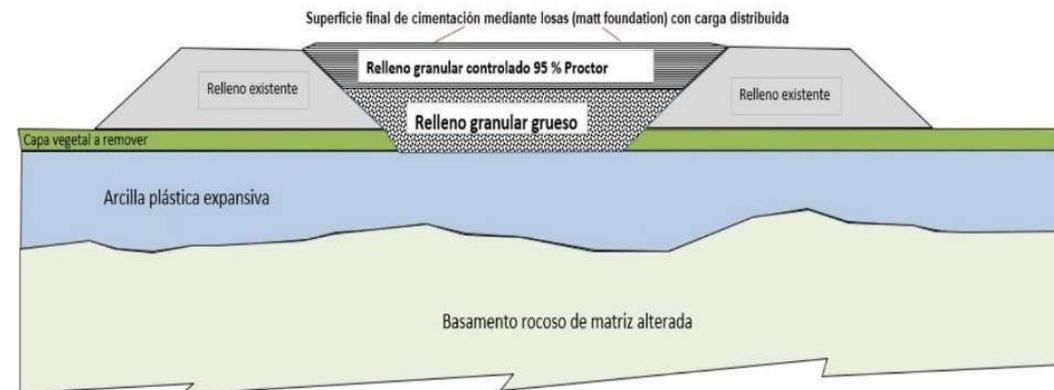


## Arcilla muy plástica subyaciendo un relleno existente



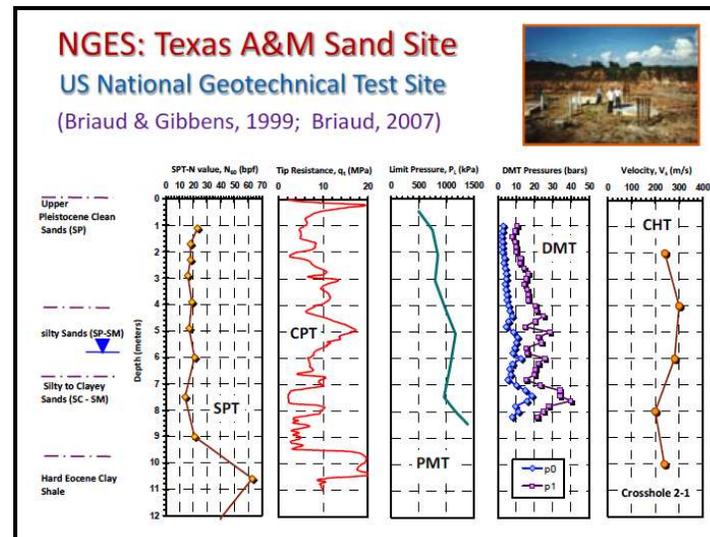
Material de subrasante que se detecta extensivamente a través del Proyecto y que consiste en una arcilla plástica, de baja resistencia al corte y con un potencial de expansión moderado a alto.

PROFUNDIDAD (m)	CAPA	NF (m)	SUGS	CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216) (%)	ENSAYO SPT				
						0	25	50	75	100
0,00 - 0,50	1		GC	GRAVA ARCILLOSA CON ARENA. COLOR GRIS A GRIS NEGRUZCO. MEZCLA DE RELLENO GRANULAR CON MATERIAL ARCILLOSO.	11					
0,50 - 1,00				14	20					
1,00 - 1,50	2		CH	ARCILLA MUY PLÁSTICA CON ARENA. COLOR GRIS OSCURO. MATERIAL CON POTENCIAL DE EXPANSIÓN LIGERO.	25	8				
1,50 - 2,00				27	8					
2,00 - 2,50				34	11					
2,50 - 3,00	3		CH	ARCILLA MUY PLÁSTICA CON ARENA. COLOR CAFÉ. MATERIAL SEDIMENTARIO CON INFLUENCIA VOLCÁNICA.	26	12				
3,00 - 3,50										



## 7. Innovaciones Tecnológicas

- Uso de herramientas computacionales
- Nuevas técnicas de investigación geotécnica (geofísica, penetrómetros, dilatómetros, etc)
- Uso de la inteligencia artificial donde sea útil aplicarla



## 8. Recomendaciones Prácticas

- Incluir al ingeniero geotécnico desde las etapas tempranas.

Realizar una investigación geotécnica considerando las características geológicas, topográficas y el comportamiento de obras cercanas

Investigar el potencial de licuefacción de la zona para tomar las medidas pertinentes

- Combinar diseño estructural con criterios del suelo.
- Supervisión rigurosa durante la construcción.
- Control de Asentamientos y Fisuración relacionados con la uniformidad del medio soportante.
- Drenajes adecuados para evitar saturación del suelo.
- Juntas de control, expansión y construcción

## 9. Conclusiones

- La geotecnia es fundamental para garantizar desempeño y durabilidad.
- Los errores en esta etapa pueden generar fisuras, asentamientos y fallas costosas.





**14<sup>vo</sup> Congreso Iberoamericano  
de Pavimentos de Concreto**  
**2<sup>do</sup> Congreso Iberoamericano de  
Pisos Industriales de Concreto**



***GRACIAS***

**Gastón Laporte Molina**  
**INSUMA SA- Costa Rica**  
**[glaporte@insuma.co.cr](mailto:glaporte@insuma.co.cr)**