

---

## Tabla de Contenido

1.	Introducción .....	1
1.1.	Introducción general .....	1
1.2.	Objetivos generales .....	3
1.3.	Objetivos específicos .....	3
1.4.	Alcances .....	3
1.5.	Metodología de trabajo .....	4
2.	Marco teórico .....	6
2.1.	Tipos de piezómetros .....	7
2.2.	Piezómetros de cuerda vibrante (CV) .....	11
2.2.1.	Funcionamiento piezómetro de cuerda vibrante.....	11
2.2.2.	Tipos de filtros .....	12
2.3.	Ventajas de los piezómetros de cuerda vibrante.....	14
2.4.	Desventajas de los piezómetros de cuerda vibrante .....	16
2.5.	Fiabilidad y rendimiento de los piezómetros de cuerda vibrante .....	16
2.6.	Precisión en las mediciones de los piezómetros de cuerda vibrante.....	18
2.7.	Errores en las mediciones de los piezómetros de cuerda vibrante.....	19
2.7.1.	Errores asociados a los filtros usados.....	19
2.7.2.	Errores asociados al mantenimiento .....	20
2.7.3.	Errores asociados a otros factores.....	20
2.8.	Métodos de instalación de los piezómetros de cuerda vibrante .....	21
2.8.1.	Método embebido en relleno de arena.....	21
2.8.2.	Método totalmente embebido en lechada de cemento .....	22
2.9.	Conceptos claves – Exactitud, Precisión y Error de medición .....	24
3.	Pruebas de laboratorio desarrolladas en este trabajo de título.....	26
3.1.	Piezómetros de cuerda vibrante (CV) utilizados .....	26
3.2.	Data logger y software utilizado .....	30
3.3.	Ensayos de suelo .....	35
3.3.1.	Ensayo de determinación de distribución granulométrica .....	35
3.3.2.	Ensayo de permeabilidad de carga constante .....	37
3.4.	Descripción de pruebas de laboratorio, estáticas y dinámicas, con piezómetros de cuerda vibrante (CV) .....	39

---

3.4.1.	Consideración de presión atmosférica – Lectura presión cero .....	41
3.4.2.	Verificación de calibración y prueba con carga hidráulica .....	42
3.4.3.	Verificación de mediciones con distintas condiciones de saturación de los filtros.....	43
3.4.4.	Verificación de mediciones con inclinación del piezómetro en presencia de agua (sin suelo) .....	45
3.4.5.	Verificación de mediciones con flujo en el sistema sin suelo (dentro del contenedor) .....	46
3.4.6.	Verificación de mediciones con suelos de diferente permeabilidad.....	48
3.4.7.	Verificación de mediciones en presencia de movimiento (pruebas de impacto).....	50
4.	Presentación de resultados .....	53
4.1.	Ensayos de suelo .....	53
4.1.1.	Ensayo de granulometría.....	53
4.1.2.	Ensayo de permeabilidad de carga constante .....	56
4.2.	Pruebas de laboratorio de los piezómetros de cuerda vibrante (CV).....	59
4.2.1.	Consideración de presión atmosférica – Lectura presión cero .....	60
4.2.2.	Verificación de calibración y prueba con carga hidráulica .....	62
4.2.3.	Verificación de mediciones con distintas condiciones de saturación de los filtros.....	63
4.2.4.	Verificación de mediciones con inclinación del piezómetro en presencia de agua (sin suelo) .....	65
4.2.5.	Verificación de mediciones con flujo en el sistema sin suelo (dentro del contenedor) .....	71
4.2.6.	Verificación de mediciones con suelos saturados de diferente permeabilidad .....	75
4.2.7.	Verificación de mediciones en presencia de movimiento (pruebas de impacto).....	77
5.	Análisis de los resultados – Pruebas de laboratorio .....	81
5.1.	Consideración de presión atmosférica – Lectura presión cero .....	81
5.2.	Verificación de calibración y prueba con carga hidráulica .....	82
5.3.	Verificación de mediciones con distintas condiciones de saturación de los filtros ....	83
5.4.	Verificación de mediciones con inclinación del piezómetro en presencia de agua (sin suelo).....	83

---

5.5.	Verificación de mediciones con flujo en el sistema sin suelo (dentro del contenedor) .....	84
5.6.	Verificación de mediciones con suelos saturados de diferente permeabilidad .....	85
5.7.	Verificación de mediciones en presencia de movimiento (pruebas de impacto) .....	86
6.	Conclusiones .....	88
7.	Trabajo propuesto.....	92
7.1.	Nueva verificación de mediciones con carga hidráulica .....	92
7.2.	Nueva verificación de mediciones con flujo en el sistema sin suelo .....	92
7.3.	Tiempo de desaturación y saturación de los piezómetros de cuerda vibrante.....	93
7.4.	Nueva verificación de mediciones con suelos saturados de diferente permeabilidad.....	94
7.5.	Verificación de mediciones en presencia de movimiento (pruebas sísmicas) .....	94
7.6.	Verificación de instalación y mediciones en un entorno de grout .....	94
8.	Bibliografía.....	96
Anexo A – Pruebas de laboratorio .....		99
A.1.	Capacidad máxima y error de medición de los piezómetros de cuerda vibrante (CV) utilizados .....	99
A.2.	Ensayo de granulometría .....	100
A.2.1.	Memoria de cálculo .....	101
A.3.	Ensayo de permeabilidad de carga constante .....	102
A.3.1.	Memoria de cálculo .....	102
Anexo B – Hojas de calibración .....		103
B.1.	Piezómetro CV – P190050. Sisgeo .....	103
B.2.	Piezómetro CV – P190051. Sisgeo .....	105
B.3.	Piezómetro CV – P190052. Sisgeo .....	107
B.4.	Piezómetro CV – P180263. Sisgeo .....	109
B.5.	Piezómetro CV – P171023. Sisgeo .....	110
B.6.	Piezómetro CV – P349983. Geosense .....	111
B.7.	Piezómetro CV – P571501. ACE .....	112