



Manual de producto

**HS-5001EZ-2**

HS-5001EZ-2\_MAN\_09.24



**Densímetro nuclear**

## AVISO DE COPYRIGHT

### Copyright (C) HUMBOLDT SCIENTIFIC, INC., 1983-2022

Todos los derechos reservados.

Este manual o parte de éste no puede ser reproducido de ninguna manera sin el permiso expreso de HUMBOLDT SCIENTIFIC, INC.

UNPUBLISHED LICENSED PROPRIETARY WORK  
Copyright (C) HUMBOLDT SCIENTIFIC, INC., 2022

La memoria programable de solo lectura integrada en el paquete de circuito que contiene este equipo, con un aviso sobre el derecho de autor contiene software patentado y confidencial que es propiedad exclusiva de HUMBOLDT SCIENTIFIC, INC. La licencia autoriza al comprador original el uso de este equipo por un periodo de 99 años. La transferencia de esta licencia puede obtenerse mediante una petición por escrito a HUMBOLDT SCIENTIFIC, INC.

Exceptuando el personal de servicios técnicos autorizados de HUMBOLDT, no está permitido copiar, alterar, descompilar o desmontar el software de ninguna forma, salvo como se especifica en este manual. Las leyes estadounidenses sobre derechos de autor, la protección de marcas y los secretos comerciales protegen estos materiales.

Cualquier persona u organización que intente o lleve a cabo la infracción descrita anteriormente o que, deliberadamente, ayude o sea cómplice de la infracción mediante el suministro de equipos o tecnología deberá responder por daños civiles y podrá ser procesado penalmente.

### AVISO IMPORTANTE

La información contenida en este documento se proporciona sin representaciones ni garantías de ningún tipo. Por consiguiente, Humboldt Scientific, Inc. no asume ninguna responsabilidad, ya sea explícita o implícita, de cualquier tipo consecuente del uso de los equipos descritos o materiales radiactivos y/o de la información contenida en este manual.

El uso del martillo complementario y de la varilla requiere la perforación en suelo compacto y en otros materiales duros y puede causar daños al operario debido a las partículas volantes que suelte el martillo, la varilla de perforación u otros materiales utilizados. En este procedimiento deben usarse unas gafas de seguridad.

Véase la sección 9 para la garantía del equipo.

# Tabla de contenidos

1	INFORMACIÓN GENERAL Y ESPECIFICACIONES	1
1.1	Introducción	1
1.2	Definiciones	2
1.2.1	Precisión	2
1.2.2	Error químico	2
1.2.3	Error de superficie	2
1.2.4	Profundidad de medición	3
1.2.5	Unidades de medida	3
1.3	Especificaciones	3
1.3.1	Medición de la densidad a 2000 kg/m <sup>3</sup> (125 pcf)	3
1.3.2	Medición de la humedad a 160 kg/m <sup>3</sup> (10 pcf)	4
1.3.3	Método de calibración	4
1.3.4	Conversión de datos en terreno	5
1.3.5	Especificaciones radiológicas	5
1.3.6	Especificaciones eléctricas	5
1.3.7	Especificaciones mecánicas	6
1.3.7.1	Materiales	6
1.3.7.2	Densímetro	7
1.3.7.3	Estándar de referencia	7
1.3.7.4	Estuche de transporte del modelo HS-5001	7
1.3.7.5	Estuche de accesorios (cargado)	7
1.3.7.6	Peso total del envío	7
1.3.8	Accesorios	7
2	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	7
2.1	Estuche de accesorios	8
2.1.1	Placa para raspado / Guía de la varilla de perforación	8
2.1.2	Varilla de perforación	8
2.1.3	Martillo de 4 libras	9
2.1.4	Herramienta de extracción	9
2.2	Estuche de transporte HS-50001	9
2.2.1	Estuche de transporte	9
2.2.2	Referencia estándar	10
2.2.3	Densímetro HS-5001EZ-2	10
2.2.3.1	Indicador automático de profundidad	12
2.2.3.2	Almacenamiento y volcado de los datos	12
2.2.3.3	Pantalla táctil y teclado del panel frontal	12
3	USO EN CAMPO	15
3.1	Transporte del equipo	15
3.2	Estandarización del densímetro	15
3.3	Entrada de valores previos a las pruebas	20
3.3.1	Densidad máxima	20
3.3.2	Factor de corrección de humedad (%KVAL)	21
3.3.3	Gravedad específica (SPG)	23
3.3.4	Density of Underlying Materials (LWD)	24

3.4	Selección del sitio .....	25
3.5	Preparación del sitio.....	25
3.6	Colocación del densímetro .....	26
3.7	Recopilación del conteo de la medición.....	26
3.7.1	Selección del tiempo de medición .....	27
3.7.2	Selección del tipo de medición .....	28
3.7.2.1	Mediciones en asfalto .....	29
3.7.2.2	Mediciones en asfalto y de capas de material fino.....	31
3.7.2.3	Mediciones de suelo .....	35
3.7.2.4	Medición en zanjas de suelo.....	36
3.8	Procesamiento de los resultados .....	39
3.8.1	Control de compactación.....	40
3.8.2	Índice de vacíos.....	41
3.8.3	Porcentaje de vacíos de aire.....	41
3.9	Reempaquetado del equipo .....	41
4	MENÚS .....	42
4.1	Menús de datos .....	42
4.1.1	Ver lecturas actuales.....	42
4.1.2	Estándar actual / Conteo estadístico .....	43
4.1.3	Configuración de los proyectos .....	45
4.1.3.1	Editar proyectos.....	49
4.1.3.2	Eliminar datos de proyectos almacenados en el historial.....	50
4.1.3.3	Eliminar datos almacenados en el historial.....	51
4.2	Configuración del menú .....	52
4.2.1	Configuración de la fecha .....	52
4.2.2	Configuración de la hora .....	54
4.2.3	Configuración del formato de la fecha y de la hora.....	55
4.2.4	Configuración de unidades, sonidos y suspensión.....	56
4.2.5	Modo nocturno, idioma y GPS.....	57
4.2.6	Configuración de los modos de medición .....	59
4.2.7	Configuración de corrección en zanja.....	61
4.2.8	Configuración de los objetivos .....	62
4.3	Menús de ingeniería.....	63
4.3.1	Calibración.....	63
4.3.1.1	Calibración en terreno .....	63
4.3.1.2	Calibración de servicio.....	65
4.3.1.3	Calibración especial .....	68
4.3.2	Restablecimiento del densímetro.....	70
4.3.3	Información sobre la batería y el voltaje de la varilla .....	71
4.3.4	Información del fabricante y archivos del sistema.....	72
4.3.5	Actualización del Firmware del densímetro .....	73
5	MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	76
5.1	Entorno de almacenamiento .....	76

5.2	Limpieza externa.....	76
5.3	Blindaje de protección deslizante de tungsteno .....	77
5.4	Realización de pruebas de fuga .....	77
5.5	Prueba de estabilidad estadística.....	78
6	SERVICIO EN TERRENO .....	79
6.1	Montaje y desmontaje mecánico.....	80
6.1.1	Protección y parte inferior .....	80
6.1.2	Varilla fuente.....	80
6.1.3	Indexador y cerradura.....	80
6.1.4	Varilla índice .....	80
6.1.5	Tapa superior .....	81
6.1.6	Poste superior y sellos .....	81
6.1.7	Módulo base .....	82
6.2	Reemplazo de la batería .....	82
6.3	Ajuste de módulos electrónicos / Reemplazos.....	82
6.3.1	Módulo del procesador (200682).....	82
6.3.2	Placa base (200757).....	83
6.3.3	Módulo de suministro de energía de alto voltaje (200088.R2).....	83
6.3.4	Módulo amplificador de densidad (200087).....	83
6.3.5	Módulo amplificador de humedad (200086).....	84
6.4	Reemplazo del detector.....	84
6.5	Lista de componentes .....	85
6.6	Indicaciones de mantenimiento .....	87
6.7	Calibración.....	88
7	TEORÍA DE OPERACIÓN .....	88
7.1	Medición de densidad con radiación Gamma .....	88
7.2	Medición de la humedad por radiación de neutrones .....	93
7.3	Estadísticas de radiación .....	96
8	SEGURIDAD RADIATIVA .....	99
8.1	Licencias.....	99
8.2	Dosímetro.....	99
8.3	Pruebas de fugas.....	100
8.4	Transporte .....	100
8.5	Eliminación del equipo .....	100
8.6	Notificación en caso de pérdida o incidente.....	101
8.7	Perfil de radiación .....	101
9	GARANTÍA .....	102

# 1 INFORMACIÓN GENERAL Y ESPECIFICACIONES

## 1.1 Introducción

Este densímetro nuclear, el modelo HS-5001EZ-2, está específicamente diseñado para medir el contenido de humedad y densidad de los materiales de construcción.

Las unidades basadas en microprocesadores computan automáticamente estos parámetros y hacen correcciones de las medidas.

Usa la atenuación de la radiación gamma gracias al efecto Compton y al efecto fotoeléctrico. Está directamente relacionado con la densidad de electrones de los materiales como una indicación de la densidad de masa de materiales específicos que tienen una composición química que se aproxima a la corteza terrestre.

La calibración de densidad estándar predeterminada de fábrica se establece en base a un material compuesto de un 50% de caliza y un 50% de granito, situándose muy cerca de la composición media de los materiales que se utilizan en construcciones de ingeniería. Esta calibración puede ser modificada por el usuario para que se ajuste correctamente a otro tipo de materiales, que tengan una composición química bastante diferente a la calibración establecida de fábrica.

Las medidas del contenido de humedad se basan en la termalización (también ralentización) de la radiación de neutrones rápidos. Esta es una de las funciones principales del contenido de hidrógeno en los materiales y, en menor medida, de otros elementos con número atómico bajo como son el carbón y el oxígeno. La presencia química de elementos como el boro, que puede absorber o capturar neutrones térmicos, podrá también tener un efecto sobre la precisión de la medición. Minerales hidratados como el yeso o cristales como la mica pueden ocasionar fallos. En general, un material que contenga hidrógeno, que no se haya retirado durante un proceso de secado en horno, tal y como se señala en el ASTM D2216, provocará un error de medición.

La calibración de humedad estándar establecida de fábrica se basa en un estándar de arena saturada de sílice, que se utiliza para calibrar un estándar de trabajo. El usuario puede alterar la calibración para ajustarla a otro tipo de materiales.

### **ESTE INSTRUMENTO CONTIENE MATERIALES RADIATIVOS, POR LO QUE PUEDE SER PELIGROSO SI SE USA DE FORMA INAPROPIADA.**

HUMBOLDT recomienda que los usuarios de esta máquina participen en programas de formación sobre seguridad y aplicación radiactiva, impartidos por personal cualificado. Cuando esto no sea posible, los usuarios deben estudiar el Manual de Seguridad Radiactiva que se facilita con este instrumento y leer detenidamente este Manual de uso para familiarizarse con el uso seguro de esta máquina.

Se requiere una licencia especial de tratamiento de productos radiactivos de un estado o de la Comisión Reguladora Nuclear de Estados Unidos. Los gobiernos de otros países exigen licencias similares.

Si este equipo se usa correctamente los efectos perjudiciales por la expo-

sición ante la radiación ionizante serán menores. Sin embargo, sí que existe un daño potencial y cualquier duda en relación con este daño debe ser dirigida a la entidad de seguridad radiactiva que corresponda a la empresa del propietario o a las personas competentes.

En caso de robo, pérdida o daño accidental a la maquinaria, que afecte de alguna forma a las fuentes selladas del material radiactivo debe ser informado de forma inmediata a la entidad de seguridad radiactiva competente.

## **1.2 Definiciones**

### **1.2.1 Precisión**

Variación estadística de medidas que se repiten debido a la distribución binomial de la radiactividad. El valor usado es la desviación estándar de las medidas que se repiten. El 68% de las medidas que se repiten entran dentro de este baremo y el 95% entrarán dos veces dentro de ese límite. El valor cambia con la densidad y se establece en una densidad de 2000 kg/m<sup>3</sup> (125 PCF).

La precisión no es un porcentaje de la densidad absoluta y, por ello, no puede ser convertida directamente a la precisión de otras densidades. Puede ser computada a otras densidades obteniendo la tasa de conteo absoluta y la pendiente en las tasas de conteo de otras densidades (véase el apartado 7.3).

La precisión es una función del tiempo y varía según la raíz cuadrada. Con el aumento por cuatro del contador de medición se mejorará la precisión por dos.

### **1.2.2 Error químico**

Error ocasionado por las variaciones en la composición química de los materiales testados. La atenuación de rayos gamma es una función de la electrodensidad de los materiales y es por ello por lo que se relaciona con la masa y el índice del número másico (A) y con el número atómico (Z).

La calibración estándar establecida de fábrica está basada en la atenuación media de un material hipotético compuesto por dos partes iguales de caliza y de granito. El error químico es el valor diferencial de esas medidas realizadas en estos materiales con una densidad real de 2000Kg/m<sup>3</sup> (125 PCF).

### **1.2.3 Error de superficie**

Error generado por vacíos en la superficie. Según ASTM este error ocurre cuando el densímetro se sitúa en una superficie lisa y luego se repite la medición con el densímetro elevado a 1.25mm (0.050cm) sobre la superficie. La diferencia entre esos dos valores se define como "error de superficie".

Durante trabajos reales en terreno, la transmisión a lo largo de la base del densímetro no podría tener lugar ya que una parte de la base del densímetro siempre estará apoyada sobre la superficie del material y la transmisión se romperá. Como resultado, incluso en condiciones extremadamente adversas, el error sería menor.

### **1.2.4 Profundidad de medición**

La profundidad de medición se define como la profundidad por encima de la cual se produce el 95% de la medición. El restante (5%) está determinado por el material por debajo de la profundidad indicada. Este es un parámetro importante de un

densímetro de retrodispersión ya que una mayor profundidad de medición reduce el error causado por superficies con vacíos.

### 1.2.5 Unidades de medida

Cuando se utilizan los términos "densidad" y "contenido de humedad" en el sistema de medición SI, se utilizan las unidades absolutas de kilogramos por metro cúbico. Las conversiones al sistema tradicional de EE. UU. se han realizado utilizando libras por pie cúbico (pcf). Este es un sistema de medición gravitacional multiplicando por 0.06243. La conversión al sistema gravitatorio SI puede hacerse multiplicando por 9,807 para obtener kilonewtons por metro cúbico. Es una práctica común referirse a estas unidades en el sistema gravitatorio como "pesos unitarios" y a las unidades en el sistema absoluto como "densidades".

### 1.3 Especificaciones

#### 1.3.1 Medidas de la densidad a 2000 kg/m<sup>3</sup> (125 pcf)

Densidad en retrodispersión

		LENTO 4 min	NORMAL 1 min	RÁPIDO 15 s
Precisión	kg/m <sup>3</sup> (pcf)	± 4 (0.25)	± 8 (0.5)	±16 (1.0)
Error químico	kg/m <sup>3</sup> (pcf)	±40 (2.5)	±40 (2.5)	±40 (2.5)
Error de superficie	kg/m <sup>3</sup> (pcf)	- 48 (3.0)	- 48 (3.0)	- 48 (3.0)
Profundidad	mm (inch)	88 (3.5)	88 (3.5)	88 (3.5)

Densidad de Transmisión Directa a 150 mm (15 cm)

		LENTO 4 min	NORMAL 1 min	RÁPIDO 15 s
Precisión	kg/m <sup>3</sup> (pcf)	± 2 (0.13)	± 4 (0.25)	± 8 (0.5)
Error químico	kg/m <sup>3</sup> (pcf)	±16 (1.0)	±16 (1.0)	±16 (1.0)
Error de superficie	kg/m <sup>3</sup> (pcf)	- 8 (0.5)	- 8 (0.5)	- 8 (0.5)
Profundidad	mm (inch)	50 a 300 (2 a 12)	50 a 300 (2 a 12)	50 a 300 (2 a 12)

#### 1.3.2 Medición de humedad a 160 kg/m<sup>3</sup> (10 pcf)

		LENTO 4 min	NORMAL 1 min	RÁPIDO 15 s
Precisión	kg/m <sup>3</sup> (pcf)	± 2 (0.13)	± 4 (0.25)	± 8 (0.5)
Error de superficie	kg/m <sup>3</sup> (pcf)	- 4 (0.25)	- 4 (0.25)	- 4 (0.25)
Profundidad	mm (inch)	100 a 200 (4 a 8)	100 a 200 (4 a 8)	100 a 200 (4 a 8)



### 1.3.3 Método de calibración

Los densímetros se calibran según los métodos recomendados por ASTM D6938, D7759, D2950 y AASHTO 310. Cinco estándares de densidad que consisten en tres bloques metálicos de Magnesio, Magnesio/Aluminio y Aluminio y dos bloques minerales de granito y caliza para cubrir el rango de medición de 1100 a 2700 kgm<sup>3</sup> (70-170 PCF). La densidad de estos estándares ha sido calificada con una precisión de algo más del  $\pm 0.1$  %. El estándar de humedad de trabajo ha sido contrastada con arena saturada de sílice con una precisión por encima de  $\pm 0.5$  % para abarcar el rango de medición de 0 a 640 kgm<sup>3</sup> (0-40 PCF).

Existen cuatro calibraciones totalmente diferentes disponibles para los ingenieros o los técnicos que manipulen el densímetro, pero no son accesibles a ningún operario sin la contraseña de seguridad. Dos de estas calibraciones se pueden usar en materiales que son completamente diferentes a los materiales ordinarios de suelo. No se necesita ningún equipo adicional para este ajuste salvo una muestra del material con una densidad conocida. Tampoco se necesita ningún equipo adicional para usar otra calibración diferente salvo una nueva prueba de estándares.

Los datos de las lecturas se convierten en densidades utilizando los coeficientes de atenuación gamma de USNIST y la densidad conocida de los estándares.

### 1.3.4 Conversión de datos en terreno

Densidad de humedad y	% Compactación (Marshall)
Densidad seca y	% Compactación (Proctor)
Contenido de humedad	y % Humedad
Índice de vacíos	y % Vacíos de aire

### 1.3.5 Especificaciones radiológicas

Fuente gamma	HSI 2200063
Material, tipo y cantidad	0.37GBq (10mCi) Cs 137
Registro de formulario especial USA/0356/S-96	
Clase ISO / ANSI	ANSI 77C66535
Fuente de neutrones	HSI 2200067
Material, tipo y cantidad	1.38GBq (40mCi) Americio-241:be
Rendimiento de la producción de neutrones	90 knps (nom)
Registro de formulario especial CZ/1009/S-96	
Clase ISO / ANSI	ANSI 77C66545

Tasas de dosis en superficie	18.7 mrem/máximo hora
Estuche de transporte	DOT 7A, Tipo A, Etiqueta Amarilla II, 0.2 TI

Se requiere una licencia especial de tratamiento de productos radiactivos de un estado o de la Comisión Reguladora Nuclear de Estados Unidos. Los gobiernos de otros países exigen licencias similares.

### 1.3.6 Especificaciones eléctricas

Pantalla: TFT; Color negro, legible a la luz del sol, Resolución 640x480

Estabilidad del

temporizador: 0.01% fuente de alimentación

Estabilidad: 0.10%

Fuente de alimentación: Seis pilas alcalinas tamaño AA

Consumo de energía: La vida útil de la batería es solo una estimación, dado que los ajustes de energía y el uso que se dé al densímetro afectarán en gran medida a la vida útil de la batería

Procesador:

Inactivo:	1.7 mA @ 8 voltios 13.6 milivatios 1470 vida de la batería
Activa:	32 mA @ 8 voltios 255 milivatios 78 vida de la batería 65mA @ 8 voltios 520 milivatios 38 vida de la batería

Protección de energía: Fusible rearmable

A prueba de cortocircuitos

Alarma automática para batería baja

Apagado automático por batería agotada

### 1.3.7 Especificaciones mecánicas

#### 1.3.7.1 Materiales

Cilindro de medición: 440C acero inoxidable, inducción con tratamiento térmico en la escala Rockwell C 55.

Varilla de medición: Aluminio 7075, recubrimiento duro e impregnado con politetrafluoroetileno (PTFE).

Base del densímetro: Aluminio 6061-T6 mecanizado, recubrimiento duro e impregnado con politetrafluoroetileno (PTFE).

Poste y estructura: Aluminio 6061-T6 mecanizado, anodizado para Luz de fondo encendida: anticorrosión.

Carcasa superior: Noryl moldeado por inyección.

Rodamiento: Relieve en bronce con sellos de neopreno.

Tornillo/accesorios: Acero inoxidable y latón.

Temperatura de funcionamiento: 10 a 70 °C, 175 °C Superficie del material.

Temperatura de almacenamiento: -55 a 85 °C

Humedad: 98% sin condensación, Estructura resistente a la lluvia

Vibración: 2.5 mm (0.1 in) a 12.5 Hz

Choque sin: Densímetro cumple con USDOT 7A sin estuche.

#### **1.3.7.2 Densímetro**

Dimensiones (sin el mango): 400 x 220 x 140 mm  
(15.75 x 8.66 x 5.5 in)

Altura (con el mango): 450 o 550 mm (18 o 21.6 in)

Peso: 13.6 kg (30 libras)

#### **1.3.7.3 Estándar de referencia**

Dimensiones: 350 x 200 x 75 mm (25 x 7.8 x 3 in)

Peso: 4.5 kg (10 libras)

#### **1.3.7.4 Estuche de transporte del modelo HS-5001**

Dimensiones: 600 x 495 x 356 mm (26 x 14 x 19.5 in)

Peso: 11.8 kg (26 libras)

#### **1.3.7.5 Estuche de accesorios (cargado)**

Dimensiones: 500 X 250 X 125 mm (19.7 x 9.8 x 5 in)

Peso: 8.2 kg (18 libras)

#### **1.3.7.6 Peso total del envío**

Peso: 41 kg (89 libras)

### **1.3.8 Accesorios**

Estuche de transporte  
Estándar de referencia  
Manual del operario  
Manual de Seguridad Radiactiva  
Certificado de fuente y estuche  
Certificación de prueba de fuga de los materiales  
Estuche de accesorios  
Guía del cilindro/Placa para raspado  
Varilla de perforación  
Martillo de 4 libras  
Herramienta de extracción

## **2 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO**

Antes de usar el equipo, el operario debe familiarizarse con el Manual de Se de esta máquina deben consultar la sección 7.0. Esta información será muy útil para entender las limitaciones de la máquina y para evitar o para trabajar sobre esas limitaciones.

### **2.1 Estuche de accesorios**

El estuche de accesorios contiene:

Guía del cilindro/  
Placa para raspado  
Varilla de perforación  
Martillo de 4 libras  
Herramienta de extracción

Los accesorios deben ser transportados en el estuche o en una bolsa de lona con cremallera. Es conveniente aligerar el peso del estuche de accesorios, que contiene el densímetro, los estándares de referencia y los manuales.

#### **2.1.1 Placa para raspado / Guía de la varilla de perforación**

Cuando el densímetro se vaya a usar en suelo, se utiliza la placa de raspado para alisar la superficie para eliminar cualquier espacio vacío en el suelo. Tiene dos mangos para raspar cualquier material suelto.

Los dos mangos también se utilizan como guía cuando se introduce la varilla en el suelo o en los agregados del suelo para medir la densidad de transmisión directa. El operador o un ayudante pueden pisar o bloquear la placa para evitar que se mueva mientras se martilla la varilla.

La placa es del mismo tamaño que la base del densímetro, y si la varilla se usa para marcar líneas a su alrededor, entonces el densímetro se puede ubicar aproximadamente sobre el orificio de la varilla antes de intentar bajar la varilla fuente en el orificio.

La placa se puede usar para apisonar ligeramente el suelo o los materia-

les finos que se puedan haber usado para llenar los vacíos de la superficie. No se debe utilizar con el martillo para compactar suelo, ya que puede distorsionar la placa y provocar mediciones erróneas.

### **2.1.2 Varilla de perforación**

La varilla de perforación es una herramienta de acero resistente, de dureza media con un cabezal que permite que sea introducida en el suelo o en los agregados del suelo de modo que la fuente pueda ser colocada en el material para una medición de transmisión directa de la densidad. La varilla está marcada para que se pueda controlar la profundidad tomando como referencia la parte superior del mango de la placa raspadora.

El uso de la varilla en arcillas rígidas puede requerir el uso de la herramienta de extracción para su retirada. No debe conducirse ni moverse hacia los lados, ya que esto agrandará el orificio o modificará la densidad del material que se esté probando.

La varilla es desechable y debe reemplazarse después de un uso prolongado o severo. El martilleo repetido en el cabezal puede hacer que las virutas de metal se rompan, por ello el operador y otras personas que puedan estar cerca del lugar deben usar gafas de seguridad.

### **2.1.3 Martillo de 4 libras**

El martillo se suministra para clavar la varilla en suelos o agregados de suelo, y se puede usar junto con la herramienta de extracción para ayudar a sacar la varilla de la arcilla. Es lo suficientemente pesado para este propósito y no se necesita un martillo más grande ya que podría dañar rápidamente la varilla.

### **2.1.4 Herramienta de extracción**

Esta herramienta se utiliza para ayudar a retirar la varilla de perforación si se atasca en arcilla o material granular. El problema habitual es un vacío, que puede existir en el orificio cuando se intenta sacar la varilla.

No es necesario colocar la herramienta antes de accionar la varilla. Se coloca una ranura en el medio en un cuadrado, que se corta en el cabezal de la varilla. Luego, los brazos se pueden usar para girar la barra y facilitarán la extracción al proporcionar manijas para tirar de la barra. Si es necesario, se puede golpear ligeramente con el martillo en la parte inferior de la herramienta para sacar la varilla del orificio.

## **2.2 Estuche de transporte HS-50001**

Contiene:           Densímetro  
                          Estándar de referencia  
                          Manual de uso  
                          Manual de seguridad radiactiva

Tanto el densímetro como el estuche de transporte vienen equipados con un sistema de bloqueo que debe usarse mientras no se esté trabajando con el instrumento.

Cuando el densímetro no se esté usando, debe colocarse en una habita-

ción o un área cerrada, en un ambiente seco y con una temperatura habitable. Se debe evitar su almacenamiento en lugares con una temperatura inferior a 20°. Su almacenamiento en ambientes con temperaturas superiores a 30° durante largos periodos de tiempo puede agotar las baterías rápidamente y acortar su tiempo de vida útil.

### **2.2.1 Estuche de transporte**

El estuche de transporte es un estuche de plástico de alta resistencia roto-moldeado, equipado con cerraduras. El diseño y los componentes siguen la configuración de caja ATA estándar que se usa comúnmente para el envío aéreo de materiales delicados. Incluye compartimientos para el densímetro, los bloques de referencia y para los accesorios, junto con un área de almacenamiento para cuadernos y manuales de ingeniería.

Ha sido testado según los requisitos de los USDOT 7A de tipo A y tiene etiquetas que cumplen con la normativa internacional y estadounidense, para envíos por tierra y por aire.

### **2.2.2 Referencia estándar**

La referencia estándar se usa para proporcionar una lectura estándar para aplicarla a la calibración. Los instrumentos que usan radiación para las mediciones están sujetos a experimentar un deterioro de la fuente (2,3% por año en el caso de Cs 137) y una desviación de los detectores, debido a fugas y absorción de gas de extinción, y a largo plazo una desviación de los componentes electrónicos. Para disminuir el efecto de estos errores, la calibración se realiza como una relación con una medición estándar. Las lecturas de humedad tienen relación con la lectura de humedad del estándar y la lectura de densidad es una relación con la lectura de densidad de la referencia estándar.

El hidrógeno en el estándar de referencia determina la lectura estándar de humedad. La lectura estándar de densidad está determinada principalmente por el material de protección en la base del densímetro y solo ligeramente por el estándar de referencia.

El estándar de referencia se serializa para que coincida con el densímetro y no deben intercambiarse entre los otros densímetros o pueden generarse errores de medición de humedad.

### **2.2.3 Densímetro HS-5001EZ-2**

El densímetro de tipo HS-5001EZ-2 utiliza una pantalla táctil LCD con reconocimiento de caracteres alfanuméricos, con un circuito eléctrico de última generación para generar el circuito de temporización necesario y fuentes de energía. El procesador compensa automáticamente el coeficiente de atenuación gamma anormal del hidrógeno en comparación con los valores de los materiales con números atómicos más altos que se encuentran en el suelo. Con el uso de la lectura estándar con la que se esté trabajando, también se compensa el deterioro de la fuente de cesio. Además, permite al operario introducir un factor de corrección para compensar el hidrógeno encontrado en los materiales de construcción, valor

que no se representa en agua.

Las letras están incrustadas en la cubierta de plástico y no se dañan con el agua o la abrasión. Dado que hay muchas funciones disponibles, es necesaria una descripción de la función de cada tecla.

**NOTA:** El HS-5001E2Z vendrá equipado con una de dos placas base de diferentes estilos. Cuando reciba su nuevo HS-5001E2Z verá que está apagado. Al retirar el panel frontal, verá una placa base de estilo AZUL o NEGRO. Para encender la placa base azul verá que hay un interruptor de dos posiciones en los soportes de las baterías. Para encender la máquina, active el interruptor hacia la derecha del cable cinta. La placa base negra tendrá un interruptor de tres posiciones localizado en la parte central superior del panel. Para encender la máquina, deberá accionar el interruptor hasta su posición más baja. La posición del centro corresponde a la acción de apagado y la posición elevada no tiene ninguna función asignada de momento en este modelo HS-5001E2Z. Se contempla que en el futuro tenga algún uso.

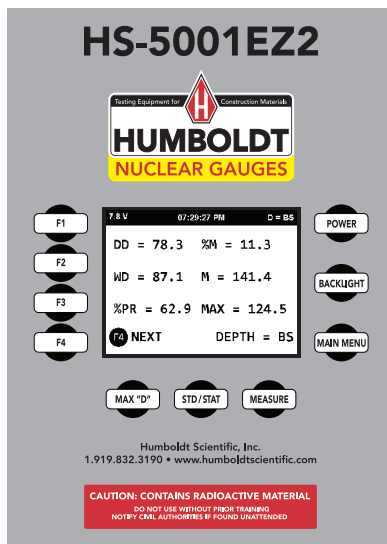
**INTERRUPTOR PCB AZUL = IZQUIERDA-OFF / DERECHA-ON**

**ARRIBA – SIN USO**

**INTERRUPTOR PCB NEGRA = MEDIA – OFF**

**ABAJO – ON**

En la página siguiente se muestra una reproducción exacta del panel de control que indica la disposición de las teclas en la pantalla. Las teclas están agrupadas en la parte inferior para facilitar el acceso y la pantalla está etiquetada para mayor claridad.



### 2.2.3.1 Indicador automático de profundidad

El densímetro indicará la posición del mango (ubicación de la fuente). El método utilizado está totalmente protegido y no está sujeto a desgaste por materiales abrasivos en el lugar de trabajo. Es tan seguro como cualquier otro elemento del densímetro y no requiere reemplazo periódico. En caso de error o daño, existe un método manual alternativo para indicar la profundidad al microprocesador.

### 2.2.3.2 Almacenamiento y volcado de los datos

El densímetro tiene una tarjeta micro-SD de 2GB. Almacenará pruebas de campo completas, incluyendo fechas, hora, número de proyecto, estación, valores y otros datos de medición como puede ser las lecturas de las mediciones o las referencias estándar, profundidad, suelo, asfalto, nomográfico y cualquier corrección de las calibraciones establecidas por defecto.

Estos datos se pueden transferir a un dispositivo USB que pueda almacenar de forma adecuada los datos de las pruebas. Estos dispositivos de almacenamiento facilitan además la actualización del firmware del densímetro. Las actualizaciones de firmware estarán disponibles a través de Internet desde nuestro sitio web.

### 2.2.3.3 Pantalla táctil y teclado del panel frontal

Todas las entradas de datos, selecciones de funciones y otras opciones están disponibles a través de un teclado de membrana de 10 teclas en el panel frontal. Cada vez que presione una tecla, sonará un breve pitido indicando que se ha reconocido la pulsación de tecla. La tecla debe presionarse y soltarse para que la acción se realice.

Cada tecla puede activar múltiples acciones, dependiendo de la función que esté seleccionada en ese momento. Todas las funciones disponibles se describen en el apartado 3 Uso en campo.

### Encendido/Apagado (Power)



Cuando se presiona la tecla **POWER**, el densímetro se enciende y luego ejecuta las rutinas de autodiagnóstico. La prueba de la batería incluida en las rutinas de autodiagnóstico también se realiza en varios momentos durante el uso de la máquina (prueba visible para el operador) para que se realice un control constante del estado de la batería. Después de esta prueba, el estado del densímetro en el momento del último uso se carga de la memoria. Si la máquina se apagara con una medición activa en los registros, se recupera la medida.



## MODO NOCTURNO (BACKLIGHT)

A circular button with a black background and a white border, containing the text "BACKLIGHT" in white capital letters.

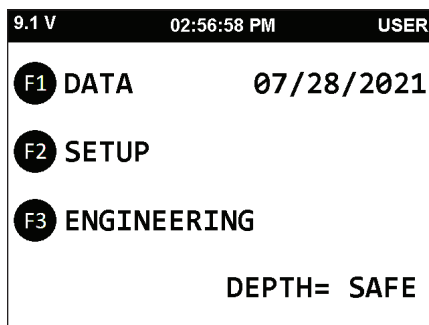
Cuando la tecla **BACKLIGHT** se presione, la pantalla se iluminará para visualización nocturna.

Si vuelve a presionar la tecla **BACKLIGHT** se apagará la luz.

## MENÚ PRINCIPAL (MAIN MENU)

A circular button with a black background and a white border, containing the text "MAIN MENU" in white capital letters.

Cuando presiona la tecla **MAIN MENU**, se retrocederá un submenú a la vez. Si mantiene pulsada la tecla durante 3 segundos, volverá al menú principal. La pantalla del menú principal se mostrará como:



## Teclas de funciones

A circular button with a black background and a white border, containing the text "F1" in white capital letters.A circular button with a black background and a white border, containing the text "F2" in white capital letters.A circular button with a black background and a white border, containing the text "F3" in white capital letters.A circular button with a black background and a white border, containing the text "F4" in white capital letters.

El densímetro HS-5001EZ-2 cuenta con cuatro teclas de función, **F1** a **F4**, para cada una de las líneas de visualización de pantalla. Salvo contadas excepciones, a cada tecla se le asigna una tarea única específica para cada menú asignado. Para facilitar su uso, las acciones más usuales de cada menú estarán representadas, siempre y cuando sea posible, en menús de subnivel con representaciones gráficas y ubicaciones coincidentes. Una línea con una tecla de función (**F1** a **F4**) indica una acción.

## DENSIDAD MÁXIMA (MAX "D")

A circular button with a black background and white text that reads "MAX 'D'".

La tecla **MAX "D"** permite la entrada de información relacionada con las características del material bajo prueba. MAX D es la densidad objetivo para el porcentaje de compactación.

Para suelo, normalmente es un valor basado en un ensayo Proctor de laboratorio. Para asfalto, es un valor basado en una densidad Marshall de laboratorio o densidad teórica máxima. El valor establecido en este registro nunca debe establecerse en un valor fuera del rango de densidades normales del suelo o asfalto. Cualquier valor entre  $900 \text{ kg/m}^3$  (56 PCF) y  $3000 \text{ kg/m}^3$  (200 PCF) no provocará errores en el procesador. Nunca debe establecerse en 0.0.

## Estándar/ Estadísticas (STD/STAT)

A circular button with a black background and white text that reads "STD/STAT".

La tecla STD / STAT inicia un contador de 4 o 16 minutos de los canales de humedad y densidad cuando el mango está ubicado en la posición segura (SAFE). Conserva los valores para que puedan usarse para relacionar todas las lecturas de mediciones posteriores. Los últimos cuatro valores se almacenan y se pueden visualizar presionando la tecla de menú principal (MAIN MENU), F1 (\*DATA), y luego F2 (\*STATS / STD).

## Medición (MEASURE)

A circular button with a black background and white text that reads "MEASURE".

Esta tecla inicia una medición durante periodos de 4 minutos, 1 minuto o 0,25 minutos, como se ha seleccionado previamente. El contador actual y el tiempo restante se muestra en pantalla durante lo que dure la medición. Cuando se complete el proceso de medición se mostrará la densidad seca (DD = dry density), la densidad de humedad (WD= wet density), humedad (M = moisture), porcentaje de humedad (%M= percent moisture), porcentaje Proctor (%PR= percent proctor), si el densímetro está en modo suelo. Si el densímetro está en modo asfalto se mostrará la densidad húmeda o la densidad total y el porcentaje Marshall (%MA = % Marshall) Cualquiera de los otros parámetros puede obtenerse sucesivamente presionando la tecla correspondiente.

### **3 USO EN CAMPO**

Este capítulo describirá el uso adecuado del equipo a la hora de realizar mediciones en suelos, agregados de suelo, bases tratadas u hormigón asfáltico. Se supone que el usuario ha leído el capítulo anterior y comprende las funciones de las distintas teclas. El operador debe estar capacitado en seguridad radiológica o haber leído detenidamente el MANUAL DE SEGURIDAD RADIOLÓGICA suministrado junto con este instrumento y comprender los principios básicos para minimizar su exposición.

#### **3.1 Transporte del equipo**

El densímetro y los bloques de referencia deben ser transportados en su estuche de transporte, que está diseñado para ese propósito. Las cerraduras del densímetro y del estuche de transporte deben estar en su lugar y aseguradas. En caso de accidente del vehículo, las cerraduras evitan el acceso no autorizado al material radiactivo y el estuche ayudará a proteger el equipo de daños. El estuche con cremallera para accesorios evitará la pérdida de sus artículos y, si se usa un automóvil, lo protegerá en el compartimento del maletero.

Si el transporte se realiza en automóvil, el estuche de transporte y el densímetro deben colocarse en el maletero para mantenerlo lo más alejado posible de los pasajeros. El estuche de transporte debe situarse en la parte trasera del vehículo y debe estar asegurada para evitar que se mueva. En camiones abiertos, se deben tomar medidas para evitar el desplazamiento y la extracción no autorizada.

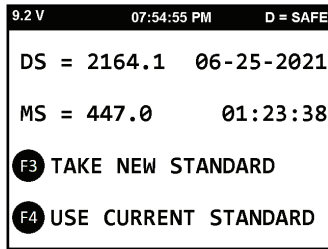
#### **3.2 Estandarización del densímetro**

Antes de usar el densímetro, se deben tomar y usar un conjunto de LECTURAS ESTÁNDAR para todas las mediciones que se realizarán en un día en particular. Estas lecturas deben registrarse para verificar el funcionamiento correcto y proporcionar un historial de servicio si es necesario. Retire el bloqueo del densímetro y asegúrese de que el mango esté situado en posición segura ("SAFE"). Debe estar en la posición superior de la varilla.

Aviso importante: El estándar de referencia y la superficie inferior del densímetro no deben tener ningún residuo que impida que el densímetro se asiente firmemente sobre el estándar de referencia. Coloque el estándar de referencia sobre el material compactado, coloque el densímetro sobre el estándar de referencia con el extremo del mango del estándar lejos del operador. El densímetro debe asentarse dentro de los rieles de guía a lo largo de los bordes del estándar y la parte posterior del densímetro contra el mango del estándar de referencia.

Para iniciar el procedimiento de lectura estándar desde la pantalla del menú principal, o desde cualquier otro menú.

Presione la tecla  y la pantalla mostrará:



9.2 V 07:54:55 PM D = SAFE

DS = 2164.1 06-25-2021

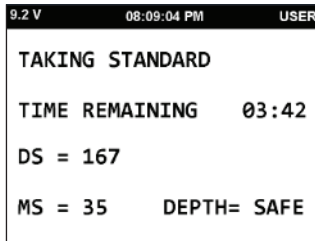
MS = 447.0 01:23:38

**F3** TAKE NEW STANDARD

**F4** USE CURRENT STANDARD

**DS** y **MS** son los valores correspondientes a las últimas lecturas de densidad y humedad tomadas en la fecha **DD/MM/AAAA** y a la hora **HH:MM:SS**. Si se requiere otro estándar, presione **F3**; de lo contrario, presione **F4** para usar el estándar actual y volver al menú principal.

Si registra un nuevo estándar, la pantalla mostrará lo siguiente:



9.2 V 08:09:04 PM USER

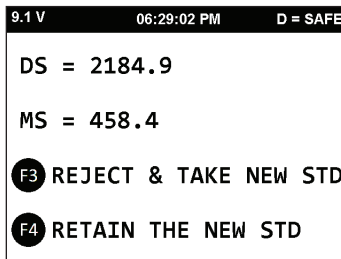
TAKING STANDARD

TIME REMAINING 03:42

DS = 167

MS = 35 DEPTH= SAFE

Después de completar la lectura estándar y si no hay errores en los resultados, la pantalla mostrará lo siguiente:



9.1 V 06:29:02 PM D = SAFE

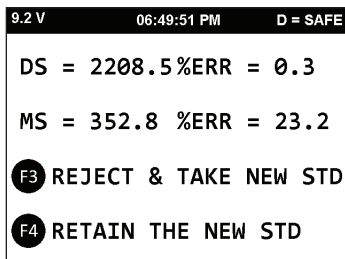
DS = 2184.9

MS = 458.4

**F3** REJECT & TAKE NEW STD

**F4** RETAIN THE NEW STD

De lo contrario, la pantalla mostrará la densidad y las mediciones de humedad con errores porcentuales:

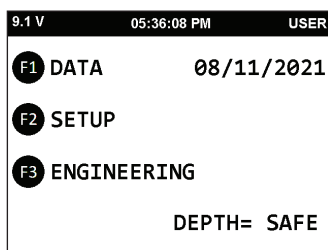


Se pueden prever errores dentro del 1% para la densidad y del 2% para las mediciones de humedad. Si los errores están fuera de estos límites, consulte el **aviso importante** anterior. Si las condiciones anteriores son normales, presione **F4**, aceptar y registrar un nuevo estándar (**F4 ACCEPT AND TAKE NEW STANDARD**) y registre un nuevo estándar como se indicó anteriormente en el apartado 3.2. Repita tomando un nuevo estándar por un máximo de cuatro veces o hasta que el error se reduzca dentro de los límites estipulados.

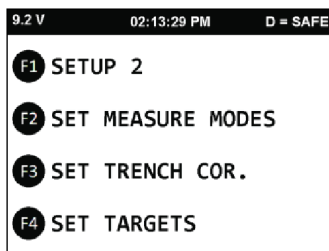
Hay dos métodos para hacer la medición de **referencia estándar**. El más rápido es utilizando el procedimiento anterior, que tarda unos cuatro minutos. El contador de cuatro minutos indica la cantidad de tiempo restante antes del final del tiempo. Al cabo de los cuatro minutos, los dos valores de lectura se almacenan en los registros **DS** y **MS**.

El segundo método es la prueba **estándar estadística**. El densímetro tomará 16 lecturas de un minuto y almacenará cada valor de 1 minuto. Después de 16 minutos, los promedios de las 16 lecturas se almacenan en los registros DS y MS. Entonces se habría realizado una prueba estadística con las 16 lecturas individuales y se habría mostrado un valor "R" tanto para DS como para MS. Estos valores deben estar entre 0,5 y 1,5. Si solo están ligeramente fuera, se puede realizar otra prueba, pero si el valor está muy fuera de los límites de 0,5 a 1,5, se necesita mantenimiento. Para ejecutar la prueba estándar estadística:

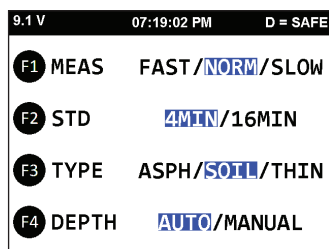
Desde el menú principal, presione **F2** para acceder al menú de configuración (**SETUP**):



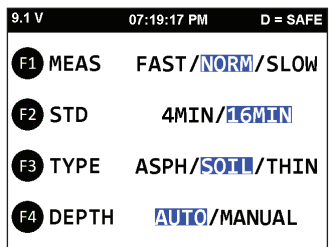
Presione **F2** para acceder al menú de tiempo de medición (**SET MEASURE MODES**).



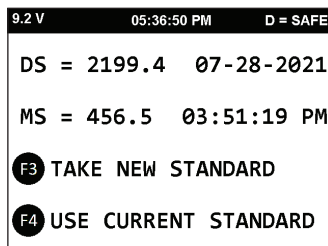
La pantalla mostrará a continuación “**4MIN**” resaltado. Presione **F2** para alternar entre “**4MIN**” y “**16MIN**”.



Cuando el modo “**16MIN**” esté resaltado, presione la tecla **STD/STAT**.



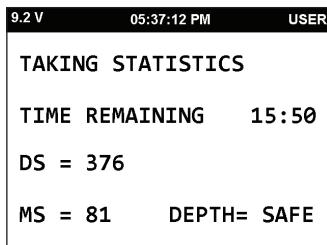
En la pantalla aparecerá lo siguiente:



**DS** y **MS** son los valores correspondientes a las últimas lecturas de densidad y humedad tomadas en la fecha **DD/MM/AAAA** y a la hora **HH:MM:SS**. Si se requiere otro estándar, presione **F3**; de lo contrario,

presione **F4** para usar el estándar actual y volver al menú principal.

Si registra un nuevo estándar, la pantalla mostrará lo siguiente:



9.2 V 05:37:12 PM USER

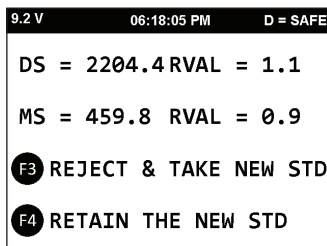
TAKING STATISTICS

TIME REMAINING 15:50

DS = 376

MS = 81 DEPTH= SAFE

Después de completar la lectura estándar (test **STAT**) y si no hay errores en los valores **DS** y **MS**, la pantalla mostrará lo siguiente:



9.2 V 06:18:05 PM D = SAFE

DS = 2204.4 RVAL = 1.1

MS = 459.8 RVAL = 0.9

**F3** REJECT & TAKE NEW STD

**F4** RETAIN THE NEW STD

El promedio de los valores de las 16 lecturas permanecerá en los registros **DS** y **MS**.

**NOTA:** Si se hubiera movido el mango o se hubiera presionado una tecla durante proceso de medición, las lecturas se hubiesen detenido y se mostraría un mensaje de error como el siguiente:

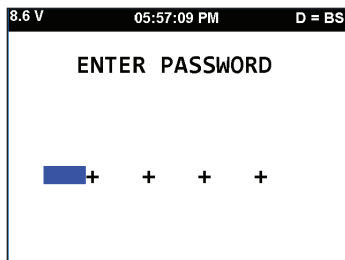


9.2 V 06:18:05 PM D=SAFE

ERROR MESSAGE  
Handel/key moved During  
Measurement

Presione  para borrar la condición de error y comenzar de nuevo.

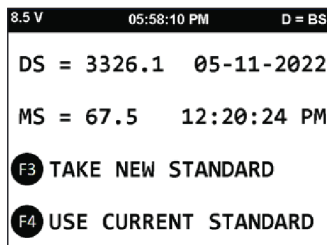
La lectura estándar estadística (STAT test) de 16 minutos también se puede realizar a diferentes profundidades si es necesario. Primero, ajuste la varilla a la profundidad deseada y presione STD/STAT, aparecerá la siguiente pantalla para que introduzca su contraseña:



Para introducir la contraseña, presione las siguientes teclas de función en el siguiente orden, F3+F3+F3+F4+F4.

Nota: Cuando se haya introducido la contraseña correcta, el menú permanecerá desbloqueado hasta que se apague y encienda.

Cuando se haya introducido la contraseña aparecerá la siguiente pantalla. Siguiendo los mismos pasos que se describieron anteriormente, ahora se pueden tomar las nuevas lecturas estándar.



### 3.3 Entrada de valores previos a las pruebas

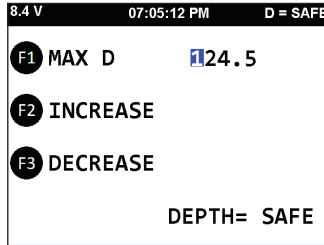
Aunque no es necesario realizar mediciones simples de humedad y densidad, se deben ingresar ciertos parámetros del material para utilizar todo el potencial del densímetro HS-5001EZ-2.

#### 3.3.1 Densidad máxima

Para cualquier tipo de material, se requiere la densidad máxima para calcular el porcentaje de compactación. Para suelos, esta es normalmente una densidad Proctor de laboratorio. Para materiales asfálticos se utiliza el Marshall o una densidad máxima. El grado de compactación basado en un porcentaje de Proctor ("% PR") es una función de la densidad seca medida y se obtiene de la pantalla de resultados después de que se haya realizado una medición correcta. Para materiales asfálticos, es una función de la densidad húmeda o densidad total ("% MA").



Presione  la pantalla mostrará lo siguiente:



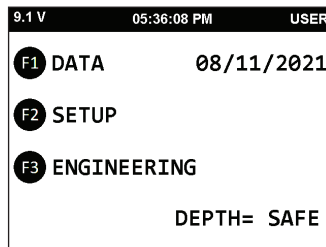
Se mostrará el valor actual del objetivo de densidad máxima y se resaltará la cifra situada más a la izquierda (al comienzo del valor). Presione **F1** para desplazar el cursor resaltado hacia la derecha. Al presionar **F2** AUMENTARÁ el valor que está resaltado, mientras que al presionar **F3** DISMINUYE el valor resaltado.

### 3.3.2 Factor de corrección de humedad (%KVAL)

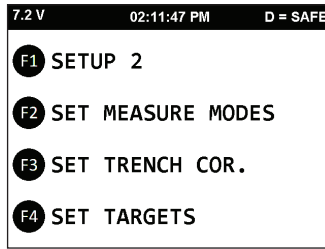
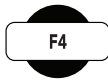
KVAL es un factor de corrección que se aplica a la medición de la humedad para tener en cuenta el hidrógeno en el material que no es agua o el agua que no se ha eliminado con métodos normales de secado en horno. Un valor de -1,00 reduciría el porcentaje de agua calculado en aproximadamente un 1%. Los valores típicos están entre -1,00 y +2,00. Si lo desconoce el valor, establézcalo siempre en 0,0.

Para establecer un nuevo valor, acceda a la pantalla del menú principal como se muestra a continuación:

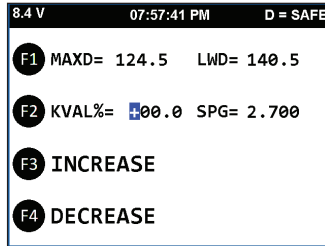
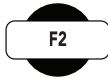
Presione **F2** para acceder al menú de configuración (**SETUP**).



Presione **F4** para acceder al menú de configuración de objetivos (**SET TARGET**).



Desde el menú de configuración de objetivos (SET TARGET), presione **F2** para editar el valor KVAL% con el símbolo “+” resaltado:



Al presionar **F2** desplazará el cursor resaltado un campo a la derecha y permitirá al usuario editar el valor resaltado. Presione **F3** para AUMENTAR el valor resaltado, de lo contrario presione **F4** para DISMINUIR el valor.

El valor ingresado afectará los valores calculados de contenido de humedad (**M**), densidad seca (**DD**) y porcentaje de humedad (**%M**).

Existen 3 métodos para determinar cuál es el valor KVAL correcto para trabajar:

- (A) Si las pruebas se pueden ejecutar en el terreno con un valor KVAL equivalente a 0 y con muestras del material tomadas de debajo del densímetro. El secado en horno de laboratorio se puede utilizar para calcular el valor correcto de KVAL. Se recomienda una media de cuatro o más muestras para disminuir errores estadísticos en el densímetro y errores de secado en horno por mal manejo del material.

La ecuación es la siguiente:

$$Kval = \frac{\% M (\text{Horno}) - \% M (\text{Densímetro})}{\% M (\text{Densímetro}) + 100} \times 100$$

- (B) Si las instalaciones del laboratorio no están disponibles, se pueden usar otros métodos para llevar a cabo las pruebas y así determinar el porcentaje de humedad. Se puede usar la ecuación anterior o determinar el valor de KVAL modificando sistemáticamente el valor guardado de KVAL hasta que el densímetro compute el valor correcto de PORCENTAJE DE HUMEDAD mientras se retienen los datos de

medición en la memoria.

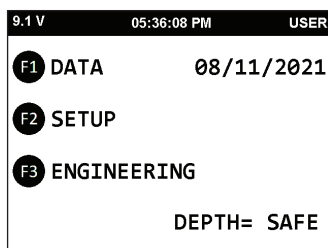
- (C) Si no hay otro método disponible para verificar la calibración de humedad del densímetro, se puede utilizar el PORCENTAJE DE VACÍOS DE AIRE para determinar si existen errores importantes. Los suelos bien compactados deben tener un PORCENTAJE DE VACÍOS DE AIRE entre 2.0% y 5.0% dependiendo de la gradación. Si el resultado del contenido de vacíos es negativo, es evidente que el medidor está midiendo una cantidad excesiva de agua y se debe usar un valor más negativo de KVAL.

### 3.3.3 Gravedad específica (SPG)

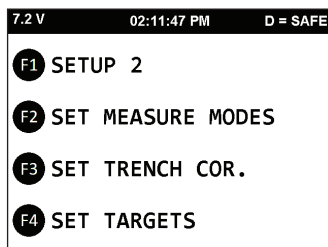
SPG es la gravedad específica de los elementos sólidos y se obtiene por hidrómetro o con otras pruebas. El rango normal para suelos o agregados suele situarse entre 2,6 y 2,75. Si no se tiene ningún valor exacto use 2,700. La gravedad específica de los materiales sólidos testados es necesaria para computar los ÍNDICES DE VACÍOS o los PORCENTAJES DE VACÍOS DE AIRE.

Para establecer un nuevo valor, desde la pantalla del menú:

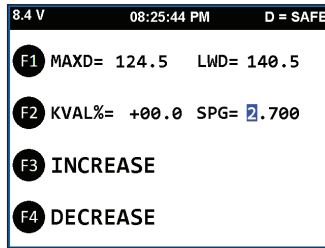
Presione **F2** para acceder al menú de configuración (**SETUP**).



Presione **F4** para acceder al menú de configuración de objetivos (**SET TARGETS**).



Una vez dentro del menú, presione **F2** hasta que se resalte el primer campo del valor SPG como se muestra a continuación:



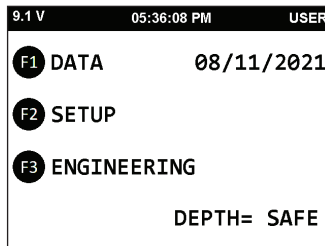
Al presionar **F2**, el cursor resaltado se desplazará a la derecha para permitir que el usuario edite el valor resaltado. Presione **F3** para AUMENTAR el valor resaltado, de lo contrario, presione **F4** para DISMINUIR el valor.

### 3.3.4 Density of Underlying Materials (LWD)

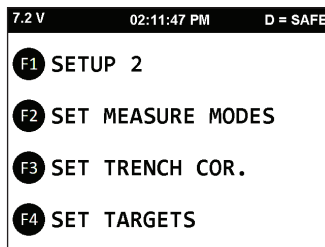
LWD es la densidad de los materiales subyacentes cuando el modo nomográfico (modo para capas finas) se usa para computar la densidad de capas de materiales finas. Cualquier valor dentro de un rango razonable puede registrarse.

Para establecer un nuevo valor, desde la pantalla del menú principal:

Presione **F2** para acceder a configuración (**SETUP**).



Presione **F4** para acceder al menú de configuración de objetivos (**SET TARGETS**).



Desde el menú de los objetivos (**Target**), presione **F1** hasta que el primer dígito del valor LWD resalte:



8.4 V	08:39:26 PM	D = SAFE
F1	MAXD= 124.5	LWD= 140.5
F2	KVAL%= +00.0	SPG= 2.700
F3	INCREASE	
F4	DECREASE	

Cuando presione **F1**, el cursor resaltado se desplazará a la derecha para permitir que el usuario edite el valor resaltado. Presione **F3** para AUMENTAR el valor resaltado, de lo contrario, presione **F4** para DISMINUIR el valor.

### 3.4 Selección del sitio

En general, todas las mediciones deben realizarse lo antes posible una vez que se haya compactado el sitio. Esta recomendación se debe aplicar especialmente para rellenos y terraplenes, ya que la evaporación puede secar el material de la superficie y reducir la medición de humedad media. Cualquier lluvia previa a las mediciones puede aumentar estos valores a menos que haya transcurrido suficiente tiempo para permitir el secado de la superficie.

Estas condiciones pueden aliviarse eliminando los materiales de la superficie a la profundidad necesaria para eliminar los materiales no homogéneos. Para los emplazamientos de hormigón asfáltico, la prueba debe realizarse idealmente mientras se compacta el material para que se pueda lograr un balanceo adicional antes de que el material se enfríe por debajo de las temperaturas de compactación aceptables.

La selección de un sitio para medir se deja a juicio del operador o puede definirse mediante procedimientos o especificaciones prescritos. Se recomienda un método de muestreo aleatorio. No se debe elegir un sitio seleccionado opcionalmente en condiciones obvias que puedan rechazar o aprobar los resultados. Debe ser representativo del área total que se va a probar.

### 3.5 Preparación del sitio

Cualquier sitio el que se vayan a realizar pruebas de medición debe estar libre de residuos sueltos antes de emplazar el densímetro. Después de quitar el material suelto del suelo, se debe nivelar el área usando la placa raspadora para proporcionar una superficie plana. Cualquier área vacía de gran superficie debe llenarse con finos o arenas finas, aunque se realice una medición de transmisión directa.

Si se trata de áreas de superficie dura que hacen que el método de transmisión directa sea poco práctico o imposible, será necesario realizar una medición de retrodispersión. Además, los vacíos de la superficie deben nivelarse cuidadosamente con relleno mineral y compactarse ligeramente

con la placa raspadora para minimizar los errores en la superficie.

La placa raspadora se utiliza como guía para la varilla de perforación a la hora de realizar un orificio vertical. Coloque la placa raspadora sobre el sitio deseado y mientras la sostiene con un pie, introduzca la varilla a una profundidad de al menos 50 mm (2 pulgadas) más que la profundidad de medición. La varilla de perforación está marcada en tramos de 50 mm (2 pulgadas) para ayudar a juzgar la profundidad. Se deben usar gafas de seguridad para evitar lesiones en los ojos al golpear la varilla con el martillo.

Si la barra de perforación no se puede extraer fácilmente del orificio, coloque la herramienta de extracción alrededor de la barra y enganche las superficies planas en la parte inferior del cabezal.

Con la herramienta, gire y tire de la barra de perforación para retirarla. Si la barra de perforación sigue siendo difícil de quitar, golpee ligeramente la superficie inferior de la herramienta de extracción y sáquela verticalmente del orificio.

Si la línea que sirve de marcador se dibuja alrededor de la placa raspadora mientras esta se coloca sobre el orificio, será más fácil localizar el indicador y por tanto la varilla entrará fácilmente.

### **3.6 Colocación del densímetro**

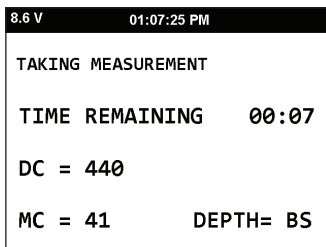
Coloque con cuidado el densímetro sobre el sitio preparado. Si se utiliza retrodispersión, asiente el densímetro para que quede lo más cerca posible con la superficie. Si se trazó una línea alrededor del sitio para la transmisión directa, entonces la base debe estar centrada sobre el sitio para facilitar la inserción de la varilla fuente en el orificio.

Retire el seguro presionando el gatillo en el mango, empuje el mango hacia abajo hasta obtener la posición correcta aproximada, la primera marca para la retrodispersión o la profundidad predeterminada correcta para la transmisión directa. A la profundidad correcta, suelte el gatillo y levante la manija justo por encima de la marca, luego empuje el mango una vez más hasta escuchar el "clic" mientras el INDEXADOR coloca con precisión la fuente.

Si se utiliza una transmisión directa, mueva el densímetro hacia el extremo del panel de control para forzar la varilla fuente contra el costado del orificio preparado. Esto es importante ya que podría existir un obstáculo entre la punta de la vara y el lado del agujero.

### **3.7 Recopilación del conteo de la medición**

Presione  desde cualquier menú y la pantalla mostrará lo siguiente:



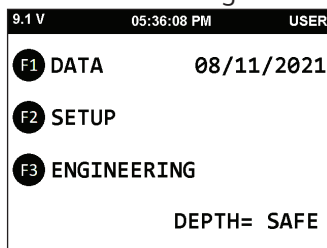
**NOTA:** Si el densímetro está en modo de bajo consumo (encendido con la pantalla apagada) al presionar la tecla MEASURE, comenzará un proceso de calentamiento que durará aproximadamente 10 segundos para que las señales del tubo detector y la electrónica alcancen un nivel estable antes de comenzar la medición.

La medida se puede tomar presionando la tecla MEASURE. La mayoría de las mediciones se realizarán utilizando la configuración "NORM" en el menú del modo de medición, que toma un conteo exacto de 1 minuto. Puede ser conveniente utilizar el modo de medición "FAST" (15 segundos) si es necesario realizar una medición rápida para evitar conflictos con el equipo de compactación. La precisión de la medición se degradará por un factor de dos.

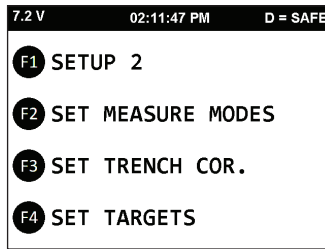
El uso del modo de medición "LENTO" (4 minutos) permitirá al usuario mejorar la precisión en un factor de dos. Esto permitirá también realizar un examen minucioso de pequeños cambios de densidad, como establecer un patrón de rodillos o intentar mejorar la eficiencia de compactación.

### 3.7.1 Selección del tiempo de medición

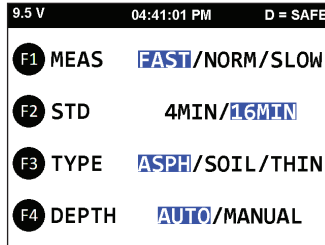
Para seleccionar el modo de tiempo de medición desde el menú principal: Presione la tecla **F2** para acceder al menú de configuración (**SETUP**).



Presione **F2** para acceder a los modos de medición (**SET MEASURE MODES**).



Presione **F1** para elegir otro método de medición.



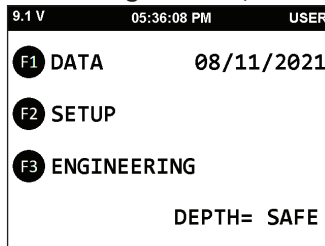
Presione **F1** para avanzar entre las opciones disponibles (**FAST / NORM / SLOW**) hasta que la selección que desea se resalte.

### 3.7.2 Selección del tipo de medición

Antes de registrar ningún medición, se debe seleccionar el tipo de material en el que se hace la prueba p. ej., asfalto, suelo o material fino (**ASPHALT / SOIL / THIN LAYER**).

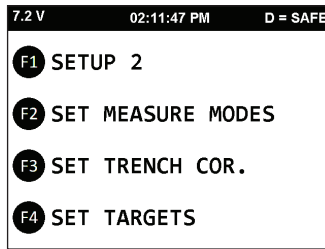
Para seleccionar el tipo de medición desde el menú principal.

Presione **F2** para acceder al menú de configuración (**SETUP**):

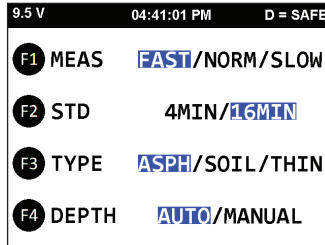


Presione **F2** para acceder a menú de configuración de modos de medición.





Presione **F3** para cambiar el modo de medición.



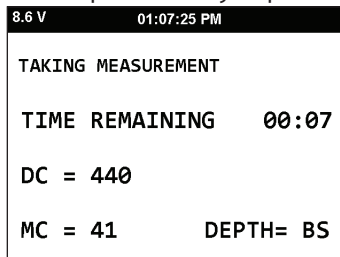
Presione **F3** para avanzar entre las opciones (**asfalto/suelo/materiales finos**) hasta la que desea se resalte (**ASPH / SOIL / THIN**).

### 3.7.2.1 Mediciones en asfalto

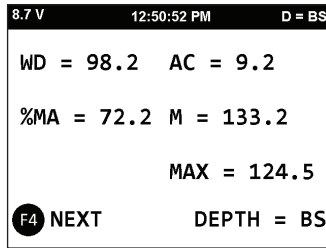
Seleccione el modo asfalto siguiendo los pasos que se especifican arriba. Introduzca la varilla en la profundidad necesaria y presione la tecla **MEASURE**.

**NOTE:** En asfalto se puede usar el método de retrodispersión y el de transmisión directa. Este último se emplea con menos frecuencia debido al hecho de tener que perforar el suelo para la transmisión directa.

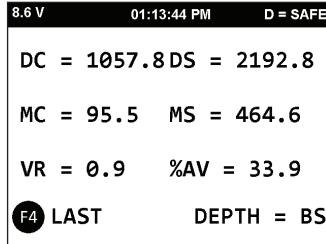
Presione **MEASURE** desde cualquier menú y la pantalla mostrará lo siguiente:



Cuando el tiempo de contador (**TIME REMAINING**) se agote, aparecen en la pantalla los valores correspondientes a la densidad humedad (**WD**) y al porcentaje Marshall (**%MA**). Dado que el canal de humedad mide hidrógeno, el valor AC que se muestra se aproximará al contenido de asfalto de la mezcla. La profundidad de medición será de 100 mm (4 pulgadas) o incluso más, según el contenido real de asfalto.



Presione **F4** para avanzar a los siguientes resultados de la pantalla:



Los valores de **DC** (conteos de densidad), **DS** (estándar de densidad), **MS** (estándar de humedad) y **MC** (conteos de humedad), indicarán las lecturas utilizadas para determinar los datos calculados. El valor **VR** y **%AV** indicarán el índice de vacíos y el porcentaje de vacíos de aire y **DEPTH** indicará la profundidad medida.

Presione **F4** para avanzar a la última pantalla y ahí podrá visualizar un código QR para usarlo en la APP DEL DENSÍMETRO HUMBOLDT.



Si pulsa de nuevo **F4** podrá recorrer todas las pantallas de resultados de nuevo.

Vuelva a colocar el mango en la posición de seguridad (**SAFE**) y observe que la pantalla no ha cambiado. No es necesario dejar la fuente en la posición de medición (expuesta) mientras se realizan los cálculos. Siempre que los datos de medición estén presentes en los registros activos, la posición del mango en la que se tomaron los datos permanece visible en la pantalla. Borre los datos presionando **MAIN MENU** y la pantalla volverá a indicar correctamente si está en la posición segura (**SAFE**). Para ver los

resultados de la medición actual nuevamente desde el menú principal, presione **F1 (DATA)**, **F1 (MEASUREMENTS)** y **F1 (CURRENT MEASUREMENT)**.

### 3.7.2.2 Mediciones de capas delgadas de asfalto

Actualmente no existen verdaderos densímetros para capas delgadas. Todos realizan una o dos mediciones a profundidades mayores que el espesor deseado y calculan la densidad aparente de la capa superior utilizando la respuesta de profundidad variable del densímetro en el modo de retrodispersión. El principal problema es que la precisión resultante es tan pobre que la validez de los resultados es cuestionable.

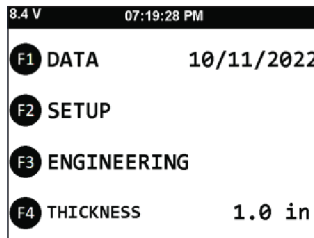
Este densímetro HS-5001EZ2 utiliza el principio de nomografía en el que la densidad del material subyacente se conoce a partir de una medición anterior. A continuación, se calcula la densidad de la capa superior. La densidad del material subyacente debe ingresarse en el registro LWD tal y como se describe en el apartado **3.3.4 Densidad de los materiales subyacentes**.

A continuación el modo de medición (MEASURE MODE) debe establecer en capas delgadas (THIN) tal y como se describe en el apartado **3.7.2 Selección del tipo de medición**.

El pantalla del menú principal mostrará “**F4 THICKNESS**”:

Presione la tecla **F4** para seleccionar el grosor deseado.

**NOTA:** Si presiona la tecla **F4 AUMENTARÁ** el grosor y si presiona las teclas **F4 + MAIN MENU** al mismo tiempo **DISMINUIRÁ** el grosor.



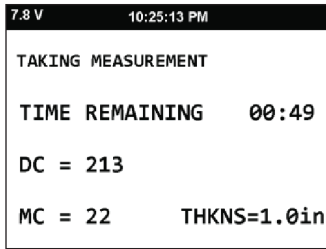
Los incrementos son de 5 mm (0,2 pulgadas) y el rango máximo es de 25 mm (1,0 pulgadas) a 160mm (6.4 pulgadas). Este último valor incluye el 100% de la respuesta máxima del densímetro a la densidad en el modo de retrodispersión.

Una vez que el grosor deseado ha sido seleccionado y registrado, coloque la varilla de perforación en el modo de retrodispersión.

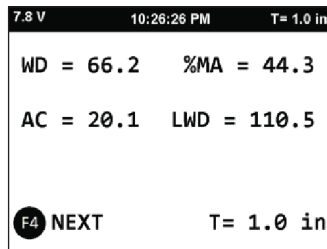
**NOTA:** Si la profundidad en modo automático (**AUTO**) la cambiamos al modo **MANUAL**, la tecla **F4** en el menú principal será reemplazada por “**THICKNESS**”, dado que el modo diseñado para capas delgadas siempre mide con el modo de retrodispersión. Tras presionar la tecla **MEASURE**, el densímetro preguntará si deseamos establecer la profundidad de la varilla

en el modo retrodispersión y automáticamente hará las configuraciones interna para ese modo de medición.

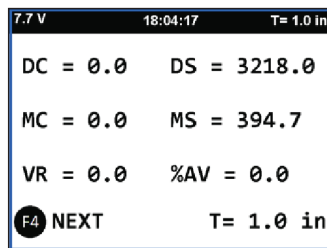
Presione  y la pantalla mostrará lo siguiente:



Cuando el tiempo de contador (**TIME REMAINING**) se agote, aparecen en la pantalla los valores correspondientes a la densidad humedad (**WD**) de la capa superior, el porcentaje Marshall (**%MA**) y el contenido asfáltico aproximado (**AC**).



Presione **F4** para avanzar a la siguiente pantalla de resultados:



La profundidad de medición será de 100 mm (4 pulgadas) o incluso más dependiendo del contenido real de asfalto.

Los valores **DC** (conteos de densidad), **DS** (estándar de densidad), **MS** (estándar de humedad) y **MC** (conteos de humedad), indicarán los valores utilizados para determinar los datos calculados. El **VR** y el **%AV** indicarán la relación de vacíos y el porcentaje de vacíos de aire junto con el espesor (**T = THICKNESS**) del material testado.



Presione **F4** para avanzar a la última pantalla y ahí podrá visualizar un código QR para usarlo en la APP DEL DENSÍMETRO HUMBOLDT.

Vuelva a colocar el mango a la posición de seguridad (**SAFE**) y observe que la pantalla no ha cambiado. No es necesario dejar la fuente en la posición de medición (expuesta) mientras se realizan los cálculos. Siempre que los datos de medición estén presentes en los registros activos, la posición del mango en la que se tomaron los datos permanece visible en la pantalla. Borre los datos presionando **MAIN MENU** y la pantalla volverá a indicar correctamente si está en la posición segura (**SAFE**). Para ver los resultados de la medición actual nuevamente desde el menú principal, presione **F1 (DATA)**, **F1 (MEASUREMENTS)** y **F1 (CURRENT MEASUREMENT)**.

Este densímetro obtiene su medición de densidad de retrodispersión de una manera que no es lineal con respecto a los estratos dentro de la muestra. La tabla de la página siguiente indica la respuesta a varias profundidades:

### Espesor

mm	pulgadas	Respuesta Relativa
0	0.0	0.000
25	1.0	0.490
50	2.0	0.778
75	3.0	0.912
100	4.0	0.960
125	5.0	0.985
150	6.0	0.998
162	6.5	1.000

Por debajo de 100 mm (4 pulgadas), el densímetro no se ve afectado por ningún cambio en la densidad. De hecho, un gran cambio en la densidad por debajo de 75 mm (3 pulgadas) tiene muy poco efecto.

Siempre existe la duda de cuándo utilizar el método del nomógrafo. La siguiente tabla presenta alguna información como guía.

Dado que la mejor precisión que se puede esperar para una medición de densidad de retrodispersión, incluso suponiendo correcciones químicas, es de aproximadamente 2,0 %, intentar corregir la densidad de la capa inferior cuando provoca un error inferior al 2 % es inútil. Las condiciones anotadas marcadas con un \* son aquellas en las que se recomienda la corrección del nomógrafo.

### Errores debidos al espesor de las capas

Capa Superior		% Errores sin corrección por % diferencia en densidad						
mm	inch	2%	4%	6%	8%	10%	15%	20%
25.0	1.0	1.0	*2.1	*3.1	*4.1	*5.2	*7.8	*10.4
37.5	1.5	0.7	1.4	*2.1	*2.8	*3.5	*5.3	*7.0
50.0	2.0	0.5	0.9	1.4	1.8	*2.3	*3.4	*4.6
62.5	2.5	0.3	0.6	0.8	1.1	1.4	*2.1	*2.8
75.0	3.0	0.2	0.3	0.5	0.7	0.8	1.2	1.6
87.5	3.5	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.9
100.0	4.0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.6
112.5	4.5	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.5
125.0	5.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4
137.5	5.5	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4
150.0	6.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
162.5	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Aunque la tabla pueda parecer confusa, simplemente establece que, por ejemplo, se debe corregir un grosor de capa de 37,5 mm (1,5 pulgadas) solo cuando la diferencia entre las densidades de la capa superior y la capa inferior sea del 6 % o más. Si la capa es de 50 mm (2,0 pulgadas), utilice el nomograma cuando la diferencia de densidad sea del 10 % o más.


Dado que rara vez se encuentra una diferencia de densidad superior al 10%, sólo hay que preocuparse cuando el grosor de la capa es de 50 mm (2,0 pulgadas) o menos.

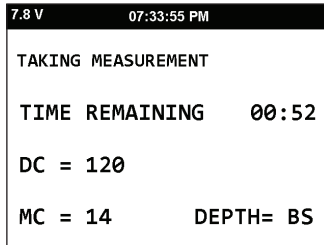
Si los procedimientos de campo implican establecer una densidad de aprobación usando una tira reactiva, entonces solo las densidades relativas son importantes y no se necesitan correcciones.

#### 3.7.2.3 Mediciones de suelo

Seleccione el modo suelo (Soil) tal y como se describe en el apartado

### 3.7.2. Selección del tipo de medición.

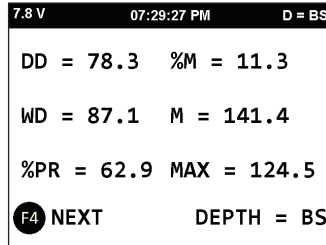
Presione  y la pantalla mostrará lo siguiente:



```
7.8 V 07:33:55 PM
TAKING MEASUREMENT
TIME REMAINING 00:52
DC = 120
MC = 14 DEPTH= BS
```

Cuando el tiempo de contador (**TIME REMAINING**) se agote, aparecerán en la pantalla los valores correspondientes a la densidad seca (**DD**), densidad húmeda (**WD**), el porcentaje de humedad (**%M**), contenido de humedad (M) y el porcentaje Proctor (**%PR**).

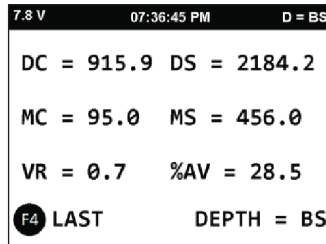




```
7.8 V 07:29:27 PM D = BS
DD = 78.3 %M = 11.3
WD = 87.1 M = 141.4
%PR = 62.9 MAX = 124.5
F4 NEXT DEPTH = BS
```

Presione **F4** para avanzar a la siguiente pantalla de resultados:





```
7.8 V 07:36:45 PM D = BS
DC = 915.9 DS = 2184.2
MC = 95.0 MS = 456.0
VR = 0.7 %AV = 28.5
F4 LAST DEPTH = BS
```

Presione **F4** para avanzar a la última pantalla, donde podrá visualizar un código QR para usarlo en la APP DEL DENSÍMETRO HUMBOLDT.



Si pulsa de nuevo **F4** podrá recorrer todas las pantallas de resultados de nuevo. Los valores de **DC** (conteos de densidad), **DS** (estándar de densidad), **MS** (estándar de humedad) y **MC** (conteos de humedad), indicarán las lecturas utilizadas para determinar los datos calculados. El valor **VR** y **%AV** indicarán el índice de vacíos y el porcentaje de vacíos de aire calculados junto con el valor **DEPTH**, que indicará la profundidad medida.

Este último valor es bastante útil para asegurarnos de que la calibración de humedad que hemos usado, incluyendo el valor **KVAL**, se ajusta a la composición química del suelo. Un suelo bien compactado debe tener vacíos de aire entre 3% y 5%. Si el valor es negativo, se deben extraer nuevos datos comparativos usando métodos de secado al horno u otros métodos aceptables para determinar el **KVAL** correcto. Vuelva a colocar el mango a la posición de seguridad (**SAFE**) y observe que la pantalla no ha cambiado. No es necesario dejar la fuente en la posición de medición (expuesta) mientras se realizan los cálculos. Siempre que los datos de medición estén presentes en los registros activos, la posición del mango en la que se tomaron los datos permanece visible en la pantalla. Borre los datos presionando **MAIN MENU** y la pantalla volverá a indicar correctamente si está en la posición segura (**SAFE**). Para ver los resultados de la medición actual nuevamente desde el menú principal, presione **F1 (DATA)**, **F1 (MEASUREMENTS)** y **F1 (CURRENT MEASUREMENT)**.

#### 3.7.2.4 Medición en zanjas de suelo

Las mediciones de humedad realizadas en zanjas están sujetas a error debido al agua en las paredes de la zanja. Se incluye un software especial (Corrección en zanjas) para compensar este error. Hacer mediciones en una zanja requiere algunas precauciones. El blindaje adicional de los detectores puede minimizar estos efectos en el modelo 5001 si se toman algunas precauciones.

Este densímetro no debe usarse en una zanja donde la distancia entre las paredes sea inferior a 600 mm (24 pulgadas). Cuando se realizan los conteos estándar, se deben hacer en la zanja.

Si el punto que se va a medir es menor, entonces se deben colocar 400 mm (16 pulgadas) y el estándar de referencia en la ubicación aproximada (distancia desde la pared) en la que se va a realizar la medición. El extremo de la fuente del densímetro debe mirar hacia la pared más cercana de la zanja.

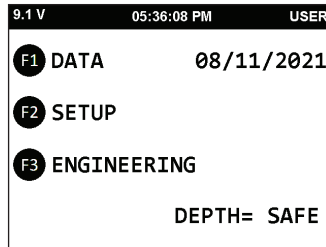
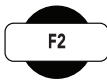


Si la zanja tiene más de 900 mm (36 pulgadas) y no se realizará ninguna medición a una distancia inferior a 400 mm (16 pulgadas) de la pared, entonces se puede usar un conteo estándar normal.

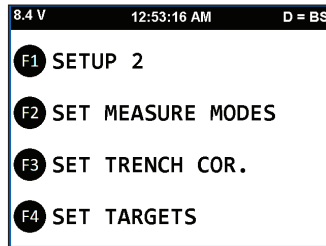
Seleccione el modo en Suelo como se describe anteriormente en el apartado 3.7.2. **Selección del tipo de medición.**

Primero, coloque el densímetro sobre el bloque de referencia en el mismo lugar de la zanja donde se realizará la medición. Con el mango en la posición segura (**SAFE**).

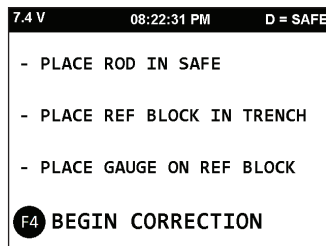
Desde el menú principal presione **F2** para acceder al menú de configuración (**SETUP**).



Presione **F3** para acceder al menú de corrección de la zanja (**SET TRENCH CORRECTION**).



Presione **F4** para comenzar la corrección de la zanja (**TRENCH CORRECTION**).



Comenzará un contador de 4 minutos que indicará que se está realizando una corrección para determinar el contenido de agua en las paredes de la zanja. Se utilizan 4 minutos para alcanzar la suficiente precisión como

para determinar ese valor; de lo contrario, el factor de corrección puede producir un error mayor que el error del valor de la zanja.

7.3 V	02:22:24 PM	D = SAFE
TRENCH CORRECTION		
DENSITY CF =		47.8
MOISTURE CF =		53.8
F4 TRENCH MEASUREMENT		

Cuando el contador se acabe aparecerá en la pantalla el factor de corrección de la densidad y de la humedad, que será la diferencia resultante de la lectura de la humedad estándar fuera de la zanja y el mismo valor dentro de la zanja.



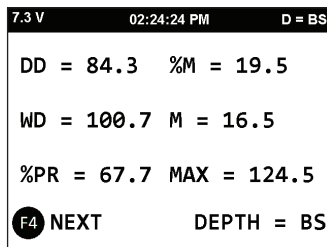
7.3 V	02:22:24 PM	D = SAFE
TRENCH CORRECTION		
DENSITY CF =		47.8
MOISTURE CF =		53.8
F4 TRENCH MEASUREMENT		

Retire el densímetro del bloque estándar y colóquelo en el lugar donde se van a realizar las pruebas (siempre use el modo de transmisión directa en las zanjas) y tome una medición normal del suelo. Los resultados de esa lectura se ajustarán para compensar la cantidad de agua de las paredes de la zanja.

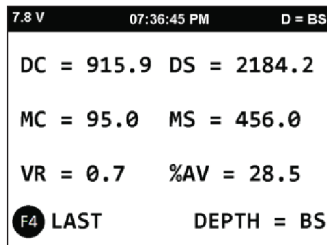
Presione **F4** para comenzar la medición de la zanja (**TRENCH MEASUREMENT**) y la pantalla mostrará lo siguiente:

7.8 V	07:33:55 PM
TAKING MEASUREMENT	
TIME REMAINING	00:52
DC =	120
MC = 14	DEPTH= BS

Cuando el tiempo de contador (TIME REMAINING) se agote, aparecerán en la pantalla los valores correspondientes a la densidad seca (DD), densidad húmeda (WD), el porcentaje de humedad (%M), contenido de humedad (M) y el porcentaje Proctor (%PR).



Presione **F4** para avanzar a la siguiente pantalla de resultados



Presione **F4** para avanzar a la última pantalla y ahí podrá visualizar un código QR para usarlo en la APP DEL DENSÍMETRO HUMBOLDT.



Si pulsa de nuevo **F4** podrá recorrer todas las pantallas de resultados de nuevo.

Los valores de **DC** (conteos de densidad), **DS** (estándar de densidad), **MS** (estándar de humedad) y **MC** (conteos de humedad), indicarán las lecturas utilizadas para determinar los datos calculados. El valor **VR** y **%AV** indicarán el índice de vacíos y el porcentaje de vacíos de aire calculados junto con el valor **DEPTH**, que indicará la profundidad medida.

### 3.8 Procesamiento de los resultados

La densidad de la humedad se obtiene usando las siguientes ecuaciones:

$$CR = Ae^{-BD} - C$$

En las que: **CR** = conteo de medición de la densidad (DC) dividido entre el conteo estándar de densidad (DS)

D = Densidad de la humedad del material  
@ profundidad X  
A, B, C = Constantes de calibración @ profundidad X

Además, el CONTENIDO DE HUMEDAD se obtiene usando esta simple ecuación:

$$CR = E + FM$$

En las que: CR = Conteo de la medición de humedad (MC) dividido entre el conteo estándar de la humedad (MS)

M = Contenido de humedad  
E, F = Constantes de calibración

La DENSIDAD SECA se obtiene restando el CONTENIDO DE HUMEDAD de la DENSIDAD DE LA HUMEDAD y el PORCENTAJE DE HUMEDAD se obtiene dividiendo el CONTENIDO DE HUMEDAD entre la DENSIDAD SECA.

El procesador realiza las funciones que producen los resultados sin consultar tablas o transferir datos a una calculadora de mano. Esto disminuye la aparición de errores potenciales causados por el operario. El procesador también compensa el coeficiente de atenuación del hidrógeno, que es muy diferente en cada suelo.

Si la medición se realizó en hormigón asfáltico, solo la DENSIDAD DE LA HUMEDAD tiene alguna relevancia; sin embargo, el PORCENTAJE DE HUMEDAD calculado se aproximará mucho al contenido de asfalto de la mezcla.

Antes de procesar los datos, la pantalla debe indicar la profundidad real a la que se realizó la medición. Esto se configura utilizando la tecla "F4" en el modo de profundidad manual o se configura automáticamente mediante la red de indexación automática. La pantalla solo indicará las profundidades calibradas y el valor estará en milímetros o pulgadas según lo preestablecido en el instrumento.

El valor KVAL debe haber sido introducido en el procesador como se explica en el apartado 3.3.2.

### **3.8.1 Control de compactación**

Normalmente, es deseable obtener la compactación como un porcentaje de una densidad máxima basada en una densidad Proctor de laboratorio para suelos, o como un porcentaje de la densidad máxima basada en una densidad Marshall de laboratorio u otros requisitos para hormigón asfáltico.

Si la densidad máxima deseada se ha introducido en el registro D usando la tecla "MAX D" como se describe en el apartado 3.2.1, se puede obtener el PORCENTAJE DE COMPACTACIÓN.

% PR = Porcentaje de la densidad seca a la densidad máxima del suelo.

% MA = Porcentaje de la densidad húmeda a la densidad máxima del asfalto.

### 3.8.2 Índice de vacíos

Por definición, el índice de vacíos (VR) es la relación entre el volumen del vacío y el volumen de los sólidos. Para hacer este cálculo, es necesario que el procesador conozca la gravedad específica de los sólidos. Hay pruebas de laboratorio estándar para hacer esta medición. Si no se conoce la verdadera gravedad específica, se puede usar el valor de 2,70 para obtener valores de vacíos aproximados.

La gravedad específica se puede introducir en el sistema como se describe en el apartado 3.3.3. El "VR" realizará los cálculos necesarios y mostrará el resultado en "VR = XXX.X". No se permite correcciones en materiales rocosos ya que se desconoce el volumen de roca más alto.

El índice de vacíos es una indicación del grado de compactación si no se conoce la densidad máxima.

### 3.8.3 Porcentaje de vacíos de aire

Este término se define como el volumen de aire como porcentaje del volumen total. La gravedad específica de los materiales sólidos debe conocerse y haber sido registrada previamente como se describe en el apartado 3.3.3. Si el cálculo se realiza para hormigón asfáltico, el cálculo normal de PORCENTAJE DE HUMEDAD para suelos tendrá que ajustarse utilizando "KVAL" para hacer coincidir con el contenido de asfalto de la mezcla. El cálculo se realiza por "%AV" y los resultados se mostrarán en "%AV = XX.XX".

"% AV" es una indicación del grado de compactación y saturación de los materiales compactados. También es una buena indicación de la validez de la calibración, particularmente la humedad, para los materiales específicos que se están probando. Un valor negativo para "% AV" indica que el KVAL debe ser un valor más negativo. Un valor positivo de más del 5,0% puede deberse a una compactación incompleta o a la necesidad de aumentar el KVAL en una dirección positiva (no necesariamente un número positivo, pero quizás un valor menos negativo).

## 3.9 Reempaquetado del equipo

Después de su uso, asegure el equipo: Primero, coloque el mango en la posición "segura" (SAFE) y cierre la cerradura. Después de limpiar el densímetro y el estándar de referencia para eliminar toda la suciedad y la humedad, colóquelos en el estuche de tránsito y bloquee el pestillo. Esta doble seguridad se proporciona para evitar el acceso no autorizado al instrumento y posibles lesiones. Limpie los accesorios y colóquelos en el estuche de accesorios con cremallera para evitar que se pierdan.

## 4 MENÚ

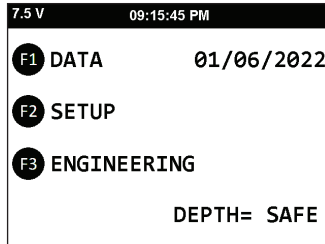
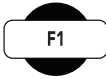
### 4.1 Menús de datos

La tecla de función de **datos F1** es accesible desde el menú principal. Esta tecla permitirá a los usuarios ver los resultados calculados de la **medición**

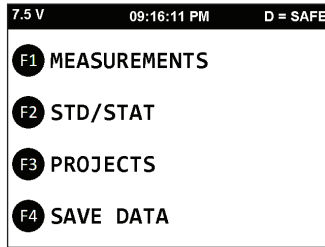
actual, conteos estándar o estadísticos, configurar un proyecto para los datos de medición, guardar los datos de medición y acceder al código QR para usarlo en la app del densímetro Humboldt.

#### 4.1.1 Ver lecturas actuales

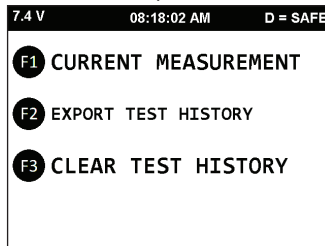
Presione **F1** para acceder al menú de datos (**DATA**).



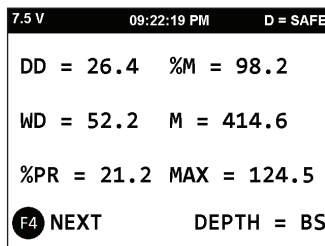
Presione **F1** para acceder a menú de mediciones (**MEASUREMENTS**).



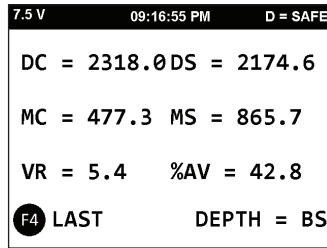
Presione **F1** para mostrar la medición actual (**CURRENT MEASUREMENT**).



Presione **F4** para avanzar hasta la siguiente (**NEXT**) pantalla de resultados.



Presione **F4** para avanzar hasta la última (**LAST**) pantalla de resultados.

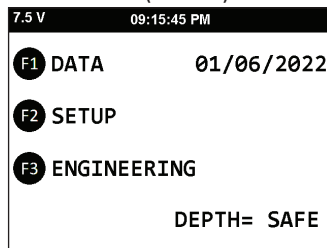


Si pulsa de nuevo **F4** podrá recorrer todas las pantallas de resultados de nuevo.

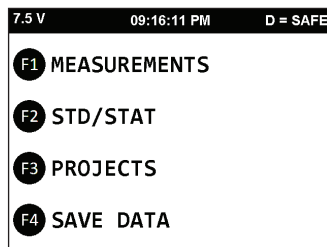


#### 4.1.2 Estándar actual / Conteo estadístico

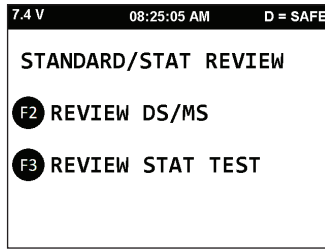
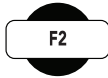
Presione **F1** para acceder al menú de datos (DATA).



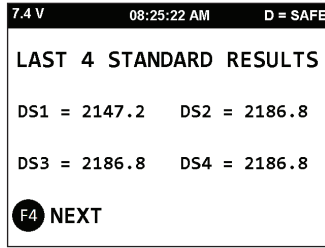
Presione **F2** para acceder a menú de estándar actual y conteos estadísticos **STD/STAT**.



Presione **F2** para consultar los estándares de densidad y de humedad (**REVIEW DS/MS**).

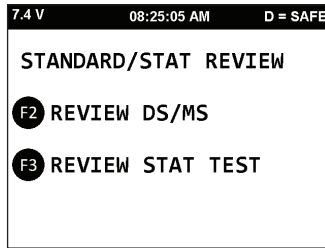


Presione **F4** para navegar por los estándares de densidad y humedad.

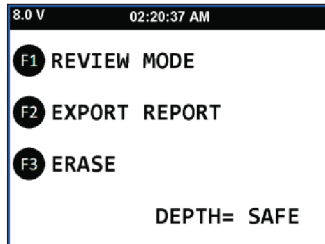


La revisión de prueba estadística tiene 3 menús de opciones: Revisar, Exportar o eliminar (Review, Export, Erase).

Presione **F3** en el menú **STD/STAT**.



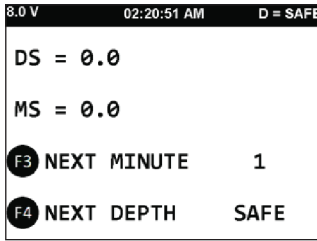
Presione **F1** para acceder al menú de modo revisión (**REVIEW MODE**).



Si presiona **F3** navegará por los 16 contadores de 1 minuto (**1-MINUTE**).

Si presiona **F4** navegará por cada lectura estadística de profundidad (**DEPTH**).

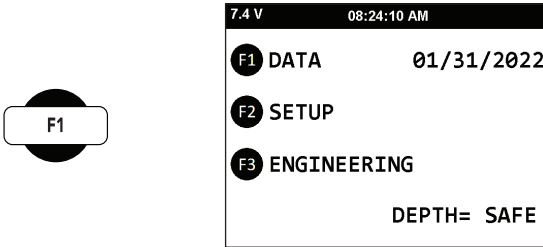




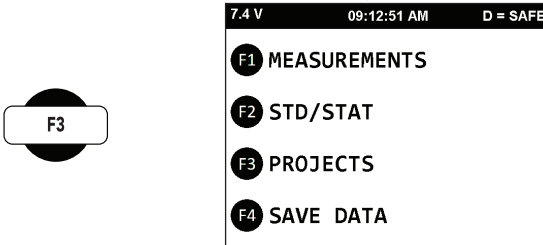
### 4.1.3 Configuración de los proyectos

Esta configuración permite la entrada de datos relacionados con los proyectos en los que se está utilizando el densímetro. Su entrada se realiza seleccionando primero la función deseada que muestra el valor actual, tecleando un nuevo valor usando las teclas de función.

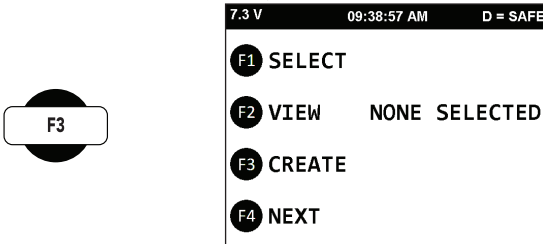
Presione **F1** para acceder a menú de datos (**DATA**).



Presione **F3** para acceder al menú de los proyectos (**PROJECTS**).



Presione **F3** para crear un nuevo proyecto (**CREATE**).

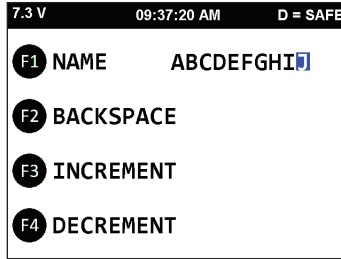


Presione **F1** para avanzar hacia la derecha por los caracteres.

Presione **F2** para retroceder hacia la izquierda (**BACKSPACE**).

Presione **F3** para incrementar uno de los caracteres resaltados (**INCREMENT**).

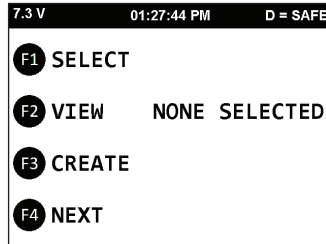
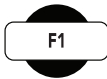
Presione **F4** para disminuir uno de los caracteres resaltados (**DECREMENT**).



Después de introducir el nombre del proyecto, presione el menú principal (**MAIN MENU**) para guardar el proyecto.



Presione **F1** para seleccionar el proyecto actual (**SELECT**).



Presione **F2** para ir al siguiente proyecto (**NEXT**).

Presione **F3** para ir al proyecto anterior (**PREVIOUS**).

Presione **F4** para seleccionar un proyecto concreto (**SELECT**).



Presione **F4** para avanzar hasta el siguiente menú (**NEXT**).

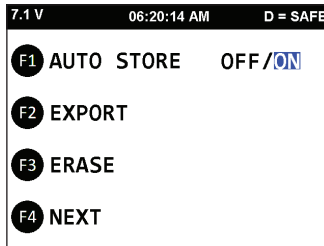


Presione **F1** para encender o apagar el autoguardado (**AUTO STORE**).

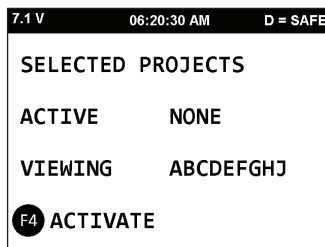
Presione **F2** para exportar a un dispositivo USB (**EXPORT**).

Presione **F3** para borrar el proyecto actual (**ERASE**).

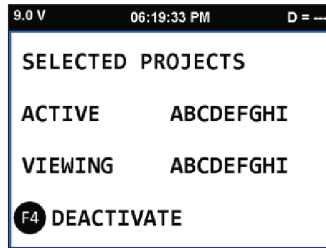
Presione **F4** para avanzar al siguiente menú.



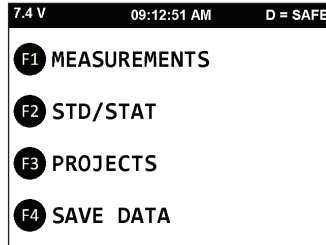
Presione **F4** para activar el proyecto actual (**ACTIVATE**).



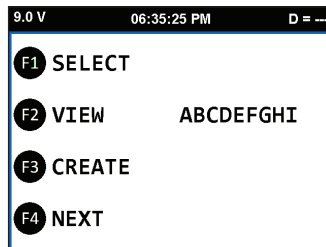
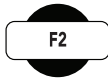
Presione **F4** de nuevo para desactivar el proyecto (**DEACTIVATE**).



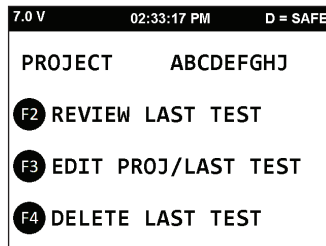
Presione **F3** desde el menú de datos para ver los proyectos (**PROJECTS**).



Presione **F2** para acceder a ver el proyecto (**VIEW**).



Presione **F2** para ver la última lectura registrada (**REVIEW LAST TEST**).

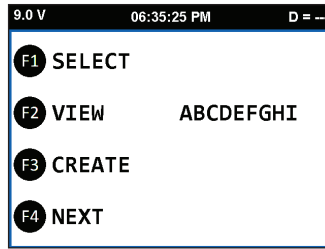
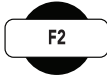


#### 4.1.3.1 Editar proyectos

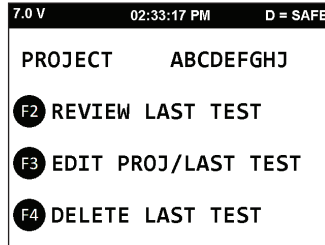
Para editar un proyecto, accede a la opción ver proyecto (**VIEW**) como se explica arriba.

**NOTE:** Para poder editar los parámetros de estación y de carril, el proyecto debe estar activo y debe haber registrado como mínimo una lectura.

Presione **F2** para acceder al menú ver (**VIEW**).



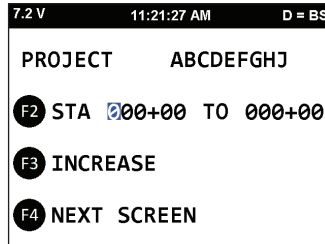
Presione **F3** para editar el proyecto (**EDIT**) o la última lectura (**LAST TEST**).



Presione **F2** para avanzar a la derecha y para moverse entre los dígitos resaltados de la estación.

Presione **F3** para aumentar (**INCREASE**) el valor del campo resaltado.

Presione **F4** para avanzar a la siguiente pantalla (**NEXT SCREEN**).

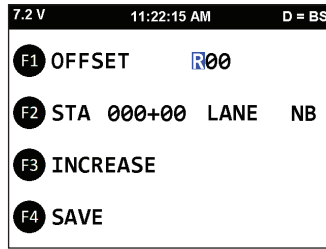


Presione **F1** para cambiar a los valores de campo (**OFFSET**).

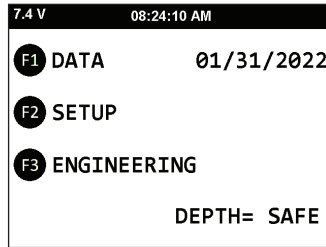
Presione **F2** para cambiar entre los valores de estación y de carril (**Station/LANE**).

Presione **F3** para aumentar el valor resaltado (**INCREASE**).

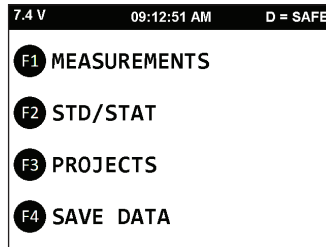
Presione **F4** para guardar la configuración actual (**SAVE**).



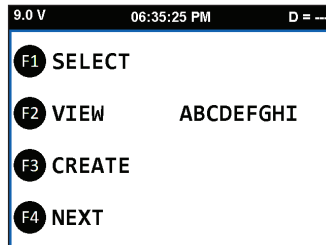
4.1.3.2 Eliminar datos de proyectos almacenados en el historial  
Presione F1 para acceder al menú de datos (DATA).



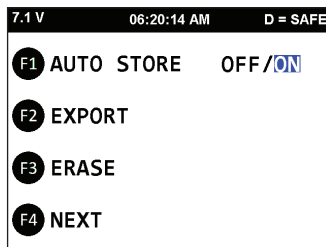
Presione F3 para acceder al menú de los proyectos (PROJECTS).



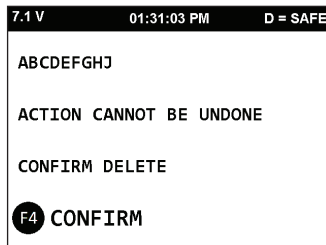
Presione F4 para acceder al siguiente menú (NEXT).



Presione F3 para borrar el proyecto (ERASE).

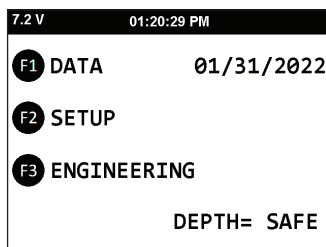


Presione **F4** para confirmar que lo desea eliminar (**DELETE**).

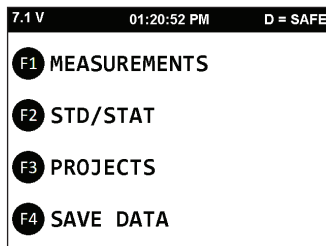


#### 4.1.3.3 Eliminar datos almacenados en el historial

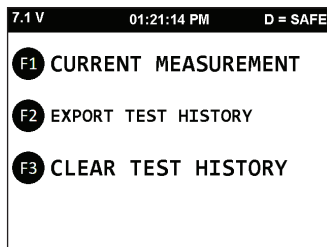
Presione **F1** para acceder al menú de datos (**DATA**).



Presione **F1** para acceder al menú de mediciones (**MEASUREMENTS**).



Presione **F3** para borrar el historial de lecturas (**CLEAR TEST HISTORY**).



La pantalla mostrará lo siguiente:

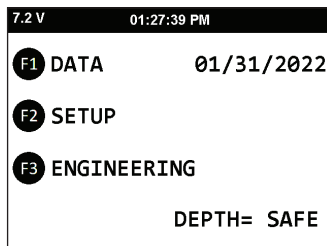


## 4.2 Configuración del menú

Se puede acceder a la función de configuración con la tecla **F2** desde el menú principal. Esta función permitirá a los usuarios configurar modos de medición, correcciones de zanjas, objetivos, la fecha, la hora, el formato de la fecha y de la hora, las unidades, ajustes del densímetro y ajustes del GPS.

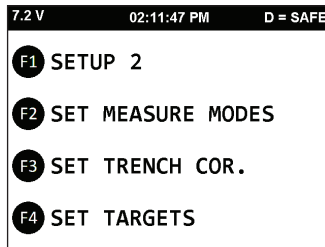
### 4.2.1 Configuración de la fecha

Presione **F2** para acceder al menú de configuración (**SETUP**).

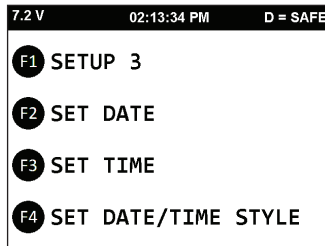


Presione **F1** para acceder al segundo menú de configuración (**SETUP 2**).





Presione **F2** para acceder al menú configurar fecha (**SET DATE**).

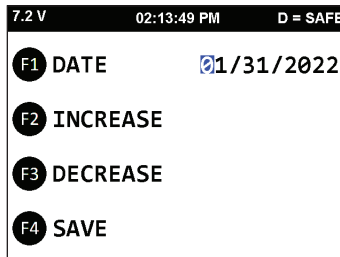


Presione **F1** para avanzar a la derecha entre los dígitos resaltados de la fecha (**DATE**).

Presione **F2** para aumentar el valor del campo resaltado (**INCREASE**).

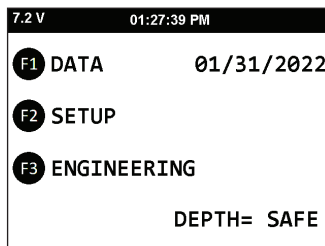
Presione **F3** para disminuir el valor del campo resaltado (**DECREASE**).

Presione **F4** para guardar la fecha deseada (**SAVE**).

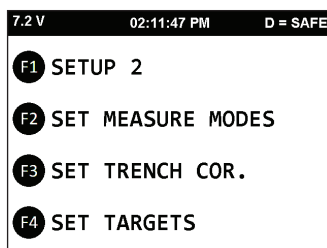


#### 4.2.2 Configuración de la hora

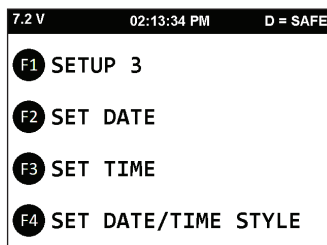
Presione **F2** para acceder al menú de configuración (**SETUP**).



Presione **F1** para acceder al segundo menú de configuración (**SETUP 2**).



Presione **F3** para acceder al menú de configurar hora (**SET TIME**).

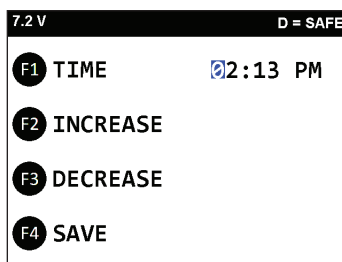


Presione **F1** para avanzar a la derecha entre los dígitos resaltados de la hora (**TIME**).

Presione **F2** para aumentar el valor del campo resaltado (**INCREASE**).

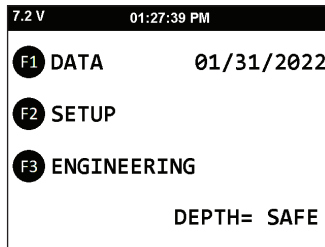
Presione **F3** para disminuir el valor del campo resaltado (**DECREASE**).

Presione **F4** para guardar la hora deseada (**SAVE**).

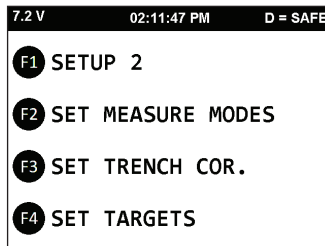


### 4.2.3 Configuración del formato de la fecha y de la hora

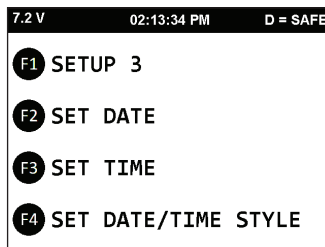
Presione **F1** para acceder al menú de los datos (**DATA**).



Presione **F1** para acceder al segundo menú de configuración (**SETUP 2**).



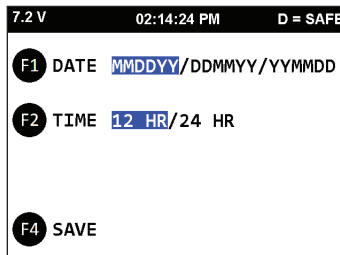
Presione **F4** para acceder al menú configuración del formato de fecha y hora.



Presione **F1** para cambiar el formato de la fecha (**DATE**).

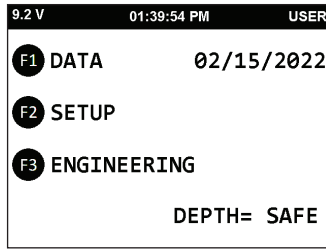
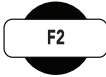
Presione **F2** para cambiar el formato de la hora (**TIME**).

Presione **F4** para guardar los estilos deseados **SAVE**.

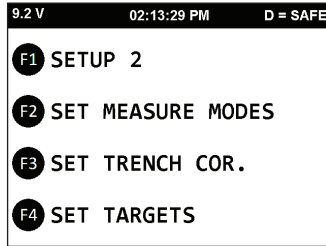
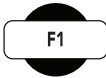


#### 4.2.4 Configuración de unidades, sonidos y suspensión

Presione **F2** para acceder al menú de configuración (**SETUP**).



Presione **F1** para acceder al segundo menú de configuración (**SETUP 2**).



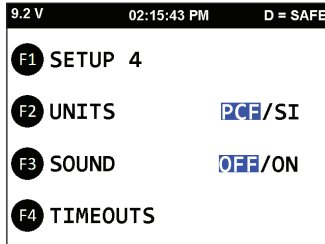
Presione **F1** para acceder al tercer menú de configuración (**SETUP 3**).



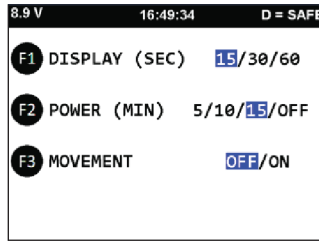
Presione **F2** cambiar el valor del campo señalado (**UNITS**).

Presione **F3** para cambiar el sonido (**SOUND**).

Presione **F4** para acceder al menú de suspensión (**TIMEOUTS**).



El menú de suspensión (**TIMEOUTS**) aparecerá de esta forma:



Este menú permitirá al usuario establecer diferentes configuraciones de suspensión.

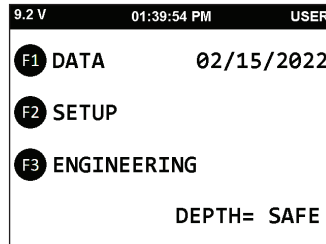
Si presiona **F1** podrá elegir que la **PANTALLA** entre en modo suspensión durante **15, 30** o **60** segundos. Esto apagará la pantalla para ayudar a conservar la vida útil de la batería. Si presiona cualquier tecla, la pantalla volverá a encenderse donde se quedó el usuario.

Si presiona **F2** podrá elegir que la **PANTALLA** entre en modo suspensión durante **5, 10, 15** o minutos **APAGADOS**. Esto ayudará a conservar la vida útil de la batería al apagar el densímetro.

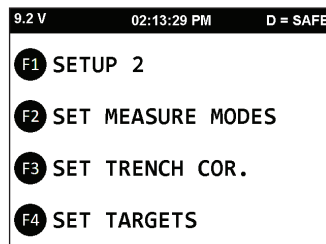
Si presiona **F3**, podrá activar o desactivar la función de detección de MOVIMIENTO del densímetro. Cuando el densímetro detecte movimiento, automáticamente entrará en modo de suspensión. Si presiona cualquier tecla el densímetro se encenderá de nuevo.

#### 4.2.5 Modo nocturno, idioma y GPS

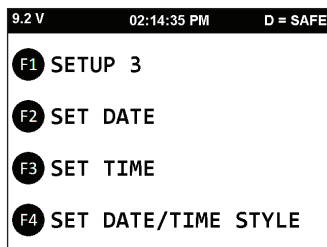
Presione **F2** para acceder al menú de configuración (**SETUP**) menú.



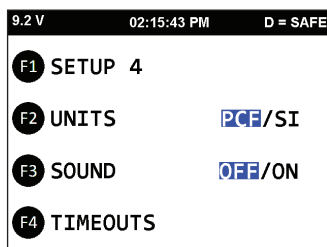
Presione **F1** para acceder al segundo menú de configuración (**SETUP 2**).



Presione **F1** para acceder al tercer menú de configuración (**SETUP 3**).



Presione **F1** para acceder al cuarto menú de configuración (**SETUP 4**).



En la pantalla se verá el cuarto menú de configuración de la siguiente forma (**SETUP 4**).



Presione **F1** para cambiar la función de modo nocturno (**BACKLIGHT**).

Presione **F2** para cambiar el menú de visualización del código QR (**QR CODE**).

Presione **F3** para cambiar las opciones de idioma (**LANGUAGE**).

Presione **F4** para acceder al menú GPS (**GPS**).

La función de modo nocturno se puede cambiar y dejarla siempre activa. En el modo “alternado” (**TGL**) el modo nocturno tendrá dos opciones, encendido o apagado. Cuando este modo nocturno esté encendido se cambiará la luz en 5 niveles diferentes de brillo.

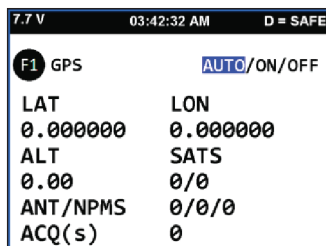
**NOTA:** El uso continuo del modo nocturno reducirá considerablemente la vida útil de las baterías.

La función **QR FIRST** cambiará el orden de las pantallas de resultados de

medición. Mostrará el código QR en la primera o última pantalla dependiendo de la configuración utilizada.

Desde el menú idioma (**LANGUAGE**) el usuario puede al usuario cambiar el idioma del densímetro a inglés, español o francés (**ENGLISH, SPANISH, FRENCH**).

Presione **F4** para acceder al menú de GPS (**GPS**).

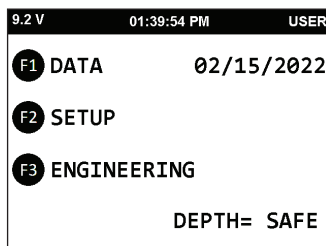


Si presiona **F1** cambiará el modo resaltado a **AUTO/ON/OFF**.

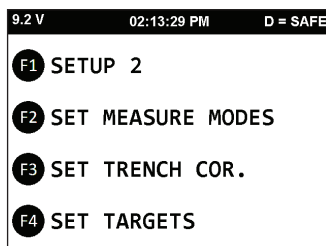
En el modo AUTO, el GPS se encenderá y apagará cuando sea necesario para ayudar a conservar la vida útil de la batería. NOTA: Independientemente del modo de energía en el que esté configurado el GPS, cuando acceda al menú GPS, el módulo GPS se encenderá automáticamente y, a continuación, reanudará la configuración que tenía después de salir del menú.

#### 4.2.6 Configuración de los modos de medición

Presione **F2** para acceder al menú de configuración (**SETUP**).

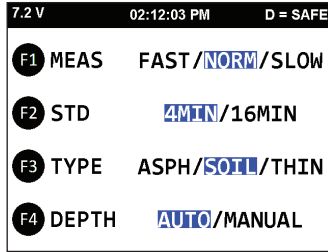


Presione **F2** para acceder al menú de configuración de los modos de medición (**SET MEASURE MODES**).



A continuación podrá ver el menú de los modos de medición (**MEASURE MODES**).

Normalmente los valores que verá resaltados serán normal, 4 min, suelo y automático (**NORM, 4 MIN, SOIL, AUTO**).



Presione **F1** para modificar los tiempos de modos de medición (**MEASUREMENT**).

Presione **F2** para modificar los tiempos de modos de estandarización (**STANDARDIZATION**).

Presione **F3** para modificar tipos de material (**TYPE**).

Presione **F4** para modificar los modos de cálculo de la profundidad de la varilla (**DEPTH**).

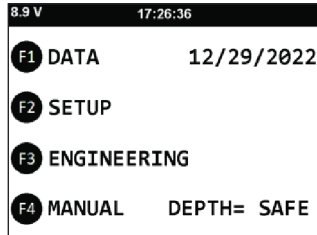
Los ajustes de tiempo de medición son los siguientes (**FAST** = 0,25 min / **NORMAL** = 1,0 min / **SLOW** = 4,0 min).

Los ajustes de tiempo de estandarización son los siguientes (**4 MIN** = Estándar / **16 MIN** = Estadística).

Los ajustes del tipo de material son los siguientes (**ASPH** = ASFALTO / **SOIL** = SUELO / **THIN** = CAPA DELGADA DE ASFALTO).

Los ajustes de PROFUNDIDAD de la varilla indicadora son los siguientes (**AUTO** = Detección automática / **MANUAL** = Detección manual).

Cuando la profundidad del densímetro está configurada en el modo manual, se verá en la pantalla "**F4 MANUAL**":



**F4** = AUMENTAR LA PROFUNDIDAD



**F4** + **MAIN MENU** = DISMINUIR LA PROFUNDIDAD

Presione **F4** para aumentar (**INCREASE**) la profundidad del índice de la varilla **INCREASE**.

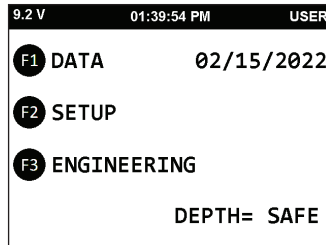
Presione **F4 + MAIN MENU** al mismo tiempo para disminuir (**DECREASE**) el valor de la profundidad.

#### 4.2.7 Configuración de corrección de la zanja

Véase el apartado 3.7.2.4 Mediciones en zanjas de suelo.

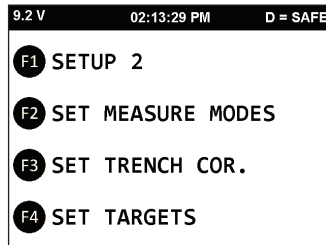
Presione **F2** para acceder al menú de configuración (**SETUP**).

**F2**



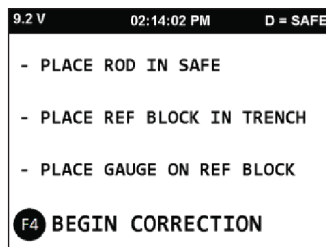
Presione **F3** para acceder al menú de configuración de corrección de la zanja (**SET TRENCH CORRECTION**).

**F3**



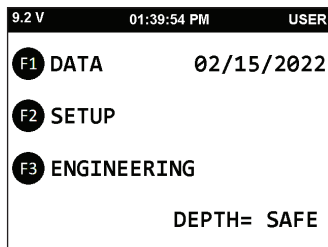
Presione **F4** para empezar la corrección de zanja (**TRENCH CORRECTION**).

**F4**

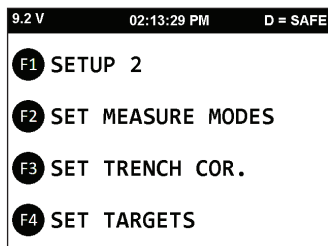


#### 4.2.8 Configuración de los objetivos

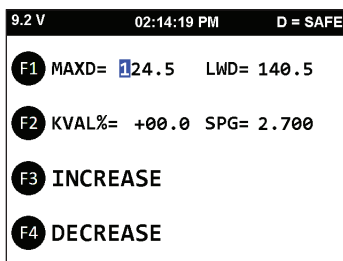
Presione **F2** para acceder al menú de configuración **SETUP**.



Presione **F3** para acceder al menú de configuración de objetivos (**SET TARGETS**).



El menú de objetivos (**TARGETS**) se muestra a continuación:



Presione **F1** para avanzar por los dígitos resaltados de los valores **MAXD** y **LWD**.

Presione **F2** para avanzar por los dígitos resaltados de los valores **KVAL%** y **SPG**.

Presione **F3** para aumentar (**INCREASE**) el valor resaltado de un campo.

Presione **F3** para disminuir (**DECREASE**) el valor resaltado de un campo.

Véase el apartado **3.3 Entrada de valores previos a las pruebas**.

## 4.3 Menús de ingeniería

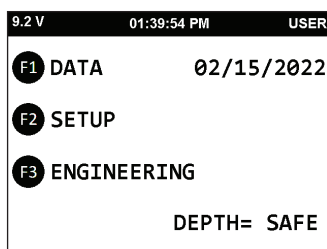
### 4.3.1 Calibración

#### 4.3.1.1 Calibración en terreno

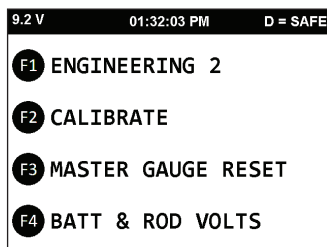
Al igual que con el contenido de agua, los densímetros nucleares pueden dar errores en la medición de la densidad debido a la composición química del material, pero son mucho menores que los que se dan en las medi-

ciones de humedad. Generalmente, muy pocos materiales, salvo algunos residuos industriales utilizados como agregados o suelos con alto contenido de hierro, requerirán ajustes. La mayoría de las veces, no se requieren correcciones en el modo de transmisión directa a menos que haya errores de calibración de base. En el modo de retrodispersión, la rugosidad de la superficie o los vacíos de la superficie pueden requerir una pequeña corrección. Una vez más, los errores de calibración de base representan un gran porcentaje de este error. El densímetro tiene una forma de alterar la calibración predefinida de fábrica con un valor porcentual (+/-). Hay nueve conjuntos (CAL1 a CAL9) disponibles, y cada conjunto contiene un valor de ajuste específico para las densidades de retrodispersión y transmisión directa.

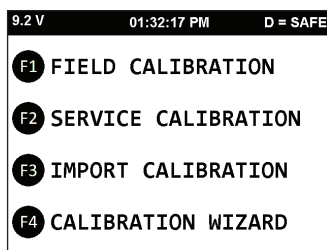
Presione **F3** para acceder al menú de ingeniería (**ENGINEERING**).



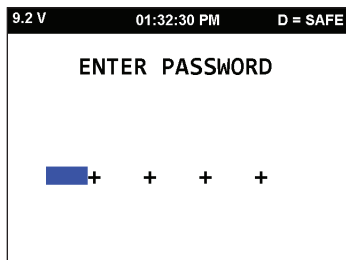
Presione **F2** para acceder al menú de calibración (**CALIBRATE**).



Presione **F1** para acceder al menú de calibración de campo (**FIELD CALIBRATION**).



A continuación aparecerá la pantalla para introducir la contraseña (**PASSWORD**):



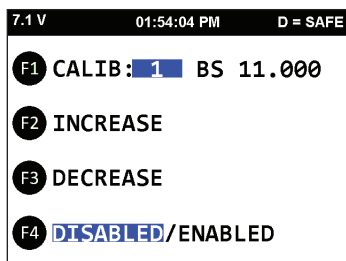
### CONTRASEÑA PARA LA CALIBRACIÓN DE CAMPO



Presione **F2+F2+F2+F3+F4** en secuencia para ingresar la contraseña

**NOTA:** Cuando introduzca la contraseña correcta el menú quedará desbloqueado hasta que el densímetro se apague.

Cuando se introduzca la contraseña correcta aparecerá la siguiente pantalla:



Presione **F1** para mover el campo resaltado para ajustar los valores.

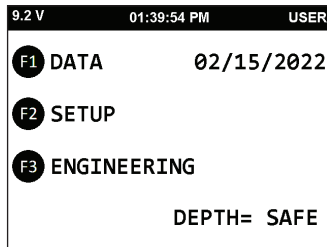
Presione **F2** para aumentar (**INCREASE**) el valor del campo resaltado.

Presione **F3** para disminuir (**DECREASE**) el valor del campo resaltado.

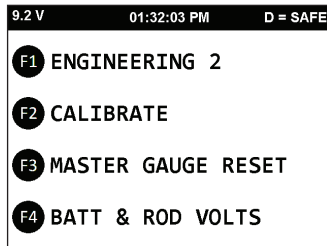
Presione **F4** para habilitar o deshabilitar (**DISABLE/ENABLE**) la calibración de campo.

#### 4.3.1.2 Calibración de servicio

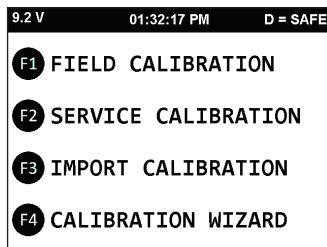
Presione **F3** para acceder al menú de ingeniería (**ENGINEERING**).



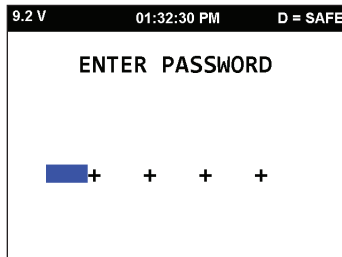
Presione **F2** para acceder al menú de calibración (**CALIBRATE**).



Presione **F2** para acceder al menú de calibración de servicio (**SERVICE CALIBRATION**).



A continuación aparecerá la pantalla de contraseña (**PASSWORD**):



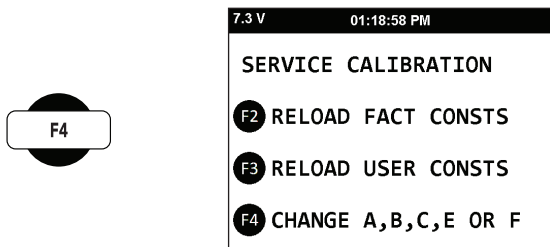
CONTRASEÑA DE CALIBRACIÓN DE SERVICIO



Presione **F2+F2+F2+F3+F4** en secuencia para ingresar la contraseña.

**NOTA:** Cuando introduzca la contraseña correcta el menú quedará desbloqueado hasta que el densímetro se apague.

Cuando se introduzca la contraseña correcta aparecerá la siguiente pantalla:

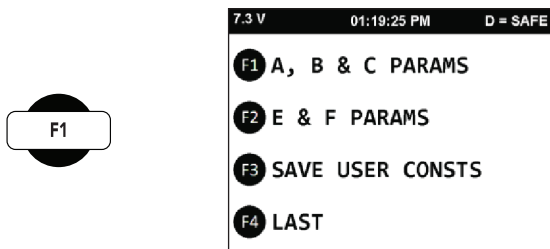


Presione **F2** para volver a cargar los datos de fábrica (**FACTORY**).

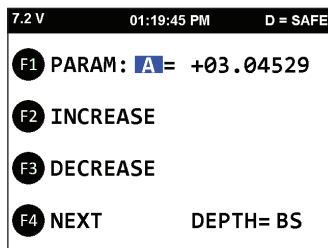
Presione **F3** para cargar los valores del usuario (**USER**).

Presione **F4** para modificar (**CHANGE**) los parámetros A, B, C, E y F.

Si presiona de nuevo la tecla F4 aparecerá lo siguiente:



Presione **F1** para editar los parámetros (**PARAMETERS**) A, B y C.



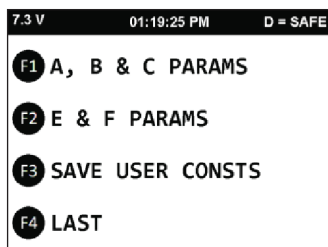
Presione **F1** para avanzar hasta el campo que desee modificar.

Presione **F2** para aumentar (**INCREASE**) el valor resaltado.

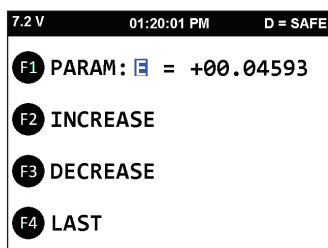
Presione **F3** para disminuir (**DECREASE**) el valor resaltado.

Presione **F4** para avanzar a la siguiente profundidad (**NEXT DEPTH**).

Una vez que se hayan modificado todos los parámetros, presione **MAIN MENU** para volver al menú anterior:



Presione **F2** para editar los parámetros (**PARAMETERS**) E y F.

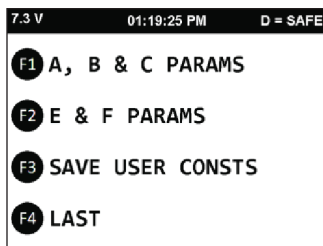


Presione **F1** para avanzar hasta el campo que desee modificar.

Presione **F2** para aumentar (**INCREASE**) el valor resaltado.

Presione **F3** para disminuir (**DECREASE**) el valor resaltado.

Presione **F4** para volver a la pantalla anterior (**LAST**).

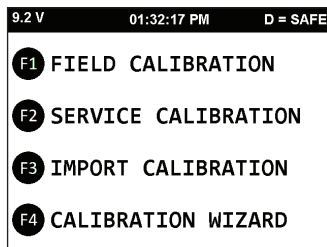


Presione **F3** para guardar (**SAVE**) los datos del usuario (**USER CONSTANTS**).

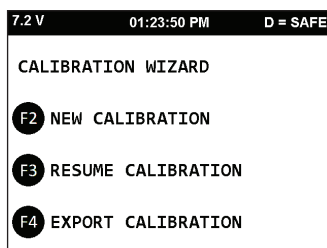
Presione **F4** para volver a la pantalla anterior (**LAST**).

#### 4.3.1.3 Calibración especial

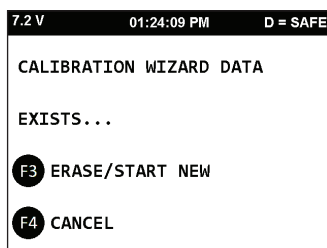
Desde el menú de calibración presione **F4** para acceder a la calibración especial (**CALIBRATION WIZARD**). La pantalla mostrará lo siguiente:



Presione **F2** para acceder al menú de nueva calibración (**NEW CALIBRATION**).

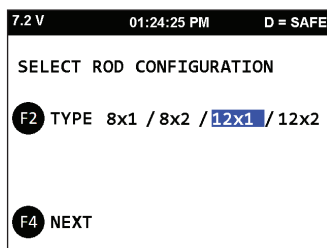


Presione **F3** para borrar (**ERASE**) y empezar una nueva calibración (**START NEW**).



Presione **F2** para elegir el tipo de densímetro (**TYPE**).

Presione **F4** para avanzar a la siguiente pantalla (**NEXT**).

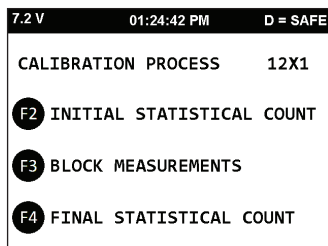


Presione **F2** para acceder al menú de lecturas iniciales estadísticas (**INITIAL STATISTICAL COUNT**).

Presione **F3** para acceder al menú de bloques de mediciones (**BLOCK MEASUREMENTS**).

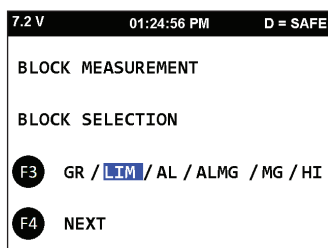


Presione **F4** para acceder al menú de lecturas estadísticas finales (**FINAL STATISTICAL COUNTS**).

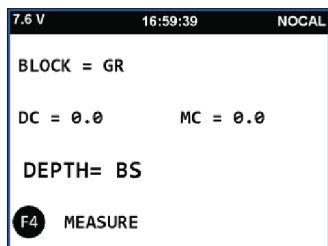


Presione **F3** para mover el campo resaltado al bloque de calibración correcto.

Presione **F4** para acceder a la siguiente pantalla (**NEXT**).



Presione **F4** para medir (**MEASURE**) las lecturas de densidad y de humedad.

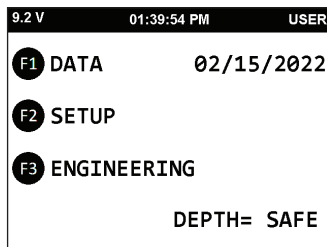


### 4.3.2 Restablecimiento del densímetro

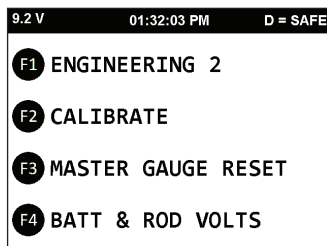
Este procedimiento borrará por completo la memoria del densímetro (además de los ajustes de calibración) y cargará la información de calibración establecida de fábrica.

No es necesario ejecutar este procedimiento, excepto después de una calibración del densímetro

Presione **F3** para acceder al menú de ingeniería (**ENGINEERING**).



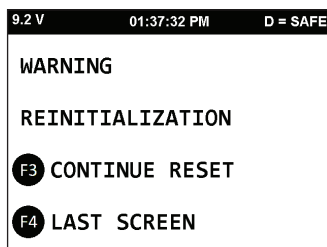
Presione **F3** para acceder al menú de restablecimiento del densímetro (**MASTER GAUGE RESET**).



Presione **F3** para continuar el proceso de restablecimiento del densímetro (**CONTINUE RESET**).

Presione **F4** para volver al menú anterior.

La pantalla volverá al menú principal cuando el restablecimiento del densímetro se haya completado.



### 4.3.3 Información sobre la batería y el voltaje de la varilla

Presione **F3** para acceder al menú de ingeniería **ENGINEERING**.



9.2 V	01:39:54 PM	USER
F1	DATA	02/15/2022
F2	SETUP	
F3	ENGINEERING	
DEPTH= SAFE		

Presione **F4** para acceder las opciones de batería (**BATTERY**) y de voltaje de la varilla (**ROD VOLTS**).



9.2 V	01:32:03 PM	D = SAFE
F1	ENGINEERING 2	
F2	CALIBRATE	
F3	MASTER GAUGE RESET	
F4	BATT & ROD VOLTS	

Para salir de la pantalla de estado de la batería, presione la tecla del menú principal (**MAIN MENU**).



9.2 V	01:37:58 PM	D = SAFE
BATTERY VOLTS: 9.2		
HRS REMAINING: 707.7		
ROD VOLTS: 2.0		
TEMPERATURE (C): 21.0		

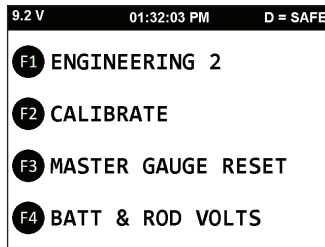
#### 4.3.4 Información del fabricante y archivos del sistema

Presione **F3** para acceder al menú de ingeniería (**ENGINEERING**).



9.2 V	01:39:54 PM	USER
F1	DATA	02/15/2022
F2	SETUP	
F3	ENGINEERING	
DEPTH= SAFE		

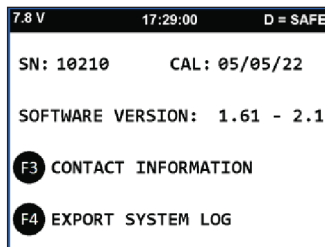
Presione **F1** para acceder al segundo menú de ingeniería **ENGINEERING 2**.



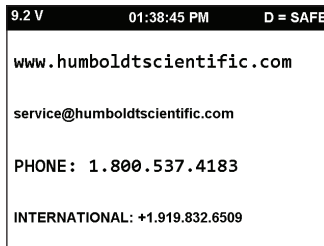
Presione **F1** para acceder a la información del fabricante (**MANUFACTURES INFO**).

Presione **F3** para ver la información de contacto (**CONTACT INFORMATION**).

Presione **F4** para exportar los archivos del historial del sistema (**EXPORT SYSTEM LOG**).

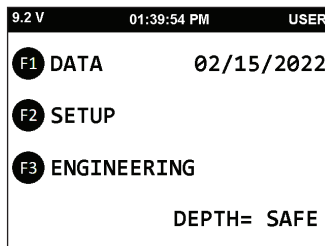


La información de contacto se muestra de la siguiente manera:

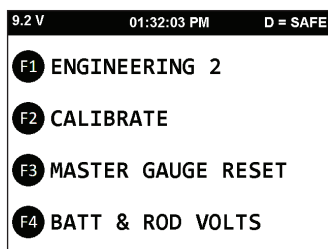


#### 4.3.5 Actualización del Firmware del densímetro

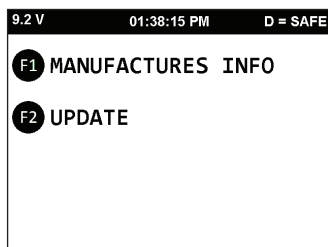
Presione **F3** para acceder al menú de ingeniería (**ENGINEERING**).



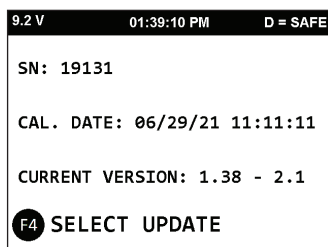
Presione **F1** para acceder al segundo menú de ingeniería (**ENGINEERING 2**).



Presione **F2** para acceder al menú de actualización (**UPDATE**).



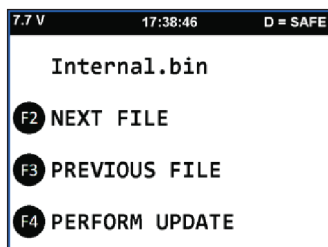
Presione **F4** para acceder a la opción seleccionar actualización (**UPDATE SELECT**).



Presione **F2** para avanzar al siguiente (**NEXT**) archivo.

Presione **F3** para retroceder al archivo anterior (**PREVIOUS**).

Presione **F4** para realizar la actualización (**PERFORM UPDATE**).



Una vez seleccionado el archivo de actualización correcto, el densímetro comenzará automáticamente la actualización y se reiniciará cuando termine.

El archivo de actualización está disponible en el sitio web de Humboldt Scientific. En la pestaña Soporte/Software/Descargas de Firmware.

## 5 Mantenimiento preventivo

Este equipo fue diseñado para uso severo y continuado y es un instrumento resistente. Si se le da el mantenimiento adecuado, requerirá muy poco servicio además del mantenimiento rutinario.

### 5.1 Entorno de almacenamiento

El instrumento fue diseñado para operar en un rango de temperatura ambiente de -10 a 70 °C. La temperatura de almacenamiento de los componentes más críticos es de -55 a 85 °C. No es probable que se exceda este rango, pero almacenarlo a temperatura ambiente extenderá en gran medida su vida útil. El rango recomendado es de 10 a 35 °C (50 a 95 °F).

El elemento más dañino para los instrumentos electrónicos es la humedad. Si bien es posible sellar herméticamente la caja del instrumento, el costo es muy alto.

La máquina tiene juntas para sellar e impedir el paso del agua de la lluvia, pero la carcasa debe "respirar" y, en consecuencia, el vapor de agua entra y sale. Si la combinación de humedad y temperatura provoca condensación, en última instancia provocará un fallo del sistema.

Las piezas internas no son corrosivas o tienen revestimientos protectores para ralentizar este proceso. El usuario puede evitar la condensación limitando el almacenamiento a un rango de temperatura y humedad en el que no se produzca condensación y, si es posible, puede retirar el panel frontal durante el almacenamiento para permitir que la humedad se evapore y escape en lugar de quedar atrapada en el interior.

Si se usa durante una lluvia o se expone al agua superficial, debe secarse antes de guardarse.

### 5.2 Limpieza externa

El densímetro se va a ensuciar durante el uso. Aunque esto no cause daño, eliminar el material suelto al final de cada día de trabajo prolongará la apariencia cosmética.

De vez en cuando sería útil limpiar el exterior con un detergente de grado industrial y agua. Un lavado intenso puede dañar el acabado de las etiquetas, pero no dañará los demás materiales.

La varilla de fuente y la varilla de índice se pueden rociar con silicona OK y limpiar el exceso con un paño. La varilla fuente está fabricada de acero inoxidable 440C y, aunque no es probable que se dañe o que se marque, puede formarse inicialmente óxido de la superficie debido a las moléculas de hierro traídas a la superficie por el tratamiento térmico. En estos casos, se puede frotar ligeramente con un producto abrasivo que lo eliminará y después de varias aplicaciones, ya no volverá a ocurrir.

Limpieza del cabezal superior de la varilla fuente ayudará a prevenir que los materiales del suelo entren en el soporte, situado debajo del sello.

### 5.3 Blindaje de protección deslizante de tungsteno

Un escudo deslizante de tungsteno cubre la fuente gamma cuando se retrae en la posición de seguridad (SAFE). Después de un uso prolongado y después de cada retracción, pequeñas cantidades de tierra se acumularán en esta cavidad. Si no se limpia periódicamente, la abrasión del suelo aumentará la fuerza requerida para empujar la varilla hacia afuera y podría atascar la protección, lo que resultará en una falla continua del conteo estándar. En última instancia, el suelo dañará los sellos entre la cavidad y el rodamiento.

La placa inferior, que contiene un anillo raspador para quitar la suciedad de la varilla cuando está retraída, se puede quitar usando una llave hexagonal para sacar los dos tornillos. Coloque el densímetro de lado o en el extremo con la parte inferior

situada lo más lejos posible del personal y la varilla en la posición de seguridad (SAFE) para evitar la exposición de la fuente. Retire los tornillos y saque la placa de la base. El protector deslizante se mantiene en su lugar mediante un muelle. Tenga cuidado de no dejar que el muelle salga disparado al quitar el protector.

Limpie las piezas con un paño húmedo y limpie la cavidad con un cepillo rígido. Finalmente, rocíe las piezas y la cavidad con spray de silicona seca. La cavidad y la placa inferior están impregnadas con teflón y no requieren mucha lubricación. Si se ha producido un desgaste excesivo en la placa inferior y el aro rascador, es posible que sea necesario reemplazarlos.

#### 5.4 Realización de pruebas de fuga

La normativa exige que las cápsulas selladas de materiales radiactivos se prueben cada seis meses para asegurarse de que no tengan fugas. Esto se hace con el fin de prevenir la contaminación del personal y otros equipos. La absorción de material radiactivo en el cuerpo es el accidente más grave que puede ocurrir en el uso de este equipo y es poco lo que se puede hacer para eliminarlo. La prevención de la absorción es la única solución. Los materiales para realizar esta prueba se facilitan con el densímetro en el kit (200177) y se pueden obtener materiales adicionales de Humboldt Scientific, Inc. o de otros proveedores. El etanol (alcohol étílico) con una pureza del 95 % se puede obtener en una tienda local con el nombre comercial "Everclear". Se prefiere este producto, pero también se puede usar agua.

Dado que el usuario no tiene acceso a la superficie real de la cápsula, la normativa permite que la limpieza se realice en una superficie que probablemente esté contaminada por una cápsula con fugas. Hay DOS fuentes en este densímetro. La fuente gamma está montada en la varilla de la fuente y la ubicación más accesible para limpiarla es el orificio de la carcasa a través del cual se extiende la varilla durante el uso normal. La fuente de neutrones está montada en un soporte cilíndrico dentro de la caja, justo detrás de la placa de circuito principal.

La mayoría de las empresas que gestionan estas pruebas permiten que ambas fuentes se limpien con el mismo papel de filtro, ya que pueden determinar de qué fuente proviene la contaminación. Primero complete el formulario que incluye el modelo y el número de serie del densímetro, el tipo de material radiactivo (Cs-137 y Am-241:Be) y el número de serie del densímetro (algunos kits también enumeran los números de serie de las fuentes). Incluya el nombre del propietario y la dirección a la que se deberá devolver el formulario.

Moje el papel de filtro con el solvente. Retire el panel frontal y localice la etiqueta alrededor del soporte de fuente Am-241:Be. Usando las pinzas, limpie las roscas del tornillo Allen en la parte superior del soporte con el papel húmedo. Coloque el densímetro de lado con la base alejada del personal para que la caja sirva de escudo. Usando las pinzas para sujetar el papel, limpie bien el borde del agujero con el papel húmedo. Después de limpiar una fuente, no toque el papel con los dedos. Trátele como material potencialmente radiactivo. Coloque el densímetro en posición vertical. Coloque el papel de filtro en la bolsa de plástico y séllela.

Coloque la bolsa de plástico y el formulario debidamente cumplimentado en otro sobre y envíelo por correo a la empresa pertinente. El propietario y las autoridades serán notificados si la prueba indica una actividad extraíble superior a 5 nCi (0,005 uCi), que es el máximo legal permitido.

Ante una actividad superior a 1,0 nCi lo más probable es que se solicite una nueva prueba.

#### 5.5 Prueba de estabilidad estadística

Esta prueba es un método simple para probar la estabilidad a corto plazo de los detectores y los circuitos electrónicos de conteo. La base para esto se explica en la sección 7.3 que cubre las estadísticas de radiación.

El decaimiento radiactivo es un proceso binario (un átomo se descompone o no). La tasa promedio de descomposición determina la vida media (el tiempo que tarda la mitad del material en desintegrarse) del material. Para Cs 137 son 30,17 años y para Am 241: Be son 433 años. La disminución en la tasa promedio de descomposición de Cs 137 es de 2,3 % por año y de Am 241: Be es de 0,16 % por año. La calibración del densímetro en ratios elimina el efecto de este cambio en la medición. La fluctuación a corto plazo de la descomposición binaria es predecible. La desviación estándar pronosticada es la raíz cuadrada de la tasa de conteo media (m):

$$\sigma = \sqrt{m}$$

La electrónica del densímetro divide los eventos reales contados en un período de un minuto por un factor de 16 antes de usar el número, por lo que la expresión anterior es en realidad:

$$\sigma = \frac{\sqrt{m}}{4}$$

Esta ecuación se puede usar para predecir la desviación estándar de la tasa de conteo para una serie de mediciones. Tomando una serie de 16 medidas y calculando la desviación estándar real, el valor obtenido se puede comparar como una relación con el valor predicho, de este modo:

$$R = 4 \sqrt{\left[ \frac{\sum (n - m)^2}{m (N-1)} \right]}$$

- En la que:
- s = Desviación estándar de la tasa de conteo
  - n = Medición individual
  - N = Número de mediciones
  - m = medio de la medición
  - R = Ratio estadística

"STAT" ejecuta automáticamente esta serie de mediciones y muestra los valores R para los canales de densidad y humedad. Consulte el apartado 3.2.

- Para:
- R > 0.6 y < 1.4 Bien R
  - < 0.5 o > 1.5 Mal Otros — Inténtelo de nuevo

## 6 SERVICIO EN TERRENO

El HS-5001EZ-2 está diseñado para brindar confiabilidad y el servicio de en terreno se mantiene al mínimo. Se requiere poco o ningún equipo de prueba y las únicas herramientas necesarias son:

- Llave hexagonal, 1/16 inch
- Llave hexagonal, 1/8 inch
- Llave hexagonal, 9/64 inch
- Llave hexagonal, 3/16 inch



Destornillador, #1 x 4 inch

Su licencia de materiales radiactivos debe permitir específicamente la extracción de la varilla fuente si se van a quitar, limpiar o reemplazar los rodamientos y los sellos de la varilla.

## **6.1 Montaje y desmontaje mecánico**

### **6.1.1 Protección y parte inferior**

El conjunto de la placa inferior (200666) se sujeta con dos tornillos de cabeza hexagonal con cabeza plana (001010). Quitarlos permitirá que la placa se separe y el protector deslizante (200030) y el muelle (000816) se pueden quitar para limpiarlos. El aro rascador (000806) en la placa (200665) se puede reemplazar quitando el anillo de retención (000811).

### **6.1.2 Varilla fuente**

Aparte de reemplazar los rodamientos, no es necesario quitar la varilla fuente. Debe estar disponible un protector adecuado.

## **SU USO REQUIERE AUTORIZACIÓN DE UNA AGENCIA ENCARGADA DE REGULAR LICENCIAS DE USUARIO.**

Deje caer la varilla fuente en la posición de retrodispersión. Afloje los dos tornillos de fijación hexagonales (001007) en la parte superior y desatornille la tapa de elevación (200667) y el tope de elevación automática (200278) para permitir la extracción completa de la varilla fuente y el mango. Sostenga la varilla por el mango con la punta lo más lejos posible del cuerpo y guárdela en un recipiente blindado con una pared de plomo de al menos 25 mm (1 pulgada) o en uno de los estándares de calibración a una distancia mínima de 3 m (10 pies) de áreas de trabajo del personal. La varilla no debe dejarse desatendida y debe reemplazarse en el protector del densímetro tan pronto como sea posible.

### **6.1.3 Indexador y cerradura**

Estas partes se pueden retirar sin quitar la varilla fuente del densímetro. Retire la tapa de elevación como se describe en el apartado 6.1.2. Levante el mango de la varilla de índice y gírela 90°: Empuje la varilla hacia atrás en el protector. Retire los dos tornillos de fijación hexagonales (001034) en la tapa del extremo del mango y deslice la cerradura y el indexador (200660) hacia afuera de la parte trasera del mango. Estas piezas están lubricadas por el revestimiento de teflón.

### **6.1.4 Varilla índice**

La varilla de índice se puede quitar sin retirar la varilla de fuente. Retire la tapa de elevación como se describe en el apartado 6.1.2, levante el mango de la varilla de índice y gírela para que no estorbe. **TRAS ESTE PROCESO PUEDE SER NECESARIA UNA RECALIBRACIÓN DE FÁBRICA.**

Afloje la tuerca de seguridad de índice (200052) y desatornille la varilla de índice (200668, 669, 670 o 671) del poste. Al reemplazar la varilla de índice, agarre el mango firmemente en la posición de retrodispersión y atornille la varilla de índice hasta que la punta de la varilla fuente quede al ras con un hueco de 0,05 mm (0,002 pulgadas) en la parte inferior del densímetro. La varilla no debe sobresalir o las mediciones de retrodispersión en el campo podrían ser erróneas. Apriete la tuerca de bloqueo de índice (200052).

### **6.1.5 Tapa superior**

Primero retire el módulo del procesador (raspador) (200682) quitando los cuatro tornillos (001013). Levante el panel y desconecte el cable del módulo (200573) del conjunto del marco base.

Retire los seis tornillos de cabeza hueca (001008) y las arandelas (001030) alrededor del borde de la cubierta. La tapa se puede quitar

totalmente del densímetro colocando el mango parcialmente entre las posiciones de retrodispersión y segura y colocando la tapa encima. Será más fácil quitar la arandela de goma del poste (200109) del orificio. Si está desgastada o dañada, se debe reemplazar la junta inferior (200149) o la junta del panel (200351).

### **6.1.6 Poste superior y sellos**

Los sellos y las sellos rascadores se desgastarán debido a la abrasión del suelo y al contacto con el suelo cuando la varilla fuente se mueve hacia arriba y hacia abajo. Mantener limpia la cavidad inferior y lubricar ligeramente la varilla fuente con grasa de silicona ayudará a prolongar su vida útil.

Atención: la licencia del propietario debe permitir la extracción de la varilla fuente antes de que se pueda realizar este servicio. Con la varilla de la fuente retirada y guardada de forma segura como se explica en el apartado 6.1.2 y la cubierta superior retirada: Retire los cuatro tornillos de cabeza hueca (001009) y las arandelas de seguridad (001031) de alrededor del poste. El poste puede levantarse sobre la protección de tungsteno.

La placa limpiadora (200031) y el anillo limpiador (000803) se pueden quitar desde el interior del poste. Al reemplazarlos, el limpiador entra en la parte superior de la placa de modo que limpia la varilla fuente a medida que se mueve hacia arriba.

La tapa superior (200032) se puede quitar del poste quitando los dos tornillos de cabeza hexagonal (001007) del costado del poste. Haga palanca ligeramente en la tapa. El anillo limpiador (000803) en la tapa se puede reemplazar haciendo palanca con cuidado para sacarlo de la parte superior.

Los dos sellos de rodamiento (000805) se pueden quitar haciendo palanca con cuidado para sacarlos del orificio central. Los sellos se destruirán, pero tenga cuidado de no dañar el rodamiento de la varilla de origen (200136). Al reemplazar los sellos, se deben empujar o golpear ligeramente en su lugar con una clavija de madera o metal blando para evitar daños. El rodamiento tiene huecos para que se acumule tierra y, de este modo, evitar que se atasque. Limpie el rodamiento con un solvente y lubríquelo con grasa de silicona. Cubra ligeramente todos los sellos y rascadores con la misma grasa antes de volver a montarlos. Vuelva a montar en orden inverso.

### **6.1.7 Módulo base**

Hay condensadores de alto voltaje en la placa de circuito, que pueden cargarse a 900 voltios. La corriente disponible es baja, pero pueden producirse lesiones debido fuertes descargas. Descárguelas primero deslizando el disyuntor en la parte superior del paquete de baterías a la posición de apagado y luego presionando y manteniendo presionado el interruptor de botón en la parte superior de la placa de circuito durante aproximadamente un segundo.

Retire la cubierta superior como se describe en el apartado 6.1.5. Retire los siete tornillos de cabeza hueca (001008) y las arandelas de seguridad (001029) que hay en el borde del módulo. Levante con cuidado el módulo base para sacarlo de la base del densímetro. Los detectores se pueden reemplazar si es necesario y las piezas se pueden volver a montar.

### **6.2 Reemplazo de la batería**

Las baterías de este densímetro durarán mucho tiempo si el equipo no se almacena a una temperatura alta. La vida útil esperada es de 1400 horas. Será necesario reemplazarlo dentro de una o dos semanas después de que aparezca el símbolo "LO BAT" en la pantalla mientras está en uso.

Las pilas de repuesto deben ser pilas alcalinas tamaño AA de alta calidad, como las

fabricadas por Mallory (DURACELL). No reemplace con pilas secas de manganeso excepto en casos de una emergencia por un corto período de tiempo. No durarán tanto y las fugas pueden dañar el interior del densímetro. Retire los tornillos y levante la tapa de la batería. Deslice las pilas fuera de los soportes. Vuelva a colocar las pilas en la misma orientación que se muestra en los portapilas.

### 6.3 Ajuste de módulos electrónicos / Reemplazos

Para mejorar la confiabilidad y mantener la facilidad de servicio, la electrónica del HS-5001EZ se divide en cuatro módulos, que pueden reemplazarse individualmente. Dos de ellos tienen ajustes, que pueden necesitar una preconfiguración.

#### 6.3.1 Módulo del procesador (200682)

Este módulo del panel frontal contiene dos sistemas de conteo, un microprocesador programado y una pantalla. El servicio de campo no es práctico si no se trata de un reemplazo. Se quita fácilmente por medio de cuatro tornillos de mariposa ubicados en las esquinas. El cable se desconecta del módulo de plano base liberando los pestillos en cada extremo del conector. Tenga en cuenta que el cable, cuando se instala correctamente, no tiene torceduras, solo un giro de 180°.

La fábrica o centro de servicio autorizado puede reparar o reemplazar el módulo. No es necesaria una recalibración; sin embargo, la calibración del indicador se almacena en un módulo de memoria que debe conservarse en el mismo densímetro o será necesario volver a calibrar.

#### 6.3.2 Placa base (200757)

Esta placa, en la que se conectan todos los módulos pequeños, no tiene componentes activos, solo interconexiones para otros componentes. La probabilidad de falla es muy baja excepto por daño físico. Si fuera necesario reemplazarlo, se requiere algo de soldadura, por lo que se debe reemplazar o devolver todo el marco base, o devolver todo el densímetro. No se requiere recalibración.

Para protección, hay un disyuntor encima de los portapilas que se activará si los circuitos de alimentación principal se cortocircuitan. Un indicador rojo es visible cuando el disyuntor está cerrado y aplicando energía a la placa. La placa base también tiene un interruptor de botón en el centro superior de la placa que se usa para descargar el alto voltaje antes de dar servicio a cualquiera de estos circuitos. Este botón debe presionarse durante aproximadamente un segundo antes de retirar o reemplazar los módulos de alto voltaje, densidad o humedad.

Todo el marco, incluidos los detectores, se pueden retirar por medio de los siete tornillos alrededor del borde del marco. No quite los tornillos que fijan la placa al marco.

#### 6.3.3 Módulo de suministro de energía de alto voltaje (200088.R2)

Este módulo suministra 900 V CC altamente regulados a los módulos amplificadores de densidad y humedad y, a su vez, a los detectores. De unidad a unidad, el voltaje puede variar  $\pm 25$  voltios, pero una vez establecido, es muy estable.

Este voltaje puede causar una descarga severa y antes de intentar cualquier reemplazo, el interruptor de botón de descarga ubicado en el centro de la placa de circuito base debe presionarse y mantenerse presionado durante aproximadamente un segundo.

El módulo se reemplaza fácilmente quitando el tornillo ubicado en el medio del módulo. Al enchufar otro, mire los pines de cerca y oriente los pines del módulo hacia los zócalos de la placa de circuito. Si están alineados, el módulo se puede insertar fácilmente. No aplique fuerza ya que los pines pueden doblarse o dañarse.

El módulo no se puede reparar y debe reemplazarse si está defectuoso. El reemplazo no afecta la calibración.

#### **6.3.4 Módulo amplificador de densidad (200087)**

Este módulo se usa para condicionar pulsos de amplitud variable de los dos detectores gamma a pulsos de nivel lógico para el contador en el módulo procesador.

Hay dos ajustes, que controlan la amplitud de los pulsos de cada uno de los detectores. Deben configurarse, usando un osciloscopio, para producir pulsos negativos promedio de 500 milivoltios en el punto de prueba DTP en la placa de circuito base. Este nivel de pulso no es muy crítico y si los ajustes se establecen en un rango medio y la prueba STAT indica estabilidad, el ajuste es aceptable sin necesidad de un osciloscopio.

El alto voltaje puede causar un choque eléctrico severo. Antes de intentar cualquier reemplazo, el interruptor de botón pulsador de descarga ubicado en el centro de la placa de circuito base debe presionarse y mantenerse presionado durante aproximadamente un segundo. El módulo se reemplaza fácilmente quitando el tornillo ubicado en el medio del módulo. Al enchufar otro, mire los pines de cerca y oriente los pines del módulo hacia los zócalos de la placa de circuito. Si están alineados, el módulo se puede insertar fácilmente. No aplique fuerza ya que los pines pueden doblarse o dañarse.

El módulo no se puede reparar y debe reemplazarse si está defectuoso.

#### **6.3.5 Módulo amplificador de humedad (200086)**

Este módulo se usa para condicionar pulsos de amplitud variable del detector de neutrones térmicos a pulsos de nivel lógico para el contador en el módulo del panel frontal.

Hay un ajuste que controla la amplitud de los pulsos del detector. Debe configurarse, usando un osciloscopio, para producir pulsos negativos promedio de 500 milivoltios en el punto de prueba MTP en la placa de circuito base. Este nivel de pulso no es muy crítico y si el ajuste se establece en un rango medio y la prueba STAT indica estabilidad, el ajuste es aceptable sin la necesidad del osciloscopio.

El alto voltaje puede causar un choque eléctrico severo. Antes de intentar cualquier reemplazo, el interruptor de botón pulsador de descarga ubicado en el centro de la placa de circuito base debe presionarse y mantenerse presionado durante aproximadamente un segundo. El módulo se reemplaza fácilmente quitando el tornillo ubicado en el medio del módulo. Al enchufar otro, mire los pines de cerca y oriente los pines del módulo hacia los zócalos de la placa de circuito. Si están alineados, el módulo se puede insertar fácilmente. No aplique fuerza ya que los pines pueden doblarse o dañarse.

El módulo no se puede reparar y debe reemplazarse si está defectuoso.

#### **6.4 Reemplazo del detector**

Si ocurre una falla total de un detector o si no es posible realizar ajustes para corregir los problemas de inestabilidad, entonces es necesario reemplazar los detectores. El procedimiento es bastante simple.

Retire el módulo de estructura base como se indica en el apartado 6.1.7 después de descargar el alto voltaje. Los detectores de rayos gamma (200035) se pueden quitar deslizándolos hacia afuera del costado del módulo. Cuando reemplace los detectores de rayos gamma, tenga en cuenta que un muelle de suspensión está en contacto con la carcasa y debe comprimirse al deslizar el reemplazo.

El amplificador de humedad debe retirarse para deslizar el detector de neutrones (200026) fuera del marco. Deslice el nuevo detector en su lugar e instale con cuidado el amplificador de modo que los pines del módulo y el conector del detector encajen. Nota: cualquier reemplazo de los detectores requerirá una recalibración.

#### **6.5 Lista de componentes**

Esta lista incluye todos los componentes, que pueden ser manipulados en campo.

Set de herramientas	200112
Estuche de accesorios	200175
Varilla de perforación	200130
Placa raspadora/Guía de la varilla	200127
Varilla de extracción	200145
Martillo	000176
Montaje del estuche de transporte	200681
Estándar de referencia	200122
Cerraduras del densímetro	000177
Manual de instrucciones, HS-5001EZ-2	200025
Manual de seguridad radiactiva	200121
Certificado de fuente radiactiva	200173
Materiales para pruebas de fugas (Kit)	200177
Certificados de pruebas de fugas	200174
Papel filtro	000175
Bolsas de plástico	000178
Pinzas	000181
Tapas	200667
Set de tuercas hexagonales, 6 32 x 3/16 (2)	001061
Tapa de elevación	200278
Varillas de índice	
8 X 1	200668
8 X 2	200669
12 X 1	200670
12 X 2	200671
Tuercas de bloqueo para el índice	200052
Montaje del mango	200664
Mango del densímetro	200661
Asa del mango	200662
Cabezal	200663
Pin de índice 200660	
Etiqueta de fuente de Cesio	200091
Rodillo, 0.125 x 0.375	001020
Kit de reparación de manijas	200659
Montaje de la cubierta superior	200170
Cubierta superior	200133
Arandela de goma	200109
Junta inferior	200149
Juntas del panel	200351
Tuercas, 8 32 (4)	200163
Arandela, dentado interior ¼", SS (4)	001037
Etiquetado de material radiactivo	200134
Tornillo hexagonal de rosca, 8 32 x 1/2 (6)	001008
Arandelas, #8 (6)	001030
Tornillos #00	001023
Módulo del procesador	201015
Montaje del panel frontal	
Panel frontal	201006
Tornillo cautivo (4)	001013
Conjunto de placa de circuito del procesador	
Pantalla	201001
Procesador de la placa	201002
Cable del módulo EZ	200573
Montaje del módulo del poste	200031
Montaje del poste	200154
Rodamiento del poste	200028

Rodamiento de la varilla fuente	200136
Tapa superior	200032
Anillo limpiador	000803
Set de tornillos hexagonales SS, 6-32 x 3/16 (2)	001007
Sello 5/8" (2)	000805
Inserción de la protección	200156
Tornillo de cabeza hexagonal de acero inoxidable, 1/4-20 x 1 (4)	001009
Arandela de seguridad, muelle partido SS, 1/4 (4)	001031
Base del densímetro (Sin piezas internas)	200027
Protección	200029
Montaje de la parte inferior	200666
Carcasa inferior	200665
Aro raspador	000806
Anilla de retención	000811
Socket hexagonal SS, 8-32 x 1/2 (2)	001010
Protección deslizante	200030
Muelle de la protección, SS	000817
Etiqueta de fuente Am:Be	200092
Tornillo de fijación hexagonal SS, 5/8 18 x 1/2	001032
Montaje de la estructura base	200201
Tornillo de cabeza hexagonal SS, 8 32 x 1/2 (7)	001008
Arandela de seguridad, SS dentado interno, #8 (7)	001029
Montaje de la placa base del circuito eléctrico	200757
Tornillo Phillips SS, 6 32 x 1/2 (6)	001005
Arandela de seguridad, SS dentado interno, #6 (6)	001006
Módulo de alimentación de alto voltaje	200088.R2
Tornillo Phillips, 6 32 x 1 1/4	001042
Arandela de seguridad, SS dentado interior, #6	001006
Módulo amplificador de densidad	200087
Tornillo Phillips, 6 32 x 3/4	001004
Arandela de seguridad, dentado interno SS, #6	001006
Módulo amplificar de humedad	200086
Tornillo Phillips Head SS, 6 32 x 3/4	001004
Arandela de seguridad, dentado interior SS, #6	001006
Muelle de suelo	200162
Tornillos Phillips SS, 4 40 x 1/4	001054
Arandela de seguridad, diente interno SS #4	001018
Detector de rayos Gamma (2)	200035
Detector de neutrones	200026
Juego de tornillos (5001)	200178
Set de juntas (5001)	200179
Set de sellos	200199
Grasa de silicona, Uso general	000174

## 6.6 Indicaciones de mantenimiento

No hay batería	Baterías e interruptores, reemplazar el módulo del procesador
No funciona el contador	Reemplazar la fuente de alimentación de alto voltaje, reemplazar el módulo del procesador
No mide la humedad	Comprobar el pulso de voltaje en MTP, reemplazar el módulo amplificador de humedad, reemplazar el detector de

	neutrones
No mide la densidad	Comprobar el pulso de voltaje en DTP, reemplazar el módulo de ampliación de la densidad, reemplazar los detectores gamma
Humedad inestable	Comprobar el pulso de voltaje en MTP, reemplazar el módulo de ampliación de la humedad, reemplazar los detectores de neutrones
Densidad inestable	Comprobar el pulso de voltaje en DTP, reemplazar el módulo de ampliación de la densidad, reemplazar los detectores
Contador de densidad a la mitad	Reemplazar el detector de densidad
Contador inestable	Reemplazar el módulo de alimentación de alto voltaje
Las teclas no funcionan	Reemplazar el panel frontal

## 6.7 Calibración

La calibración de este instrumento será válida durante mínimo un año y probablemente por mucho más tiempo si evitan las cargas de choque pesadas sobre la base de densímetro.

Se recomienda a los usuarios determinar una localización de la máquina en un laboratorio o en otro lugar y analizar ese lugar al recibir el equipo.

La medición periódica de esta ubicación proporcionará un medio para verificar la calibración durante un largo período de tiempo.

Cualquier discrepancia en esta medición o sospecha de errores en los datos de campo indicará la necesidad de calibración. Si el propietario no cuenta con las instalaciones correctas para realizar la calibración como se indicó anteriormente, entonces el equipo debe devolverse a un Centro de servicio autorizado o a la fábrica.

## 7 TEORÍA DE OPERACIÓN

Este instrumento usa dos tipos de radiación para medir la densidad y el contenido de humedad de los materiales. La interacción entre la radiación y los materiales es muy diferente pero la mayoría de los componentes electrónicos son compatibles con ambas funciones. Las dos mediciones son indirectas, en el sentido de que, en realidad, se mide un parámetro del material y posteriormente se establece el parámetro en términos de densidad y humedad.

Las diferencias entre los parámetros medidos y la densidad y humedad deseada se conoce normalmente como "error de composición o error químico", ya que tiene relación con elementos químicos o con las moléculas que forman parte de los propios materiales.

### 7.1 Medición de densidad con radiación Gamma

La radiación gamma es una forma de radiación electromagnética similar a las frecuencias de radio que transportan señales de televisión y rayos de luz visible. La única diferencia es la frecuencia. A la frecuencia de la radiación gamma, los materiales expuestos a ella se ionizan y esto supone un peligro para los tejidos vivos. Las radiaciones gamma y los rayos X son idénticos y solo se diferencian

por su origen. La radiación X se emite cuando los electrones cambian de estado de energía y la radiación gamma se emite desde el núcleo cuando se producen algunos tipos de desintegración radiactiva. Mientras que normalmente se piensa que la radiación electromagnética ocurre en ondas continuas, a frecuencias más altas es más común analizar los efectos en cuantos o puntos de energía (fotones) que tienen su masa en reposo cero.

Este densímetro utiliza un isótopo de cesio-137 con una vida media de 30,17 años para producir radiación gamma. El isótopo se desintegra con la emisión de una partícula beta que tiene una energía máxima de 1,176 MeV y una media de 0,195 MeV. El Cesio-137 se transforma en Bario-137m que tiene un exceso de energía y se desintegra con una vida media de 2,5 minutos a un estado fundamental con la emisión de gamma con una energía de 0,662 MeV.

La cantidad nominal de Cesio-137 utilizada es de 10 mCi con una tasa de descomposición de  $3,7 \times 10^8$  desintegración por segundo. La eficiencia de la producción de rayos gamma es del 85%, por lo que se producen  $3,2 \times 10^8$  fotones por segundo. Las partículas beta son absorbidas por la pared de la cápsula.

Cuando gammas de esta energía pasan a través de los materiales, puede ocurrir cualquiera de dos interacciones. A la energía original de 0,662 MeV, el efecto principal es la colisión con los electrones débilmente unidos del material con una dispersión (cambio de dirección) y transferencia de energía. A medida que continúa la dispersión y la energía disminuye, se produce la absorción fotoeléctrica en la que la radiación gamma transfiere toda su energía a un electrón más unido y el electrón abandona el átomo, lo que puede dar como resultado algo de radiación X.

Como se deduce de lo anteriormente expuesto, la interacción ocurre con los electrones en un material y no con el núcleo que contiene la mayor parte de la masa. En consecuencia, el densímetro mide realmente la densidad de electrones del material, que solo está aproximadamente relacionada con la densidad de masa. La relación es el ratio de la Z (número atómico o número de electrones por átomo) y A (masa atómica del átomo). El término Z/A se usa con frecuencia.

El proceso se complica aún más por la probabilidad de que la interacción ocurra o no. Los átomos son en su mayoría vacíos, por lo que muchas gammas simplemente pasarán sin interacción alguna.

La probabilidad es una función tanto del número atómico como de la energía gamma y es diferente para la dispersión y la absorción fotoeléctrica.

Se combinarán ambos y llamaremos a la probabilidad resultante “coeficiente de atenuación de masa” o  $(\mu/\rho)$ .

La ecuación clásica para la atenuación de rayos gamma que pasan a través del material es:

$$-L \cdot \rho \cdot \mu / \rho$$

$$I = I_0 \cdot e$$

En la que:

I = intensidad resultante

$I_0$  = intensidad inicial

L = longitud de ruta

$\mu/\rho$  = densidad del material



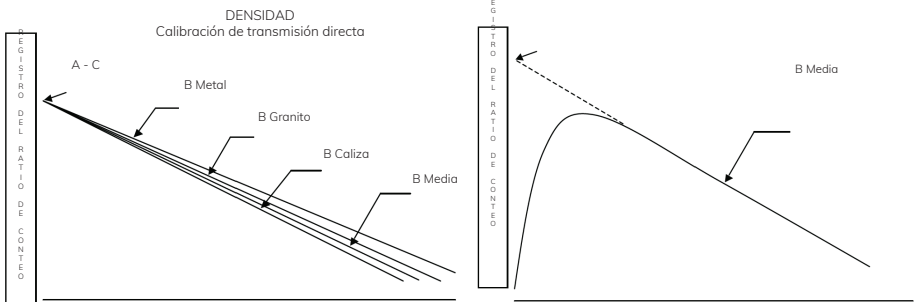
$u/\rho$  = coeficiente de atenuación

La siguiente tabla indica el porcentaje relativo de los elementos más predominantes en la corteza terrestre junto con sus valores de  $Z/A$  y  $u/\rho$ .

Elemento	Percent	Z/A	$u/\rho(0.662 \text{ MeV})$
Oxígeno	44.6	0.500	0.0806
Silicona	27.7	0.498	0.0805
Aluminio	8.1	0.482	0.0777
Hierro	5.0	0.466	0.0762
Calcio	3.6	0.499	0.0809
Sodio	2.8	0.478	0.0772
Potasio	2.6	0.486	0.0787
Magnesio	2.1	0.498	0.0796
Hidrógeno	–	0.992	0.1600

DENSIDAD  
Calibración de retrodispersión

A - C



Afortunadamente, los materiales más comunes en las capas superficiales son el oxígeno, el silicio y el calcio en forma de óxidos o carbonatos. Si este no fuera el caso, los medidores de densidad gamma no serían prácticos para su uso. Todos estos materiales tienen una  $u/\rho$  entre 0,0805 y 0,0809. Grandes cantidades de hidrógeno en el agua superficial requieren un ajuste en la densidad medida.

La ecuación indicada no es práctica para usar en un densímetro, ya que el coeficiente de atenuación de masa varía con la energía, que cambia a medida que los rayos gamma pasan a través de los materiales y los detectores utilizados no son lineales con esa energía.

Aunque se pueden usar muchas ecuaciones para ajustar los datos, la más común es:

$$CR = A * e^{-BD} - C$$

En la que:

CR = Tasa de conteo o tasa de los detectores

D = Densidad del material

A,B,C = Constantes

Los densímetros Geiger Mueller se utilizan en el sistema junto con un filtro gamma para seleccionar el espectro de energía deseado. El filtro limita la respuesta de baja energía y el diseño del detector limita la energía superior detectable. La energía disponible en el filtro es una función de la energía inicial de la radiación gamma de la fuente y la longitud del camino a través del material.

La tasa de conteo en los detectores se relaciona con un conjunto estándar de condiciones para eliminar la distensión del sistema y el efecto del deterioro del material radiactivo durante largos períodos de tiempo.

Esta tabla enumera los coeficientes de atenuación de masas para los materiales de calibración sugeridos que cubren el rango posible de energía fotónica. Los valores se calculan a partir de los datos incluidos en "Secciones transversales gamma, coeficientes de atenuación y coeficientes de absorción de energía de 10 keV a 100 GeV" publicados por NIST.

### Coeficientes de atenuación de masas (cm<sup>2</sup>/g) RAYOS GAMMA (MeV)

Material	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60
Magnesio	0.1610	0.1360	0.1220	0.1060	0.0944	0.0861	0.0796
Magn./Alum	0.1620	0.1350	0.1210	0.1040	0.0931	0.0849	0.0784
Aluminio	0.1620	0.1340	0.1200	0.1030	0.0922	0.0841	0.0777
Caliza	0.1920	0.1460	0.1280	0.1080	0.0960	0.0874	0.0808
Granito	0.1640	0.1370	0.1240	0.1070	0.0950	0.0867	0.0802
Lime/Gran.	0.1780	0.1415	0.1260	0.1075	0.0955	0.0870	0.0805
Agua	0.1680	0.1490	0.1360	0.1180	0.1060	0.0967	0.0895

Después de usar estos datos para corregir los materiales metálicos, las tasas de conteo experimentales darán una ecuación que todavía no es aplicable para los materiales de construcción. Suponiendo que la mayoría de los materiales de construcción tendrán una composición entre piedra caliza y granito, los valores metálicos de A y C se pueden usar para calcular un valor de B que se aplica a estos materiales o se pueden determinar otros valores de B para cualquier material.

Se deben utilizar datos experimentales y no los valores de la tabla anterior. Se sabe que la energía gamma inicial es de 0,662 MeV, pero sería imposible

determinar la energía promedio de las interacciones. Los filtros gamma se utilizan con los detectores para limitar la energía más baja a fin de reducir los errores debidos a la composición química.

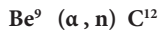
Utilizando detectores de discriminación de energía, el error químico más bajo posible para la piedra caliza y el granito es de  $\pm 0,4 \%$ . Con los detectores Geiger Mueller y los filtros mecánicos, los límites prácticos son de alrededor del  $2 \%$  para los modos de retrodispersión y del  $1,5 \%$  para la transmisión directa.

El modo de transmisión directa consiste en colocar la fuente y los detectores a través del material (lados opuestos) de modo que la ruta gamma atraviese directamente el material. Este es el método más preciso debido a la energía promedio más alta y el método produce densidades promedio verdaderas.

El método de retrodispersión consiste en colocar la fuente y los detectores en la misma superficie del material. La gamma debe desviarse antes de medir la atenuación del material. Como resultado, la energía promedio es más baja y el método no produce una densidad promedio real, ya que una mayor parte de las gammas pasa a través de los materiales más cercanos a la superficie y menos a profundidades mayores.

## 7.2 Medición de la humedad por radiación de neutrones

La radiación de neutrones ocurre a partir de una partícula que no tiene carga eléctrica. La partícula se emite desde el núcleo de un átomo generalmente como resultado de haber absorbido una partícula gamma o alfa de muy alta energía. Aunque es un hecho inusual, un neutrón puede resultar de una fisión espontánea. Para uso industrial, se dispone de fuentes isotópicas que consisten en radiación alfa combinada con berilio metálico. La reacción es:



Cuando el núcleo de berilio reacciona con la partícula alfa, se convierte en un isótopo de carbono. El C12 se deja en un estado de exceso de energía y produce un neutrón de 1 a 10 MeV cuando pasa al estado fundamental. En el 5001, Americio 241 se utiliza como fuente de alfa. La fuente de 40 mCi produce un promedio de  $9 \times 10^4$  neutrones por segundo. El Americio-241 también produce rayos gamma de baja energía, que están protegidos en el soporte de la fuente.

La interacción de los neutrones con la materia es relativamente compleja. Al no tener carga, atraviesa los átomos con bastante facilidad y, a menos que choque con el núcleo de un átomo, se pierde poca o ninguna energía. Solo cuando la colisión involucra un núcleo de baja masa como el hidrógeno, hay una pérdida significativa de la energía de los neutrones y esa pérdida depende del ángulo de la colisión

Los neutrones de una fuente Am 241: be comienzan con una energía promedio de 4.5 MeV. Con cada colisión se pierde algo de energía hasta que el neutrón alcanza una energía de alrededor de 0,025 eV. Este valor se denomina térmico ya que es igual a la velocidad de los materiales circundantes a temperatura ambiente, que es de 2200 m/s (7300 pies/s). El neutrón puede decaer con una vida media de 11 minutos o, con energía

térmica, puede ser capturado por otro átomo. Los elementos de la corteza terrestre, que pueden pasar por un proceso térmico o capturar neutrones térmicos, se enumeran a continuación.

La fuente de mCi produce un promedio de  $9 \times 10^4$  neutrones por segundo. El Americio-241 también produce rayos gamma de baja energía, que están protegidos en el soporte de la fente.

La interacción de los neutrones con la materia es relativamente compleja. Al no tener carga, atraviesa los átomos con bastante facilidad y, a menos que choque con el núcleo de un átomo, se pierde poca o ninguna energía. Solo cuando la colisión involucra un núcleo de baja masa como el hidrógeno, hay una pérdida significativa de la energía de los neutrones y esa pérdida depende del ángulo de la colisión.

Los neutrones de una fuente Am 241: be comienzan con una energía promedio de 4.5 MeV. Con cada colisión se pierde algo de energía hasta que el neutrón alcanza una energía de alrededor de 0,025 eV. Este valor se denomina térmico ya que es igual a la velocidad de los materiales circundantes a temperatura ambiente, que es de 2200 m/s (7300 pies/s). El neutrón puede decaer con una vida media de 11 minutos o, con energía térmica, puede ser capturado por otro átomo. Los elementos de la corteza terrestre, que pueden pasar por un proceso térmico o capturar neutrones térmicos, se enumeran a continuación.

Elemento	%	Colisiones	Absorción
Hidrógeno		19	0.33
Boro	<0.1	109	759.00
Carbón	<0.1	121	<0.01
Oxígeno	44.6	159	<0.01
Sodio	2.8	225	0.53
Magnesio	2.1	237	0.06
Aluminio	8.1	263	0.23
Silicona	27.7	273	0.16
Cloro	<0.1	343	33.00
Potasio	2.6	378	2.10
Calcio	3.6	387	0.43
Manganeso	<0.1	529	13.30
Hierro	5.0	537	2.53
Cadmio	<0.1	1075	2390.00
Plomo	<0.1	1976	0.17

Tenga en cuenta que la cantidad de colisiones requeridas para producir neutrones térmicos aumenta rápidamente por encima del hidrógeno y los

únicos otros elementos significativos que están presentes, el oxígeno y el silicio, requieren una cantidad mucho mayor de colisiones. El oxígeno del que hay una gran cantidad suele distribuirse uniformemente con todos los elementos en forma de óxidos, incluida el agua.

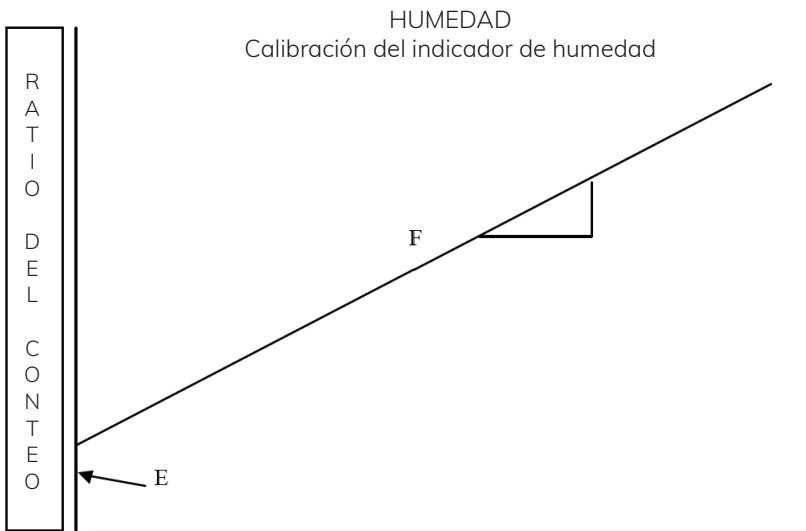
Por esta razón, si existe un neutrón térmico, existe una gran probabilidad de que se haya producido por colisión con hidrógeno. Si bien la mayor parte del hidrógeno en los materiales de construcción se encuentra en el agua, puede haber minerales hidratados que contengan grandes cantidades de hidrógeno y el error debe corregirse.

La columna Absorción enumera la sección transversal (probabilidad) del material que captura un neutrón térmico. Fuera de algunos elementos raros como el cadmio, solo el boro y, en menor grado, el cloro, el manganeso y el hierro tienen una sección transversal mucho más alta que el hidrógeno.

Estos elementos rara vez causan errores con la excepción de algunas áreas que tienen grandes cantidades de boro, áreas costeras que pueden tener una cantidad significativa de cloruro de sodio en el suelo y algunos lugares donde el óxido de hierro puede estar presente en grandes cantidades.

El helio-3 es un isótopo que tiene una sección transversal de captura muy grande para los neutrones térmicos y el detector del 5001 se llena con este gas a una alta presión para que sea muy eficiente.

Si la fuente y el detector están montados muy juntos, la relación entre los neutrones térmicos detectados y el hidrógeno (agua) es lineal en el rango normal de humedad del suelo.



La tasa de conteo se relaciona con un conteo estándar y una ecuación adecuada es:

$$CR = E + F * M$$

En la que:

- CR = Tasa de conteo
- M = Contenido de humedad
- E = CR en un valor 0 de contenido de humedad
- F = Pendiente o curva de la función

Para determinar los valores de E y F, se requieren dos estándares de humedad. Uno puede ser cero ya que es fácil de obtener y el otro debe tener una cantidad conocida de agua o contener hidrógeno, que puede estar relacionado con el agua.

La medición de la humedad a veces se denomina retrodispersión, pero una vez que un neutrón ha sido termalizado por múltiples colisiones con hidrógeno, obedece las leyes de difusión del gas y se desplaza en cualquier dirección. Algunos llegan al detector y son contados.

### 7.3 Estadísticas de radiación

La descomposición radiactiva es un proceso binario, cualquier átomo puede decaer o no. Para grandes cantidades de átomos, una distribución de Poisson describe con mucha precisión el proceso. Esta distribución tiene una desviación estándar  $s$ , que es igual a la raíz cuadrada de la tasa media de decaimiento. La precisión predicha de la tasa de conteo se define como  $\pm$  una desviación estándar.

El promedio de una muestra es:

$$m = \frac{S n}{N}$$

En la que N es el número de muestras:

La precisión predicha de la muestra es:

$$s(n) = \sqrt{m}$$

La dispersión de una desviación estándar de una sola muestra es:

$$n = n \pm \sqrt{n}$$

De estas ecuaciones es evidente que la precisión pronosticada del indicador está directamente relacionada con la raíz cuadrada del número de conteos del detector acumulados durante una medición. Además, la precisión se puede mejorar ya sea contando un período de tiempo más largo o promediando la tasa de conteo para un número de mediciones y esta mejora es la raíz cuadrada del número de mediciones realizadas.

Si bien la precisión del medidor en la tasa de conteo muestra la tendencia, lo que interesa es la precisión de la medición de la densidad y la humedad. Para obtener esta información, es necesario conocer el cambio en el parámetro medido en términos de un cambio en la tasa de conteo.

Esta es la pendiente de la ecuación de calibración.

$$CR = A * e^{-BD} - C$$

O

$$n = DS * A * e^{-BD} - C$$

Y el diferencial es:

$$S = \frac{dn}{dD} * A * e^{-BD} - C$$

¿Cuál es la pendiente en términos de conteos por minuto por unidad de densidad? Combinando esta ecuación y la ecuación de precisión y teniendo en cuenta el valor de pre-escala de 16 se obtiene:

$$DP = \frac{\left(\sqrt{(DS * A * e^{-BD} - C)}\right)}{4DS * A * B * e^{-BD}}$$

En la que:

DP = Precisión de la densidad en densidad D

D = Densidad

DS = Tasa estándar de densidad

A, B, C = Constantes de calibración

S = Pendiente

Esto es para una desviación estándar, un factor de confianza del 68%.

Al aplicar el mismo procedimiento a la ecuación de humedad, se obtiene una ecuación para la precisión de la humedad:

$$MP = \frac{\left(\sqrt{(MS * (E + F * M))}\right)}{4MS * F}$$

En la que:

MP = Precisión de la humedad

M = Humedad

MS = Tasa de humedad estándar

E, F = Constantes de calibración

Las dos previsiones anteriores se establecen para el período de medición de un minuto (NORM). Los valores aumentarían por un factor de dos durante 0,25 minutos (RÁPIDO) y disminuirían por un factor de dos

durante el período de medición de cuatro minutos (LENTO).

Estas precisiones corresponden a estimaciones teóricas y el densímetro debería arrojar estos valores si no hay problemas de inestabilidad. Los datos de medición se pueden utilizar para probar el densímetro.

Si se realizan una serie de mediciones en la misma ubicación, los valores de precisión se pueden calcular utilizando:

$$P = \sqrt{\frac{\sum(n - m)^2}{(N - 1)}}$$

En la que:

P = Precisión

n = Lecturas individuales

m = Media de las lecturas

N = Número de lecturas

Si la precisión de la tasa de conteo real obtenida anteriormente se divide por la precisión teórica, se puede realizar una prueba de la estabilidad del indicador. El valor resultante, R, indicará ruido electrónico en los circuitos o un detector inestable. La ecuación para esta prueba se indica en 5.5, y el medidor tiene esta función incluida en el software.

## **8 SEGURIDAD RADIATIVA**

El usuario de este equipo debe estudiar el Manual de Seguridad Radiactiva, que se suministra con el mismo. Se recomienda si es posible que el operario asista a un curso formativo sobre el tema. Si bien los materiales radiactivos en el densímetro están presentes en cantidades muy pequeñas y solo un accidente importante en el densímetro podría causar un peligro inmediato, se debe tener cuidado en su uso para mantener la exposición tan baja como sea razonablemente posible.

Recuerde que las sesiones cortas y las largas distancias son los medios más efectivos para minimizar la exposición del usuario. Consulte el Manual de seguridad radiactiva para obtener información más completa sobre los procedimientos de seguridad.

### **8.1 Licencias**

Antes de recibir y usar este equipo, el usuario debe obtener una licencia de materiales radiactivos o derivados de su agencia gubernamental competente.

El titular de la licencia debe contar con un trabajador especializado en seguridad radiactiva cualificado que haya recibido formación en seguridad y que conozca la normativa aplicable. Será responsable de la iniciación y del mantenimiento de un programa de seguridad para los usuarios. Todos los registros y controles de inventario deben estar disponibles para su inspección.

### **8.2 Dosímetro**

El personal que utilice el equipo debe usar dosímetros personales para garantizar que se tenga el cuidado adecuado durante el almacenamiento, el transporte y el uso. Algunas normativas permiten prescindir de este requisito tras un periodo de seguimiento.



Todos los visitantes en el área de trabajo deben mantener su exposición al material al mínimo posible. Si se necesita una observación a largo plazo del uso del equipo, se deben suministrar dosímetros. La regla general es que cualquier persona que pueda recibir un 10% de exposición o más del máximo estipulado debe ser monitoreada.

Ningún menor de 18 años debe estar expuesto a ninguna dosis que pueda exceder el 10% del máximo reglamentario establecido para los trabajadores expuestos a la radiación.

### 8.3 Pruebas de fugas

Según la normativa, las cápsulas selladas que contienen los materiales radiactivos en este densímetro deben someterse a pruebas de fugas de los sellos. Esta prueba se describe detalladamente en el apartado 5.4. El registro de esta prueba debe conservarse para su inspección por parte de la agencia reguladora. La licencia de usuario especificará quién puede realizar la limpieza y procesar el material.

### 8.4 Transporte

Cualquier equipo entregado a un transportista para el envío debe tener una prueba de fuga negativa en vigor. El remitente debe tener este registro en su poder junto con una certificación de que la cápsula y el contenedor de transporte cumplen con los requisitos del Departamento de Transporte de EE. UU. como se especifica en el Título 49 Partes 172 y 173 del Código de Regulaciones Federales. Esta certificación debe estar archivada durante un año después del envío. Para envíos internacionales se aplican las Regulaciones de la Agencia Internacional de Energía Atómica y otros países tienen sus propias regulaciones para envíos domésticos. El destinatario de cualquier envío que no sea un agente de carga o agente de aduanas debe estar en posesión de una licencia para los materiales radiactivos.

Junto con la certificación del paquete, se debe entregar al transportista un documento de envío que contenga la siguiente información:

UN3332 MATERIALES RADIATIVOS RQ, BULTOS DEL TIPO A, EN FORMA ESPECIAL

Nombre	Cesio-137	Americio-241
Actividad	0.37 GBq (10 mCi)	1.48 GBq (40 mCi)
Categoría	II-AMARILLA	
Índice de transporte	0.2	
Tipo	A	

El remitente debe conservar un registro del envío y copias de toda la documentación, incluida una copia de la licencia del transportista.

### 8.5 Eliminación del equipo

El propietario no debe desechar este equipo excepto bajo las siguientes condiciones:

- Transferir a otro titular de licencia para su posesión y uso según lo contemplado en su licencia.
- Transferir a otro titular de licencia para su almacenamiento o disposición, según lo estipulado en su licencia.

### 8.6 Notificación en caso de pérdida o incidente

La pérdida de estos equipos o incidentes que puedan causar exposiciones superiores a los máximos recomendados debe ser notificado inmediatamente a la

entidad de seguridad radiactiva y a la agencia gubernamental responsable de la licencia de manipulación.

Otras circunstancias que puedan suponer un riesgo para la seguridad deben ser del mismo modo notificadas.

### 8.7 Perfil de radiación

Las tasas máximas de exposición de superficie y de un metro para este equipo se enumeran a continuación en mRem/h.

El índice de transporte para el estuche y el densímetro es de:

#### Flujo de las dosis en mRem/hr= 0.2

Estuche de transporte	Gamma	Neutrón	Total
Máximo para cualquier superficie	10.50	1.50	12.00
Máximo en un metro	0.07	0.10	0.17

Densímetro 5001	Gamma	Neutrón	Total
Superficie trasera	17.00	0.30	17.30
A un metro de la parte trasera	0.10	0.00	0.10
Superficie frontal	2.50	0.40	2.90
A un metro de la parte frontal	0.10	0.00	0.10
Superficie inferior	8.50	1.50	10.00
A un metro de la parte inferior	0.06	0.05	0.11
Superficie superior	18.00	0.70	18.70
A un metro de la parte superior	0.06	0.00	0.06
Superficie lateral	11.00	0.80	11.80
A un metro de la parte lateral	0.20	0.00	0.20
Mango	0.80	0.50	1.30
Mango a un metro	0.10	0.0	0.10

Tasas de dosis de medición de la Sección de Protección de Carolina del Norte. Las tasas de dosis gamma se midieron el 05/08/88 utilizando un detector de sondeo Ludium Model 14C. Las tasas de dosis de neutrones se midieron el 05/08/88 utilizando un contador de neutrones Eberline modelo

PNR-4 Rem con una esfera de 22,9 cm en la superficie del indicador, la línea central estaba aproximadamente a 11 cm de la superficie. 0.0 indica que las tasas son las mismas que las de fondo.

## **9 GARANTÍA**

La compra de este equipo incluye una garantía limitada de 12 meses contra defectos de material y con mano de obra incluida. El propietario puede reemplazar las piezas defectuosas en campo mediante envío prepago para la instalación.

El equipo enviado pagado previamente por la fábrica será reparado o reemplazado a opción de HUMBOLDT y devuelto prepago por el cliente. Esta garantía no se aplica si el producto, según lo determine HUMBOLDT, es defectuoso debido un desgaste normal, accidente o mal uso, o como resultado del servicio o modificación por parte de un Centro de servicio no autorizado.

ESTE EQUIPO CONTIENE MATERIALES RADIATIVOS PELIGROSOS Y EL USO ADECUADO DEL EQUIPO Y LA PROTECCIÓN DE LAS INSTALACIONES Y DEL PERSONAL ES RESPONSABILIDAD EXCLUSIVA DEL COMPRADOR. LOS PROPIETARIOS Y USUARIOS ACEPTAN LA RESPONSABILIDAD DEL CUMPLIMIENTO DE LAS LEYES LOCALES Y NACIONALES SOBRE LA POSESIÓN, USO Y ELIMINACIÓN DE LOS MATERIALES

NO HAY GARANTÍAS, EXPRESAS O IMPLÍCITAS, INCLUYENDO SIN LIMITACIÓN CUALQUIER GARANTÍA IMPLÍCITA DE COMERCIALIZACIÓN O IDONEIDAD, QUE SE EXTENDA MÁS ALLÁ DE ESTA DESCRIPCIÓN. ESTA GARANTÍA EXPRESA EXCLUYE LA COBERTURA DE DAÑOS INCIDENTALES O CONSECUENTES DE CUALQUIER TIPO O NATURALEZA Y NO PROPORCIONA COMPENSACIÓN POR DAÑOS INCIDENTALES O CONSECUENTES, INCLUYENDO, ENTRE OTROS, PÉRDIDA DE USO, PÉRDIDA DE VENTAS O INCONVENIENTES. EL RECURSO EXCLUSIVO DEL COMPRADOR SE LIMITA A LA REPARACIÓN, RECALIBRACIÓN O REEMPLAZO DEL EQUIPO A OPCIÓN DE HUMBOLDT.

Las especificaciones y descripciones son lo más precisas posible. HUMBOLDT se reserva el derecho de realizar cambios y mejoras de acuerdo con las últimas especificaciones y mejoras de diseño. La actualización de equipos más antiguos a las especificaciones actuales se realizará, cuando sea posible, a expensas del propietario actual, excepto cuando HUMBOLDT decida realizar la actualización sin costo para el propietario.

**Humboldt Scientific, Inc.**  
2525 Atlantic Avenue  
Raleigh, NC 27604 U.S.A.

Línea gratuita: 1.800.537.4183  
Teléfono: 1.919.833.3190  
Fax: 1.919.833.5283  
email: [hsi@humboldtmg.com](mailto:hsi@humboldtmg.com)

Testing Equipment for



Construction Materials

**HUMBOLDT**

**NUCLEAR GAUGES**