



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

Unidad Académica de Formación Técnica y Tecnológica – PUCE TEC

**GUÍA PRÁCTICA DISEÑADA PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DEL ENSAYO DE
PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT)**

**Proyecto de titulación previo a la obtención del título de: Tecnología Superior en
Construcción.**

Autor: José Martín Pinta López

Tutor: Ing. Édison Andrés Cueva Romero.

Quito, Ecuador

2025

Dedicatoria.

A mi amada esposa Silvana, este trabajo de grado es para ti, porque sin tu presencia en mi vida, nada de esto habría sido posible.

Eres mi compañera, mi apoyo incondicional y mi mayor inspiración. En cada momento de duda, tu fe en mí fue más fuerte que mis propios miedos; en cada instante de cansancio, tu amor fue el impulso que me mantuvo en pie.

Desde el primer día, has estado a mi lado compartiendo cada momento de alegría y de esfuerzo, tu sonrisa ha sido la luz en los días más oscuros, incluso cuando las cosas parecían imposibles eres mi refugio, y mi razón de ser para mejorar cada día.

Recuerdo las noches largas de estudio, los momentos en los que el cansancio parecía ganar la batalla, y tu estabas allí, con una palabra de aliento, un abrazo reconfortante o simplemente con tu presencia silenciosa para llena de amor.

Gracias por creer en mí cuando yo mismo dudaba, por ser mi roca en los momentos de incertidumbre y por celebrar conmigo cada pequeño avance.

Este trabajo no es solo mío, es nuestro. Es el resultado de sacrificios compartidos, de sueños contruidos juntos y de amor que crece con cada desafío superado. Cada página, cada idea, cada logro, lleva tu huella, porque tú has sido parte fundamental de este proceso.

Este logro es tuyo tanto como mío, y espero que sea el primero de muchos que construyamos juntos. Te amo más de lo que las palabras pueden expresar.

Con todo mi corazón.

José Martín Pinta López

Índice

1.	Introducción.....	13
2.	Problema científico.....	14
3.	Objetivos.....	15
3.1	Objetivo General.....	15
3.2	Objetivos Específicos.....	15
3.3	Enfoque teórico y breve reseña histórica.....	15
4.	DESARROLLO DEL PROYECTO.....	17
4.1	Guía práctica para la correcta ejecución del ensayo de penetración estándar (SPT).....	17
5.	Equipos y herramientas utilizadas para la ejecución del ensayo SPT.....	17
5.1	Conformación del equipo manual.....	17
5.1.1	Trípode de perforación.....	17
5.1.2	Martillo de seguridad (SAFETY HAMMER).....	19
5.1.3	Mecanismo de limpieza o barrenado.....	20
5.1.4	Tubería de perforación.....	20
5.1.5	Accesorios y herramientas complementarias.....	21
6.	Equipo de perforación semiautomático.....	22
6.1	Máquina de perforación.....	22
6.2	Movilización y desplazamiento.....	23
6.3	Sistema eléctrico.....	24
6.4	Sistema hidráulico.....	24
6.5	Precauciones.....	24

7.	Equipo Automático.....	24
7.1	Máquina automática.	24
7.2	Sistema Hidráulico.	25
7.3	Sistema eléctrico.....	25
7.4	Martillo automatico.....	25
8.	MÉTODOS OPERATIVOS DE TRABAJO.	26
8.1	Procedimiento para <i>SPT</i> , Mecanismo de Perforación Manual.....	26
8.1.1	Descripción.....	26
8.1.2	Parámetros establecidos para la caída del martillo.....	26
8.1.3	Transporte.	27
8.1.4	Instalación del equipo.	30
8.1.5	Limpieza del pozo.	33
8.1.6	Montaje del tubo muestreador.	34
8.1.7	Montaje del muestreador y tubería al sondeo.	36
8.1.8	Número de giros de cuerda para ensayo <i>SPT</i>	37
8.1.9	Señalización del tramo de ensayo (Ejecución de ensayo <i>SPT</i>).	38
8.1.10	Caída del martillo, proceso de penetración con golpe.	39
8.1.11	Extracción del tubo muestreador.....	40
8.1.12	Desmontaje del martillo de seguridad.....	41
8.1.13	Extracción del muestreador de tubo partido.....	42
8.1.14	Desacople del muestreador de tubo partido.....	43
8.1.15	Registro de sondeo.	44
8.1.16	Etiquetado y cuidados de la muestra obtenida.	46

8.1.17	Limpieza del pozo para avance de la perforación.	47
8.1.18	Limpieza del muestreador de tubo partido.	48
8.1.19	Conexión de muestreador de tubo partido a más tramos de tubería AW.	49
8.1.20	Los criterios de rechazo.	51
8.1.21	Desmontaje del motor de perforación.	52
8.1.22	Orden y Limpieza.	53
8.1.23	Desmontaje del trípode.	53
8.2	Procedimiento de ejecución de ensayo SPT con equipo Semiautomático.	53
8.2.1	Transporte.	53
8.2.2	Instalación del Equipo.	57
8.2.3	Nivelación de la máquina.	58
8.2.4	Armado de la torre de perforación.	60
8.2.5	Limpieza del Pozo.	60
8.2.6	Número de giros de cuerda para ensayo SPT.	64
8.2.7	Señalización del tramo de ensayo (Ejecución de ensayo SPT).	64
8.2.8	Caída del martillo.	65
8.2.9	Extracción del tubo muestreador.	66
8.2.10	Desacople del muestreador de tubo partido.	67
8.2.11	Registro de sondeo.	68
8.2.12	Etiquetado y cuidados de la muestra obtenida.	69
8.2.13	Limpieza del pozo para avance de la perforación.	71
8.2.14	Los criterios de rechazo.	71
8.3	SPT Automático.	72

8.3.1	Transporte.	72
8.3.2	Ubicación de sondeo.	73
8.3.3	Nivelación del equipo automatico.	74
8.3.4	Elevación del mástil.	75
8.3.5	Martillo automatico.	76
8.3.6	Limpieza del sondeo.	77
8.3.7	Ingreso del muestreador de tubo partido.	78
8.3.8	Señalización del tramo de ensayo.	79
8.3.9	Caída del martillo.	80
8.3.10	Extracción de tubería de perforación.	80
8.3.11	Desacople del muestreador de tubo partido.	81
8.3.12	Registro de sondeo.	82
8.3.13	Etiquetado y cuidados de la muestra obtenida.	84
8.3.14	Limpieza del pozo para avance de la perforación.	85
8.3.15	Criterios de rechazo.	86
9.	Conclusiones y recomendaciones.	86
10.	Bibliografía.	88

Índice de Figuras.

Figura 1: Muestreador de tuberías Gow para pruebas en seco	16
Figura 2: Muestreador de barril dividido.....	17
Figura 3: Diseño martillo de seguridad	19
Figura 4: Tipos de barrenas	20
Figura 5: Ubicación trípode de SPT, motor, y accesorios.....	27
Figura 6: Vista superior de ubicación del equipo SPT. Fuente:	28
Figura 7: Diagrama de áreas de una perforación.	32
Figura 8: Limpieza de sondeo con barreno manual.....	33
Figura 9: Limpieza de sondeo.....	34
Figura 10: Vista del ensayo limpieza del sondeo.....	34
Figura 11: Conformación del muestreador de tubo partido.	35
Figura 12: Manera correcta de abrir muestreador de tubo partido.....	36
Figura 13: Ingreso del muestreador de tubo partido SPT.	36
Figura 14 Montaje del martillo de seguridad en tubería AW.	37
Figura 15: vueltas de la cuerda.	38
Figura 16: Área de recorrido marcado en tubería AW previa ejecución del ensayo.....	39
Figura 17: Caída del martillo de seguridad. Fuente:.....	39
Figura 18: Muestreador de tubo partido con canastilla plástica.	40
Figura 19: Extracción con energía del martillo de seguridad.	41
Figura 20: Desacople de martillo y tubería AW con la ayuda de llaves de tubo.....	41
Figura 21: Desmontaje del martillo de seguridad. Fuente:	42
Figura 22: Equipo de SPT elevado con muestreador de tubo partido.....	43
Figura 23: Desmontaje del muestreador de tubo partido.....	44

Figura 24 Manera correcta de desarmar muestreador de tubo partido.....	44
Figura 25: Hoja tipo de registro tipo de perforación	46
Figura 26: Muestreador de tubo partido con muestra de suelo en condiciones ideales.	47
Figura 27: Muestreado de tubo partido con muestra de suelo in situ. Fuente:	47
Figura 28: Limpieza del sondeo para nuevo ensayo.....	48
Figura 29: Muestreador de tubo partido desarmado en agua.....	48
Figura 30: Llaves de tubo sujetando el tramo de tubería AW.	49
Figura 31: Unión del cabo con acople elevador en conjunto con la tubería AW.	50
Figura 32: Acople del tramo de tubería AW con tramos ingresados.....	50
Figura 33: Protección de caída de tubería con ayuda de llaves de tubo.	51
Figura 34: Conexión de la unión y cabo al martillo de seguridad.	51
Figura 35: Motor de SPT ubicado al suelo una vez desplazado del castillo.....	53
Figura 36: Áreas de perforación.	58
Figura 37: Número de vueltas de la cuerda	64
Figura 38: Ejecución del ensayo de SPT.	65
Figura 39: Impacto del martillo de seguridad.....	66
Figura 40: Partes cuchara partida.	67
Figura 41: Desacople de partes cuchara partida.	68
Figura 42: Hoja tipo registro de perforación.	69
Figura 43: Muestra de suelo, caracterización e identificación del ensayo.....	70
Figura 44: Áreas de perforación.	74
Figura 45: esquema del martillo automatico	77
Figura 46: Ejecución del ensayo en máquina de SPT Automática.	79
Figura 47: Diagrama del martillo automático.....	80

Figura 48: Partes de la cuchara partida con retenedores plásticos:.....	81
Figura 49: Desacople de cuchara partida de manera correcta.....	82
Figura 50: Hoja tipo registro de perforación.	83
Figura 51: Logueo de suelo e identificación del pozo.	84

Índice de imágenes.

Imagen 1: Trípode para ensayo SPT con tubería y martillo de seguridad.....	18
Imagen 2: Máquina de perforación ejecutando ensayo de SPT.	23
Imagen 3: Desplazamiento de máquina con patines.	23
Imagen 4: Capacitación de operación máquina automática SPT.	25
Imagen 5: Ubicación del equipo de SPT para su traslado.....	29
Imagen 6: Ensayo SPT in situ.	30
Imagen 7: Retenedores plásticos.....	40
Imagen 8: Ensayo de SPT in situ.	52
Imagen 9: Transporte de máquina de perforación en plataforma autorregulable.....	54
Imagen 10: Ubicación de máquina en plataforma.	55
Imagen 11: Máquina semi automática enganchada a camioneta.	56
Imagen 12: Desnivelación de máquina.	58
Imagen 13: Nivelación máquina de perforación.	59
Imagen 14: Máquina de perforación con castillo ubicado.	60
Imagen 15: Limpieza de pozo de perforación con tubería de revestimiento lado izquierdo.....	61
Imagen 16: Ensayo de SPT con máquina de perforación lado derecho. Fuente: (AOC INGENIERIA , 2021)	61
Imagen 17: Maniobra de liberar tubería de perforación.	62

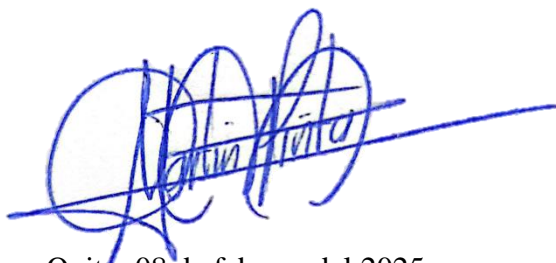
Imagen 18: Acople de tubería de perforación	62
Imagen 19: Maniobra de elevación de tubería de perforación.....	63
Imagen 20: Máquina de perforación realizando maniobras de perforación.....	63
Imagen 21: Cuchara partida con suelo e identificación.	70
Imagen 22: Limpieza del pozo con máquina de perforación.	71
Imagen 23: Montaje de máquina automática en remolque para su transporte. Fuente (Ingeniería Técnica Rcingtec, s.f.):.....	72
Imagen 24: Montaje de máquina de perforación sobre plataforma.	73
Imagen 25: Desplazamiento de máquina automática de SPT	73
Imagen 26: Máquina de SPT Automática estabilizada	75
Imagen 27: Nivelación de máquina automática de SPT	75
Imagen 28: Elevación del Mástil de perforación. MB-23 TMG DRILLING.	76
Imagen 29: conexión de barreno con cabezal de maquina automática	77
Imagen 30: Ingreso del barreno a nivel de cota del ensayo.	78
Imagen 31: Ingreso de tubería con muestreador de tubo partido.	78
Imagen 32: Extracción de tubería de al finalizar el ensayo.	81
Imagen 33: Cuchara partida con suelo e identificación.	85
Imagen 34: Limpieza del pozo.....	85

DECLARACIÓN y AUTORIZACIÓN

Yo, **José Martín Pinta López** con C.I. 172406034-6 autor del trabajo de Titulación intitulado: **“Guía Práctica Diseñada para la Correcta Ejecución del Ensayo de Penetración Estándar (SPT)”**, previa a la obtención del título de **Tecnólogo Superior en Construcción** en la Unidad Académica de Formación Técnica y Tecnológica PUCE TEC:

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a difundir a través de sitio web de la Biblioteca de la PUCE el referido trabajo de titulación, respetando las políticas de propiedad intelectual de Universidad.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'José Martín Pinta López', is written over a horizontal line. The signature is stylized and somewhat illegible due to the cursive nature of the handwriting.

Quito, 08 de febrero del 2025

Pinta López José Martín.

C.I. 172406034-6

Agradecimientos

Un especial agradecimiento a mi jefe, Ricardo Castro López, quiero dedicarle estas palabras de profundo agradecimiento por el apoyo invaluable que me brindo durante la carrera.

Su comprensión y flexibilidad al permitirme gestionar mi tiempo entre el trabajo y los estudios fueron fundamentales para avanzar en este camino.

Su confianza en mí y su disposición para ayudarme en cada momento han sido un ejemplo de liderazgo y solidaridad que siempre admiraré.

Aprendí de su dedicación, su visión y su capacidad para motivar a quienes lo rodean.

Este logro no habría sido posible sin su apoyo incondicional, y por eso quiero que sepa que su contribución va más allá de lo profesional; ha dejado una huella significativa en mi vida personal y en mi crecimiento como persona.

Gracias por creer en mí, por ser guía y por demostrarme que con esfuerzo y apoyo los sueños se pueden alcanzar. Este trabajo es también un reflejo de su influencia positiva en mi camino.

Con eterna gratitud,

José Martín Pinta López

1. Introducción.

Ecuador es uno de los países donde el ensayo más utilizado para la evaluación geotécnica es el Estándar Penetración Test (SPT), convirtiéndolo en el preferido de los ingenieros civiles para evaluar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos in situ. Con el fin de obtener información clave para identificar el tipo de suelo y su comportamiento ante las diferentes variables y la información proporcionada es fundamental para el diseño de cimentaciones, estabilidad de taludes entre otros tipos de construcciones. Volviendo así uno de los ensayos más utilizados, teniendo una gran demanda y dado a esto se ha vuelto una de las problemáticas que no existía una guía sencilla que capacite al personal técnico donde se dé a conocer su correcta ejecución.

La presente guía es desarrollada como parte del trabajo de grado la misma que busca contribuir con el fortalecimiento del conocimiento sobre las normas técnicas correspondientes y buenas prácticas de ejecución. Su elaboración está basada en una serie de pasos detallados con el fin de que guíen de manera, sencilla, clara y técnica a operadores, estudiantes, ingenieros, o todo aquel que realice el ensayo SPT en campo.

Se considera variables como la ejecución de actividades altamente repetitivas, la alta demanda y particularmente sobre este tipo de ensayo, problemas habituales de operación que se presentan al momento de realizarlo in situ.

A nivel nacional, se ha podido evidenciar, la existencia de 3 tipos de equipos comúnmente utilizados. Tenemos el tradicional o más conocido como equipo manual, el semiautomático y el automático. Los podemos encontrar dentro de las diferentes universidades nacionales y en empresas dedicadas a consultoría de ingeniería civil.

El objetivo principal de este documento es desarrollar una guía práctica para la correcta ejecución del Ensayo de Penetración Estándar SPT y que se convierta en una herramienta valiosa para estudiantes y profesionales que se encuentren dedicados al estudio geotécnico con una metodología clara y precisa de los procedimientos para cada tipo de equipo a utilizarse, respetando los procesos normativos de una manera segura y confiable, optimizando tiempo, recursos económicos y buenas prácticas ambientales.

2. Problema científico.

La falta de cumplimiento de la normativa genera una cierta incertidumbre en la calidad de ejecución de los ensayos SPT, en el campo de estudios de suelos para diferentes tipos de construcciones, si bien la normativa vigente nos detalla los lineamientos que debemos tener en cuenta para la ejecución del ensayo puntualmente, no es suficiente como para cumplir con los parámetros necesarios en los estudios realizados, especialmente en campo. En temas propiamente operacionales, el conocimiento empírico del ensayo de operadores o bien llamados perforistas, han sido problemáticas que abordan en la correcta ejecución de este, la ausencia de una guía práctica en campo para la ejecución del ensayo en los estudios geotécnicos es un problema que se ve muy a menudo en el sector. Por este y otros factores, se genera ciertas variaciones ponen en riesgo la integridad de las estructuras que van a ser diseñadas, porque a partir de los resultados obtenidos en campo, se realiza una caracterización del tipo de material y una serie de cálculos geotécnicos para conocer la capacidad admisible del suelo dependiendo la estructura que será implantada.

3. Objetivos.

3.1 Objetivo General.

Desarrollar una guía práctica para la correcta ejecución del Ensayo de Penetración Estándar (SPT), con el fin de mejorar la ejecución, precisión, consistencia y confiabilidad de los datos obtenidos.

3.2 Objetivos Específicos.

- Detallar parámetros y características de cada uno de los equipos seleccionados para la guía práctica.
- Establecer procedimientos en secuencia de pasos secuenciales claros, precisos, y técnicos, contemplando temas de seguridad industrial.
- Identificar los errores más comunes que se presentan en la movilización del equipo y la puesta a punto en la ubicación del ensayo.
- Determinar recomendaciones basados en la normativa ASTM D 1586.

3.3 Enfoque teórico y breve reseña histórica.

En Ecuador uno de los ensayos geotécnicos más utilizados para evaluar caracterizar el tipo de suelo. “Su origen data del año 1902 Chales R Gow propietario de la Gow Construction Co. De Boston, comenzó a realizar perforaciones exploratorias utilizando muestreadores de 1 pulgada (2,5 cm) de diámetro accionados por golpes de un martillo de 110 libras” (Rogers., 2006).

“En 1922, su empresa se transformó en una subsidiaria de Raymound Conrete Pile, la que difundió esa nueva metodología de estimar la resistencia del material en base de hinca del tubo (Fletcher, 1995).

“La división Gow de RCPC continúo utilizando el muestreador de tuberías, que era accionado manualmente y operado por cuadrillas de tres hombres. El muestreador de suelo de

cuchara partida fue introducido por Sprague and Henwood, Inc de Scranton, PA a mediados de la década de 1920 y comercializado a nivel nacional” (Rogers., 2006).

“La cuchara partida de 2 pulgadas de diámetro exterior fue diseñada en el año de 1927, basándose en el trabajo de campo realizado en Philadelphia por G.A Fletcher y el desarrollo de investigaciones realizadas por H.A Mohr (gerente regional de Gow Company en Nueva Inglaterra, U.S.A)” (Fletcher, 1995).

“Harry Mohr midió los valores numéricos de la fuerza motriz empleada por los equipos de perforación del área de Boston; que se determinó que tenían un peso de impulsión promedio de 140 libras (69,3 kg) con una caída promedio de 30 pulgadas (76,2 cm), registrando el número de golpes necesarios para impulsar el muestreador 12 pulgadas (30,5 cm) (Fletcher, 1965; Mohr, 1966)” (Rogers., 2006).

En 1940, el muestreador de cuchara partida de Gow apareció esencialmente como lo conocemos hoy, pero solo admitió una muestra de 12 pulgadas (30,5 cm) de largo como se muestra en la figura 1.

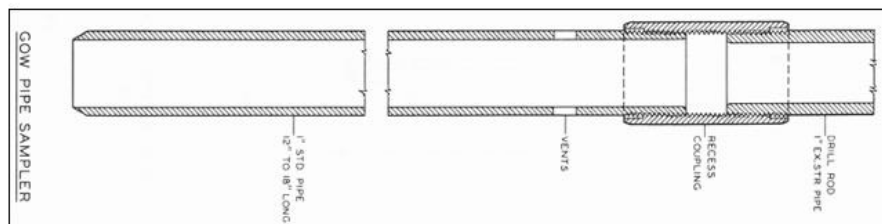


Figura 1: Muestreador de tuberías Gow para pruebas en seco
Fuente: (Rogers., 2006).

En 1945, el barril del muestreador de cuchara partida se amplió con la introducción de varillas de perforación huecas de tamaño A (espesor de pared de 0,234 pulgadas [0,60 cm]), que estaban equipadas con roscas Jackbit (roscas planas gruesas, sin socavaduras profundas o agudas).

Estas reemplazaron la antigua tubería adicional de 1 pulgada que se había utilizado hasta ese momento (Fletcher, 1995). Como se lo puede visualizar en la figura 2.

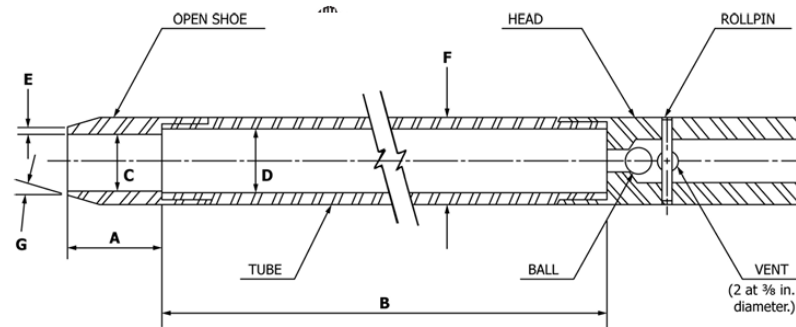


Figura 2: Muestreador de barril dividido
Fuente: ASTM D 1586.

4. DESARROLLO DEL PROYECTO.

4.1 Guía práctica para la correcta ejecución del ensayo de penetración estándar (SPT).

El siguiente trabajo fue desarrollado en la empresa Ingeniería técnica RCINGTEC, con aprobación del Gerente General Ingeniero Ricardo Castro, quien lleva en el mercado nacional desde el 2019, siendo su actividad principal es la venta de equipos de laboratorio de ingeniería civil en el área de suelos hormigones asfaltos y agregados donde se pudo tener acceso a los equipos en sus tres modalidades, SPT manual, semiautomático y Automático.

5. Equipos y herramientas utilizadas para la ejecución del ensayo SPT.

5.1 Conformación del equipo manual.

5.1.1 Trípode de perforación.

El mecanismo de perforación manual incluye una base estructural conformada por un trípode, de los cuales existen dos tipos de materiales para su fabricación estos pueden ser fabricados con tubería de acero liviana de agua de diámetro de 2 ½” y de espesor de 2.5 mm, con puntas en los extremos para poder hincarse en el suelo o a su vez el segundo material utilizado para su elaborado es de aluminio, el mismo que puede ser fabricado en dos tramos por cada pata

del trípode logrando establecer una elevación de 4.8 metros de alto manteniendo el mismo diseño se dispondrá de puntas en los extremos para hincarse en el suelo, convirtiéndolo al segundo trípode el preferido por los ingenieros por su fácil transporte, su ventaja superior al ser más liviano lo vuelve más ligero e ideal para terrenos de difícil acceso, donde la única forma de llegar es caminando. El sistema de acoplamiento del trípode los vuelve más sencillos con la finalidad de lograr una altura óptima para el levantamiento de la masa del martillo, y a su vez tener espacio suficiente poder realizar las respectivas maniobras por los operadores.

El izado del martillo por su peso se lleva a cabo a través de un sistema tipo winche que es impulsado por un motor de combustión, existen varias combinaciones de motores con los que se puede realizar este sistema, y de diferente potencia. La función principal es levantar la masa del martillo de manera adecuada con las menores perturbaciones, su diseño tiene el recorrido necesario para utilizar un cabo de 1 pulgada (2.5 cm), a su vez también debe tener la capacidad de levantar la tubería y desprender el muestreador de tubo partido del suelo.



Imagen 1: *Trípode para ensayo SPT con tubería y martillo de seguridad*
Fuente: (Ingeniería Técnica Rcingtec, s.f.).

Para el levantamiento del martillo se va a requerir una polea la misma que debe cumplir con las medidas de seguridad necesarias donde se garantice la sujeción de esta al trípode y de una resistencia suficiente para soportar los pesos del martillo, tubería, muestreador de tubo apartado y la muestra de suelo.

5.1.2 Martillo de seguridad (*SAFETY HAMMER*).

El martillo que se ha escogido garantizando la seguridad de los operadores es el conocido como “*SAFETY HAMMER*” (martillo de seguridad) establecido y recomendado en la norma ASTM INTERNATIONAL D 1586 su peso es de 140 lb (63.5 kg) y su recorrido de 30 pulgadas (750 mm).

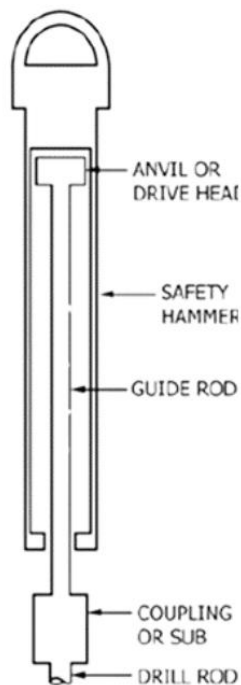


Figura 3: *Diseño martillo de seguridad*
Fuente: (ASTM International , 2022).

5.1.3 Mecanismo de limpieza o barrenado.

El barreno o posteadora es un equipo complementario, recomendado y utilizado para realizar la exploración del suelo. Existe diferentes modelos de acuerdo con su uso y tipo de suelo, y va a depender mucho de la experiencia del operador la elección del modelo adecuado (véase en la figura 4).

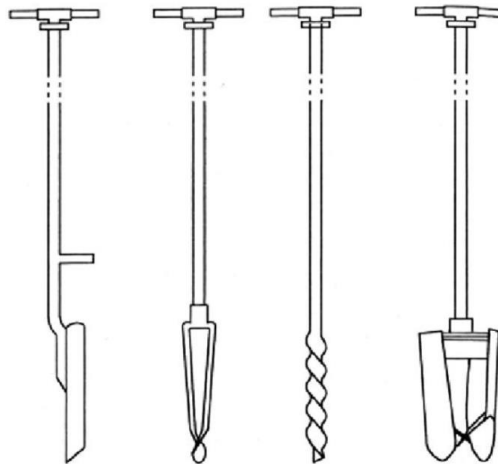


Figura 4: Tipos de barrenas
Fuente: (Torri, 2006).

Este tipo equipos nos ayudan a realizar una limpieza previa al ensayo esto nos ayuda a conocer el tipo de suelo adyacente al ensayado para garantizar que el ensayo se lo realice de la manera y obtener una tipología del suelo.

5.1.4 Tubería de perforación.

La tubería recomendada para el ensayo de Penetración Estándar SPT, corresponde a las siguientes medidas establecidas en la tabla 1.

Tubería de Perforación	Área		Diámetro externo		Diámetro interno			
					Pared Paralela		Pared Alternada	
	Cm2	Pulg2	Cm	Pulg.	Cm	Pulg.	Cm	Pulg.
AW	7.600	1.178	4.445	1.75	3.175	1.25	3.651	1.438

Tabla 1: Tuberías de perforación

Fuente: Norma ASTM D 1586 (ASTM International , 2022)

5.1.5 Accesorios y herramientas complementarias.

Los accesorios y herramientas complementarias están contempladas para la ejecución de un sondeo de hasta 10 metros de profundidad, o hasta donde las condiciones del terreno y equipo lo permitan, cualquier cambio en las características de ejecución del sondeo, genera ciertos ajustes, los cuales quedarán al mejor de los criterios del equipo ejecutante.

Ítem.	Equipo.	Cantidad.	Unidad medida.
5	Llaves de tubo N. 24 de alta resistencia.	2	u
6	Polea.	1	u
7	Motor con malacate.	1	u
8	Llaves de boca y corona juego completo.	1	u
9	Barrena manual con extensiones 1 metro	15	m
10	Martillo de bola.	1	u
11	Grasa.	500	gr
12	Cabo de manila de 1”	30	m
13	Pizarra, marcadores borrables.	1	u
14	Flexómetro.	2	u
15	Medidor de nivel freático.	1	u
16	Juego de desarmadores.	1	u
17	Llave de filtros.	1	u
18	Balde de 25 lt.	1	u
19	Agua para hidratación	1	u
20	Agua para uso de la perforación.	25	lt
21	Espátula, cepillo de acero.	1	u
22	Canastillas de muestreador de tubo partido.	5	u
23	Mesa plástica.	1	u
24	Carpa.	1	u
25	Bidón de combustible de 20gl	1	u
26	Registro de sondeo y etiquetas	64	u
27	Paquete de fundas plásticas	2	u
28	Botes de basura color Azul, Rojo, Verde	3	u
29	Botequín de primeros auxilios	1	u
30	Kits antiderrames	1	u
31	Extintor	1	U

32	Cajas para testigos	10	U
----	---------------------	----	---

Tabla 2: *Listado de accesorios para perforación 10 metros.*
Fuente: Elaboración Propia.

La diferencia del listado presentado comparándolo con el equipo semi automático y automático, de los cuales se tratará en el siguiente capítulo, será el tipo de equipo utilizado y la tubería para perforación a rotación en función a la profundidad del sondeo.

6. Equipo de perforación semiautomático.

6.1 Máquina de perforación.

El equipo utilizado consta de una máquina de perforación a rotación accionada a través de un motor de combustión. Dentro del mercado pueden variar las especificaciones o configuraciones estas pueden ser a gasolina o diésel dependiendo del fabricante, la capacidad y dimensiones son superiores al motor utilizado en el equipo manual, pero se puede acoplar al trípode del equipo manual para el levantamiento del martillo existe también máquinas que vienen con una torre incorporada. Incluye un sistema de caja de cambios, que, dependiendo del modelo, determinará la cantidad de marchas. Como requisito mínimo, deberá constar como mínimo, un cambio de avance y uno de reversa.



Imagen 2: Máquina de perforación ejecutando ensayo de SPT.
Fuente: (AOC INGENIERIA , 2021)

6.2 Movilización y desplazamiento.

Su diseño de patines la hace fácil de transportar (arrastrar) por la gran mayoría de terrenos, teniendo limitaciones y complicaciones en suelos saturados o pantanosos. Consta de un winche con capacidad razonable que es utilizado para la sujeción al momento de movilizarla al punto de sondeo.



Imagen 3: Desplazamiento de máquina con patines.
Fuente: (AOC INGENIERIA , 2021)

6.3 Sistema eléctrico.

El sistema eléctrico posee las mismas características de un vehículo, el cual incluye una batería de 12v y un sistema de alternador para recargar la batería y switch para dar arranque al motor.

6.4 Sistema hidráulico.

Ideal para el funcionamiento de las distintas operaciones, entre sus funciones tenemos: el accionamiento de abrir y cerrar las mordazas para la sujeción de tubería, el desplazamiento del mandril o cabezal de arriba hacia abajo y el desplazamiento parte de la estructura, que resulta muy útil al momento de realizar las maniobras de ubicación en el sondeo y perforación como tal.

6.5 Precauciones.

Al ser un equipo mecánico mucho más grande que el equipo manual, se requiere mayor experiencia del personal técnico y operativo, si bien el funcionamiento puede ser sencillo se requiere mayor cuidado en la ejecución de los trabajos y del ensayo SPT. El manual nos detalla ciertas guías, pero la experiencia toma un papel fundamental al momento de realizar las actividades.

7. Equipo Automático.

7.1 Máquina automática.

La máquina automática incluye una serie de ayudas que la hacen más versátil y facilitan su operación, dentro de sus características tenemos el accionar hidráulico para la movilización a través de orugas las cuales facilitan la movilización por diferentes tipos de terrenos, teniendo delimitaciones en suelos pantanosos y blandos por su gran peso y tamaño.



Imagen 4: *Capacitación de operación máquina automática SPT.*
Fuente: (Ingeniería Técnica Rcingtec, s.f.)

7.2 Sistema Hidráulico.

Contempla la mayoría de las acciones realizadas. Dentro de las que tenemos los estabilizadores del equipo que tienen un accionar individual para cada uno, la elevación del mástil o torre de perforación, el accionamiento del cabezal de perforación para el engranaje planetario de la tubería helicoidal para la limpieza del sondeo.

7.3 Sistema eléctrico.

El sistema eléctrico va a ser igual a un vehículo el cual incluye una batería de 12v y un sistema de alternador para recargar la batería además de un accionar del arranque para del motor.

7.4 Martillo automatico.

Martillo ensamblado al propio equipo mecánico, para cumplir con todos los requerimientos de la norma ASTM D 1558 dentro de los parámetros de peso y altura de caída para la ejecución del ensayo de SPT.

8. MÉTODOS OPERATIVOS DE TRABAJO.

Dentro del presente capítulo, se describen los equipos con los cuales se puede realizar el ensayo SPT, y los procedimientos recomendables para una correcta ejecución del trabajo geotécnico.

8.1 Procedimiento para SPT, Mecanismo de Perforación Manual.

8.1.1 Descripción.

Los procedimientos detallados a continuación son contemplados en ambientes controlados y condiciones óptimas de trabajo. Cualquier cambio con respecto a la ejecución del ensayo en materia de operación o uso de otro tipo de accesorios, será responsabilidad de los operadores encargados del estudio. Para la presente guía se contemplan perforaciones de hasta 10 metros, trípode de tubería liviana (aluminio), tubería AW y martillo de seguridad de 140 lb. Transportadas en un vehículo tipo camioneta de doble cabina.

8.1.2 Parámetros establecidos para la caída del martillo.

Lineamientos establecidos bajo la ASTM INTERNATIONAL bajo la designación ASTM D 1586, peso de la masa específica que debe tener referencia del ensayo la cual es de 140 lb o (63.5 kg) la misma que deberá ser metálica y rígida. Deberá estar construido de manera tal que internamente sea guiada por un tubo interno el mismo que en su parte superior debe constar de un tope el cual evitara que la masa se desprenda del tubo guía la cual deberá estar alineada de manera tal que permita dar el recorrido necesario para la ejecución del ensayo 30 pulgadas o 750 mm, la pesa deberá subir hasta topar ligeramente la parte superior, una vez llegue a la distancia del ensayo se dejara caer de manera libre el sistema de caída está diseñado para permitir una caída de martillo de manera perpendicular al eje con un recorrido de 30 pulgadas (750mm).

Tipos de martillos establecidos en la American Society for and Materials. D 1586.

- Levas de cadena automática hidráulica / martillos mecánicos de liberación de agarre.
- Martillo de rosquillas de disparo mecánico.
- Martillo de seguridad accionados por cuerda y cabeza de gato.
- Martillo tipo donut operados por cuerdas y cabezas de gato (sujeción con cadenas).

Para la presente guía práctica, se ha seleccionado el martillo tipo SAFETY (martillo de seguridad) dado que por sus características y su nombre lo indica, lo hace un elemento más seguro para la ejecución del ensayo en cuestión.

8.1.3 Transporte.

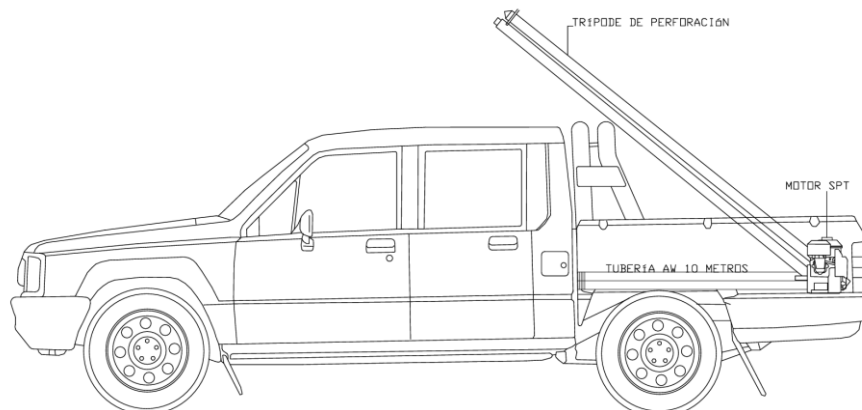


Figura 5: *Ubicación trípode de SPT, motor, y accesorios.*
Fuente: Elaboración Propia.

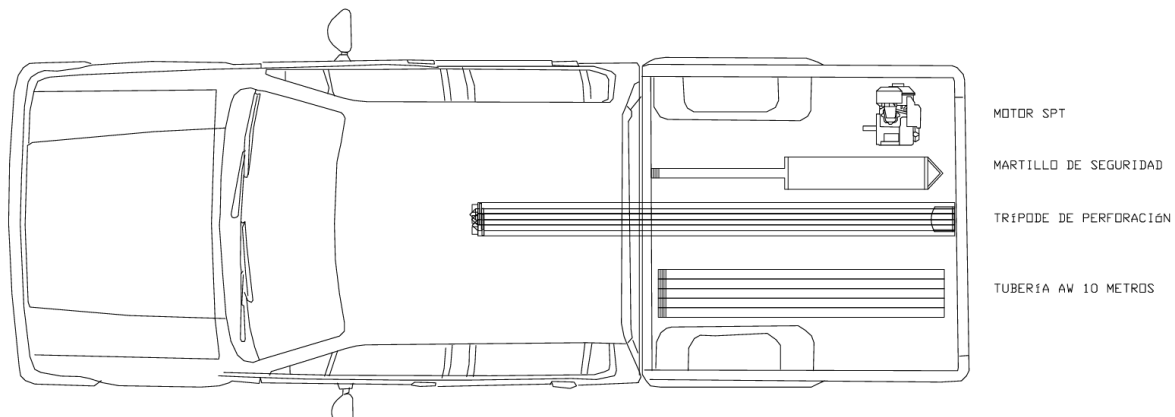


Figura 6: Vista superior de ubicación del equipo SPT. Fuente: Elaboración Propia.

La distribución de los equipos por su morfología se deberá tener las siguientes consideraciones. Ubicación del trípode; la estructura del trípode será en segmentos ubicando las partes con puntas en la parte elevada de la camioneta, deberá ir bien sujeta al centro de la camioneta, las partes que sirven para hincarse al suelo tienen un terminado tipo cono en punta, estas deberán ir elevadas para evitar lesiones con el personal y daños al balde de la camioneta.

La tubería de perforación AW esta deberá ser situada y sujeta en un extremo contrario a la ubicación del martillo de seguridad, para compensar la carga y la buena distribución del peso tal como se logra visualizar en la figura 5 y 6.

El motor de SPT deberá estar situado al extremo inferior de la camioneta, donde por diseño de los vehículos, generalmente camionetas con roll bar, podemos garantizar una manera segura de sujeción.

La herramienta menor como llaves, acoples de tubería barrenos puede ser ubicada o distribuida en las partes libres, se deberá evitar lugares muy visibles y de fácil acceso para evitar pérdidas por robo o caída. Se recomienda sujetarlos o almacenarlos en contenedores con seguridad

adicional como candados, para garantizar su seguridad física. Para viajes o recorridos largos donde los factores climáticos son diversos, se recomienda disponer una carpa para cubrir el equipo como mejor opción, en caso de no disponer se puede utilizar cualquier tipo de material que garantice su impermeabilidad (plástico negro).



Imagen 5: *Ubicación del equipo de SPT para su traslado.*
Fuente: (TAMDRILLING, 2024)

Siempre llevar consigo los documentos personales y habilitantes para el transporte del equipo como lo son:

- Licencia de conducir.
- Matricular vehicular al día.
- Guía de remisión del equipo donde se detalle el origen y el destino del equipo.
- Autorizaciones respectivas de la empresa dueña del equipo.

8.1.4 Instalación del equipo.



Imagen 6: *Ensayo SPT in situ.*
Fuente: (TAMDRILLING, 2024)

Para la instalación del equipo en campo, se deberá tomar en cuenta la topografía del lugar y su complejidad.

Considerar siempre las diferentes ubicaciones de los sondeos buscando siempre garantizar la seguridad del equipo y del personal operativo. La instalación deberá cumplir los requisitos de seguridad que garanticen el bienestar de los operadores, ayudantes y técnicos encargados, así como también para personal de la supervisión o visitantes del proyecto.

Como parte de la instalación y previo al armado del equipo se deberá tomar en cuenta una distribución de áreas, para la ejecución del ensayo, y para una mejor organización, se deberá contemplar un orden con respecto a las actividades realizadas al momento de realizar el ensayo in situ para lo cual se plantea la siguiente distribución esquemática, donde las actividades del ensayo van estar segmentadas por el nivel de riesgo de cada actividad, contempladas en colores: rojo, verde y amarillo, siendo la zona de color rojo la de mayor cuidado, en esta estarán directamente las operaciones de limpieza de tubería, muestreadores, ejecución del levantamiento de tuberías en

varias longitudes o tramos, desplazamiento del martillo, maniobras realizadas con ayuda del motor. La ubicación se establecerá en lugares que garanticen su fácil y segura operación. El área general de trabajo, al ser una zona crítica o de alto riesgo, se deberá delimitar con cinta de peligro y se prohibirá el acceso a personal no calificado y que no cuente con el equipo de protección personal adecuado.

Las actividades tales como: identificación, empaquetado y almacenado de muestras estarán ubicados en la zona de color amarillo. Estas operaciones se realizarán cerca de la zona roja, pero un área de menor riesgo estableciendo un lugar óptimo para la respectiva descripción del tipo de material, y garantizando un ambiente ideal para el respaldo fotográfico. Esta zona se establece con un riesgo leve moderado, ya que no se ve directamente afectada por las maniobras del personal de perforación. A continuación, se detallan las áreas mencionadas anteriormente y un esquema de la distribución de estas en campo:

- Área de perforación.
- Área de limpieza.
- Ubicación de tuberías.
- Área de logeo.

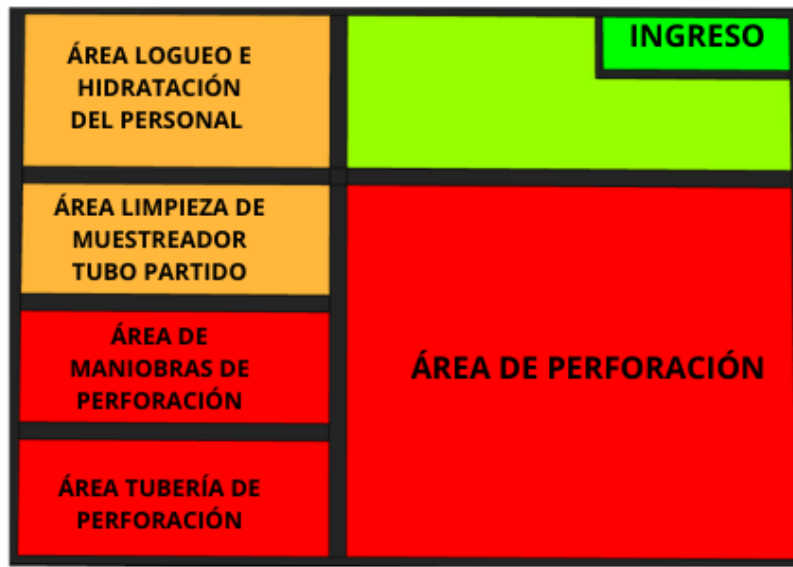


Figura 7: *Diagrama de áreas de una perforación.*
Fuente: Elaboración Propia.

Una vez establecidas las áreas para la ejecución de los trabajos, para la instalación y armado del trípode (equipo manual SPT) se consideran los siguientes puntos:

- Revisar que el personal cuente con el equipo de protección personal correspondiente.
- Ubicar el trípode horizontalmente sobre el terreno.
- Acoplar los tramos del trípode correspondientes a cada pata esto se lo realizará colocando las partes del trípode sobre el suelo y a continuación levantar y acoplar con ayuda de los auxiliares de perforación de manera segura y ergonómica.
- Pasar el cabo por la polea y conectar al soporte tipo U del catillo, evitar que el cabo se regrese al momento de levantar el equipo, para esto se deberá realizar un nudo al cabo entre si con el recorrido suficiente para cuando el equipo empiece a elevarse este quede ubicado de manera que sea de fácil acceder a él.

- Levantar del trípode con la ayuda. Se recomienda mínimo 3 personas para realizar esta actividad. Los ayudantes se irán acercando al mismo nivel de manera contante y lenta hasta lograr una altura ideal para el recorrido del martillo de seguridad y la ejecución de las maniobras.
- Establecer el centro de la perforación con ayuda del mismo trípode, este por su diseño lo vuelve una plomada de gran tamaño logrando así establecer el eje del sondeo.

8.1.5 Limpieza del pozo.

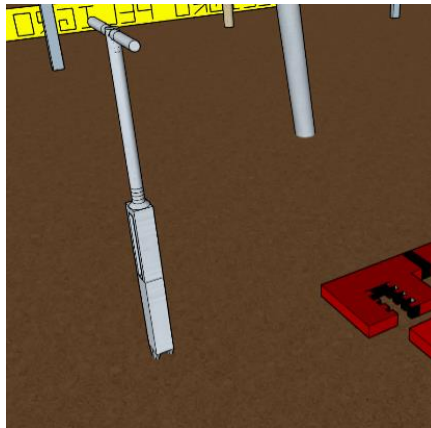


Figura 8: *Limpieza de sondeo con barreno manual.*
Fuente: Elaboración Propia.

Para dar inicio al sondeo, con ayuda del barreno realizar la limpieza pozo, aplicando presión de manera que las puntas del barreno ingresen en el suelo como se logra visualizar en la figura 8 y con ligeros movimiento en forma de semi círculo de izquierda a derecha permita cortar el suelo.

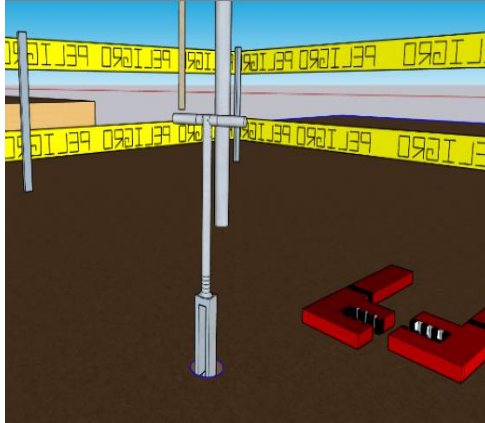


Figura 9: Limpieza de sondeo.
Fuente: Elaboración Propia.

Esta acción le ayudará a ingresar de manera más rápida, realizar esta acción de manera repetitiva hasta llegar a la cota del ensayo tal como se lo visualiza en la figura 10.

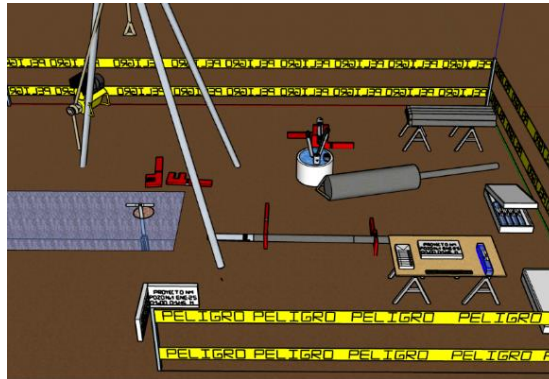


Figura 10: Vista del ensayo limpieza del sondeo.
Fuente: Elaboración Propia.

8.1.6 Montaje del tubo muestreador.

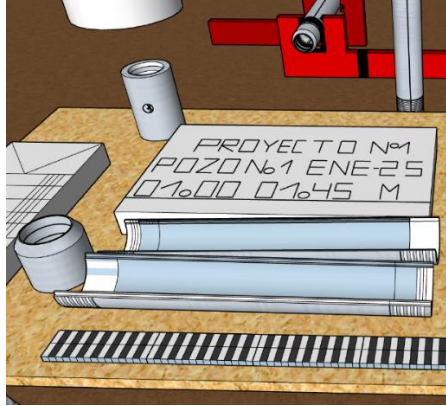


Figura 11: *Conformación del muestreador de tubo partido.*
Fuente: Elaboración Propia.

El muestreador de tubo partido está compuesto por tres partes, zapata, cuerpo o tubo dividido, y un acople tipo campana. Cada uno cumple un papel importante al momento de realizar el ensayo, es por esto por lo que se debe tener cuidado al momento del montaje y desmontaje.

Previo y durante el ensayo el muestreador deberá permanecer lo más limpio posible, esto facilitará su armado o desarmado. Si se va a hacer uso de una llave de tubo para su despiece se deberá tener en consideración las siguientes recomendaciones.

- Alinear la cuchara partida de manera tal, que la línea divisora quede vista (figura 12), al momento de realizar el desarme, esto ayudara a cerrar la cuchara al momento de arrimarla sobre la llave de tubo, provocando así que resulte más fácil el aflojar las conexiones en sus extremos.
- Nunca poner la llave de tubo o la herramienta que este usando para hacer presión en donde va la rosca. La presión que ejerce la llave la desgastara provocando así un deterioro temprano del equipo.

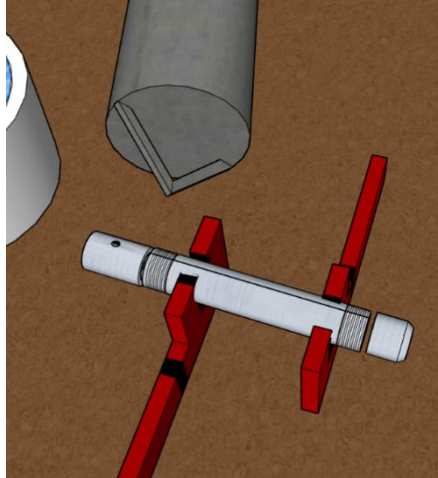


Figura 12: *Manera correcta de abrir muestreador de tubo partido.*
Fuente: Elaboración Propia.

8.1.7 Montaje del muestreador y tubería al sondeo.

- Unir el muestreador de tubo partido a la tubería AW, se realizará la unión solo de manera manual este a su vez deberá también estar unido al acople elevador, el cual estará conectado a la unión del cabo para ser levantados con ayuda del motor.

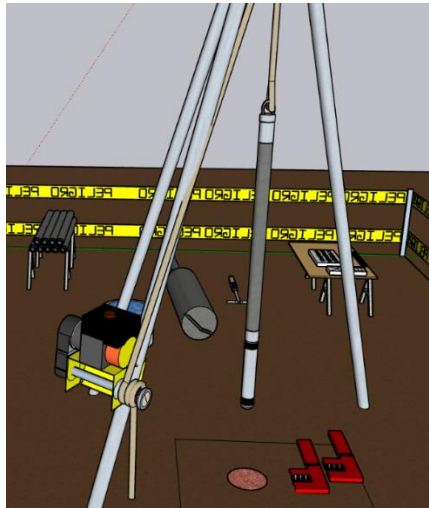


Figura 13: *Ingreso del muestreador de tubo partido SPT.*
Fuente: Elaboración Propia.

- Introducir el muestreador conectado a la tubería AW, hasta llegar a su cota respectiva asegurar la tubería con ayuda de una llave de tubo, retirar el acople elevador y conectar la unión al martillo de seguridad. Asegurar bien la unión entre el martillo y el cabo, levantarlo con ayuda del motor.



Figura 14 *Montaje del martillo de seguridad en tubería AW.*
Fuente: Elaboración Propia.

- Conectar el martillo con la tubería AW y, ajustar bien sus acoples, se puede apoyar con una llave de tubo, y se debe garantizar que la unión entre el martillo y la tubería a corto plazo.

8.1.8 Número de giros de cuerda para ensayo SPT.

Una vez la cuchara partida, la tubería y el martillo se deberá revisar las vueltas del cabo al malacate. El número de vueltas de la cuerda (cabo) sobre el malacate del motor de SPT durante la ejecución del ensayo, varía dependiendo el sentido de giro del motor. De ser en sentido horario se deberá dar (1 $\frac{3}{4}$) de vuelta y de ser el giro contrario a las manecillas del reloj se deberán dar (2 $\frac{1}{4}$) vuelta como lo detalla en la American Society for Test Material D 1586.

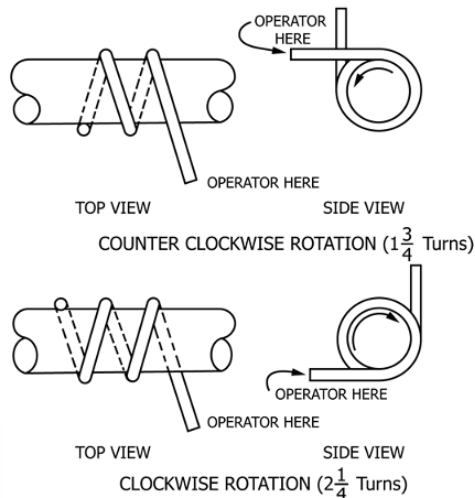


Figura 15: vueltas de la cuerda.
 Fuente: (ASTM International , 2022)

8.1.9 Señalización del tramo de ensayo (Ejecución de ensayo SPT).

Posterior al reconocimiento de las vueltas del cabo en el malacate, se deberá señalar el tramo correspondiente al ensayo, esto se lo puede hacer en la tubería AW con ayuda de una tiza para acero. Se delimitará los respectivos 45 cm correspondientes al ensayo detallado en la norma ASTM D 1586, en 3 tramos de 15 cm. El punto de inicio o referencia deberá determinarse in situ, para esto se puede utilizar por ejemplo elementos como la llave de tubo, una barra o a su vez el propio suelo siendo de los menos efectivos por el error que pudiese producir. El objetivo será, que la persona encargada de tomar nota del número de golpes, durante la ejecución del ensayo, puede establecer su punto de partida, e identificar claramente, conforme la cuchara y tubería penetran en el suelo, los tramos de 15 cm mencionados anteriormente, y el fin del ensayo al culminar los 45 cm de penetración.

Se registrará el número de golpes empleados para el hincado del tubo partido o cuchara partida para cada tramo de 15cm en un registro y en la pancarta para toma de fotografía respaldo posterior al ensayo.

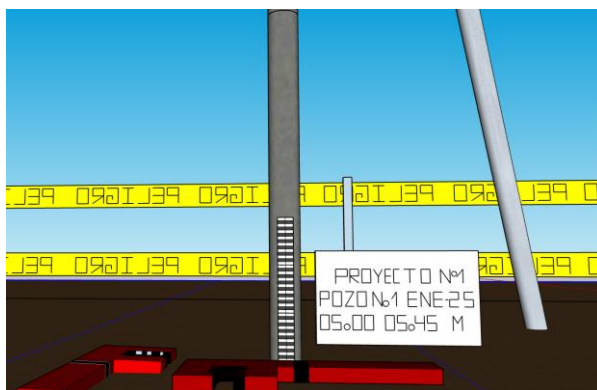


Figura 16: Área de recorrido marcado en tubería AW previa ejecución del ensayo.
Fuente: Elaboración Propia.

8.1.10 Caída del martillo, proceso de penetración con golpe.

- Elevar el martillo de seguridad de manera vertical hasta llegar a la altura de 75 cm soltar la cuerda permitiendo que el impacto sea directo con el yunque del martillo, provocando así que la energía del impacto del martillo sea distribuida de manera uniforme sobre la tubería AW.

•

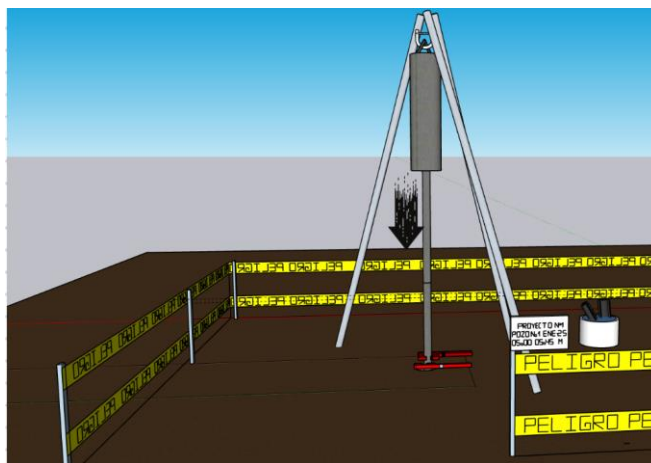


Figura 17: Caída del martillo de seguridad. Fuente: Elaboración Propia.

8.1.11 Extracción del tubo muestreador.

Para extraer el muestreador se empleará leves golpes con el martillo de manera ascendente, hasta extraer libremente la cuchara y tubería del terreno en estudio, esta maniobra se deberá realizar con un extremo cuidado, porque existe la posibilidad de caída de la muestra del tubo partido, para evitar que esto suceda se colocará una canastilla interna para evitar el regreso de la muestra.



Imagen 7: Retenedores plásticos.



Figura 18: Muestreador de tubo partido con canastilla plástica.
Fuente: Elaboración Propia.

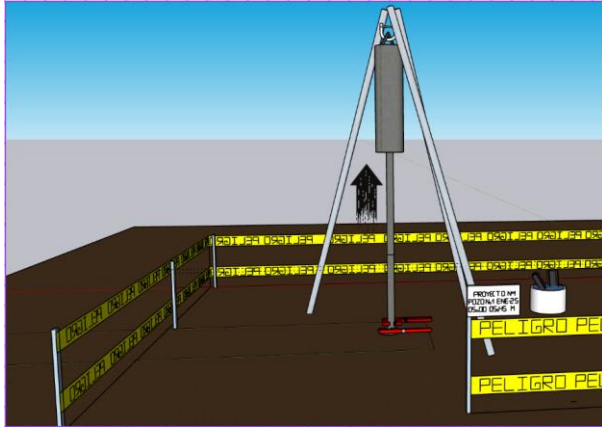


Figura 19: *Extracción con energía del martillo de seguridad.*
Fuente: Elaboración Propia.

8.1.12 Desmontaje del martillo de seguridad.

- Asegurar la tubería AW con ayuda de la llave de tubo, una vez garantizado la seguridad de la muestra se, deberá aflojar el martillo, esta acción la puede realizar con ayuda de otra llave de tubo girando en sentido contrario.

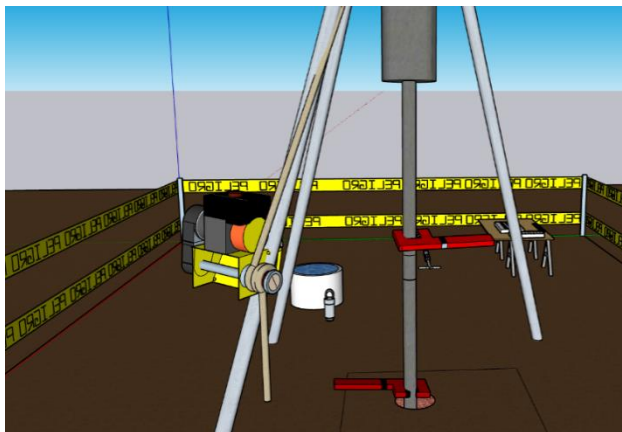


Figura 20: *Desacople de martillo y tubería AW con la ayuda de llaves de tubo.*
Fuente: Elaboración Propia.

- Una vez suelta la tubería elevar manualmente el tubo guía del martillo hasta una altura intermedia y dar la orden al operador que comience el descenso del martillo de manera cuidadosa.



Figura 21: *Desmontaje del martillo de seguridad. Fuente: Elaboración Propia.*

8.1.13 Extracción del muestreador de tubo partido.

Conectar el acople elevador a la tubería AW, soltar la unión del martillo y conectarlo al acople, una vez realizada esta maniobra, el operador deberá levantar la tubería para posteriormente, retirar la llave de sujeción y finalmente extraer el muestreador. Esta maniobra podrá ser repetitiva dependiendo de la profundidad que será proporcional a la cantidad de tubería utilizada.

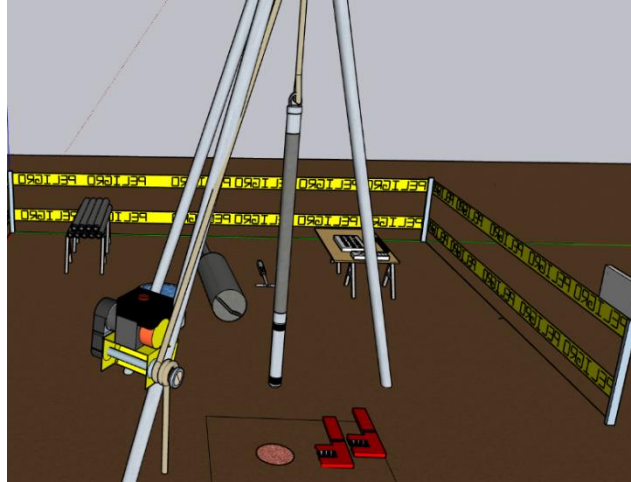


Figura 22: *Equipo de SPT elevado con muestreador de tubo partido.*
Fuente: Elaboración Propia.

8.1.14 Desacople del muestreador de tubo partido.

Ubicar la tubería con el muestreador en un lugar seguro para su desmontaje, no realizarlo mientras este elevado la tubería en el mismo eje del sondeo, ya que puede caer y perderla muestra y el muestreador. Posterior ordenar al operador que comience el descenso de manera lenta y segura del muestreador y finalmente desacoplar la cuchara partida de la tubería AW.

Para desarmar el muestreador de tubo partido es recomendable que sea solo con la fuerza de las manos, en el caso tal de estar demasiado ajustado para aflojarlo utilizar las llaves de tubo siempre teniendo precaución de ubicarla en la unión existente de la rosca, será ubicada de manera tal que la línea de unión que existe del muestreador quede perpendicular a la vista.

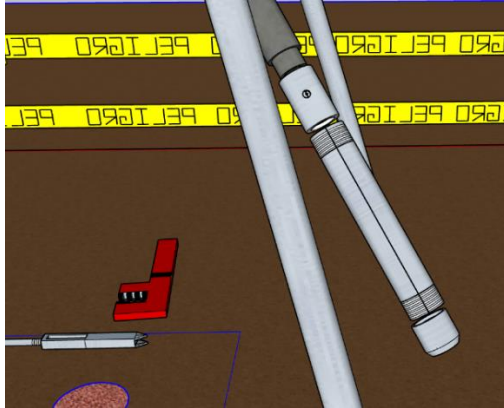


Figura 23: *Desmontaje del muestreador de tubo partido.*
Fuente: Elaboración Propia.

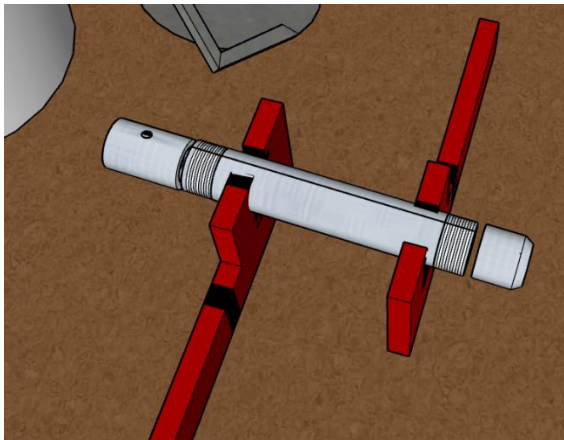


Figura 24 *Manera correcta de desarmar muestreador de tubo partido.*
Fuente: Elaboración Propia.

8.1.15 Registro de sondeo.

Una vez desarmado el muestreador, se deberá registrar como mínimo la siguiente información general, como parámetros principales detallados en la norma ASTM D1586 dentro de la hoja de campo:

- Nombre y lugar del proyecto.
- Nombres del perforador.

- Tipo y marca de la máquina de perforación.
- Condiciones meteorológicas.
- Fecha y hora de inicio y fin del pozo.
- Número de perforación y ubicación (recomendable con coordenadas si es disponible).
- Elevación de la superficie.
- Método de perforación, avance y limpieza del pozo.
- Sistema de martillo utilizado.
- Longitud del muestreador.
- Tipo de material.
- Color.
- Humedad.
- Plasticidad.
- Tamaño de las gravas.
- Cambio de estrato.
- Porcentaje de recuperación.
- Número de golpes.
- Nivel freático.

REGISTRO DE SONDEO										SONDEO No.			
PROYECTO:				ELEMENTO:		FECHA:		INCLINACIÓN:		HOJA: de			
LOCALIZACIÓN:				COORDENADAS:				HORA INICIO:		HORA FINAL:			
ING. DE CAMPO:				PERFORADOR:		COTA:		PROFUNDIDAD TOTAL:					
PROFUNDIDAD	MUESTRA		ENSAYO SPT			SIMBOLOGIA	REVESTIMIENTO	DESCRIPCIÓN	RECUPERACIÓN (cm)	NIVEL FREÁTICO	CONSISTENCIA	COMPACTIDAD	PROFUNDIDAD
	No	Tipo	GOLPES		N _{SPT}								
00													00
10													10

Figura 25: Hoja tipo de registro tipo de perforación
Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, 1982).

8.1.16 Etiquetado y cuidados de la muestra obtenida.

Se deberá tener extremo cuidado con las muestras obtenidas y cuidar de la pérdida de la humedad natural y de la contaminación cruzada, para esto se deberán guardar en dos fundas plásticas y almacenarlas bajo sombra es uno de los cuidados que se deben tener al momento del cuidado pueden guardarse en contenedores tipo cooler o en cajas de muestras siendo estas las más recomendables.

El etiquetado deberá contener como mínimo la siguiente información de acuerdo con la Norma ASTM D 1586:

- Nombre y lugar del proyecto.
- Nombres del perforador.
- Número de golpes.
- Intervalo de profundidad.
- Recuperación.
- Pruebas in situ realizadas en una breve descripción.

Los datos obtenidos son de gran importancia para los posteriores informes realizados en oficinas. Se debe tomar en cuenta que el detalle con que se analice y describa la muestra en campo, es fundamental para realizar un correcto diseño por parte del especialista a cargo.

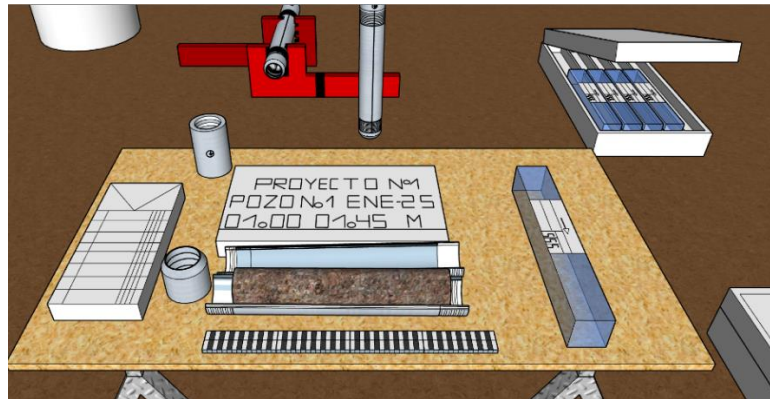


Figura 26: *Muestreador de tubo partido con muestra de suelo en condiciones ideales.*
Fuente: *Elaboración Propia.*



Figura 27: *Muestreado de tubo partido con muestra de suelo in situ.* Fuente:
Elaboración Propia.

8.1.17 Limpieza del pozo para avance de la perforación.

Una vez culminado el ensayo SPT se deberá repetir el proceso de limpieza hasta llegar a la nueva cota de ensayo, donde se tomarán en cuenta los puntos anteriormente descritos tales como:

limpieza del pozo, ensayo SPT, retiro del muestreador, registro de información y almacenamiento y etiquetado de la muestra.

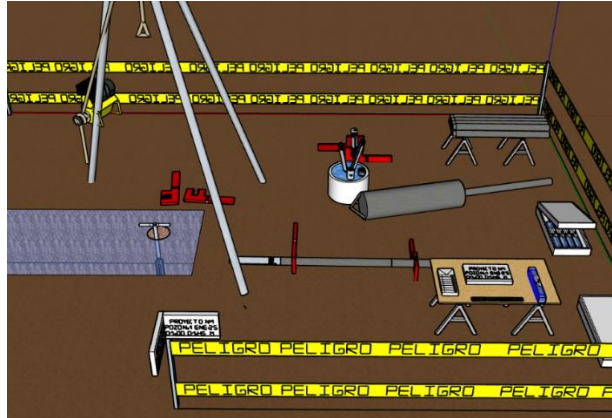


Figura 28: Limpieza del sondeo para nuevo ensayo.
Fuente: Elaboración Propia.

8.1.18 Limpieza del muestreador de tubo partido.

Esta acción se la puede realizar con la ayuda de un balde de agua limpia, esto ayudará a que no exista contaminación en la nueva muestra y facilitará su armado.

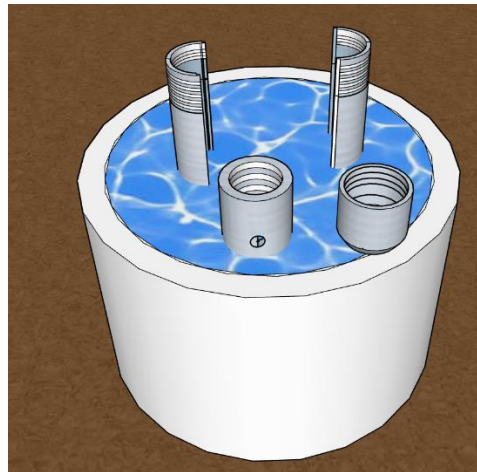


Figura 29: Muestreador de tubo partido desarmado en agua.
Fuente: Elaboración Propia.

8.1.19 Conexión de muestreador de tubo partido a más tramos de tubería AW.

- Conectar el muestreador de tubo partido armado al tubo AW, conectar el acople elevador en el suelo, dar la orden al operador de elevar la tubería, guiarlo hasta el lugar del sondeo, ingresar en la perforación, colocar la llave de tubo para evitar la caída.

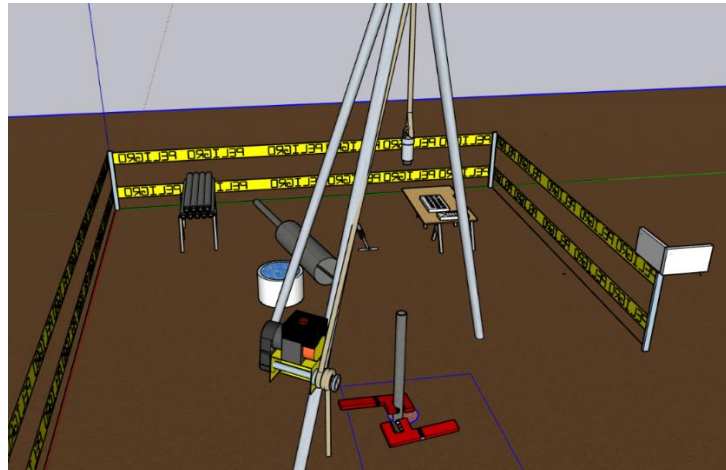


Figura 30: Llaves de tubo sujetando el tramo de tubería AW.
Fuente: Elaboración Propia.

- Soltar el acople elevador dar la orden al operado para que el brinde liberación del cabo para conectar el nuevo tramo de tubería, conectar el acople elevador al nuevo tramo de tubería, dar la orden al operador para el levantamiento, guiar la tubería hasta el lugar donde se encuentra la perforación el en tramo ingresado.

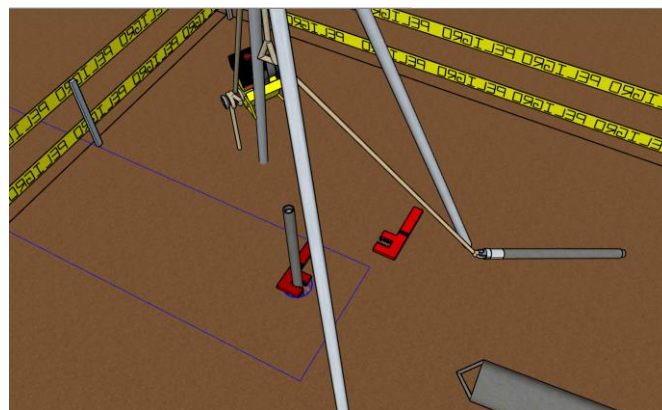


Figura 31: Unión del cabo con acople elevador en conjunto con la tubería AW.
Fuente: Elaboración Propia.

- Acoplar el nuevo tramo de tubería con el tramo que está en la perforación, para posteriormente dar la instrucción al operador de que se va a soltar la llave de sujeción de la tubería, el operador con ayuda del motor llegará a la cota del nuevo ensayo.

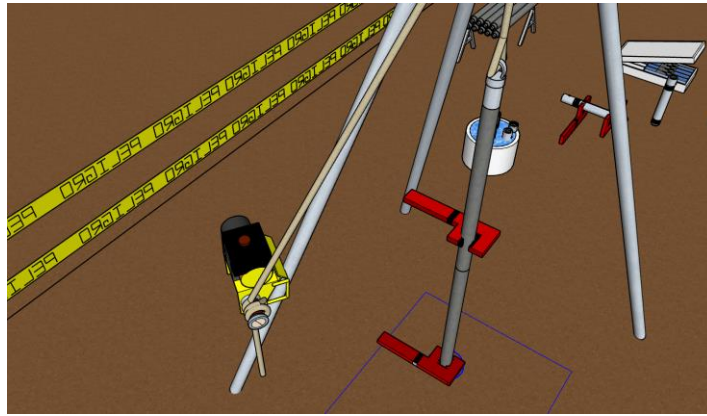


Figura 32: Acople del tramo de tubería AW con tramos ingresados.
Fuente: Elaboración Propia.

- El operador dará la señal al ayudante de que coloque nuevamente la llave de tubo como mecanismo de seguridad, una vez segura la tubería proceder aflojar el acople de elevador.

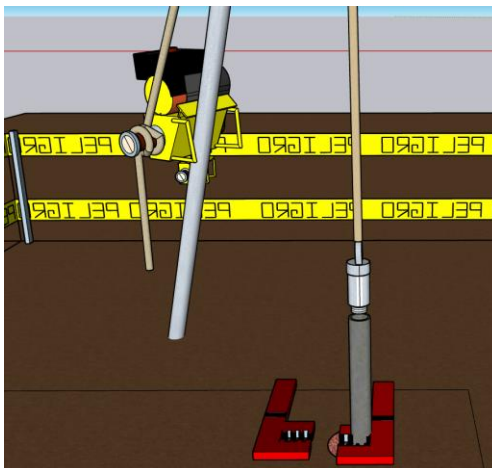


Figura 33: *Protección de caída de tubería con ayuda de llaves de tubo.*
Fuente: Elaboración Propia.

- Colocar cerca de los demás tramos de tubería para evitar tropezones, desconectar la unión de acople y conectarlo al martillo de seguridad.

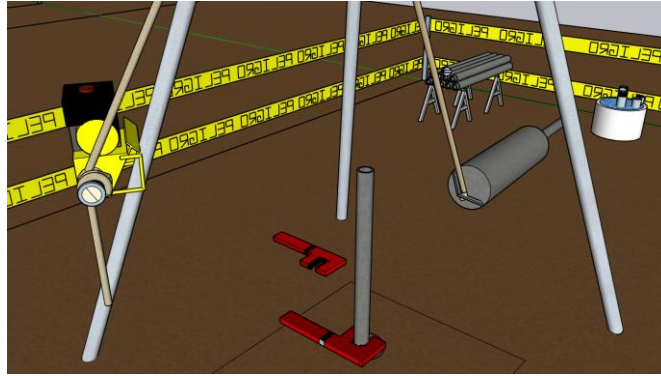


Figura 34: *Conexión de la unión y cabo al martillo de seguridad.*
Fuente: Elaboración Propia.

8.1.20 Los criterios de rechazo.

Se puede dar por terminado el ensayo cuando una o más de las siguientes condiciones pueden llegar a presentarse:

- Se han aplicado un total de 50 golpes durante cualquier de los tres incrementos (de 0.15m).
- Se han aplicado un total de 100 golpes.
- No hay avance observado de la toma de muestras durante la aplicación de 10 golpes sucesivos del martillo.



Imagen 8: *Ensayo de SPT in situ.*
Fuente: (AOC INGENIERIA , 2021)

8.1.21 Desmontaje del motor de perforación.

Desmontar el trípode perforación es una tarea que requiere cuidado especial para lo cual se requiere al igual que su armado de tres personas. Iniciar con la separación del motor.

Se lo realizara aflojando los pernos de sujeción y con el apoyo de los ayudantes se lo ira bajando lentamente hasta llegar al suelo, para proceder a retirarlo, tener extremo cuidado con el escape del motor que es el área más caliente del motor lo que puede provocar quemaduras severas a los ayudantes.

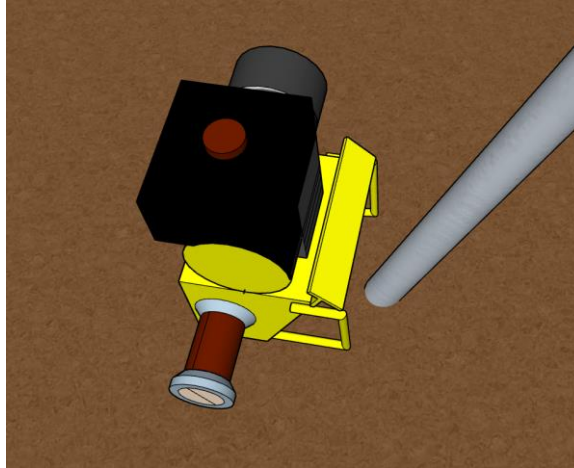


Figura 35: *Motor de SPT ubicado al suelo una vez desplazado del castillo.*
Fuente: Elaboración Propia.

8.1.22 Orden y Limpieza.

Realizar una limpieza del área donde se intervino, seleccionar los desechos según corresponda.

8.1.23 Desmontaje del trípode.

Con ayuda de dos personas bajar el trípode abriéndolo para lograr asentarlos sobre el terreno, retirar la polea y desarmar sus conexiones.

8.2 Procedimiento de ejecución de ensayo SPT con equipo Semiautomático.

8.2.1 Transporte.

La máquina semi automática puede ser transportada por varios medios siendo el más recomendable el uso de una plataforma abierta o cerrada. Como segunda opción un camión de capacidad adecuada.

Dentro de la presente guía práctica el transporte lo trataremos en dos partes para entender mejor su proceso.

El primero lo analizamos como la movilización y desmovilización del sitio de trabajo y la segunda corresponde al arrastre de la propia máquina por caminos de difícil acceso vehicular o no carrozable.



Imagen 9: *Trasporte de máquina de perforación en plataforma autorregulable.*
Fuente: (TAMDRILLING, 2024)

Para el transporte sobre plataforma autorregulable, el equipo mecánico consta de un winche este facilitara el ascenso de la máquina a la plataforma, siguiendo los siguientes pasos:

- Verificar que el mástil se encuentre en posición cero, es decir que todo el recorrido este en la parte inferior, esto ayuda a distribuir el peso de la máquina.
- Desplazar e inclinar la plataforma a nivel del suelo, con el fin de que el taladro de perforación suba a la plataforma sin dificultad.
- Acoplar el alambre de fuerza del winche a la parte de sujeción de la plataforma y proceder a remolcar la máquina a una velocidad lenta para evitar movimientos bruscos.
- Una vez la máquina se encuentre sobre la plataforma se deberá sujetar la máquina con ayuda de fajas de seguridad de alta resistencia ideales para cargas pesadas.

- Cargar y distribuir uniformemente la tubería, martillo de seguridad, y herramientas menores y demás accesorios de uso general, facilitando así el transporte hasta el sitio del ensayo.



Imagen 10: *Ubicación de máquina en plataforma.*
Fuente: (TAMDRILLING, 2024)

Como segundo punto, referente a la movilización dentro del proyecto de la máquina o bien llamado “Arrastre”, una de las opciones es conectar el winche al chasis del vehículo, y al dar la orden de que el winche comenzará a movilizar el equipo, esto implicará que el conductor del vehículo deberá mantenerse atento, dentro de la unidad, manteniendo apretado el freno y atento a las indicaciones del operador hasta que la máquina se acerque lo más posible a la camioneta. El vehículo servirá de guía, en la dirección requerida.



Imagen 11: *Máquina semi automática enganchada a camioneta.*
Fuente: (AOC INGENIERIA , 2021)

- Como segunda alternativa de movilización general de la máquina para el transporte sobre un camión, el procedimiento va a variar y va a depender mucho de la agilidad del operador para garantizar la seguridad del equipo.
- El camión, por su misma conformación, no podrá inclinarse y estar a nivel del terreno, por esta razón se hará uso de unos rieles metálicos resistentes, para que la máquina pueda desplazarse sobre ellas y pueda subir al camión.
- Ubicar los rieles de la plataforma de manera tal que al subir el equipo mantenga el centro de equilibrio, mojar los rieles con agua facilitara el deslizamiento de la máquina al momento de subirlo, para poner ubicarlo al equipo se puede ayudar de una barra para ayudar a central el equipo, proceder de manera lenta y continua el remolque de la máquina. Es recomendable sujetar la maquina al camión para evitar los desplazamientos.
- Asegurarse que el guinche se encuentre frenado para darle más sujeción al momento del viaje.

- Contemplar el equilibrio en los pesos al momento de ubicar la tubería de igual manera el martillo de seguridad.

Tener en cuenta la documentación habilitante para el transporte tanto de los equipos como del conductor.

- Licencia de conducir.
- Matricular vehicular al día.
- Guía de remisión del equipo donde se detalle el origen y el destino del equipo.
- Autorizaciones respectivas de la empresa dueña del equipo.

8.2.2 Instalación del Equipo.

El área de ubicación va a depender de la topografía del lugar las siguientes recomendaciones pueden varias dependiendo de la topografía o los equipos utilizados, vamos a manejarnos las áreas planteadas bajo el esquema del procedimiento manual el cual está contemplado para la ejecución del ensayo de SPT, se deberá anexar más áreas al momento de que se desee realizar perforaciones a rotación contemplando una mayor área debido a las dimensiones del taladro de perforación y los accesorios que el mismo conlleva.



Figura 36: *Áreas de perforación.*
Fuente: Elaboración Propia.

8.2.3 Nivelación de la máquina.

Una de actividades primordiales en la perforación a rotación es mantener la perpendicularidad del ensayo para lo cual se deberá nivelar muy bien la máquina, dichas maniobras deben ser realizadas por personal altamente calificado y con la experiencia necesaria para que la operación sea desarrollada con total seguridad.

Inspeccionar el área donde se realizará el ensayo, con ayuda de una pala se nivelará el piso antes del ingreso de la máquina. Si las irregularidades se mantienen se procederá a realizar las siguientes maniobras:

- Llevar el equipo hasta el punto asignado.



Imagen 12: *Desnivelación de máquina.*
Fuente: (TAMDRILLING, 2024)

- Nivelar la maquina con ayuda de los pistones propios del equipo se dará presión hasta que la máquina tome una altura suficiente para ingresar un tablón de madera resistent el

cual deberá estar ubicado en la mitad de la maquina con el objetivo de brindar inestabilidad controlada en la maniobra realizada.

- Quitar lentamente la presión, esto provocará que por diferencia de pesos el equipo se eleve en la parte posterior de la máquina.
- Ingresar un tablón de medidas inferiores al empleado a anteriormente.
- Volver a realizar la actividad de elevación de maquina con ayuda de su propio peso.
- Ingresar unos bases de madera resistente (tablón).
- Verificar niveles del mandril
- Verificar que el mandril este con una inclinación de 90 grados para perpendicularidad.
- Asegurar la máquina con un anclaje al suelo para evitar la vibración y por consecuencia el desvío del sondeo.



Imagen 13: *Nivelación máquina de perforación.*
Fuente: (TAMDRILLING, 2024)

8.2.4 Armado de la torre de perforación.

Para la instalación de la torre del taladro de perforación se detallan a continuación las siguientes recomendaciones:

- Extender las patas de la torre.
- Con ayuda del personal involucrado, levantar la torre hasta que quede totalmente vertical.
- Conectar los dos extremos del castillo.



Imagen 14: *Maquina de perforación con castillo ubicado.*
Fuente: (TAMDRILLING, 2024)

8.2.5 Limpieza del Pozo.

Al ser un equipo más grande y robusto que el motor manual la fuerza que dispone este equipo es mayor y por tal motivo le permitirá realizar perforaciones a mayores profundidades a diferencia del equipo manual. Este tipo de máquinas nos permiten por su gran fuerza realizar

perforaciones a rotación en cualquier tipo de material, mientras que el equipo manual se lo utiliza netamente para suelo.

El equipo dispone de barrenos helicoidales, los mismos que tienen forma de espiral permitiendo que de esta manera el material salga a la superficie facilitando así la limpieza del sondeo. Nos permite adicionalmente con ayuda de accesorios extras encamisar la perforación en caso de requerirse revestimiento provisional debido al tipo de material perforador (derrumbes de sondeo) y a su vez realizar perforaciones con rotación y agua para el mejor avance de la perforación.



Imagen 15: Limpieza de pozo de perforación con tubería de revestimiento lado izquierdo.
Fuente: (AOC INGENIERIA , 2021)

Imagen 16: Ensayo de SPT con máquina de perforación lado derecho. *Fuente: (AOC INGENIERIA , 2021)*

- Acoplar la tubería de perforación, detener la rotación del equipo y conectar la llave de tubo en la parte inferior al tubo próximo a retirar. Con la ayuda de otra llave de tubo girar al sentido contrario para aflojar la tubería.



Imagen 17: *Maniobra de liberar tubería de perforación.*
Fuente: (AOC INGENIERIA , 2021)



Imagen 18: *Acople de tubería de perforación*
Fuente: (AOC INGENIERIA , 2021).

- Conectar el acople elevador en la tubería floja y elevarlo, direccionar hacia el lugar asignado de tubería.

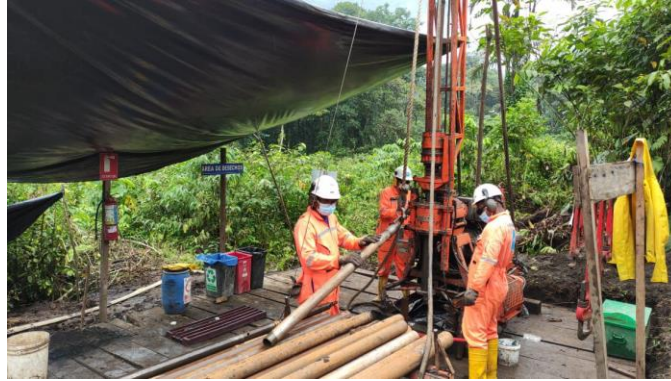


Imagen 19: *Maniobra de elevación de tubería de perforación.*
Fuente: (AOC INGENIERIA , 2021).

- Aflojar tubería de perforación con ayuda de llave de tubo.
- A continuación, el avance se lo realizará con la máquina de perforación semi automática al ser más robusta ayudará a un avance más eficiente la rotación permite el paso por los estratos más duros hasta llegar a la cota deseada.



Imagen 20: *Máquina de perforación realizando maniobras de perforación.*
Fuente: (AOC INGENIERIA , 2021)

8.2.6 Número de giros de cuerda para ensayo SPT.

En este punto, la ejecución del ensayo SPT será muy similar a la detallada anteriormente con equipo manual, salvo que al ser un equipo más potente la profundidad ya no llega a ser un limitante. De igual manera se deberán tomar los mismos controles conforme la normativa para la ejecución del ensayo de penetración estándar.

Una vez la cuchara partida, la tubería y el martillo se deberá revisar las vueltas del cabo al malacate. El número de vueltas de la cuerda (cabo) sobre el malacate del motor de SPT durante la ejecución del ensayo, varía dependiendo el sentido de giro del motor. De ser en sentido horario se deberá dar $(1 \frac{3}{4})$ de vuelta y de ser el giro contrario a las manecillas del reloj se deberán dar $(2 \frac{1}{4})$ vuelta como lo detalla en la American Socief for Test Material D 1586.

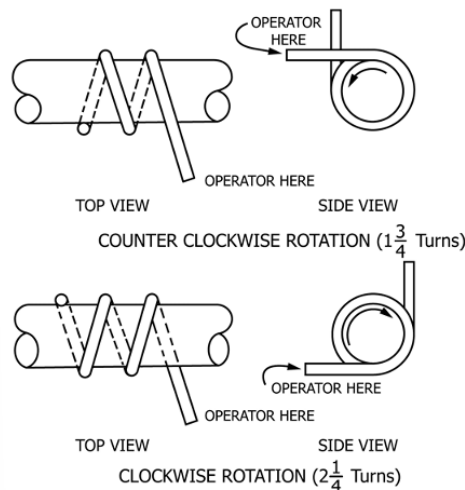


Figura 37: Número de vueltas de la cuerda
Fuente: (ASTM International , 2022).

8.2.7 Señalización del tramo de ensayo (Ejecución de ensayo SPT).

Posterior al reconocimiento de las vueltas del cabo en el malacate, se deberá señalar el tramo correspondiente al ensayo, esto se lo puede hacer en la tubería AW con ayuda de una tiza para acero. Se delimitará los respectivos 45 cm correspondientes al ensayo detallado en la norma

ASTM D 1586, en 3 tramos de 15 cm. El punto de inicio o referencia deberá determinarse en sitio, para esto se puede utilizar por ejemplo elementos como la llave de tubo, una barra o a su vez el propio suelo siendo de los menos efectivos por el error que pudiese producir. El objetivo será, que la persona encargada de tomar nota del número de golpes, durante la ejecución del ensayo, puede establecer su punto de partida, e identificar claramente, conforme la cuchara y tubería penetran en el suelo, los tramos de 15 cm mencionados anteriormente, y el fin del ensayo al culminar los 45 cm de penetración.

Se registrará el número de golpes empleados para el hincado del tubo partido o cuchara partida para cada tramo de 15cm en un registro y en la pancarta para toma de fotografía respaldo posterior al ensayo.



Figura 38: *Ejecución del ensayo de SPT.*
Fuente: (AOC INGENIERIA , 2021)

8.2.8 Caída del martillo.

- Elevar el martillo de seguridad de manera vertical hasta llegar a la altura de 75 cm soltar la cuerda permitiendo que el impacto sea directo con el yunque del martillo, provocando

así que la energía del impacto del martillo sea distribuida de manera uniforme sobre la tubería AW.



Figura 39: *Impacto del martillo de seguridad.*
Fuente: Elaboración Propia.

8.2.9 Extracción del tubo muestreador.

Para extraer el muestreador se empleará leves golpes con el martillo de manera ascendente, hasta extraer libremente la cuchara y tubería del terreno en estudio, esta maniobra se deberá realizar con un extremo cuidado, porque existe la posibilidad de caída de la muestra del tubo partido, para evitar que esto suceda se colocará una canastilla interna para evitar el regreso de la muestra.



Imagen retenedores plásticos.



Figura 40: *Partes cuchara partida.*
Fuente: Elaboración Propia.

8.2.10 Desacople del muestreador de tubo partido.

Ubicar la tubería con el muestreador en un lugar seguro para su desmontaje, no realizarlo mientras este elevado la tubería en el mismo eje del sondeo, ya que puede caer y perderla muestra y el muestreador. Posterior ordenar al operador que comience el descenso de manera lenta y segura del muestreador y finalmente desacoplar la cuchara partida de la tubería AW.

Para desarmar el muestreador de tubo partido es recomendable que sea solo con la fuerza de las manos, en el caso tal de estar demasiado ajustado para aflojarlo utilizar las llaves de tubo siempre teniendo precaución de ubicarla en la unión existente de la rosca, será ubicada de manera tal que la línea de unión que existe del muestreador quede perpendicular a la vista.

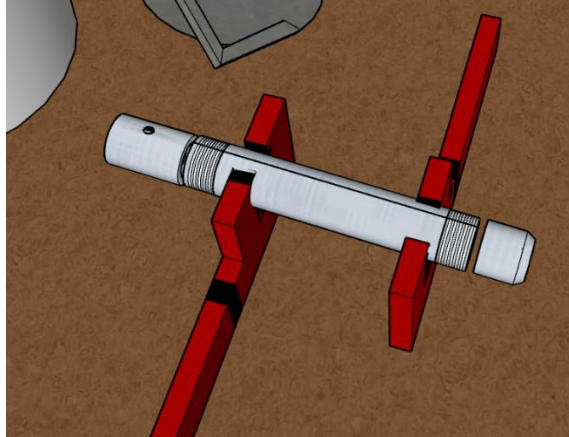


Figura 41: *Desacople de partes cuchara partida.*
Fuente: Elaboración Propia.

8.2.11 Registro de sondeo.

Registrar como mínimo la siguiente información general, como parámetros principales detallados en la norma ASTM D1586 dentro de la hoja de campo tenemos:

- Nombre y lugar del proyecto.
- Nombres del perforador.
- Tipo y marca de la máquina de perforación.
- Condiciones meteorológicas.
- Fecha y hora de inicio y fin del pozo.
- Número de perforación y ubicación (recomendable con coordenadas si es disponible).
- Elevación de la superficie.
- Método de perforación, avance y limpieza del pozo.
- Sistema de martillo utilizado.
- Longitud del muestreador.
- Tipo de material.
- Color.

- Humedad.
- Plasticidad.
- Tamaño de las gravas.
- Cambio de estrato.
- Porcentaje de recuperación.
- Número de golpes.
- N60 calculados al número entero más cercano.
- Nivel freático.

REGISTRO DE SONDEO											SONDEO No.			
PROYECTO:			ELEMENTO:		FECHA:		INCLINACIÓN:		HOJA: de					
LOCALIZACIÓN:			COORDENADAS:				HORA INICIO:		HORA FINAL:					
ING. DE CAMPO:			PERFORADOR:		COTA:		PROFUNDIDAD TOTAL:							
PROFUNDIDAD	MUESTRA		ENSAYO SPT				SIMBOLOGÍA	REVESTIMIENTO	DESCRIPCIÓN	RECUPERACIÓN (cm)	NIVEL FREÁTICO	CONSISTENCIA	COMPACTIDAD	PROFUNDIDAD
	No.	Tipo	GOLPES		N _{SPT}									
00														00
00														00

Figura 42: Hoja tipo registro de perforación.
 Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, 1982).

8.2.12 Etiquetado y cuidados de la muestra obtenida.

Se deberá tener extremo cuidado con las muestras obtenidas, cuidar de la pérdida de la humedad natural y de la contaminación cruzada, para esto se deberán guardar en dos fundas plásticas y almacenarlas bajo sombra es uno de los cuidados que se deben tener al momento del cuidado pueden guardarse en contenedores tipo cooler o en cajas de muestras siendo estas las más recomendables.

El etiquetado deberá contener como mínimo la siguiente información de acuerdo con la Norma ASTM D 1586:

- Nombre y lugar del proyecto.
- Nombres del perforador.
- Número de golpes.
- Intervalo de profundidad.
- Recuperación.
- Pruebas in situ realizadas en una breve descripción.

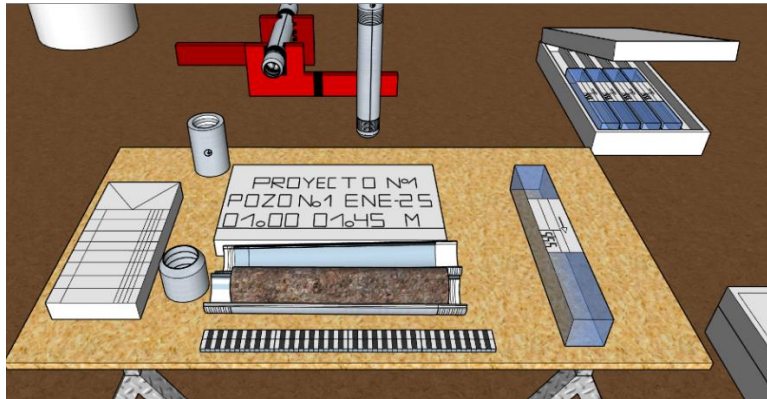


Figura 43: Muestra de suelo, caracterización e identificación del ensayo.
Fuente: Elaboración Propia.



Imagen 21: Cuchara partida con suelo e identificación.
Fuente: Elaboración Propia.

8.2.13 Limpieza del pozo para avance de la perforación.

Conectar la tubería si el material a perforar es suelo se usará el sistema de barrena el cual está constituido por una barrena helicoidal de forma de espiral, en caso de ser un estrato duro como una roca, gravas, de gran tamaño se procede a realizar la perforación con brocas de diamante. A diferencia del equipo manual el taladro por su capacidad nos permite avanzar en el sondeo.



Imagen 22: Limpieza del pozo con máquina de perforación.
Fuente: (AOC INGENIERIA , 2021)

8.2.14 Los criterios de rechazo.

En esta etapa del proceso, se seguirán manteniendo los lineamientos establecidos anteriormente para la ejecución del ensayo SPT y los criterios de rechazo del ensayo tales como:

- • Se han aplicado un total de 50 golpes durante cualquier de los tres incrementos (de 0.15m).
- • Se han aplicado un total de 100 golpes.
- • No hay avance observado de la toma de muestras durante la aplicación de 10 golpes sucesivos del martillo.

Cabe mencionar que, en caso de encontrar estratos de alta resistencia que dificulten el avance del muestreador estándar o cuchara partida con golpes, se podrá recurrir a la rotación que

permite el equipo mecánico, con el método de perforación a diamantina, siempre garantizando la continuidad del ensayo a profundidad, sin comprometer la calidad de los resultados obtenidos.

8.3 SPT Automático.

8.3.1 Transporte.

El diseño del equipo automático está constituido de manera tal que la mayoría de las maniobras se las realice de manera segura, fácil y con calidad, es por esto por lo que el equipo ya incluye para su movilización un sistema de orugas, que son dirigidas por medio de un control remoto. Para recorridos de gran distancia es recomendable el uso de vehículos como en los casos anteriores una plataforma siendo esta la más recomendable por sus ventajas de inclinación y sujeción como lo pueden observar en la imagen 21, también se puede hacer uso de remolques con rampas que no exceda los 25 grados de inclinación tal como se logra visualizar en la imagen 20.



Imagen 23: Montaje de máquina automática en remolque para su transporte. Fuente (Ingeniería Técnica Rcingtec, s.f.):



Imagen 24: *Montaje de máquina de perforación sobre plataforma.*
Fuente: (Ingeniería Técnica Rcingtec, s.f.).



Imagen 25: *Desplazamiento de máquina automática de SPT MB-23 TMG DRILLING Fuente: (Ingeniería Técnica Rcingtec, s.f.)*

8.3.2 Ubicación de sondeo.

las áreas se mantendrán establecidas de manera tal que garanticemos la seguridad de los trabajadores respetando las dimensiones que se requieran para realizar el ensayo.



Figura 44: *Áreas de perforación.*
Fuente: *Elaboración Propia.*

8.3.3 Nivelación del equipo automatico.

El equipo posee 4 estabilizadores los que ayudaran a nivelar de manera segura el equipo, estas acciones las va a realizar de manera hidráulica al accionar las palancas ubicadas al costado del equipo, cada palanca brindara dos acciones, la de subir y la de bajar para llegar a nivelar el equipo, cada una funcionara de manera independiente y se realizara de manera conjunta primero los estabilizadores delanteros y después los estabilizadores posteriores hasta lograr nivelar el equipo.



Imagen 26: *Máquina de SPT Automática estabilizada*
Fuente: (Ingeniería Técnica Rcingtec, s.f.)



Imagen 27: *Nivelación de máquina automática de SPT*
MB-23 TMG DRILLING Fuente: (Ingeniería Técnica Rcingtec, s.f.)

8.3.4 Elevación del mástil.

El equipo realizara esta acción al accionar de manera suave la palanca correspondiente a elevación del mástil esta acción se logra al tener un sistema hidráulico que ayuda a elevar el mástil de manera segura garantizando la perpendicularidad del ensayo.



Imagen 28: Elevación del Mástil de perforación. MB-23 TMG DRILLING.
Fuente: (Ingeniería Técnica Rcingtec, s.f.)

Levantar el mástil del castillo de manera hidráulica haciendo de esta acción se vuelva más segura y fácil de realizar que en los otros dos métodos anteriores.

8.3.5 Martillo automatico.

Para este método utilizar el martillo normado de acuerdo con los estándares de la American (ASTM International , 2022) D1586, el cual cumple con el recorrido en toda la ejecución del ensayo y con el peso establecido garantizando así la confiabilidad de los resultados.

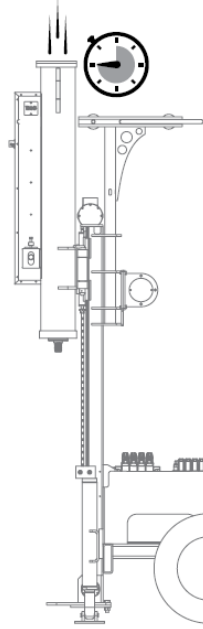


Figura 45: *esquema del martillo automatico*
(TMG Drilling Supplies., 2025)

8.3.6 Limpieza del sondeo.

Barrenado accionado por un motor hidráulico que permite facilitar la acción de limpieza, conectar la barrena helicoidal al cabezal de rotación como se logra visualizar en la imagen 26. El operador accionará la palanca correspondiente a rotación y el equipo procederá a ingresar la tubería hasta la cota deseada como se lo puede visualizar en la imagen 27.



Imagen 29: *conexión de barreno con cabezal de maquina automática*
SPT MB-23 TMG DRILLING Fuente: (Ingeniería Tecnica Rcingtec, s.f.)



Imagen 30: *Ingreso del barreno a nivel de cota del ensayo.*
Fuente: (Ingeniería Técnica Rcingtec, s.f.)

8.3.7 Ingreso del muestreador de tubo partido.

Esta acción se realizará de manera tal como se vino realizando en los equipos anteriores con la ayuda de al momento de ingresar la tubería esta deberá estar conectada al winche del equipo haciendo la maniobra más sencilla de realizar como se muestra en la siguiente imagen.



Imagen 31: *Ingreso de tubería con muestreador de tubo partido.*
Fuente: (Ingeniería Técnica Rcingtec, s.f.)

8.3.8 Señalización del tramo de ensayo.

En este punto, con el equipo mencionado no se revisará las vueltas al malacate, dado que se trata de un equipo automático, en este caso el martillo se accionará manualmente, por tal motivo se deberá proceder directamente.

El punto de inicio o referencia deberá determinarse en sitio, para esto se puede utilizar por ejemplo elementos como la llave de tubo, una barra o a su vez el propio suelo siendo de los menos efectivos por el error que pudiese producir. El objetivo será, que la persona encargada de tomar nota del número de golpes, durante la ejecución del ensayo, puede establecer su punto de partida, e identificar claramente, conforme la cuchara y tubería penetran en el suelo, los tramos de 15 cm mencionados anteriormente, y el fin del ensayo al culminar los 45 cm de penetración.

Se registrará el número de golpes empleados para el hincado del tubo partido o cuchara partida para cada tramo de 15cm en un registro y en la pancarta para toma de fotografía respaldo posterior al ensayo.

para el hincado del tubo partido o cuchara partida para cada tramo de 15cm.



Figura 46: *Ejecución del ensayo en máquina de SPT Automática.*
Fuente: Elaboración Propia.

8.3.9 Caída del martillo.

Basado en la norma ASTM D 1586 sistemas de martillos automáticos el equipo debe elevarse a través de una cadena conectada a un sistema hidráulico la caída de 75 cm la cual será constante igual manera su elevación es importante verificar la velocidad de golpeo del martillo, con la ventaja de que, al ser automático, está será siempre constante.

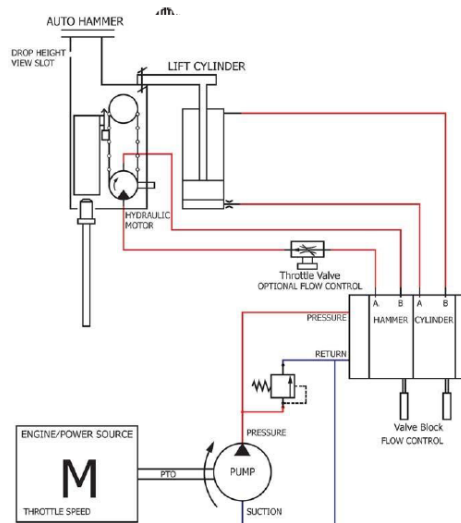


Figura 47: Diagrama del martillo automático. (ASTM International , 2022).

8.3.10 Extracción de tubería de perforación.

Esta maniobra se realizará con ayuda del cabezal de rotación haciendo esta acción más sencilla y segura de realizar, minimizando el uso del martillo solo para la ejecución del ensayo lo que garantiza una larga vida útil y que su peso se siga manteniendo por más tiempo tal como se logra ver en la imagen 32.



Imagen 32: *Extracción de tubería de al finalizar el ensayo.*
Fuente: (ASTM International , 2022)



Imagen retenedores plásticos.



Figura 48: *Partes de la cuchara partida con retenedores plásticos:*
Fuente: Elaboración Propia.

La extracción de la muestra no se realizará a través de golpes, pero se deberá emplear el mismo cuidado con los retenedores plásticos igual que en los otros dos métodos empleados.

8.3.11 Desacople del muestreador de tubo partido.

Ubicar la tubería con el muestreador en un lugar seguro para su desmontaje, no realizarlo mientras este elevado la tubería en el mismo eje del sondeo, ya que puede caer y perderla muestra

y el muestreador. Posterior ordenar al operador que comience el descenso de manera lenta y segura del muestreador y finalmente desacoplar la cuchara partida de la tubería AW.

Para desarmar el muestreador de tubo partido es recomendable que sea solo con la fuerza de las manos, en el caso tal de estar demasiado ajustado para aflojarlo utilizar las llaves de tubo siempre teniendo precaución de ubicarla en la unión existente de la rosca, será ubicada de manera tal que la línea de unión que existe del muestreador quede perpendicular a la vista.

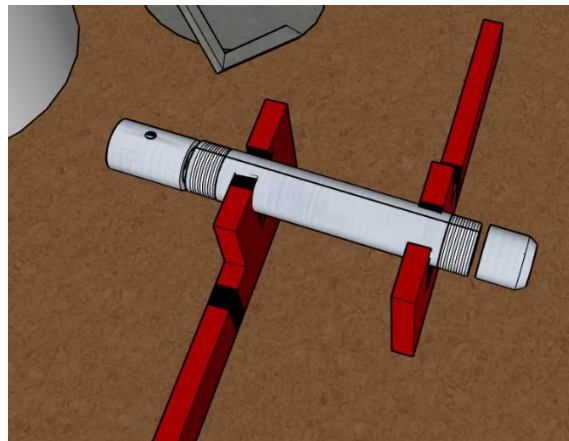


Figura 49: *Desacople de cuchara partida de manera correcta.*
Fuente: Elaboración Propia.

8.3.12 Registro de sondeo.

Registrar como mínimo la siguiente información general, como parámetros principales detallados en la norma ASTM D1586 (ASTM International , 2022) dentro de la hoja de campo tenemos:

- Nombre y lugar del proyecto.
- Nombres del perforador.
- Tipo y marca de la máquina de perforación.
- Condiciones meteorológicas.
- Fecha y hora de inicio y fin del pozo.

- Número de perforación y ubicación (recomendable con coordenadas si es disponible).
- Elevación de la superficie.
- Método de perforación, avance y limpieza del pozo.
- Sistema de martillo utilizado.
- Longitud del muestreador.
- Tipo de material.
- Color.
- Humedad.
- Plasticidad.
- Tamaño de las gravas.
- Cambio de estrato.
- Porcentaje de recuperación.
- Número de golpes.
- N60 calculados al número entero más cercano.
- Nivel freático.

REGISTRO DE SONDEO											SONDEO No.		
PROYECTO:				ELEMENTO:		FECHA:		INCLINACIÓN:		HOJA: de			
LOCALIZACIÓN:				COORDENADAS:				HORA INICIO:		HORA FINAL:			
ING. DE CAMPO:				PERFORADOR:		COTA:		PROFUNDIDAD TOTAL:					
PROFUNDIDAD	MUESTRA		ENSAYO SPT			SIMBOLOGÍA	REVESTIMIENTO	DESCRIPCIÓN	RECUPERACIÓN (cm)	NIVEL FREÁTICO	CONSISTENCIA	COMPACTIDAD	PROFUNDIDAD
	No.	Tipo	GOLPES	N _{SPT}									
00													00
10													10

Figura 50: Hoja tipo registro de perforación.
 Norma INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, 1982).

8.3.13 Etiquetado y cuidados de la muestra obtenida.

Se deberá tener extremo cuidado con las muestras obtenidas, cuidar de la pérdida de la humedad natural y de la contaminación cruzada, para esto se deberán guardar en dos fundas plásticas y almacenarlas bajo sombra es uno de los cuidados que se deben tener al momento del cuidado pueden guardarse en contenedores tipo cooler o en cajas de muestras siendo estas las más recomendables.

El etiquetado deberá contener como mínimo la siguiente información de acuerdo con la Norma ASTM D 1586 (ASTM International , 2022):

- Nombre y lugar del proyecto.
- Nombres del perforador.
- Número de golpes.
- Intervalo de profundidad.
- Recuperación.
- Pruebas in situ realizadas en una breve descripción.

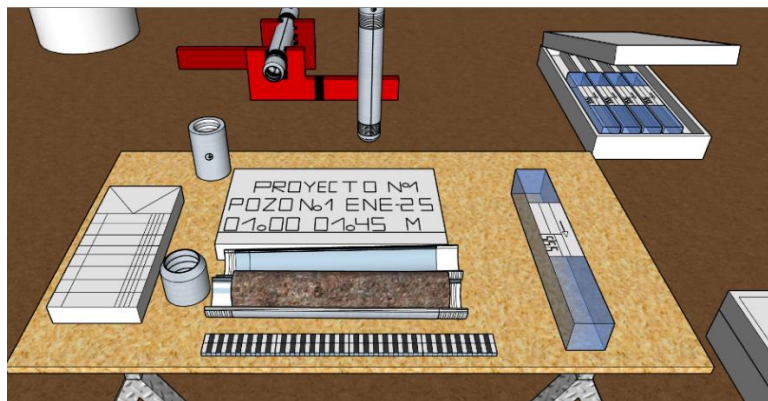


Figura 51: *Logueo de suelo e identificación del pozo.*
Fuente: Elaboración Propia.



Imagen 33: *Cuchara partida con suelo e identificación.*
Fuente: (AOC INGENIERIA , 2021)

8.3.14 Limpieza del pozo para avance de la perforación.

Conectar la tubería si el material a perforar es suelo se usará el sistema de barrena el cual está constituido por una barrena helicoidal de forma de espiral, en caso de ser un estrato duro como una, gravas, o aluviales. A diferencia del equipo manual el taladro por su capacidad nos permite avanzar en el sondeo.



Imagen 34: *Limpieza del pozo.*

Fuente: (Ingeniería Técnica Rcingtec, s.f.)

8.3.15 Criterios de rechazo.

En esta etapa del proceso, se siguen manteniendo los lineamientos establecidos para el rechazo del ensayo. No obstante, en caso de encontrar estratos de alta resistencia que dificulten el avance del muestreador estándar, se podrá recurrir a la perforación con el método de perforación de barrenado. Siempre garantizando la continuidad del ensayo sin comprometer la calidad de los resultados obtenidos, se aplicarán los siguientes criterios:

- • Se han aplicado un total de 50 golpes durante cualquier de los tres incrementos (de 0.15m).
- • Se han aplicado un total de 100 golpes.
- • No hay avance observado de la toma de muestras durante la aplicación de 10 golpes sucesivos del martillo.

9. Conclusiones y recomendaciones.

- El contenido de esta guía presenta una serie de pasos que deberán ser ejecutado exclusivamente por personal calificado y bajo la supervisión constante de un técnico responsable. Esta medida es fundamental para garantizar la correcta implementación de los ensayos y minimizar riesgos asociados a operaciones técnicas o accidentes laborales.
- Resaltar la importancia de utilizar equipos de protección personal (EPP) en todo momento, asegurando así la integridad física y la seguridad de toso el personal involucrado. Así mismo, se recomienda mantener estándares de levantamiento de carga

manual, al trasladar o al operar los equipos, con el fin de preservar la salud y el bienestar del personal operativo.

- Emplear equipos que cumplan con los estándares mínimos establecidos por la norma ASTM D 1586, lo que garantiza la precisión y confiabilidad de los resultados obtenidos.
- El equipo automático por su diseño y practicidad garantiza una mejor ejecución del ensayo, volviéndolo una de las mejores opciones al momento de realizar los ensayos garantizando la confiabilidad de los resultados, sin descartar el equipo semi automático y manual, los cuales son totalmente efectivos dependiendo condiciones y tipo de proyecto.
- Respetar los lineamientos de la norma ASTM, con el objetivo de mantener un estándar de calidad adecuado durante la ejecución del ensayo SPT, registro de información de campo, almacenamiento y traslado de muestras de laboratorio.
- Recalcular la importancia de los trabajos de campo y su correcta ejecución para optimizar los tiempos de ejecución de proyectos, sin retrasos por cuestiones de falta de información o repetición de trabajos por mala ejecución. Adicional a la presentación de diseños finales de calidad, siendo el objetivo final estructuras fiables para la sociedad.
- Se recomienda cumplir lineamientos técnicos, de seguridad y salud y ambientales en todo tipo de proyectos independiente la magnitud de los trabajos.
- En la actualidad existe equipos como el SPT Analyzer, el cual se puede utilizar para determinar la energía total entregada del ensayo SPT para correcciones en diseños. Al ser compatible con los equipos mencionados en la presente guía, se recomienda el uso de este equipo para calibraciones y controles de calidad.

- Se puede realizar ensayos geotécnicos adicionales durante la ejecución del sondeo a más del SPT, se recomienda revisar siempre los lineamientos indicados en la normativa ASTM correspondiente a cada ensayo para mantener el estándar de calidad adecuado dentro de las campañas geotécnicas.

10. Bibliografía.

AOC INGENIERIA . (2021). *aocingenieria*. Obtenido de AOCINGENIERIA: <https://www.aocingenieria.com/>

ASTM International . (2022). *Standard Test Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split-Barrel Sampling of Soils*. ASTM INTERNATIONAL .

Ávila, D. S. (2019). *“IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DE CALIBRACIÓN DE LA ENERGÍA DE* . Quito: Tesis.

Fletcher. (1995). Standar Penetration Test: Its Uses and Abuses: Journal Soil. *Journal Soil Mechanics & Foundations.*, 67-75.

Ingeniería Tecnica Rcingtec. (s.f.). *RCINGTEC*. Obtenido de RCINGTEC:

<https://rcingtec.com/product/tripode-de-perforacion/>

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN. (1982). *MECANICA DE SUELOS ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR*. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN.

Rogers., J. (2006). Exploración del subsuelo mediante la prueba de penetración estándar y la prueba del penetrómetro de cono. *ResearchGate*, 2-3-9.

TAMDRILLING. (2024). *TAMDRILLING*. Obtenido de TAMDRILLING: <https://tamdrilling.com/>

TMG Drilling Supplies. (2025). *TMG Drilling Supplies*. Obtenido de TMG Drilling Supplies.:

<https://tmggeotech.com/>

Torri, S. (2006). Diagnóstico de la calidad de los suelos y su fertilidad para el pecán. *ResearchGate*, 10-35.