

# ENSAYOS GEOTÉCNICOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA *IN-SITU*, (DPM) APLICACIONES Y RESULTADOS



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
ESCUELA CENTROAMERICANA DE GEOLOGÍA  
LABORATORIO DE GEOMECÁNICA  
SERVICIOS ESPECIALIZADOS DE LABORATORIO DE SUELOS Y ROCAS  
FUNDACIÓN UCR, PROYECTO 0960



## 1. INTRODUCCIÓN

Las investigaciones geotécnicas buscan obtener las propiedades físicas y mecánicas de los suelos y de las rocas con el objetivo de solventar problemas de ingeniería. El diseño de cimentaciones, taludes, excavaciones, túneles o cualquier otra obra de infraestructura que se desarrolle en el subsuelo, deberá responder a las características del medio.

Los ensayos geotécnicos *in-situ* disminuyen los tiempos de entrega de resultados y los costos de investigación. Los métodos tradicionales de excavar trincheras, tomar muestras y realizar ensayos de laboratorio implican un mayor tiempo para adquirir las muestras y realizar ensayos que pueden durar días en el laboratorio.

## 2. EL EQUIPO

El Laboratorio de Geomecánica de la Escuela Centroamericana de Geología, cuenta con el equipo de penetración dinámica *PAGANI TG 30-20*, el cual consiste en un sistema hidráulico mecanizado montado en vehículo con tracción en sus cuatro ruedas (4x4) para garantizar la mejor maniobrabilidad aún en terrenos difíciles (Figura 1).



**Figura 1.** Penetrómetro dinámico para ensayos DPM Pagani TG 30-20

El equipo Pagani TG 30-20 se caracteriza por su rápido tiempo de acción, permitiendo tiempos de instalación y desinstalación de menos de 5 minutos. Dicha facilidad de ensamblaje y movimiento permite optimizar campañas de exploración y reducir los costos en comparación con ensayos geotécnicos tradicionales y manuales como el SPT.

Gracias a su sistema de tres puntos estabilizadores y la posibilidad de inclinar la torre, se garantiza la verticalidad en todas las perforaciones, aun cuando es necesario trabajar en altas pendientes (Figura 2).

Por su tamaño compacto y sistema mecanizado el equipo puede ser operado fácilmente por un operador sin mayor esfuerzo.



**Figura 2.** Ensayo de penetración dinámica en un talud de alta pendiente

### 3. FICHA TECNICA

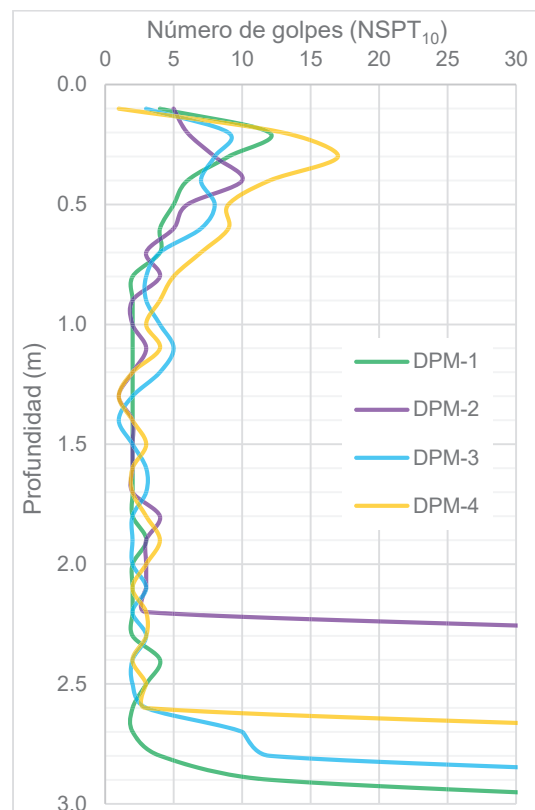
El equipo funciona mediante un sistema de percusión con mediciones constantes de acuerdo a las siguientes características:

- Mediciones cada 10 cm.
- Maso de 30 kg.
- Altura de caída de 20 cm.
- Barras de perforación de 100 cm de largo y 2 cm de diámetro.
- Cono de penetración con un ángulo de 60° y 10 cm<sup>2</sup> de área.
- Profundidad máxima de exploración de 20 m.
- Extracción hidráulica con una capacidad de hasta 5 Ton.
- Sistema de estabilización con tres puntos de extensión manual.

### 4. RESULTADOS GEOTENICOS

Los resultados obtenidos de un ensayo de penetración dinámica se expresan en términos de números de golpes para un intervalo de medición determinado.

El equipo Pagani permite una medición de número de golpes para cada 10 cm de penetración ( $N_{10}$ ). Estos resultados son correlacionables con el estándar  $N_{60}$  que se obtienen del método tradicional de sondeo de penetración estándar (SPT) (Figura 3).



**Figura 3.** Resultados de cuatro sondeos de penetración dinámica

Tanto el  $N_{10}$ , como en el  $N_{60}$  me permiten calcular la resistencia a la penetración de los materiales en profundidad. Este es el resultado principal de este tipo de este tipo de ensayos, y permite determinar la capacidad de soporte para el diseño de obras de infraestructura.

De los resultados que se pueden obtener y correlacionar de un ensayo de penetración dinámica tenemos:

Para materiales sin cohesión:

- Densidad relativa
- Ángulo de rozamiento
- Módulo de Young
- Módulo edométrico
- Módulo de deformación al corte
- Consistencia
- Peso específico
- Módulo de Poisson
- Potencial de licuefacción
- $K_0$
- Velocidad de ondas de corte

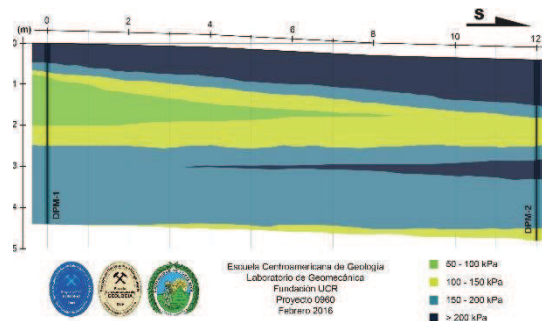
Para materiales cohesivos:

- Cohesión no drenada
- Módulo edométrico
- Peso específico
- Módulo de Young
- Consistencia

## 5. MODELOS GEOTECNICOS

Con los resultados y las correlaciones es posible obtener propiedades geotecnicas en profundidad con un intervalo de medición de 10 cm.

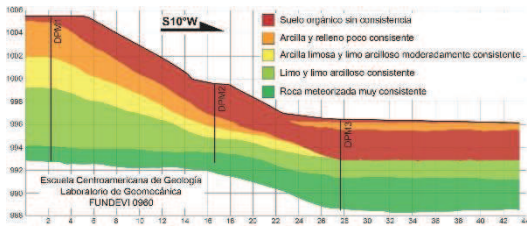
El manejo e interpretación de los resultados permite construir modelos geotecnicos conceptuales que facilitan la comprensión de la capacidad de soporte, la consistencia u otras propiedades de interes en profundidad (Figura 4).



**Figura 4.** Modelo geotecnico conceptual de capacidad de soporte en profundidad

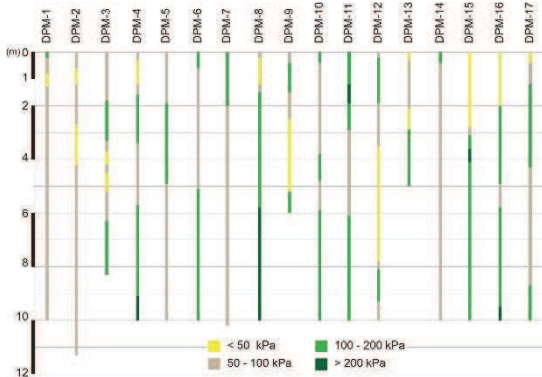
Los resultados de los ensayos de penetración son además de gran utilidad a la hora de evaluar la estabilidad de un talud. Las propiedades obtenidas en profundidad permiten definir los espesores y la geometría de los materiales y generar modelos detallados sobre los cuales evaluar la estabilidad (Figura 5).





**Figura 5.** Modelo geotécnico de consistencia de materiales para evaluar la estabilidad del talud

Cuando los ensayos de penetración se encuentran distanciados de forma tal que la interpretación de modelos geotécnicos no es posible, se presentan los resultados de forma puntual de acuerdo a los requerimientos de la obra (Figura 6).



**Figura 6.** Resultados puntuales de capacidad de soporte de los materiales en 17 ensayos de penetración dinámica

## 6. VENTAJAS Y DESVENTAJAS

A la hora de considerar los ensayos de penetración dinámica resulta natural compararlos con el método más utilizado a nivel nacional como lo es el SPT.

El equipo Pagani permite ubicar el sitio del ensayo y comenzar la prueba en menos de 5 minutos, a diferencia de los sondeos de penetración estándar en donde es necesario la instalación de un trípode y el ensamblaje del mazo y el motor.

El proceso de percusión se realiza generalmente de forma manual o por medio de una polea en el SPT de forma tal que no existe un buen control de la altura de caída del mazo. El sistema hidráulico mecanizado del TG 30-20 permite obtener con seguridad una transmisión de energía constante durante la totalidad del ensayo por lo que se anula el error humano.

La maniobrabilidad del equipo permite desplazarse entre sondeos en una fracción del tiempo que le toma al equipo SPT. Además se facilita el realizar ensayos en lugares de difícil acceso en los que el método estándar tomaría más tiempo en entrar o no podría del todo.

Desventajas del equipo Pagani es la no recolección de muestras para ensayos de laboratorio. Además debido al pequeño diámetro es posible el colapso de la perforación impidiendo la medición del nivel freático de forma directa.