

	ESTANDAR: ENSAYO DE PENETROMETRO DIGITAL DE AGUJA Y ENSAYO HINCADO DE CLAVO CON PISTOLA HILTI BX-3-SCT		UEA AMERICANA
	Código: GMI-SHT-EST-69	Versión: 01	
	Fecha de Actualización: 04/02/2025	Página: 1 de 6	

1. OBJETIVO.

- 1.1** Establecer los lineamientos para la realización del ensayo de penetrómetro digital de aguja y Hincado de clavo con pistola Hilti BX3-3-SCT para determinar la resistencia inicial del shotcrete lanzado, teniendo en cuenta el cumplimiento de las normas de concreto fresco.

2. ALCANCE:

- 2.1** Aplica al personal de laboratorio Shotcrete.

3. REFERENCIAS NORMATIVAS.

- 3.1** R.S.S.O. – DS. 024 – 2016 E.M. y modificatorias DS. 023 – 2017 E.M., DS. N° 034 – 2023 EM
- 3.2** UNE – EN 14488 – 2 (Método de resistencias tempranas de hormigón proyectado)
- 3.3** ACI 506 Guía de hormigón proyectado
- 3.4** Norma ISO 45001 (requisito 8.1).
- 3.5** Reglas de Oro Aplicadas al procedimiento:
- Regla 01: Derecho a decir no.
 - Regla 02: Equipos y vehículos móviles y estacionarios.
 - Regla 03: Desatar y sostener tu zona de trabajo.
 - Regla 04: Ventilar y monitorear tu zona de trabajo.
 - Regla 05: Restricción de ingreso a labores y bloqueo de fuentes de energía.
 - Regla 06: Exposición a línea de fuego.
 - Regla 09: Gestiona reporta y controla los riesgos.
 - Regla 10: Cero alcohol y drogas.

4. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS:

- **Penetrómetro de aguja:** es un sistema portátil completo para probar la resistencia a la compresión de la etapa de curado inicial del concreto proyectado. Proporciona lecturas precisas de las fuerzas necesarias para penetrar el hormigón proyectado. Estas lecturas de fuerza resistiva se utilizan para convertir a un valor de resistencia a la compresión.
- **Método de evaluación de resistencia:** Es una técnica para medir la resistencia de los materiales mediante la penetración de una aguja, cuyas características de penetración son registradas digitalmente para obtener datos precisos.
- **Prueba no destructiva:** Es una prueba que se utiliza para evaluar la dureza o consistencia de materiales sin alterarlos ni dañarlos de forma permanente.
- **Determinación de características del suelo:** Utilizado principalmente en la ingeniería civil para estudiar la densidad y la resistencia del suelo en estudios geotécnicos.
- **Medición precisa:** El penetrómetro digital registra con exactitud la resistencia del material al momento de la penetración, lo cual se traduce en un diagnóstico claro sobre sus propiedades mecánicas.
- **Aplicación en proyectos geotécnicos:** Se usa para estudios preliminares de proyectos de construcción, para conocer la resistencia del terreno antes de iniciar obras de gran envergadura.
- **Prueba de penetración controlada:** En este ensayo se controla la velocidad y profundidad de la penetración para determinar las propiedades mecánicas del material de forma estandarizada.
- **Pistola Hilti de Fijación Directa:** herramientas accionadas con batería, se usan para

	ESTANDAR: ENSAYO DE PENETROMETRO DIGITAL DE AGUJA Y ENSAYO HINCADO DE CLAVO CON PISTOLA HILTI BX-3-SCT		UEA AMERICANA
	Código: GMI-SHT-EST-69	Versión: 01	
	Fecha de Actualización: 04/02/2025	Página: 2 de 6	

insertar pernos especiales endurecidos a través de concreto o acero usando la fuerza mecánica.

- **Método de fijación de clavos:** Se utiliza una pistola neumática para introducir clavos de forma rápida y precisa en materiales, evaluando la resistencia de la superficie a la penetración.
- **Tecnología de hincado rápido:** La pistola Hilti BX-3-SCT permite insertar clavos a gran velocidad, optimizando los tiempos de trabajo en obras de construcción.
- **Prueba de resistencia de materiales:** Este ensayo mide la resistencia de una superficie para recibir un clavo bajo condiciones controladas, lo cual ayuda a determinar la dureza del material.
- **Evaluación en concreto y otros materiales:** Aunque se usa más comúnmente en concreto, el ensayo también se puede aplicar en materiales como madera o mampostería.
- **Prueba de anclaje:** Evalúa la capacidad de anclaje de clavos en diferentes superficies, utilizado en proyectos de construcción y remodelación.

5. ESPECIFICACIONES DEL ESTANDAR

5.1 REQUERIMIENTO DEL PERSONAL

- Personal con un grado académico de Técnico Superior en las carreras profesionales de: Técnico en Control de calidad (suelos y concreto), Técnico de Túneles.
- Personal calificado y autorizado para el manipuleo de herramientas de poder (Cortadora de testigos, Trompo mezclador, Extractora de testigos diamantinos).
- Personal con conocimientos de normas ASTM, ACI, NTP.
- Personal con conocimientos en Seguridad y Salud en el Trabajo.

5.2 REQUERIMIENTO DEL LUGAR DE TRABAJO

- En interior mina, el área de trabajo debe estar desatado y sostenido, con una buena ventilación.
- El área de trabajo debe de estar debidamente señalizado y bloqueado el ingreso de la labor.
- El personal que opere el penetrómetro debe contar con equipo de protección personal (EPP), como guantes, gafas de seguridad y protección auditiva si es necesario.
- Se debe contar con un equipo de apoyo para verificar los resultados, como un medidor de profundidad y/o calibradores de precisión para asegurar la exactitud de la medición.
- El shotcrete para soporte de rocas o suelos especialmente en túneles debe alcanzar una resistencia mínima a una edad temprana, a menudo dentro de las primeras horas después de la proyección. La resistencia a edad temprana es la resistencia del hormigón proyectado requerida a edades menores a las especificados para hormigones convencionales, normalmente a menos de un día. Los testigos y cilindros son a menudo inadecuados para la tarea de determinar la resistencia a una edad temprana. Por esta razón existen varios métodos indirectos que se han ideado con el fin de probar esta resistencia a edad temprana, tal como el uso del penetrómetro de aguja y el sistema de fijación directa BX 3-SCT (método de hincado de clavos).
- Cumplimiento con las normas locales e internacionales relacionadas con la seguridad en el trabajo de campo, especialmente en lo que respecta al manejo de equipos de medición y control.

	ESTANDAR: ENSAYO DE PENETROMETRO DIGITAL DE AGUJA Y ENSAYO HINCADO DE CLAVO CON PISTOLA HILTI BX-3-SCT		UEA AMERICANA
	Código: GMI-SHT-EST-69	Versión: 01	
	Fecha de Actualización: 04/02/2025	Página: 3 de 6	

- El lugar debe estar preparado para permitir el uso de la pistola Hilti sobre materiales como concreto, mampostería o madera, de acuerdo con los requisitos del ensayo.
- Se debe contar con una superficie sólida para el hincado de clavos, ya sea en estructuras de concreto, madera u otros materiales similares. La superficie debe poder resistir el impacto de la pistola sin deformarse o comprometer la precisión del ensayo.
- Hay que asegurar que el operario esté capacitado para manejar correctamente la pistola Hilti BX-3-SCT, ya que un mal uso puede ocasionar daños al equipo o accidentes laborales.
- Revisión previa del equipo de hincado, comprobando que la pistola esté en óptimas condiciones de funcionamiento (cargada, calibrada y con mantenimiento adecuado).
- Es importante que haya una supervisión técnica continua durante la realización de las pruebas, para asegurar la correcta ejecución y que los resultados sean válidos.
- El área de Geomecánica de Alpayana ha determinado que para el ingreso seguro de los equipos y personal a las labores donde se ha lanzado el shotcrete, este debe alcanzar una resistencia a la compresión de 2.0 MPa en un tiempo de fraguado de 2.0 horas y que se detalla en el siguiente cuadro:

Ensayo	Unidad	Valor	Tiempo de Fraguado
			Horas
Resistencia temprana	MPa	2.0	2.0

A. Penetrómetro Digital de Aguja

- ✓ El “Ensayo de penetración de aguja” se realiza dentro de las 2 primeras horas después de muestreado el panel trapezoidal
- ✓ Este método obtiene la resistencia temprana desde 0.2 a 1.2 MPa, también te indica la medición de la fuerza requerida en (KPS).
- ✓ Se realizan penetraciones al concreto (Shotcrete), hasta la marca de la aguja. Estas penetraciones se dan con una fuerza de empuje definida hasta que de una lectura.
- ✓ Con este método, la resistencia con el penetrómetro se obtiene como:

$$R_{comp_i} = 59.527 * e^{-0,0388x_i}$$

Donde R_{comp_i} es la resistencia temprana a compresión estimada del ensayo i, y x_i es el promedio de las penetraciones de las lecturas del ensayo i.

- ✓ Para obtener un resultado de resistencia, éste debe ser el promedio de 10 lecturas distribuidas en toda el área de la muestra (panel). Los intervalos de tiempo son establecidos de forma cualitativa, según se evidencie el fraguado del panel de Shotcrete.
- ✓ El resultado se registra en el formato.

B. Pistola Hilti de Fijación Directa:

- ✓ Este ensayo se realiza después de las 2 horas posterior al lanzado de concreto.
- ✓ Este método es aplicable a partir de una resistencia del hormigón comprendida entre 2 a 16 N/mm² (Mpa).
- ✓ Para el cálculo de una resistencia a la compresión del Shotcrete se necesitan mínimo 10 disparos por medición. Tomando lecturas de la longitud saliente del clavo - (en

	ESTANDAR: ENSAYO DE PENETROMETRO DIGITAL DE AGUJA Y ENSAYO HINCADO DE CLAVO CON PISTOLA HILTI BX-3-SCT		UEA AMERICANA
	Código: GMI-SHT-EST-69	Versión: 01	
	Fecha de Actualización: 04/02/2025	Página: 4 de 6	

milímetros).

- ✓ El resultado se registra en el formato en MPa.

5.3 REQUERIMIENTO DE HERRAMIENTAS, EQUIPOS Y MATERIALES

- Las herramientas y equipos para utilizar deben de estar inspeccionadas con la cinta de color del trimestre correspondiente.
- Las herramientas y equipos para utilizar deben de estar en buen estado y no deben de ser hechizos.
- Penetrómetro Digital de Aguja es el equipo principal que consiste en una aguja que se introduce en el material para medir su resistencia.
- Conjunto de herramientas para limpiar los equipos y mantenerlo libre de residuos, polvo o materiales que puedan interferir con su funcionamiento, garantizando su longevidad y precisión.
- Clavos Específicos especialmente diseñados para la pistola Hilti BX-3-SCT, que varían en tamaño y tipo dependiendo del material de prueba y la aplicación específica.
- Cartuchos de Gas o Baterías siendo fundamentales para realizar múltiples ensayos sin interrupciones.
- Calibrador o Medidor de Profundidad para verificar que el clavo ha sido insertado a la profundidad adecuada, de acuerdo con los requerimientos del ensayo.
- Maletín adecuado para transportar y almacenar la pistola y sus accesorios de manera segura.
- Paneles trapezoidales puede ser necesario en ciertas pruebas de materiales, ya que su geometría facilita la evaluación de características de resistencia o deformación en pruebas de penetración o anclaje,
- Equipo de Pistola Hilti BX 3 SCT (guía tubular, batería), es el equipo principal, diseñado para insertar clavos en materiales duros como concreto, mampostería o madera.
- Cuaderno de Apuntes para registrar todas las mediciones, observaciones y cálculos durante el ensayo

5.4 REQUERIMIENTO DE LA ORGANIZACIÓN

- La organización deberá proporcionar todo los EPP's requeridos para el desarrollo de la actividad.
- Proporcionar ambientes de trabajo seguras y adecuadas para la ejecución del ensayo.
- Se deberá proporcionar todas las herramientas, equipos y materiales a utilizar para realizar el mantenimiento correctivo de los equipos.
- Cumplimiento del programa de inspección de los EPP's y el cumplimiento de las inspecciones de las herramientas y equipos.
- Cumplimiento de las capacitaciones técnicas operativas al personal que desarrollara las actividades.

6. RESPONSABILIDADES.

6.1 Jefe de Geomecánica.

- Responsable de proveer los recursos necesarios para cumplimiento del presente estándar de manera segura.

6.2 Jefe de Planta shotcrete.

- Gestionar los recursos, verificar y hacer cumplir el estándar.

	ESTANDAR: ENSAYO DE PENETROMETRO DIGITAL DE AGUJA Y ENSAYO HINCADO DE CLAVO CON PISTOLA HILTI BX-3-SCT		UEA AMERICANA
	Código: GMI-SHT-EST-69	Versión: 01	
	Fecha de Actualización: 04/02/2025	Página: 5 de 6	

6.3 Supervisor de Shotcrete.

- Garantizar el cumplimiento del presente estándar para salvaguardar la integridad física y fisiológica de la persona y de la propiedad ante cualquier peligro.
- Realizar evaluaciones para verificar el cumplimiento del estándar. Verificar las condiciones del área de trabajo.

6.4 Laboratorista.

- Realiza los trabajos cumpliendo el estándar.
- Responsable de usar sus equipos de protección personal establecidos, conocer y entender el procedimiento e informar a su supervisor cualquier situación insegura que detecten durante la ejecución de los trabajos.
- Bloquear el área de trabajo, antes de iniciar sus actividades.

6.5 Área de seguridad/ingeniero de seguridad:

- Verificar el cumplimiento del presente estándar.
- Supervisar y realizar el seguimiento de cumplimiento del estándar
- Capacitar a los supervisores de cada área acerca de los estándares de los trabajadores que realizan.
- Paralizar la labor so se encuentra con evidencias, condiciones subestándares que atenta contra la integridad del trabajador, hasta que se elimina dicha condición.

7. REGISTRO, CONTROLES Y DOCUMENTACIÓN.

- FOR-SSO-065 Orden de Trabajo.
- FOR-SSO-019 IPERC Continuo.
- FOR-SSO-082 Check List de Labores.
- FOR-SHT-026 Determinación de resistencias tempranas del shotcrete
- UNE – EN 14488 – 2 (Método de resistencias tempranas de hormigón proyectado)
- ACI 506 Guía de hormigón proyectado

8. REVISIÓN Y MEJORAMIENTO CONTINUO

Este documento deberá ser revisado y mejorado según lo establecido en el Procedimiento:

- **PG-SIG-011** Estructura Control y Distribución de Documentos.

Actualizado por:	Revisado por:	Revisado por:	Aprobado por:
			
Jordan Aucasi Alvarado Laboratorista	Wilmer Antonio Moran Jefe de Guardia	Fernando Rodriguez Gutierrez Ingeniero de Seguridad	Julio Moreno Yupanqui Superintendente de Mina
Fecha: 04/02/2025	Fecha: 04/02/2025	Fecha: 05/02/2025	Fecha: 05/02/2025

	ESTANDAR: ENSAYO DE PENETROMETRO DIGITAL DE AGUJA Y ENSAYO HINCADO DE CLAVO CON PISTOLA HILTI BX-3-SCT		UEA AMERICANA
	Código: GMI-SHT-EST-69	Versión: 01	
	Fecha de Actualización: 04/02/2025	Página: 6 de 6	

ANEXO 01
INSTRUMENTO PARA LA PENETRACION AUTOMÁTICO DIGITAL, UTILIZADO
PARA
MEDICIÓN DE TRACCIÓN Y COMPRESIÓN.



ANEXO 02
HINCADO DE CLAVO CON PISTOLA HILTI BX-3-SCT EN CONCRETO, PARA
MEDIR RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL SHOTCRETE

