



Se estudiaron por separado cada una de las variables que se consideraron importantes en el comportamiento dinámico del suelo, las cuales fueron el esfuerzo de confinamiento σ_3 , la relación de vacíos e y la plasticidad (entendida como límites de Atterberg).

El módulo de cortante tangente en pequeñas deformaciones $G_{\max}$ depende fuertemente del esfuerzo de confinamiento. En las Figuras 2.21 y 2.22 se observa la tendencia que se encuentra con base en los ensayos realizados.

La influencia del índice de plasticidad está incluida en las dos variables ya estudiadas: esfuerzo de confinamiento y relación de vacíos de tal manera que para un esfuerzo de confinamiento y una relación de vacíos dados el índice de plasticidad no afecta el valor de $G_{\max}$. Sin embargo, el índice de plasticidad sí afecta de manera importante la forma en que se degrada el módulo con la deformación.

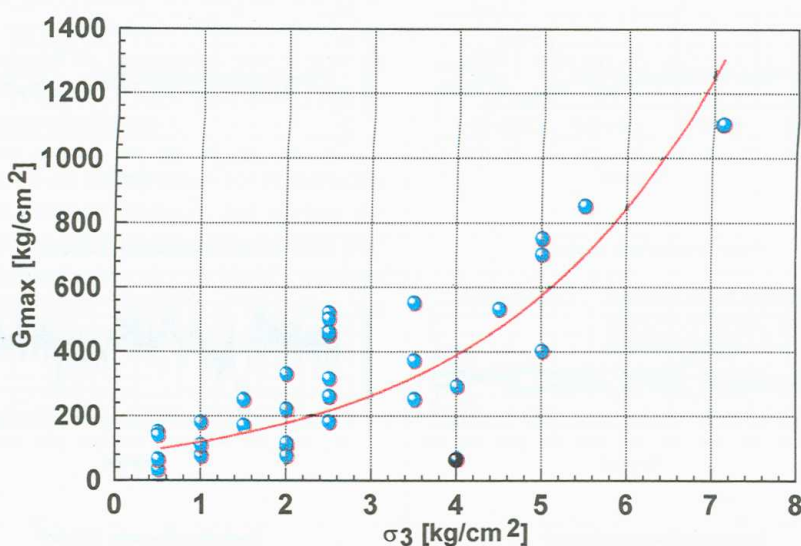


FIGURA 2.21 GRÁFICO DE $G_{\max}$ EN FUNCIÓN DEL ESFUERZO DE CONFINAMIENTO σ_3

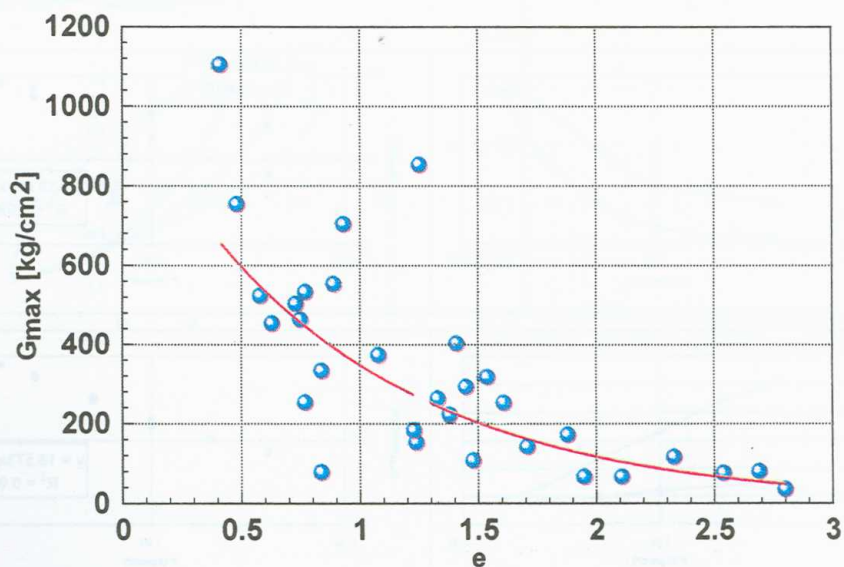


FIGURA 2.22 GRÁFICO DE $G_{\max}$ EN FUNCIÓN DE LA RELACIÓN DE VACÍOS e



2.3.5.2 Definición de la curva de módulo G y amortiguamiento β contra γ_c

La forma de la curva de degradación del módulo en función de la deformación por corte, representado en la curva $G/G_{\max}$ contra γ_c , depende fuertemente de la plasticidad del suelo. Ver Figura 2.23.

Para integrar los valores de módulos de cortante máximos obtenidos con la metodología del "bender element" y el resto de la curva obtenidas utilizando el aparato triaxial cíclico se utilizó una función de interpolación

propuesta por la cual solo necesita dos parámetros α y β .

Para calibrar los resultados obtenidos del modelo, se comparó contra un resultado obtenido de un ensayo realizado en el laboratorio (Figura 2.24), en el que se observa que la aproximación es buena tanto en la forma de la curva como el en valor de $G_{\max}$.

Para el amortiguamiento se adoptó una metodología similar a la propuesta por Hardin y Drnevich. De esta forma el amortiguamiento también queda ligado al valor de la plasticidad.

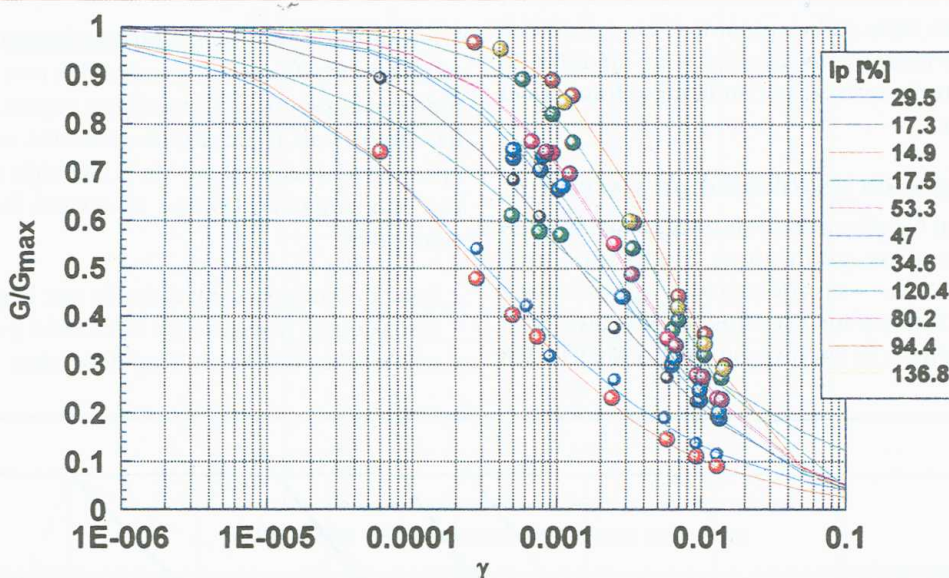


FIGURA 2.23 GRÁFICO DE CURVAS $G/G_{\max}$ EN FUNCIÓN DE LA DEFORMACIÓN CORTANTE PARA DIFERENTES I_p .

Muestra N21-15. I_p 80.2%. $\sigma = 1.5 \text{ kg/cm}^2$

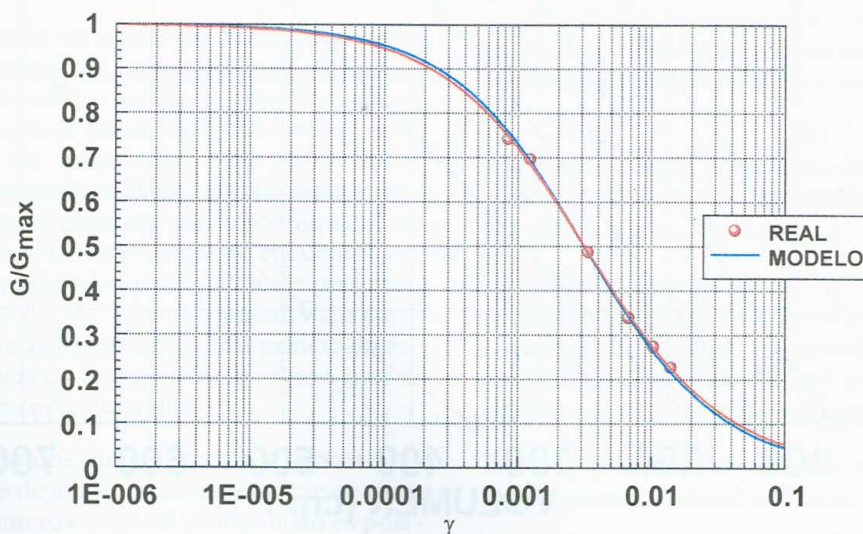


FIGURA 2.24 GRÁFICO DE CALIBRACIÓN DEL MODELO CONTRA ENSAYO DE LABORATORIO



2.3.5.3 Ensayos in situ

En las Figuras 2.25 y 2.26 se muestran los resultados de algunos de los ensayos in situ: en la Figura 2.25 se muestra la curva obtenida a partir de un ensayo presiométrico cíclico en la cual se observa claramente la degradación del módulo a medida que aumenta la amplitud de los ciclos. Para interpretar estos resultados es necesario realizar un análisis inverso utilizando un método numérico. Esto debido a que la deformación alrededor de la sonda presiométrica no es homogénea. Estos resultados plantean una esperanzadora posibilidad de reducción del costo de los estudios de microzonificación sísmica. En la Figura 2.26 se muestran las medidas obtenidas en los ensayos Down Hole. Cabe anotar que los resultados de estos ensayos fueron comparables a las medidas directas en laboratorio realizadas con la metodología del "bender element".

2.3.6 Zonificación geotécnica de síntesis

En la zonificación Geotécnica de síntesis se tuvieron en cuenta los estudios geológicos realizados por INGEOMINAS, la zonificación geotécnica (INGEOMINAS, 1988) y los estudios de Martínez et al (1990,1992). Además, se incluyeron en los análisis los

resultados de la investigación geotécnica de este estudio concretamente en lo referente a propiedades índice predominantes en cada zona y su variación con la profundidad, mapa de valores de la correlación entre el índice de plasticidad y el límite líquido y los mapas de zonificación analítica presentados en el informe del subproyecto número 10 del presente estudio (Universidad de los Andes e INGEOMINAS, 1996). Finalmente se consultó a Ingenieros Geotecnistas con conocimiento del subsuelo de la ciudad, obteniendo como resultado el Mapa de Zonificación Geotécnica de la ciudad de Santafé de Bogotá (Figura 2.27 - Mapa No. 2).

Los límites de las zonas establecidas concuerdan en general con los de estudios realizados con anterioridad. El límite más significativo es el que separa la zona de arcillas duras con la de arcillas blandas, el cual se ubica aproximadamente al sur de la Avenida de los Comuneros. Las zonas en las que se dividió la ciudad son las siguientes:

- Zona montañosa caracterizada por la presencia de areniscas duras resistentes a la erosión y arcillolitas cuya resistencia y deformabilidad dependen de su humedad.

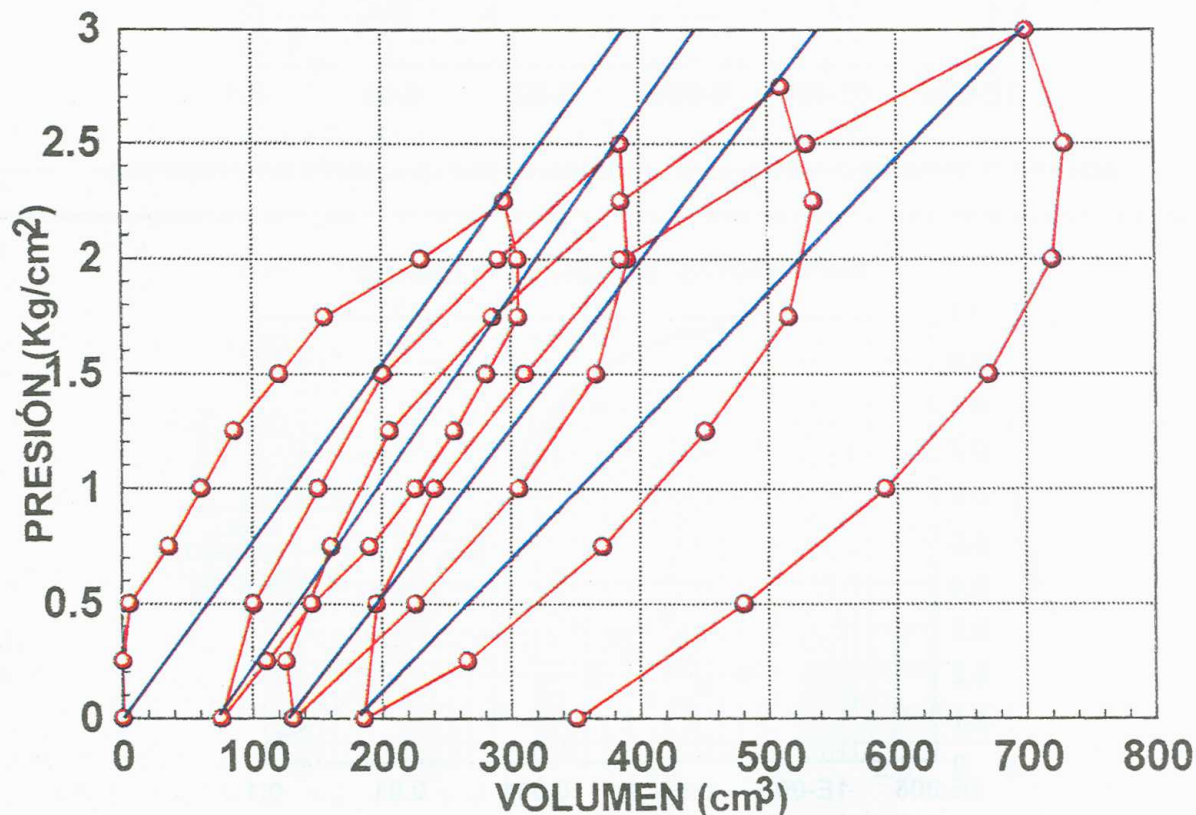


FIGURA 2.25 RESULTADOS TÍPICOS DE UN ENSAYO PRESIOMÉTRICO CÍCLICO