



**Densímetro Nuclear**

## **AVISO DE DERECHOS DE AUTOR**

### **Derechos de autor (C) HUMBOLDT SCIENTIFIC, INC., 1983-2022**

Todos los Derechos Reservados.

Este manual o partes del mismo, no puede ser reproducido en ninguna forma sin el permiso expreso por escrito de HUMBOLDT SCIENTIFIC, INC.

OBRA PATENTADA CON LICENCIA NO PUBLICADA  
Derechos de autor (C) HUMBOLDT SCIENTIFIC, INC., 2023

El paquete de circuitos integrados de memoria de sólo lectura programable contenido en este equipo y cubierto con una etiqueta de aviso de copyright contiene software propietario y confidencial que es propiedad exclusiva de HUMBOLDT SCIENTIFIC, INC. Está autorizado para su uso por el comprador original de este equipo por un período de 99 años. La transferencia de la licencia se puede obtener mediante una solicitud, por escrito, de HUMBOLDT SCIENTIFIC, INC.

A excepción de las Instalaciones de Servicio Autorizadas de HUMBOLDT, no puede copiar, alterar, descompilar o ensamblar de manera inversa el software de ninguna manera, excepto como se indica en este manual. Las leyes de derechos de autor, las leyes de marcas registradas y los secretos comerciales de Estados Unidos protegen los materiales.

Cualquier persona y/o organización que intente o lleve a cabo la violación anterior o que, a sabiendas, ayude o incite a la violación mediante el suministro de equipo o tecnología estará sujeta a daños civiles y enjuiciamiento penal.

### **AVISO IMPORTANTE**

La información contenida en este documento se proporciona sin representación o garantía de ningún tipo. Por lo tanto, Humboldt Scientific, Inc. no asume ninguna responsabilidad y no tendrá ninguna responsabilidad, consecuente o de otro tipo, de ningún tipo que surja del uso de los equipos descritos o materiales radiactivos y/o información contenida en este manual.

El uso del martillo y la varilla de perforación suministrados requiere conducir la varilla hacia el suelo compactado u otros materiales duros y puede causar daños al usuario debido a partículas voladoras del martillo, la varilla de perforación o los materiales bajo prueba. Para este procedimiento se deben utilizar anteojos de seguridad.

Consulte la Sección 9 para la garantía del equipo.

# 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 Densidad.....	3
1.3.2	Medición de Humedad.....	4
1.3.3	Método de Calibración .....	4
1.3.4	Conversión de Datos de Campo.....	4
1.3.5	Radiológico .....	4
1.3.6	Especificaciones Eléctricas.....	5
1.3.7	Especificaciones Mecánicas .....	6
1.3.7.1	Materiales .....	6
1.3.7.2	Calibre.....	6
1.3.7.3	Norma de Referencia.....	6
1.3.7.4	Estuche de Tránsito Serie HS-5001 .....	6
1.3.7.5	Estuche de Accesorios con Cremallera (cargado) .....	7
1.3.7.6	Envío Total .....	7
1.3.8	Accesorios .....	7
2	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO.....	7
2.1	Estuche para Accesorios con Cremallera .....	7
2.1.1	Placa Raspadora/Guía de Varilla .....	8
2.1.2	Varilla de Taladro.....	8
2.1.3	Martillo de Cuatro Libras.....	8
2.1.4	Herramienta de Extracción .....	8
2.2	Estuche de Tránsito .....	9
2.2.1	Estuche de Tránsito .....	9
2.2.2	Norma de Referencia.....	9
2.2.3	Calibre HS-5001NX .....	9
2.2.3.1	Indicación de Profundidad Automática.....	10
2.2.3.2	Almacenamiento y Descarga de Datos .....	10
2.2.3.3	Pantalla Táctil y Teclado del Panel Frontal .....	10
3	OPERACIÓN DE CAMPO.....	13
3.1	Transporte del Equipo .....	13
3.2	Estandarización de el Calibre.....	14
3.3	Entrada de Datos Previos a la Prueba.....	18

3.3.1	Densidad Máxima.....	18
3.3.2	Factor de Corrección de Humedad(KVAL) .....	19
3.3.3	Gravedad Específica (SPG).....	21
3.3.4	Densidad de los Materiales Subyacentes (LWD).....	22
3.4	Selección del Sitio.....	23
3.5	Preparación del Sitio.....	24
3.6	Posicionamiento del Calibre .....	24
3.7	Realización del Recuento de Medidas .....	25
3.7.1	Selección de Profundidad de Medición.....	25
3.7.2	Selección del Tiempo de Medición.....	27
3.7.3	Selección del Tipo de Medición .....	28
3.7.3.1	Medición de Asfalto.....	28
3.7.3.2	Mediciones de Capa Delgada de Asfalto.....	30
3.7.3.3	Mediciones del Suelo.....	32
3.7.3.4	Mediciones de Suelo en Trincheras.....	34
3.8	Procesamiento de los Resultados.....	37
3.8.1	Control de Compactación.....	38
3.8.2	Proporción de Vacío .....	38
3.8.3	Porcentaje de Vacíos de Aire .....	38
3.9	Reempaquetar el Equipo.....	38
4	MENÚS .....	39
4.1	Menús de Datos.....	39
4.1.1	Ver Medición Actual .....	39
4.1.2	Ver el Historial de Mediciones.....	40
4.1.3	Estándar actual / Recuentos Estadísticos .....	41
4.2	CONFIGURACIÓN DE PROYECTOS.....	43
4.2.1	Editar Proyectos.....	44
4.2.2	Exportar Datos.....	47
4.2.3	Eliminar Proyecto/Prueba de Campo .....	50
4.3	Menús de Configuración.....	53
4.3.1	Configuración de Hora y Fecha .....	54
4.3.2	Configuración e Idioma de las Unidades.....	56
4.3.3	GPS.....	56
4.3.4	Ajustes de Energía de Tiempos de Espera.....	58
4.3.5	Configuración del Sistema .....	59
4.3.6	Información del Sistema.....	60
4.4	Menús de Ingeniería .....	62
4.4.1	Calibración de Campo.....	62
4.4.2	Calibración de Servicio.....	65
4.4.3	Calibración de Fabrica .....	68
4.4.4	Restablecimiento del Indicador Maestro .....	68

4.4.5	Diagnóstico .....	69
5	MANTENIMIENTO PREVENTIVO .....	71
5.1	Entorno de Almacenamiento.....	71
5.2	Limpieza Exterior .....	71
5.3	Cavidad de Protección Deslizante .....	71
5.4	Realización de una Prueba de Limpieza .....	72
5.5	Prueba de Estabilidad Estadística .....	73
6	SERVICIO DE CAMPO .....	74
6.1	Desmontaje Mecánico / Ensamblaje.....	74
6.1.1	Placa Inferior y Protección.....	74
6.1.2	Varilla de Origen .....	74
6.1.3	Indexador y pestillo.....	75
6.1.4	Varilla de índice .....	75
6.1.5	Cubierta Superior .....	75
6.1.6	Postes y Sellos Principales .....	75
6.1.7	Módulo Base.....	76
6.2	Baterías.....	76
6.3	Ajuste de Módulos Electrónicos / Reemplazo .....	77
6.3.1	Módulo de Procesador (201016).....	77
6.3.2	Tablero de Plano Base (201012).....	78
6.3.3	Módulo de Fuente de Alimentación de Alto Voltaje (200088.R3)78	
6.3.4	Módulo Amplificador de Densidad (200087) .....	79
6.3.5	Módulo Amplificador de Humedad (200086).....	79
6.4	Reemplazo del Detector .....	79
6.5	Lista de Piezas.....	80
6.6	Calibración .....	82
7	TEORÍA DE LA OPERACIÓN .....	82
7.1	Medición de Densidad por Radiación Gamma .....	82
7.2	Medición de Humedad por Radiación de Neutrones .....	86
7.3	Estadísticas de Radiación.....	89
8	SEGURIDAD RADIOLÓGICA.....	91
8.1	Licencias .....	91
8.2	Dosímetro.....	92
8.3	Pruebas de Limpieza .....	92
8.4	Transporte .....	92
8.5	Eliminación de residuos .....	93
8.6	Notificación de Siniestros o Incidentes .....	93
8.7	Perfil de Radiación.....	93
	GARANTÍA .....	94

# 1 INFORMACIÓN GENERAL Y ESPECIFICACIONES

## 1.1 Introducción

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

La unidad basada en microprocesador calcula automáticamente estos parámetros y realiza correcciones a las mediciones.

Utiliza la atenuación de la radiación gamma debido a la dispersión Compton y la absorción fotoeléctrica. 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.

El estándar de calibración de densidad suministrado por la fábrica se basa en un material que consiste en 50% piedra caliza y 50% granito por ser muy cercano al material promedio encontrado en la construcción de ingeniería. Esta calibración puede ser alterada por el usuario para adaptarse mejor a otros materiales, que pueden tener una composición química muy diferente de la calibración suministrada.

La medición del contenido de humedad se basa en la termalización (ralentización) de la radiación de neutrones rápida. Es predominantemente una función del contenido de hidrógeno de los materiales, y en menor grado, por otros elementos de bajo número atómico como el carbono y el oxígeno. La presencia de elementos químicos como el boro, que puede absorber o capturar neutrones térmicos, también tendrá algún efecto en la precisión. Minerales hidratados El yeso o cristales como la mica pueden causar el mayor error único. En general, un material que contiene hidrógeno, que no se elimina durante un procedimiento de secado en horno, como se describe en ASTM D2216, causará un error en la medición.

La calibración de humedad suministrada de fábrica estándar se basa en un estándar de arena de sílice saturada de agua, que se utiliza para calibrar un estándar de trabajo. El usuario, para corregir otros materiales, puede alterar la calibración.

### **ESTE INSTRUMENTO CONTIENE MATERIALES RADIATIVOS, QUE PUEDEN SER PELIGROSOS SI SE UTILIZAN INCORRECTAMENTE.**

HUMBOLDT recomienda que los usuarios participen en un programa de capacitación en seguridad radiológica y aplicaciones impartido por instructores competentes. Cuando esto no sea posible o poco práctico, los usuarios deben estudiar el Manual de seguridad radiológica suministrado con este instrumento y leer atentamente este Manual de instrucciones para familiarizarse con el funcionamiento seguro del instrumento.

Se requiere una licencia de material radiactivo o de subproductos de un Estado del Acuerdo o de la Comisión Reguladora Nuclear de los Estados Unidos para su posesión en los Estados Unidos. Los gobiernos de otros países requieren una licencia similar.

El uso adecuado de este equipo tendrá poco efecto sobre la exposición total de

un operador típico a la radiación ionizante. Sin embargo, existe un peligro potencial y cualquier pregunta relacionada con este peligro debe dirigirse al Oficial de Seguridad Radiológica dentro de la organización del propietario u otro personal competente.

Cualquier robo u otra pérdida y accidente en el equipo, que pueda involucrar las fuentes selladas de material radiactivo, debe ser reportado inmediatamente al Oficial de Seguridad Radiológica.

## **1.2 Definiciones**

### **1.2.1 Precisión**

Variación estadística de mediciones repetitivas debido a la distribución binomial de la desintegración radiactiva. El valor utilizado es la desviación estándar de las mediciones repetitivas. Sesenta y ocho por ciento de las mediciones repetitivas caerán dentro de este límite y el noventa y cinco por ciento caerá dentro del doble de este 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 lo tanto, no se puede convertir directamente a una precisión en otras densidades. Se puede calcular en otras densidades obteniendo la tasa de conteo absoluto y la pendiente de la tasa de conteo en otras densidades (ver 7.3).

La precisión es una función del tiempo y varía según la raíz cuadrada. Aumentar el tiempo de conteo de la medición en un factor de cuatro mejorará la precisión en un factor de dos.

### **1.2.2 Error Químico**

Un error que es causado por las variaciones en la composición química del material que se está probando. La atenuación gamma es una función de la densidad electrónica de los materiales y, por lo tanto, está relacionada tanto con la masa como con la relación (A/Z) de la masa atómica (A) y el número atómico (Z).

El calibrado estándar de fábrica se basa en la atenuación promedio de un material teórico que consiste en mitad piedra caliza y mitad granito. El error químico es la dispersión  $\pm$  de las mediciones realizadas sobre estos materiales a una densidad real de 2000 Kg/m<sup>3</sup> (125 PCF).

### **1.2.3 Error de Superficie**

El error causado por los vacíos superficiales. Según ASTM, el error es con el indicador al ras sobre una superficie lisa y luego repitiendo la medición con el Calibre elevado 1.25mm (0.050 pulgadas) sobre la superficie. La diferencia en los dos valores se define como "Error de superficie".

En el uso real de campo, la transmisión a lo largo de la base del indicador no podría tener lugar ya que una parte de la base del indicador siempre descansará 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 balance de (5%) está determinado por el material por debajo de la profundidad indicada. Este es un parámetro importante de un densímetro de tipo retrodispersión, ya que una profundidad de medición más profunda reduce el error causado por los vacíos superficiales.

### 1.2.5 Unidades de Medida

Cuando se utilizan “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 consuetudinario estadounidense se han realizado utilizando libras por pie cúbico (pcf). Este es un sistema gravitacional de medición multiplicando por 0.06243. La conversión al sistema gravitacional SI se puede hacer multiplicando por 9.807 para obtener kilonewtons por metro cúbico. Es práctica común referirse a estas unidades en el sistema gravitacional como “pesos unitarios” y a aquellas unidades en el sistema absoluto como “densidades”.

### 1.3 Especificaciones

#### 1.3.1 Medición de Densidad

Densidad de retrodispersión en 2000 kg/m<sup>3</sup> (125 pcf)

		LENTO 4 min	NORMAL 1 min	RÁPIDO 15 seg
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)
Profundida	mm (pulg)	88 (3.5)	88 (3.5)	88 (3.5)

Densidad de transmisión directa a 150 mm (6 pulgadas)

		LENTO 4 min	NORMAL 1 min	RÁPIDO 15 seg
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 (pulg)	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 seg
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 (pulg)	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 están calibrados de acuerdo con el método recomendado por ASTM D6938, D7759, D2950 y AASHTO 310. Cinco estándares de densidad consistentes 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 se ha determinado con una precisión superior a ± 0.1%. El estándar de humedad de trabajo ha sido calibrado contra arena de sílice saturada con una precisión superior a ±0.5% para cubrir el rango de medición de 0 a 640 kgm<sup>3</sup> (0-40 PCF).

Cuatro calibraciones completamente diferentes están disponibles para los ingenieros o técnicos que controlan el uso del Gauge, pero no son accesibles para el operador sin el uso de una contraseña. Dos de estos son ajustes a las principales calibraciones para compensar materiales muy diferentes a los suelos normales. No se requiere equipo adicional para el ajuste que no sea una muestra del material a una densidad conocida. No se requiere equipo adicional para una calibración completamente nueva que no sea un conjunto adecuado de estándares.

Los datos de la tasa de conteo se convierten a densidades utilizando los coeficientes de atenuación gamma USNIST y la densidad conocida de los estándares.

### 1.3.4 Conversión de Datos de Campo

Densidad húmeda	y	% Compactación (Marshall)
Densidad seca	y	% Compactación (Proctor)
Contenido de humedad	y	% Humedad
Proporción de vacío	y	% Los vacíos de aire

### 1.3.5 Radiológico

<b>Fuente Gamma</b>	HSI 2200064
Cantidad y Tipo de Material	0.37GBq (10mCi) Cesium 137
Registro de formularios especiales	USA/0634/S-96, USA/0356/S
Clasificación ISO/ANSI	C66546

Fuente de neutrones HSI 2200067

Cantidad y Tipo de Material	1.38GBq (40mCi) Americium-241:be
Rendimiento de neutrones	90 knps (nom)
Registro de formularios especiales	CZ/1009/S-96
Clasificación ISO/ANSI	ANSI 77C66545
Tasa de dosis superficial	18,7 mrem/hora máximo
Caso de tránsito	DOT 7A, Tipo A, Etiqueta amarilla II, 0,2 TI

Se requiere una licencia de material radiactivo o por producto de un Estado del Acuerdo o de la Comisión Reguladora Nuclear de los Estados Unidos para su posesión en los Estados Unidos. Los gobiernos de otros países requieren una licencia similar.

### 1.3.6 Especificaciones Eléctricas

Pantallas:	TFT; Color normal, legible a la luz del sol
Estabilidad del temp.	:0.01% Fuente de alimentación
Estabilidad:	0.10%
Fuente de energía:	NiMH 7 celdas recargables o (6) pilas AA alcalinas
Consumo de energía:	La duración de la batería es solo una estimación, la configuración de energía y el funcionamiento individual del densímetro afectarán en gran medida la vida útil de las baterías.

Procesador:

Inactivo:	1.7 mA @ 8 volts 13.6 milliwatts 1470 horas de duración de la batería – AA 2650 horas de duración de la batería – NiMH
-----------	---

Activo:	32 mA @ 8 volts 255 milliwatts 78 horas de duración de la batería – AA 140 horas de duración de la batería – NiMH
---------	--

Luz de fondo encendida:	65mA @ 8 volts 520 milliwatts 38 horas de duración de la batería – AA 70 horas de duración de la batería – NiMH
-------------------------	--

Protección de energía: Fusible reconfigurable

A prueba de cortocircuitos

Alarma automática para condiciones de batería baja

Apagado automático por estado de batería descargada

### **1.3.7 Especificaciones Mecánicas**

#### **1.3.7.1 Materiales**

Varilla de origen: Acero inoxidable 440C, tratamiento térmico por inducción a 55 Rockwell C.

Varilla de índice: 7075 Aluminio, recubierto duro y PTFE impregnado.

Base del indicador: Mecanizado 6061-T6 Aluminio, recubierto duro e impregnado de PTFE.

Postes y marcos: Aluminio 6061-T6 mecanizado, anodizado para anticorrosión.

Carcasa superior: Noryl moldeado por inyección.

Rodamiento: Bronce relevado con sellos de neopreno.

Tornillos/accesorios: Inoxidable, latón, sin acero.

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

Temp. de almacenamiento -55 a 85 °C

Humedad: 98% sin condensación, Construcción a prueba de lluvia.

Vibración: 2.5 mm (0.1 in) a 12.5 Hz

Amortiguador sin acolchado: El densímetro cumple con USDOT 7A sin estuche de tránsito.

#### **1.3.7.2 Calibre**

Tamaño (excluyendo el mango): 400 x 220 x 140 mm (15.75 x 8.66 x 5.5 in)

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

Peso: 13.6 kg (30 lbs.)

#### **1.3.7.3 Norma de referencia**

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

Peso: 4.5 kg (10 lbs.)

#### **1.3.7.4 Estuche de tránsito serie HS-5001**

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

Peso: 11.8 kg (26 lbs.)

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

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

Peso: 8.2 kg (18 lbs.)

### **1.3.7.6 Total de envío**

Peso: 41 kg (89 lbs.)

### **1.3.8 Accesorios**

Estuche de tránsito

Norma de referencia

Manual del operador

Manual de seguridad radiológica

Certificación de origen y caso

Materiales de prueba de limpieza

Estuche de accesorios con cremallera

Guía de vara/placa raspadora

Varilla de taladro

Martillo de cuatro libras

Herramienta de extracción de varillas

## **2 Descripción del Equipo**

Antes de usar este equipo, el operador debe estar completamente familiarizado con el Manual de seguridad radiológica suministrado con el instrumento. De ser posible, se debe asistir a un curso adecuado en el uso seguro y aplicación de campo.

Los usuarios que deseen conocimientos respecto a la teoría de operación del equipo deben referirse a la Sección 7.0. Esta información será útil para comprender, las limitaciones del equipo y cómo evitar o evitar estas limitaciones.

### **2.1 Estuche de Accesorios con Cremallera**

Estuche de accesorios con cremallera que contiene:

Guía de vara/placa raspadora

Varilla de taladro

Martillo de cuatro libras

Herramienta de extracción de varillas

Los accesorios se pueden llevar en el maletín de tránsito o en una bolsa de lona con cremallera. Es conveniente llevar y disminuye el bulto y peso de la caja de tránsito, que contiene el Calibre, la Norma de Referencia y los Manuales.

#### **2.1.1 Placa raspadora/guía de varilla**

Cuando el densímetro se va a usar en el suelo, la placa raspadora se utiliza para alisar el sitio para eliminar tantos huecos superficiales como sea posible. Dos asas convenientes están ubicadas para que pueda usarse para raspar material suelto.

Los dos mangos también se utilizan como guía al conducir la varilla hacia el suelo o agregados del suelo para una medición de densidad de transmisión directa. El

operador o un ayudante pueden pararse en la placa para evitar que se mueva mientras la varilla está martillada.

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

La placa se puede usar para aplanar ligeramente el suelo o los finos nativos que pueden haber sido utilizados para llenar los huecos de la superficie. No debe usarse con el martillo para empacar tierra ya que puede distorsionar la placa y causar mediciones erróneas.

### **2.1.2 Varilla de taladro**

La varilla de perforación es un acero resistente de dureza media y tiene una cabeza cautiva para permitir que sea conducido al suelo o agregados del suelo para que la fuente pueda ser colocada en el material para una medición de densidad de transmisión directa. La varilla está marcada para que la profundidad se pueda controlar por referencia a la parte superior del mango de la placa raspadora.

El uso de la varilla en arcillas rígidas puede requerir la aplicación de la herramienta de extracción para su extracción. No debe ser conducido ni movido lateralmente ya que esto agrandará el agujero o modificará la densidad del material que se está probando.

La varilla es prescindible y debe ser reemplazada después de un uso extensivo o severo. El martilleo repetido de la tapa puede hacer que las virutas de metal se rompan y el operador y otras personas cercanas al sitio de prueba deben usar anteojos de seguridad.

### **2.1.3 Martillo de Cuatro Libras**

El martillo se suministra para impulsar la varilla en suelos o agregados del suelo, y se puede usar con la herramienta de extracción para ayudar a quitar 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 de perforación.

### **2.1.4 Herramienta de Extracción**

Esta herramienta se utiliza para ayudar a la extracción de la varilla de perforación si se atasca en arcilla o material granular. El problema habitual es un vacío, que puede existir en el agujero al intentar sacar la varilla.

No tiene que colocarse en su lugar antes de conducir la varilla. Una ranura en el medio se coloca en un cuadrado, que se corta en la cabeza de la varilla de taladro. Luego, los brazos se pueden usar para girar la varilla y harán que sea más fácil de extraer al suministrar asas para tirar hacia arriba de la varilla. Si es necesario, el martillo puede estar ligeramente rematado en la parte inferior de la herramienta para empujar la varilla hacia arriba fuera del orificio.

## **2.2 Estuche de tránsito HS-5001**

Conteniendo:   Calibre  
                      Norma de referencia  
                      Manual del operador

Tanto el indicador como el estuche de tránsito se suministran con cerraduras y deben estar asegurados cuando el instrumento no esté en uso. Cuando se almacena, el equipo debe colocarse en una habitación o área cerrada, que esté seca y se mantenga a una temperatura habitable. Se debe evitar el almacenamiento por debajo de 20° C y las temperaturas superiores a 30° C durante períodos prolongados de tiempo agotarán las baterías a un ritmo rápido y acortarán su vida útil.

### 2.2.1 Estuche de Tránsito

La caja de tránsito es una caja de plástico moldeada rotacional de alta resistencia y está equipada con un pestillo bloqueable. El diseño y los componentes siguen la configuración de caja ATA estándar que es de uso popular para el envío aéreo de instrumentos delicados. Cuenta con compartimentos ajustados para el Calibre, Estándar de Referencia y accesorios junto con un área de almacenamiento para cuadernos y manuales de ingeniería. Ha sido probado según los requisitos US DOT 7A Tipo A y tiene etiquetas, que cumplen con los requisitos internacionales y estadounidenses, para el envío de carga terrestre y aérea.

### 2.2.2 Norma de Referencia

El estándar de referencia se utiliza para proporcionar un recuento estándar que tenga en cuenta el envejecimiento de la calibración. Los instrumentos, que utilizan radiación para realizar mediciones, están sujetos a la desintegración de la fuente (2.3% anual para Cs 137) deriva de los detectores debido a fugas y absorción de gas de combustión, y deriva a largo plazo de la electrónica. Para disminuir el efecto de estos errores, la calibración se realiza como una relación a una medición estándar. El recuento de humedad es una relación a un recuento de humedad en el estándar y el recuento de densidad es una relación a un recuento de densidad en el estándar. El hidrógeno en el estándar de referencia determina el recuento estándar de humedad. El recuento estándar de densidad está determinado principalmente por el material de blindaje en la base del Calibre y solo ligeramente por el Estándar de Referencia. El estándar de referencia se serializa para que coincida con el indicador y no deben intercambiarse entre densímetros o pueden existir errores de medición de humedad.

### 2.2.3 Calibre HS-5001NX

El densímetro tipo HS-5001NX utiliza una pantalla táctil LCD alfanumérica, circuitos electrónicos de última generación para generar el circuito de temporización necesario y fuentes de alimentación. El procesador compensa automáticamente el coeficiente de atenuación gamma anormal para el hidrógeno en comparación con los valores de materiales atómicos numerados más altos que se encuentran en los suelos. Usando el recuento estándar actual, también compensa la descomposición de la fuente de cesio. También permite al operador ingresar un factor de corrección (KVAL) para compensar el hidrógeno que se encuentra en los materiales de construcción, el cual no está representado por el agua.

Las letras están incrustadas en la cubierta de plástico y no se ven perjudicadas por el agua o la abrasión. Dado que hay muchas funciones disponibles, es necesaria una descripción del propósito de cada tecla.

**NOTA:** Cuando reciba por primera vez su nuevo HS-5001**NX**, la alimentación principal se apagará para el envío. La tarjeta madre tendrá un conmutador de tres posiciones ubicado en la parte superior central de la placa. Deslice el interruptor a la posición inferior o superior encenderá el plano base. La posición central es la posición de apagado.

**ARRIBA — Paquete de baterías**

**NiMH**

**INTERRUPTOR DE ALIMENTACIÓN MEDIO – APAGADO**

**ABAJO – Baterías AA**

### **2.2.3.1 Indicación de Profundidad Automática**

El indicador mostrará la posición del mango (ubicación de origen). El método utilizado es totalmente cerrado y no sujeto a desgaste por materiales abrasivos en un sitio de trabajo. Debe ser tan confiable como cualquier otra parte del calibre y no requerir reemplazo periódico. En caso de fallo, está disponible un método manual alternativo para indicar la profundidad al microprocesador.

### **2.2.3.2 Almacenamiento y Descarga de Datos**

El Gauge utiliza una tarjeta micro-SD de 8 GB. Almacenará pruebas de campo completas incluyendo fecha, hora, número de proyecto, estación, compensación, y todos los datos de medición incluyendo conteos estándar y de medición, profundidades, suelo/asfalto/nomógrafo y cualquier corrección aplicada a las calibraciones de fábrica. Estos datos se pueden volcar a un USB, lo que proporciona una manera conveniente de capturar datos de prueba y llevarlos con usted, además de proporcionar una manera fácil de actualizar el 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**

Toda la entrada 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 se presiona una tecla, un pitido corto indica que se ha reconocido la pulsación de la tecla. La tecla debe ser presionada y soltada para que se lleve a cabo la acción.

Cada tecla puede tener múltiples acciones, correspondientes a la función del instrumento seleccionado actualmente. Todas las funciones reales se describen en la Sección 3 Operación de campo.



## Encendido/apagado (alimentación)

POWER

Cuando se presiona la tecla **POWER**, el indicador se enciende y, a continuación, ejecuta las rutinas de autoprueba. El test de batería incluido en las rutinas de autoprueba también se realiza en diversos momentos de uso (transparente al operador) para que se realice un monitoreo constante del estado de la batería. Después de esta prueba, la condición del indicador en el momento del último uso se carga desde la memoria. Si se apagó con una medición activa en los registros, se recuerda la medición.

## Luz de fondo

BACKLIGHT

Cuando se presiona la tecla **BACKLIGHT**, el panel de la pantalla se ilumina para verlo de noche. Si presiona la tecla **BACKLIGHT** de nuevo, se apagará la luz.

**Nota:** La tecla **BACKLIGHT** se puede configurar en modo **ESTÁTICO** o modo **PORCENTAJE**.

El modo **ESTÁTICO** encenderá y apagará la luz de fondo.

El modo **PORCENTAJE** pasará por cinco brillos diferentes

## Densidad Máxima

MAX "D"

La tecla **MAX "D"** permite la entrada de información relativa a las características del material bajo prueba. MAX D es la densidad objetivo para el porcentaje de compactación. Para el suelo, normalmente es un valor basado en una prueba de laboratorio de Proctor. Para el asfalto,



es un valor basado en una densidad Marshall de laboratorio o densidad teórica máxima. El valor establecido en este registro nunca debe fijarse en un valor fuera del rango de densidades normales de suelo o asfalto. Cualquier cantidad entre 900 kg/m<sup>3</sup> (56 PCF) y 3000 kg/m<sup>3</sup> (200 PCF) no causará errores en el procesador. Nunca debe configurarse en 0.0.

## Estándar/Estadístico



La tecla STD/STAT inicia un conteo de 4 o 16 minutos tanto de los canales de humedad como de densidad cuando el mango está en la posición SAFE. Conserva los valores para que puedan ser utilizados para cociar todos los recuentos de medición posteriores.

## Medición



Esta tecla inicia una medición utilizando períodos de 4 minutos, 1 minuto o 0,25 minutos como se seleccionó previamente. Los recuentos reales se muestran en la pantalla y el tiempo restante durante la medición. Una vez completada la medición, la densidad seca (**DD**), densidad húmeda (**WD**), humedad (M), porcentaje de humedad (**%M**), porcentaje proctor (**%PR**) se muestran, si el indicador está en el modo suelo. Densidad húmeda (**WD**) o densidad total, % Marshall (**%MA**) si está en el modo asfalto. Cualquiera de los otros parámetros puede obtenerse sucesivamente pulsando la tecla correspondiente.

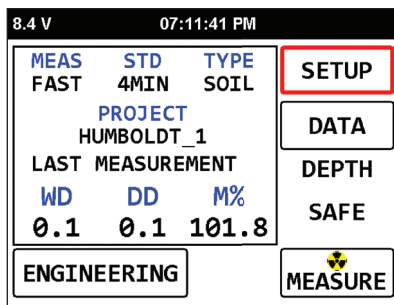
## Configuración



Esta tecla tiene una configuración de menú personalizable que permite al usuario seleccionar qué menú se mostrará cuando se presione la tecla. Hay cinco menús preestablecidos seleccionables disponibles para elegir. Por ejemplo, si utiliza el menú **MODOS DE MEDICIÓN** con frecuencia, puede preestablecer este menú en la tecla **SETUP** para saltar a este menú rápidamente.

**NOTA:** Esto se refiere a la tecla **SETUP** en la superposición y no al icono **SETUP** en la pantalla táctil.

A continuación se muestra el **MENÚ PRINCIPAL**:



Más adelante en este manual se describirán más detalles sobre los menús de pantalla táctil.

### 3. Operación de campo

En este capítulo se describirá el uso adecuado del equipo durante el proceso de realización de mediciones de campo sobre suelos, agregados de suelo, bases tratadas, o concreto asfáltico. Se supone que el usuario ha leído el capítulo anterior y entiende las funciones de las diversas claves. El operador debería haber tenido capacitación en seguridad radiológica o leer a fondo el **MANUAL DE SEGURIDAD RADIATIVA** suministrado con este instrumento y comprender los principios básicos para minimizar su exposición.

#### 3.1 Transporte del Equipo

El calibre y la norma de referencia deben ser transportados en su caja de tránsito, la cual está diseñada para tal efecto. La cerradura de los indicadores y la cerradura de la caja de tránsito deben estar en su lugar y aseguradas. En caso de accidente en el vehículo, las cerraduras impiden el acceso no autorizado al material radiactivo y el estuche ayudará a proteger el equipo de daños. El estuche de accesorios con cremallera evitará la pérdida de sus artículos y si se usa un automóvil, protegerá el espacio del maletero.


Si el transporte se realiza en automóvil, la caja de tránsito y el densímetro deben colocarse en el maletero para mantenerlo lo más alejado posible de los pasajeros. La ubicación de la camioneta debe estar hacia atrás y la caja asegurada para evitar cambios. En camiones abiertos, se deben tomar medios para evitar cambios y remoción no autorizada.

### 3.2 Estandarización del Calibre

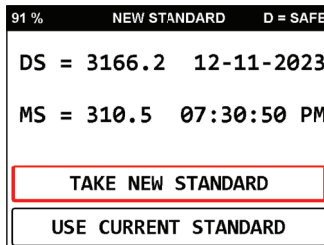
Antes de usar el calibre, se debe tomar un conjunto de **RECUENTOS ESTÁNDAR** y utilizarlos para todas las mediciones que se van a realizar en un día en particular. Estos recuentos deben registrarse para verificar el funcionamiento adecuado y proporcionar un historial para el servicio si es necesario, Retire el bloqueo del indicador y verifique que el mango esté encerrado en la posición “**SEGURO**”. Debe estar en la posición superior de la barra de índice.

*Aviso importante: El estándar de referencia y la superficie inferior del densímetro deben estar libres de cualquier tipo de suciedad que impida que el densímetro se asiente firmemente en el estándar de referencia. Coloque la Norma de Referencia en el material compactado, coloque el Calibre en el Estándar de Referencia con el extremo de la manija de la Norma lejos del operador. El densímetro debe estar colocado dentro de los rieles de guía a lo largo de los bordes de la norma, y la parte posterior del densímetro contra el mango de la norma de referencia.*

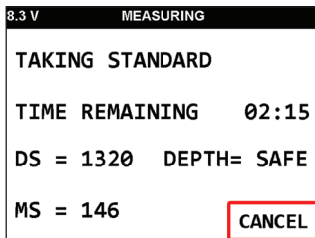
To begin the standard counts procedure from the main menu display, or from any other menus.

Pulse el botón  para comenzar el procedimiento de estandarización.

Donde **DS** y **MS** son los valores del último estándar de densidad y humedad tomados en la fecha **MM/DD/AAAA** y hora **HH:MM:SS**. Pulse **TAKE NEW STANDARD** para comenzar el estándar de 4 minutos.



La pantalla mostrará:



Una vez completado el recuento estándar, la pantalla mostrará el nuevo estándar con % de error derivado de los últimos cuatro recuentos estándar. Si los errores están fuera de estos límites, consulte el aviso importante anterior. Si las condiciones anteriores son normales, presione **RETAIN THE NEW STD** y tome un nuevo estándar como el anterior en 3.2. Repita la toma del nuevo estándar por un máximo de cuatro veces para reducir hasta dentro de los límites.

92 %	RESULTS	D = SAFE
DS = 3357.9	%ERR = 6.1	
MS = 33.7	%ERR = 89.1	
REJECT & TAKE NEW STD		
<b>RETAIN THE NEW STD</b>		
		BACK

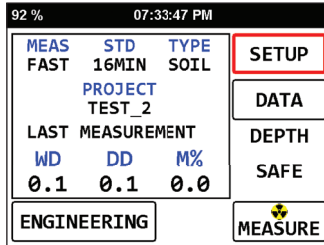
Si el error es inferior al 1% y 2% para DS y MS respectivamente, la pantalla mostrará solo los recuentos DS y MS como se ve a continuación:

8.0 V	RESULTS	D = SAFE
DS = 3038.2		
MS = 342.8		
REJECT & TAKE NEW STD		
RETAIN THE NEW STD		
		<b>BACK</b>

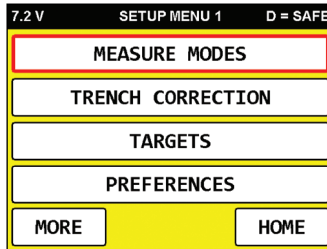
**NOTA:** Es importante **CONSERVAR EL NUEVO ESTÁNDAR** antes de ejecutar otro estándar de 4 minutos.

Existen dos métodos para tomar los recuentos de referencia estándar. El más rápido es usar el procedimiento anterior, que toma cuatro minutos. El contador de cuatro minutos indica la cantidad de tiempo restante antes del final del conteo. Al cabo de cuatro minutos, los dos valores de recuento se almacenan en los registros DS y MS. El segundo método es la prueba estándar estadística. El indicador tomará 16 recuentos de un minuto y almacenará cada valor de 1 minuto. Después de 16 minutos, los promedios de los 16 recuentos se almacenan en los registros DS y MS. Entonces se habría ejecutado una prueba estadística en los 16 recuentos individuales y un valor "R" mostrado tanto para DS como para MS. Estos valores deben caer entre 0.5 y 1.5. Si solo están ligeramente fuera, se puede hacer otra prueba, pero si el valor está muy fuera de los límites de 0.5 a 1.5, se necesita servicio. Para ejecutar la prueba estándar estadística:

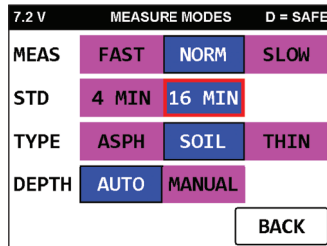
Pulse **SETUP** en la pantalla para entrar en **SETUP MENU 1**



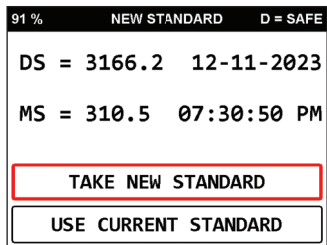
La pantalla mostrará:



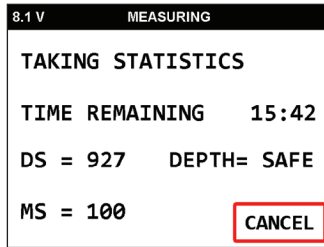
Pulse **MEASURE MODES** para entrar en el menú **MODOS DE MEDIDA**.



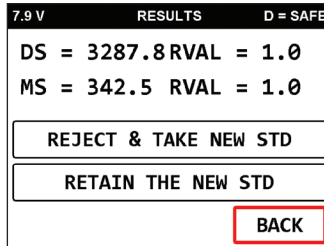
Pulse **16 MIN** para cambiar el modo **STANDARD** al modo **ESTADÍSTICO** y pulse el botón **STD/STAT** para saltar al menú **NEW STANDARD** como se muestra a continuación:



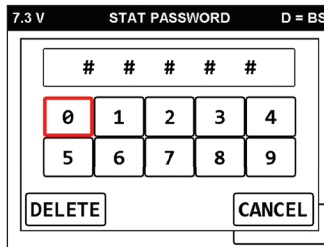
Pulse **TAKE NEW STANDARD** en la pantalla



Después de que se termine la medición estadística de 16 minutos, debería ver lo siguiente en la pantalla:

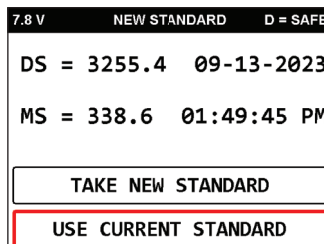


La prueba **estándar estadística** de 16 minutos también se puede realizar a diferentes profundidades si es necesario. Primero ajuste la varilla a la profundidad deseada y presione **STD/STAT**, aparecerá la siguiente pantalla de contraseña:



La contraseña es 33344.

**Nota:** Una vez que se ha ingresado la contraseña correcta, el menú permanecerá desbloqueado hasta que se haya cerrado la alimentación. Una vez introducida la contraseña, aparecerá la siguiente pantalla. Usando los mismos métodos descritos anteriormente, ahora se pueden tomar los nuevos recuentos estándar.



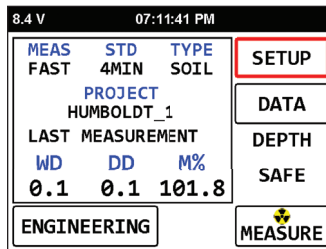
### 3.3 Entrada de datos previos a la prueba

Si bien no es necesario realizar mediciones simples de humedad y densidad, se deben ingresar ciertos parámetros del material para aprovechar todo el potencial del densímetro **HS-5001NX**.

#### 3.3.1 Densidad máxima

Para cualquier tipo de material se requiere la densidad máxima para calcular el porcentaje de compactación. Para suelos, este es normalmente una densidad Proctor de laboratorio y para materiales asfálticos, se utiliza el Marshall o una densidad máxima. El grado de compactación se basa en un porcentaje del proctor (**%PR**) y es una función de la densidad seca medida que se obtiene de la pantalla de resultados después de una medición exitosa. Para los materiales asfálticos, el porcentaje del Marshall (**%MA**) es una función de la densidad húmeda o densidad total.

Pulse **SETUP** en la pantalla para avanzar al **MENÚ SETUP 1**.



Pulse **TARGETS** para entrar en el menú **TARGETS**.



**NOTA:** Al presionar la tecla **MAX D** desde cualquier pantalla, saltará al menú **TARGETS**.

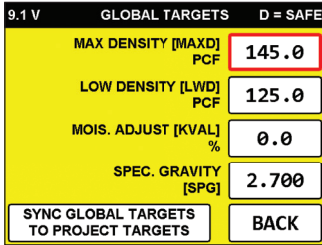
Presione **EDIT GLOBAL VALUES** para ingresar al menú Valores Globales

**NOTA:** Hay dos tipos de **TARGETS**, **OBJETIVOS GLOBALES** y **OBJETIVOS DEL PROYECTO**.

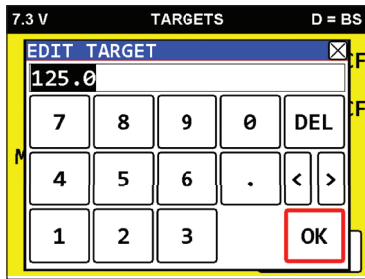
**OBJETIVOS GLOBALES:** Estos valores objetivo se utilizarán si no se selecciona ningún proyecto activo.

**OBJETIVOS DEL PROYECTO:** Estos valores objetivo se pueden utilizar para proyectos específicos y solo se utilizarán en ese proyecto.

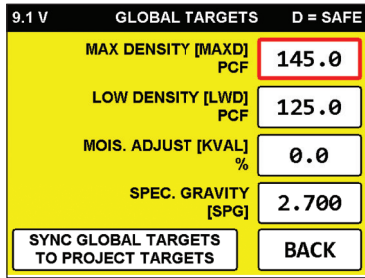
Hay varias formas de editar los valores objetivo. Puede editar los destinos directamente en el menú del proyecto o, si ya creó un proyecto y desea editar los objetivos, puede establecer los objetivos en el menú de objetivos globales y usar la sincronización del destino global con los destinos del proyecto, lo que actualizará solo el proyecto activo..



Para editar la **DENSIDAD MÁXIMA**, toque el valor en la pantalla y el teclado **EDIT TARGET** aparecerá como se muestra a continuación:



Presione **OK** en la pantalla cuando haya ingresado el valor objetivo deseado.



Una vez establecidos los valores de destino, asegúrese de presionar el botón **BACK** para guardar los cambios que haya realizado.

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

KVAL es un factor de corrección que se aplica a la medición de humedad para tener en cuenta el hidrógeno en el material que no es agua, o agua que no se eliminó mediante métodos normales de secado en horno. Un valor de -1.00 reduciría el porcentaje de agua computado en aproximadamente 1%. Los valores típicos están entre -1.00 y +2.00. Si no se conoce, siempre establezca el valor en 0.0.

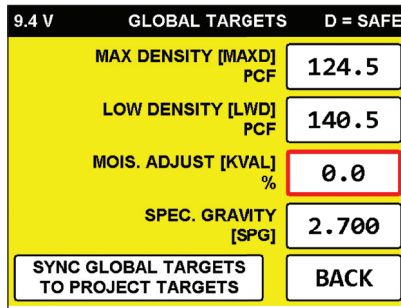


Presione la tecla **MAX D** para saltar al menú **TARGETS**.

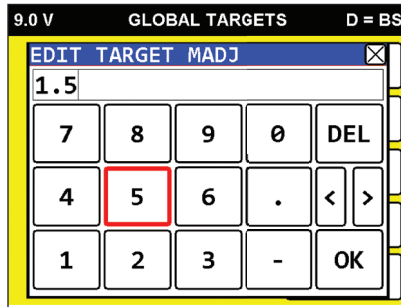
Presione **EDIT GLOBAL VALUES** para ingresar al menú Valores Globales.



Pulse en **MOIS. ADJUST** el valor de **[KVAL]** en la pantalla y el El teclado **EDIT TARGET** aparecerá como se muestra:



Pulse **OK** en la pantalla cuando haya introducido el valor de destino deseado. Presione el botón **BACK** en la siguiente pantalla para guardar los cambios.



El valor introducido afectará a los valores calculados de **CONTENIDO DE HUMEDAD (M)**, **DENSIDAD SECA (DD)** y **PORCENTAJE DE HUMEDAD (%M)**.

Existen tres métodos para determinar el valor adecuado de **KVAL** que se utilizará:

(A) Si las pruebas se pueden ejecutar en el campo con **KVAL** ajustado en cero y muestras del material tomadas de debajo del Calibre. El horno seco de laboratorio se puede utilizar para calcular el valor correcto de

**KVAL.** Se aconseja un promedio de cuatro o más muestras para disminuir los errores estadísticos en el Calibre y los errores de secado del horno debido al mal manejo del material.

La ecuación es:

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

(B) Si las instalaciones de laboratorio no están disponibles, las pruebas se pueden ejecutar utilizando otros métodos para determinar el porcentaje de humedad. Se puede usar la misma ecuación o el valor de **KVAL** se puede determinar cambiando sistemáticamente el valor almacenado de **KVAL** hasta que el indicador calme el **PORCENTAJE DE HUMEDAD** correcto mientras se retienen los mismos datos de medición en la memoria.

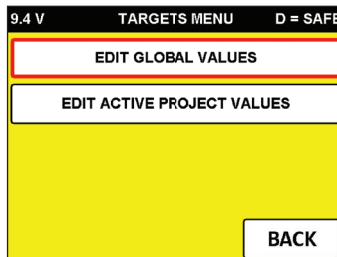
(C) Si no hay otro método disponible para verificar la calibración de humedad del indicador, se puede utilizar el **PORCENTAJE DE VACÍO DE AIRE** para determinar si existen errores importantes. Los suelos bien compactados deben tener **VACÍOS DE AIRE POR CIENTO** entre 2.0% y 5.0% dependiendo de la gradación. Si un resultado del contenido de vacío es negativo, es evidente que el indicador 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 sólidos y se obtiene por hidrómetro, u otras pruebas. El rango normal para suelos o agregados estará entre 2.6 y 2.75. Si no se conoce ningún valor exacto, utilice 2.700. Se requiere la gravedad específica de los sólidos del material medido para calcular la **RELACIÓN DE VACÍOS (VR)** o **PORCENTAJE DE LOS VACÍOS DE AIRE**.

Presione la tecla  para saltar al menú TARGETS.

Presione **EDIT GLOBAL VALUES** para ingresar al menú Valores Globales



9.4 V GLOBAL TARGETS D = SAFE	
MAX DENSITY [MAXD] PCF	124.5
LOW DENSITY [LWD] PCF	140.5
MOIS. ADJUST [KVAL] %	0.0
SPEC. GRAVITY [SPG]	2.700
SYNC GLOBAL TARGETS TO PROJECT TARGETS	BACK

Pulse SPEC. El valor **GRAVITY** [SPG] en la pantalla y el teclado EDIT TARGET aparecerán como se muestra a continuación:


7.3 V TARGETS D = BS	
EDIT TARGET	
125.0	
7	8
9	0
DEL	
4	5
6	.
<	>
1	2
3	OK

Pulse **OK** en la pantalla cuando haya introducido el valor de destino deseado.

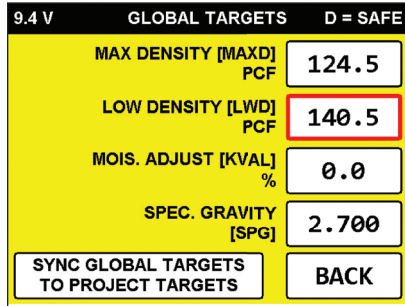
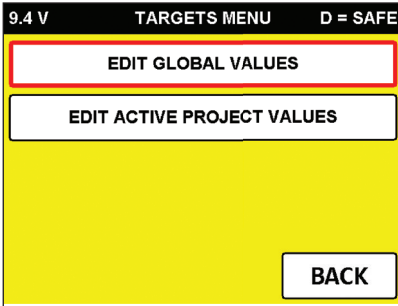
Presiona **BACK** en la siguiente pantalla para guardar los cambios.

### 3.3.4 Densidad de materiales subyacentes (LWD)

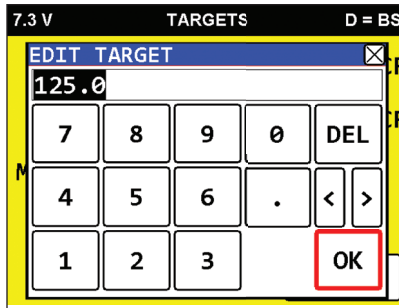
LWD es la densidad del material subyacente cuando se utiliza el método nomógrafo (**MODO DELGADO**) para calcular la densidad de capas delgadas. Cualquier valor razonable puede ser ingresado.

Presione la tecla  para saltar al menú **TARGETS**.

Presione **EDIT GLOBAL VALUES** para ingresar al menú Valores Globales.



Presione el valor **LOW DENSITY [LWD]** en la pantalla y el teclado **EDIT TARGET** aparecerá como se muestra a continuación:



Pulse **OK** en la pantalla cuando haya introducido el valor de destino deseado. Presione el botón **BACK** en la siguiente pantalla para guardar los cambios.

### 3.4 Selección del sitio

En general, todas las mediciones deben realizarse lo antes posible después de que el sitio haya sido compactado. Esto es particularmente cierto para rellenos y terraplenes, ya que la evaporación puede secar el material de la superficie y disminuir la medición de humedad promedio. Cualquier lluvia previa a las mediciones puede aumentar estos valores a menos que haya transcurrido un tiempo suficiente para permitir el secado de la superficie.

Estas condiciones pueden aliviarse eliminando los materiales superficiales a una profundidad necesaria para eliminar materiales no homogéneos. Para emplazamientos de concreto asfáltico, la prueba debería realizarse idealmente mientras el material se está compactando para que se pueda lograr una laminación adicional antes de que el material se enfríe por debajo de temperaturas de compactación aceptables.

La selección de un sitio a medir se deja a juicio del operador o puede definirse por procedimientos o especificaciones prescritos. Se recomienda un método de muestreo aleatorio. Un sitio opcionalmente seleccionado no debe elegirse en condiciones obvias que pueden rechazar o pasar los resultados. Debe ser representativo del área total a ensayar.

### **3.5 Preparación del sitio**

Cualquier sitio a medir debe estar libre de todos los escombros sueltos antes de intentar colocar el densímetro. Después de retirar el material suelto de la tierra, el área debe nivelarse utilizando la placa raspadora para proporcionar una superficie plana. Cualquier área vacía de superficie grande debe llenarse con finos nativos, aunque se realizará 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, entonces habrá que realizar una medición de retrodispersión. Además, los huecos superficiales deben nivelarse cuidadosamente con relleno mineral y compactarse ligeramente con la placa raspadora para minimizar los errores superficiales.

La placa raspadora se utiliza como guía para la varilla de taladro para facilitar la realización de un agujero vertical. Coloque la placa raspadora sobre el sitio deseado y mientras la sostiene en su lugar con un pie, conduzca la varilla a una profundidad de al menos 50 mm (2 pulgadas) más profunda que la profundidad de medición. La varilla de taladro está marcada en incrementos de 50 mm (2 pulgadas) para ayudar a juzgar la profundidad. Se deben usar anteojos de seguridad para evitar daños en los ojos mientras golpea la varilla con el martillo. Si la varilla de perforación no se puede quitar fácilmente del orificio, coloque la herramienta de extracción alrededor de la varilla y engancha las superficies planas en la parte inferior de la cabeza.

Usando la herramienta, gire y tire de la varilla de taladro para retirarla. Si la varilla de perforación aún es difícil de quitar, golpee ligeramente la superficie inferior de la herramienta de extracción y extráigala verticalmente del orificio. Si la línea se usa para hacer que una marca de luz se dibuje alrededor de la placa raspadora mientras se coloca sobre el orificio, será más fácil ubicar el densímetro de manera que la varilla fuente se extienda en el orificio sin dificultad.

### **3.6 Posicionamiento del densímetro**


Coloque cuidadosamente el densímetro sobre el sitio preparado. Si se utiliza retrodispersión, coloque el densímetro para que quede lo más al ras posible de la superficie. Si se trazó una línea alrededor del sitio para

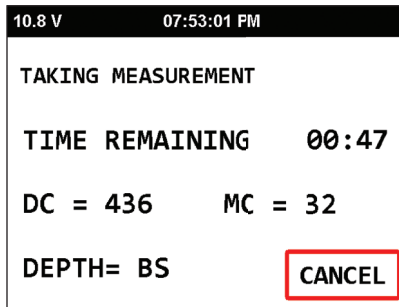
la transmisión directa, entonces la base debe estar centrada sobre el sitio para facilitar la inserción de la varilla fuente en el orificio.

Suelte el LATCH presionando el gatillo en el mango, empuje el mango hacia abajo hasta obtener la posición correcta aproximada, la primera muesca para retrodispersión o la profundidad predeterminada correcta para la transmisión directa. A la profundidad correcta, suelte el gatillo y levante el mango justo por encima de la muesca y luego empuje el mango una vez más hasta escuchar el “clic” ya que el INDEXADOR posiciona con precisión la fuente.

Si se utiliza una transmisión directa, tire del indicador hacia el extremo del panel de control para forzar la varilla fuente contra el lado del orificio preparado. Esto es importante ya que podría existir un vacío entre la punta de la varilla y el lado del orificio.

### 3.7 Tomando el recuento de medidas

Presione  desde cualquier menú y la pantalla se mostrará como abajo:



**NOTA:** Si el indicador está en modo de bajo consumo (encendido de la pantalla apagada) al presionar la tecla **MEASURE**, transcurrirá un período de calentamiento de aproximadamente 10 segundos para llevar las señales electrónicas y del tubo detector a un nivel estable antes de que pueda comenzar la medición.

La medición se puede tomar simplemente presionando la tecla **MEASURE**. La mayoría de las mediciones se realizarán, mediante el uso de la “**NORM**” en modo medida, que toma un conteo exacto de un minuto. Puede ser conveniente utilizar el modo de medida “**FAST**” o de quince segundos si es necesario realizar una medición rápida para evitar conflictos con el equipo de compactación. La precisión de medición se degradará en un factor de dos.

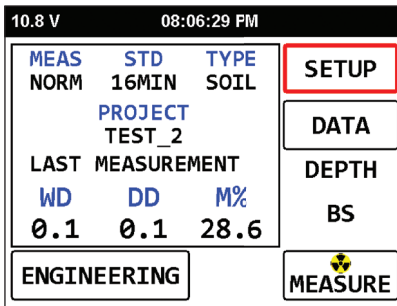
El uso del modo de medición “**LENTO**” de cuatro minutos permitirá al

usuario mejorar la precisión en un factor de dos. Esto permitirá un examen detallado de pequeños cambios de densidad, como establecer un patrón de rodillo o intentar mejorar la eficiencia de compactación..

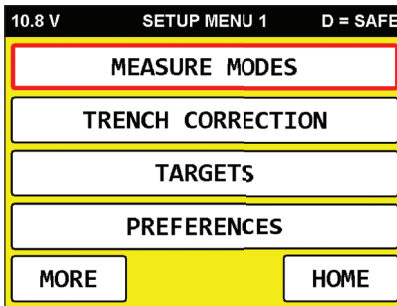
### 3.7.1 Selección de profundidad de medición

El densímetro está equipado con detección automática de profundidad. El modo de profundidad se puede cambiar al modo manual si es necesario.

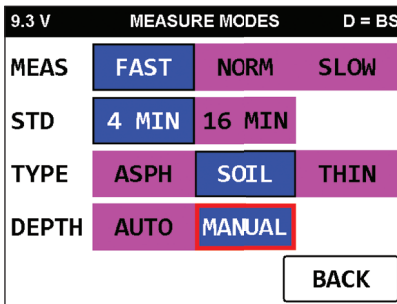
Pulse el botón **SETUP** en la pantalla para entrar en **SETUP MENU 1**.



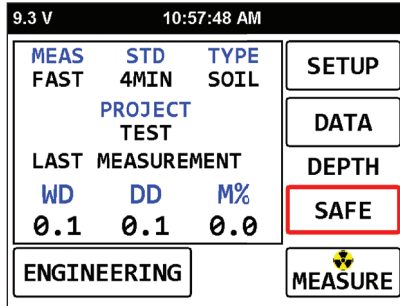
Pulse **MEASURE MODES** para entrar en el **MENÚ MODOS DE MEDIDA**.



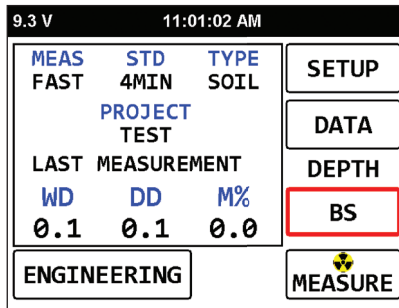
Pulse **AUTO** o **MANUAL** para seleccionar el tipo de profundidad deseado.



Cuando el indicador está en modo manual, la pantalla principal ahora mostrará un botón delineado alrededor de la posición **DEPTH** como se ve a continuación:



Presione la tecla **SAFE** y la **DEPTH** avanzará a Retrodispersión.

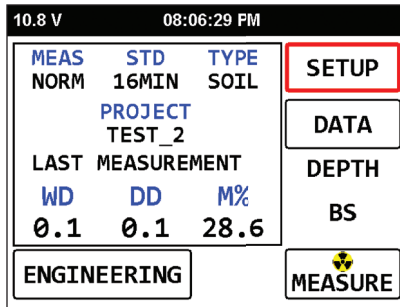


Ahora presionando la tecla **BS** avanzará a **DEPTH 2** y así sucesivamente.

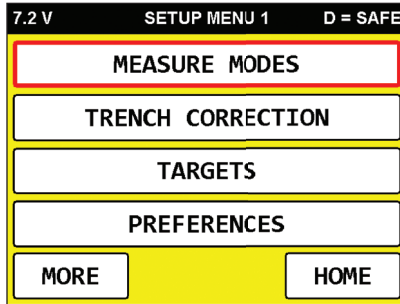


### 3.7.2 Selección del tiempo de medición

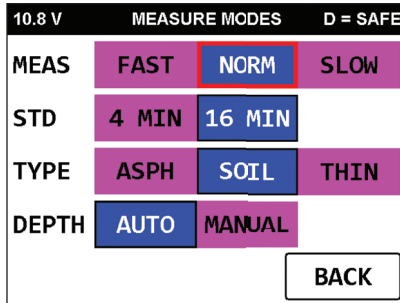
Pulse el botón **SETUP** en la pantalla para entrar en **SETUP MENU 1**.



Presione **MEASURE MODES** para entrar en el **MENÚ MODOS DE MEDIDA**.



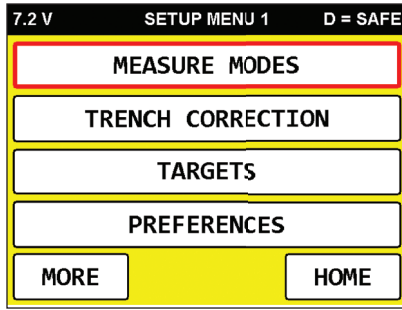
Pulse **FAST**, **NORM** o **SLOW** para seleccionar la medición de tiempo deseada.



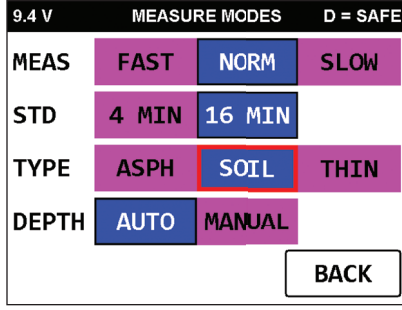
### 3.7.3 Selección del tipo de medición

Antes de que se pueda tomar una medición, se debe seleccionar el material bajo prueba, es decir, (ASFALTO/SUELO/CAPA DELGADA).

Pulse **MEASURE MODES** para entrar en el **MENÚ MODOS DE MEDIDA**.



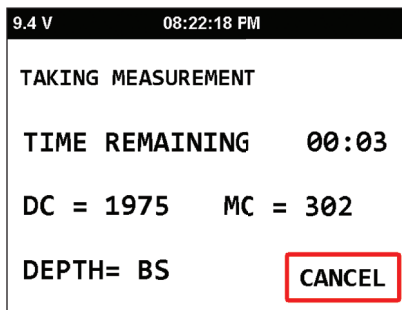
Presione **ASPH**, **SOIL** o **THIN** para seleccionar el tipo de medición deseado.



#### 3.7.3.1 Mediciones de asfalto

Establezca el modo en Asfalto como se describe anteriormente. Establezca la profundidad de la varilla a la profundidad deseada y presione la tecla **MEASURE**. **NOTA:** Tanto la retrodispersión como la transmisión directa pueden ser utilizadas para Asfalto. Este último rara vez se usa debido a la naturaleza destructiva de hacer el orificio de transmisión directa..

Presione **MEASURE** en la pantalla y la pantalla se mostrará como:



Después de que haya transcurrido el contador **TIEMPO RESTANTE**. La densidad húmeda (WD) y el porcentaje Marshall (%MA) aparecerán en la pantalla. Dado que el canal de humedad está midiendo Hidrógeno, los resultados mostrados se aproximarán al Contenido de Asfalto (AC) de la mezcla. La profundidad de medición será de 100mm (4 pulgadas) o incluso más dependiendo del contenido real de asfalto.

9.4 V		RESULTS PG 1	
WD =	84.8	AC =	111.8
%MA =	55.8	M =	44.8
		MAX =	152.0
DEPTH		<b>NEXT</b>	DONE
BS			

Presione **NEXT** para avanzar a la siguiente página de resultados.

9.4 V		RESULTS PG 2	
DC =	2004.3	DS =	3260.5
MC =	310.5	MS =	335.3
VR =	3.2	%AV =	4.4
DEPTH		<b>NEXT</b>	DONE
BS			

Los recuentos de densidad (DC), el estándar de densidad (DS), los recuentos de humedad (MC) y el estándar de humedad (MS) indicarán los recuentos utilizados para determinar los datos calculados. La relación de vacío (VR) y el porcentaje de vacíos de aire (%AV) se calculan junto con la **PROFUNDIDAD** a la que se tomó la medición.

Mueva la manija de nuevo a la posición **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. Mientras los datos de medición estén presentes en los registros activos, la posición del mango en la que se tomaron los datos permanece en la pantalla.

### 3.7.3.2 Mediciones de capa delgada de asfalto

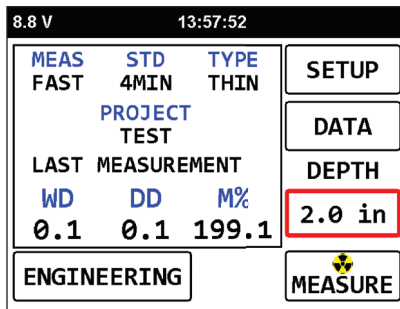
Actualmente no hay densímetros Thin-Lift verdaderos disponibles del tipo de superficie. Todos realizan una o dos mediciones a profundidades mayores que el espesor deseado y calculan la densidad aparente de la capa superior utilizando la respuesta de profundidad variable del Calibre en el modo de retrodispersión. El mayor problema con ellos es que la precisión resultante es tan pobre que la validez de los resultados es cuestionable.

El **HS-5001NX** utiliza el principio Nomógrafo donde la densidad del material subyacente se conoce a partir de mediciones previas. A continuación, se calcula la densidad de la capa superior.

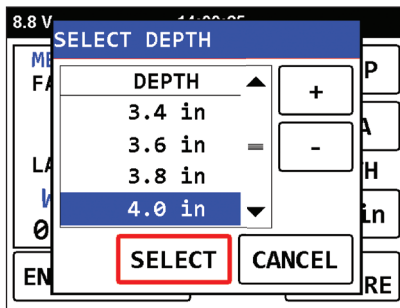
La densidad del material subyacente debe ingresarse en el registro **LWD** como se describe en la sección 3.3.4 Densidad de materiales subyacentes.

A continuación, el **MODO DE MEDIDA** debe configurarse en **DELGADO** como se describe en la sección 3.7.2 Selección del tipo de medición.

La pantalla principal ahora mostrará el grosor bajo **DEPTH** como se muestra a continuación:



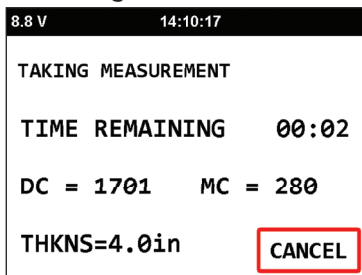
Pulse el valor bajo el botón **DEPTH** 2.0 en la pantalla para seleccionar el grosor deseado para el material que se va a medir.



Usando las teclas + o - en la pantalla, seleccione la profundidad deseada y presione Select para aceptar.

Los incrementos son de 5mm (0.2 pulgadas) y el rango máximo es de 25mm (1.0 pulgadas) a 160mm (6.4 pulgadas). Este último valor incluye el 100% de la respuesta máxima del Calibre a la densidad en el modo de retrodispersión. Después de introducir el grosor deseado. Fije la barra de índice a la retrodispersión.

Los resultados ahora mostrarán el grosor en la ventana de resultados en lugar de la profundidad.



Mueva la manija de nuevo a la posición **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. En tanto los datos de medición estén presentes en los registros activos la posición del mango en la que se tomaron los datos permanece en la pantalla. Borre los datos pulsando Descartar o Guardar como en 3.7.2.3. La pantalla volverá a indicar correctamente **SAFE**. Para volver a ver los resultados de la medición actual desde el menú principal o una prueba guardada, consulte la sección 3.7.2.5.

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

### Espesor

mm	pulgada	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 indicador no se ve afectado relativamente por ningún cambio en la densidad. De hecho, un gran cambio en la densidad por debajo de 75mm (3 pulgadas) tiene muy poco efecto.

Siempre hay una cuestión de cuándo utilizar el método nomógrafo. En la siguiente tabla se presenta cierta información como pauta. Dado que la mejor precisión que uno puede esperar para una medición de densidad de retrodispersión, incluso asumiendo correcciones para la química, es de aproximadamente 2.0%, entonces intentar corregir la densidad de la capa inferior cuando causa menos de un error del 2% es inútil. Las condiciones señaladas dentro de un \* son aquellas en las que se recomienda la corrección nomográfica.

### Errores debidos al grosor de la alfombrilla

Capa superior		% Error sin corrección para % de diferencia en densidad						
mm	pulgada	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

Si bien la tabla puede parecer confusa, simplemente establece que, por ejemplo, uno debe corregir un grosor de estera de 37.5 mm (1.5 pulgadas) solo cuando la diferencia entre la densidad de la capa superior y la capa inferior es del 6% o más. Si el tapete es de 50 mm (2.0 pulgadas), utilice el nomógrafo cuando la diferencia de densidad sea del 10% o más.

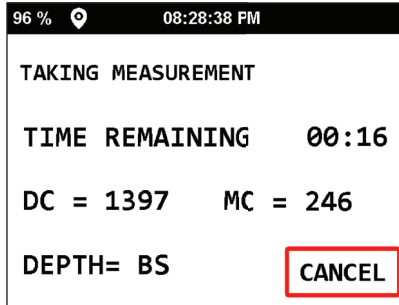
Dado que rara vez se encuentra una diferencia de densidad superior al 10%, uno solo necesita preocuparse cuando el grosor de la estera es de 50 mm (2.0 pulgadas) o menos.

Si los procedimientos de campo implican establecer una densidad de paso usando una tira reactiva, entonces solo las densidades relativas son importantes y no es necesario realizar correcciones.

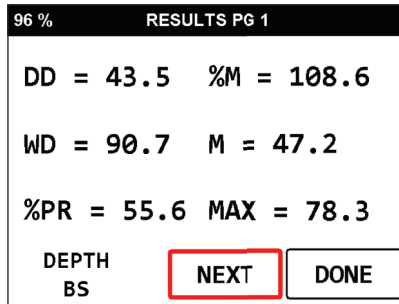
### 3.7.3.3 Mediciones del suelo

Establezca el modo de medida en Soil como se describe anteriormente en 3.7.2 Selección del tipo de medición.

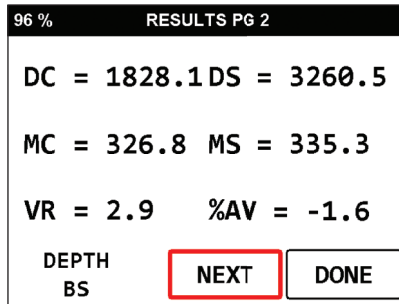
Presione el botón **MEASURE** en la pantalla y la pantalla se mostrará como a continuación:



Después de que haya transcurrido el contador **TIEMPO RESTANTE**. La densidad seca (DD), la densidad húmeda (WD), el porcentaje de humedad (% M), la densidad húmeda (WD), el contenido de humedad (M) y el porcentaje de proctor (%PR) aparecerán en la pantalla.



Presione **NEXT** para avanzar a la siguiente pantalla de datos como se muestra a continuación:



Al presionar **NEXT** de nuevo, volverá a pasar por los menús de resultados de datos. Los recuentos de densidad (DC), el estándar de densidad (DS), el estándar de humedad (MS) y los recuentos de humedad (MC) indicarán los recuentos utilizados para determinar los datos calculados.

La relación de vacío (VR) y el porcentaje de vacíos de aire (%AV) se calculan junto con la PROFUNDIDAD a la que se tomó la medición.

Este último es bastante útil para asegurar que la calibración de humedad incluyendo el **KVAL** utilizado se ajuste a la química del suelo.

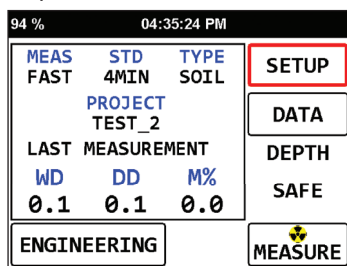
Un suelo bien compactado debe tener vacíos de aire entre 3% y 5%. Si el valor es negativo, los datos comparativos deben ejecutarse con el horno seco u otros métodos aceptables para determinar el **KVAL** correcto.

Mueva la manija de nuevo a la posición **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. Mientras los datos de medición estén presentes en los registros activos, la posición del mango en la que se tomaron los datos permanece en la pantalla.

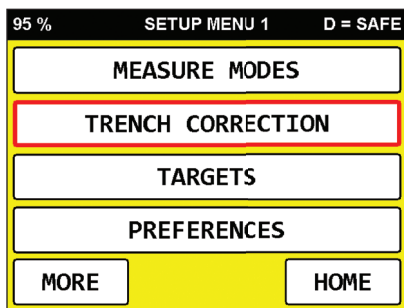
### 3.7.3.4 Mediciones de suelo en trincheras

Las mediciones de humedad realizadas en trincheras están sujetas a error, debido al agua en las paredes de la zanja. Se incluye un software especial (corrección de trincheras) para compensar este error. Hacer mediciones en una zanja requiere algunas precauciones. El blindaje adicional de los detectores ha minimizado estos efectos en los densímetros modelo 5001 si se toman algunas precauciones. El calibre no debe usarse en una zanja donde la distancia entre las paredes sea inferior a 600mm (24 pulgadas). Cuando se hacen los conteos estándar, deben hacerse en la trinchera. Si el punto a medir es menor, entonces 400 mm (16 pulgadas) y el estándar de referencia deben colocarse 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 estar orientado hacia la pared más cercana de la zanja. Si la zanja mide 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.

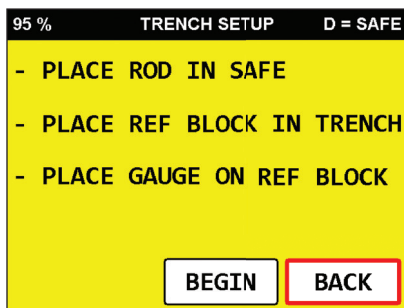
Establezca el modo de medida en **SOIL** como se describe anteriormente en 3.7.2 Selección del tipo de medición. Primero, coloque el Calibre en su Estándar de Referencia en la misma ubicación de la zanja donde se va a realizar una medición. Con el mango del indicador en la posición **SAFE**. Desde el menú principal, presione **SETUP** como se muestra a continuación:



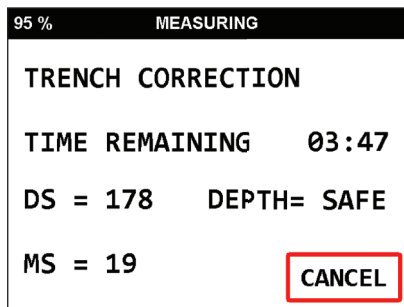




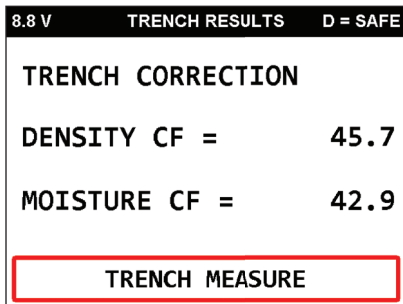
A continuación, presione **TRENCH CORRECTION** para comenzar.



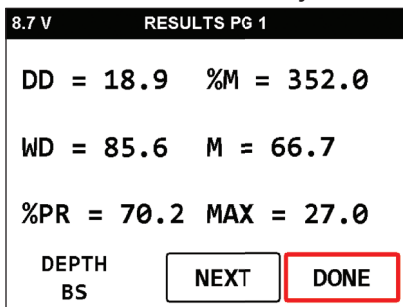
Pulse **BEGIN** para iniciar la **CORRECCIÓN DE TRINCHERA**.



Se inicia un conteo de cuatro minutos indicando que se está determinando una corrección para dar cuenta del agua en las paredes de la zanja. Se utilizan cuatro minutos para producir una precisión suficiente para determinar el valor; de lo contrario, el factor de corrección puede producir un error mayor que el error de zanja.



Presione **TRENCH MEASURE** para tomar la medición en la zanja. Una vez completada la medición, el densímetro mostrará los resultados basados en los factores de corrección de zanja.



El indicador no permanecerá en el modo de corrección de trincheras después de que se haya realizado la prueba. Cada medición de zanja deberá tener un individuo, la corrección de trincheras antes de tomar una medición.

Cuando se complete el recuento, aparecerán tanto el factor de corrección de densidad como de humedad en la pantalla, que es la diferencia entre el recuento estándar de humedad fuera de la zanja y el mismo estándar dentro de la zanja.

### 3.8 Procesamiento de los resultados

La **DENSIDAD HÚMEDA** se obtiene usando la siguiente ecuación:

$$CR = Ae-BD - C$$

Donde: CR = Recuento de medición de densidad (DC)  
dividido por Recuento estándar de densidad (DS)

D = Densidad húmeda del material

@ profundidad X A, B, C = Constantes de calibración @ profundidad X

Además, el **CONTENIDO DE HUMEDAD** se obtiene simplemente usando la siguiente ecuación:

$$CR = E + FM$$

Donde: CR = Recuento de medición de humedad (MC)  
dividido por Recuento estándar de humedad (MS)

M = Contenido de humedad

E, F = Constantes de Calibración

La **DENSIDAD SECA** se obtiene restando el **CONTENIDO DE HUMEDAD** de la **DENSIDAD HÚMEDA** y el **PORCENTAJE DE HUMEDAD** se obtiene dividiendo el **CONTENIDO DE HUMEDAD** por la **DENSIDAD SECA**.

El procesador realiza las funciones, que producen los resultados sin consultar tablas, o transferir datos a una calculadora portátil. Esto disminuye el potencial de error del operador. El procesador también compensa el coeficiente de atenuación del hidrógeno, que es muy diferente de los suelos.

Si la medición se realizó en concreto asfáltico, solo la **DENSIDAD HÚMEDA** tiene algún significado, sin embargo, el **PORCENTAJE DE HUMEDAD** calculado se aproximará de cerca al contenido de asfalto de la mezcla.

Antes de procesar realmente los datos, la pantalla debe indicar la profundidad real a la que se realizó la medición. Esto se establece usando la tecla "F4" en el modo de profundidad manual o configurada automáticamente por la red de indexación automática. La pantalla solo indicará profundidades calibradas y el valor será en milímetros o pulgadas como preestablecido en el instrumento.

El **KVAL** debería haberse colocado previamente en el procesador como se explica en 3.3.2.

### 3.8.1 Control de compactación

Generalmente, 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 concreto asfáltico.

Si la densidad máxima deseada se ha colocado en el registro utilizando la tecla "MAX D" como se describe en 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 asfáltica.

### 3.8.2 Proporción de vacío

Por definición, la relación de vacío (VR) es la relación entre el volumen del vacío y el volumen de los sólidos. Para realizar este cálculo, es necesario que el procesador conozca la gravedad específica de los sólidos. Hay estándar pruebas de laboratorio para realizar esta determinación. Si no se conoce la verdadera gravedad específica, se puede usar el valor de 2.70 para producir relaciones de vacío aproximadas.

La gravedad específica se puede introducir como se describe en 3.3.3. El "VR" realizará los cálculos necesarios y mostrará el resultado en "VR = XXX.X". No se hace ningún intento de permitir correcciones de rocas ya que se desconoce el volumen de roca más grande.

La relación de vacío 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 volumen de aire como porcentaje del volumen total. Se debe conocer la gravedad específica de los sólidos y haber sido ingresados como se describe en 3.3.3. Si el cálculo se realiza para hormigón asfáltico, el cálculo normal del PORCENTAJE DE HUMEDAD para suelos deberá ajustarse mediante el uso de "KVAL" para estar de acuerdo con el contenido asfáltico de la mezcla. El cálculo se realiza mediante "% 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 de 5.0% puede ser causado por una compactación incompleta o la necesidad de aumentar el KVAL en una dirección positiva (no necesariamente un número positivo pero quizás uno menos negativo).

## 3.9 Reempaquetar el equipo

Después de su uso, asegure el equipo: Primero, cierre la manija en la

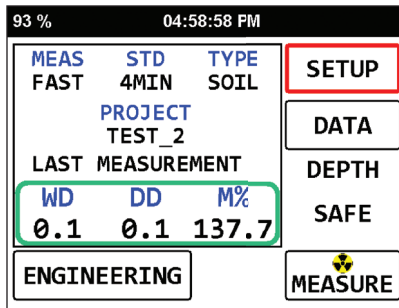
posición “segura” e instale el candado. Después de haber limpiado el indicador y el estándar de referencia para eliminar toda la suciedad y la humedad, colóquelos en la caja de tránsito y bloquee el pestillo de la caja. Esta doble seguridad se proporciona para evitar el acceso no autorizado al Instrumento y posibles lesiones. Limpie los accesorios y colóquelos en la funda de accesorios con cremallera para evitar pérdidas.

## 4 Menús

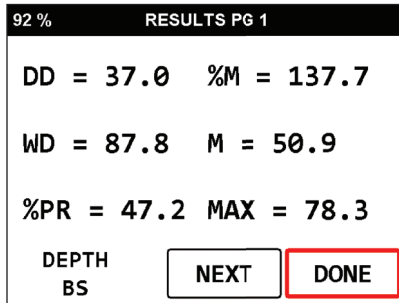
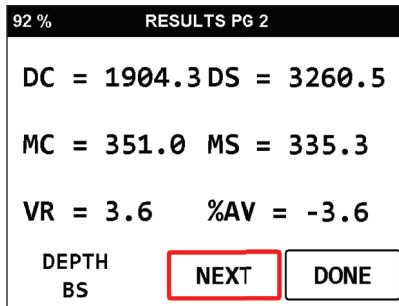
### 4.1 Menú de Datos

#### 4.1.1 Ver medición actual

Para ver la medida actual, simplemente presione en la pantalla donde está delineada en VERDE que se muestra a continuación.:



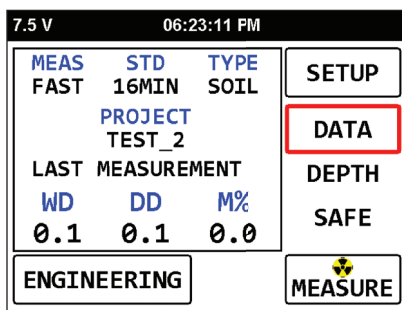
A continuación verá las páginas de RESULTADOS.



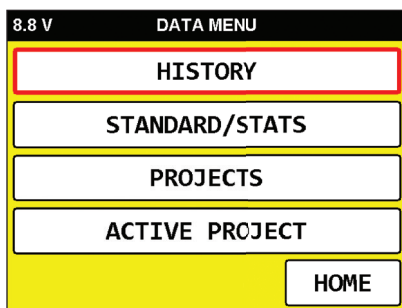
Al presionar **NEXT**, se alternará entre la primera y la segunda página de los resultados. Presione **DONE** para salir al menú principal.

#### 4.1.2 Ver el historial de mediciones

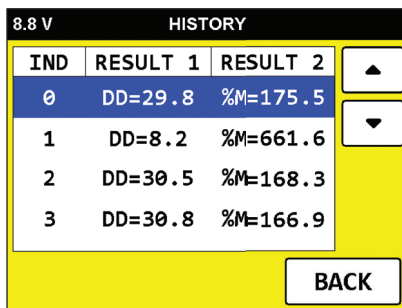
Pulse **DATA** para entrar en el menú de datos.



Desde el **MENÚ DATOS**, pulse **HISTORY** para ver todas las medidas.

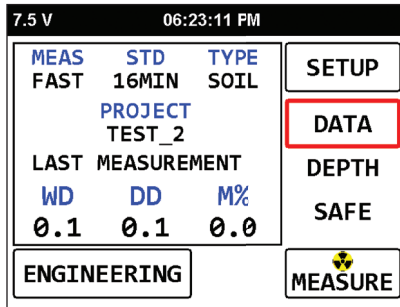


A continuación se muestra la lista de medidas. El índice 0 siempre será la última medición que se tomó.

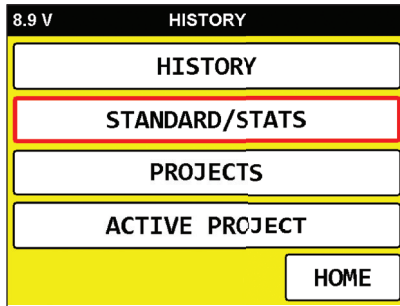


### 4.1.3 Estándar Actual/Recuento Estadístico

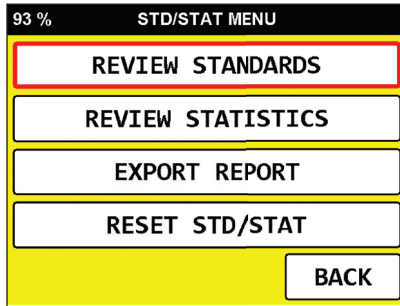
Pulse **DATA** para entrar en el menú de datos.



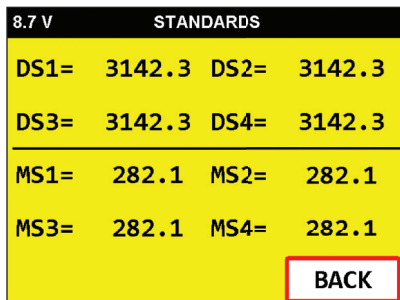
Presione **STANDARD/STATS** para ingresar al menú **STD/STAT**.



Presione **REVIEW STANDARDS** para mostrar los últimos cuatro estándares.



Este menú le mostrará los últimos cuatro recuentos de densidad y humedad. Al presionar **BACK**, volverá al menú **STD/STAT** como se ve aquí:



Al presionar **REVIEW STATISTICS** se ingresará a las Estadísticas como se muestra:

91 %		STATISTICS	
MIN	RESULT 1	RESULT 2	
1	3129.4	280.5	+
2	3161.7	288.1	-
3	3129.8	281.8	
4	3128.3	289.9	

DEPTH

< SAFE > BACK

Al presionar las teclas + y -, se navegará hasta el minuto deseado.

Al presionar las < and > flechas, se navegará a la profundidad deseada. RESULT 1 muestra los recuentos de densidad por medición. RESULT 2 muestra los recuentos de humedad por medición. Presionar BACK te llevará al menú STD/STAT.

Al presionar EXPORT REPORT, se exportarán todos los datos estándar y estadísticos a una unidad USB en formato.csv.

91 %		STD/STAT MENU	
REVIEW STANDARDS			
REVIEW STATISTICS			
EXPORT REPORT			
RESET STD/STAT			
			BACK

Al presionar **RESET STD/STAT** se borrarán los registros de los estándares actuales y se recargarán los estándares desde la calibración de fábrica.

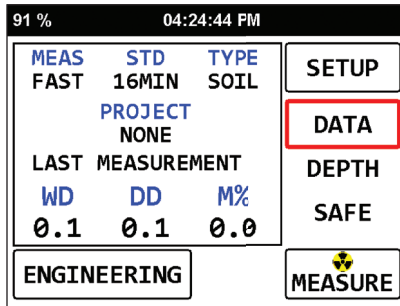
91 %		STD/STAT MENU	
REVIEW STANDARDS			
REVIEW STATISTICS			
EXPORT REPORT			
RESET STD/STAT			
			BACK



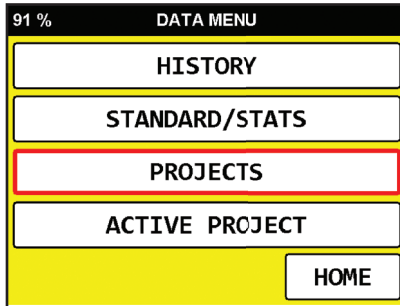
## 4.2 Configuración de Proyectos

Esta configuración permite la entrada de datos relativos al proyecto (s) en el que se está utilizando el indicador.

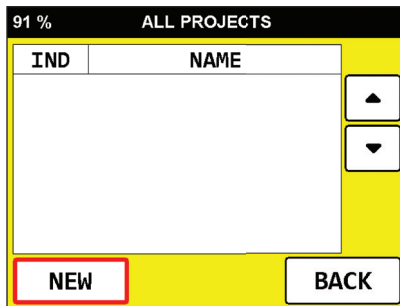
Pulse **DATA** desde la pantalla principal para entrar en el **MENÚ DATOS**.



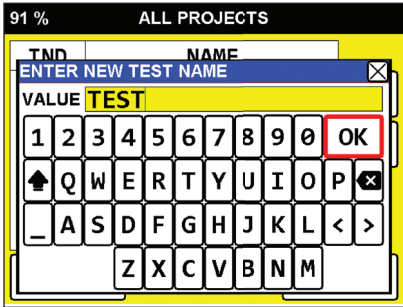
Pulse **PROJECTS** para entrar en el **MENÚ PROYECTOS**.



Para crear un nuevo proyecto, presione **NEW** y aparecerá el alfanumérico para nombrar el proyecto como se muestra a continuación:

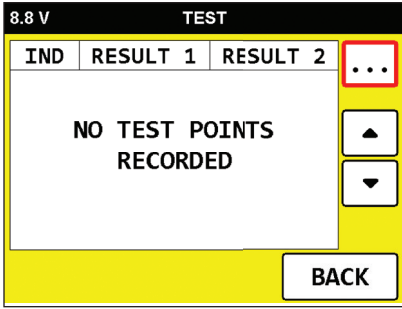


Nombre el proyecto y presione **OK** para continuar.



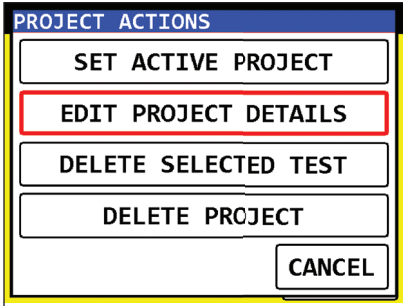
Ahora verá el nombre del proyecto que acaba de crear en la barra de tareas en la parte superior de la pantalla.

Presione el **...** en la esquina superior derecha de la pantalla para avanzar al menú **ACCIONES DEL PROYECTO**.



### 4.2.1 Editar proyectos

Pulsa **EDIT PROJECT DETAILS** para establecer los valores específicos del proyecto para el material en el que vas a trabajar.



Esta pantalla le permitirá ajustar los objetivos específicos del proyecto.

91 %	TEST	D = SAFE
MAX DENSITY [MAXD] PCF	148.5	
LOW DENSITY [LWD] PCF	125.0	
MOISTURE ADJUST [KVAL] %	00	
SPEC. GRAVITY [SPG]	2.700	
<b>MORE</b>	SAVE	CANCEL

Pulse **MORE** para avanzar al siguiente menú de edición del proyecto. Esta pantalla le permitirá configurar el ID de estación y la descripción del proyecto.

91 %	TEST	D = SAFE	
STATION FROM	0	+	0
STATION TO	0	+	0
PROJECT DESC.	NA		
<b>MORE</b>	SAVE	CANCEL	

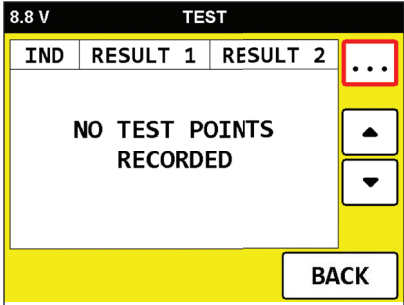
Pulse **MORE** para avanzar al siguiente menú de edición del proyecto. Aquí puede editar el nombre del proyecto si lo desea.

91 %	TEST	D = SAFE	
PROJECT NAME			
TEST			
<b>MORE</b>	SAVE	CANCEL	

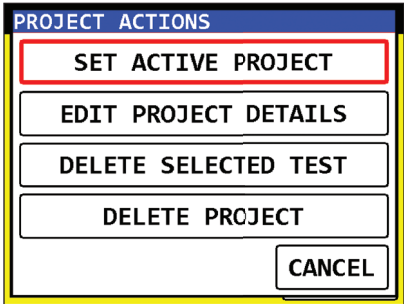
Si pulsa **MORE** de nuevo, volverá al menú Objetivos del proyecto.

91 %	TEST	D = SAFE	
MAX DENSITY [MAXD] PCF	148.5		
LOW DENSITY [LWD] PCF	125.0		
MOISTURE ADJUST [KVAL] %	00		
SPEC. GRAVITY [SPG]	2.700		
MORE	<b>SAVE</b>	CANCEL	

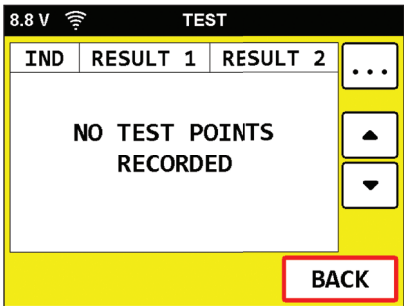
Presione **SAVE** para almacenar los cambios y luego se mostrará la siguiente pantalla.



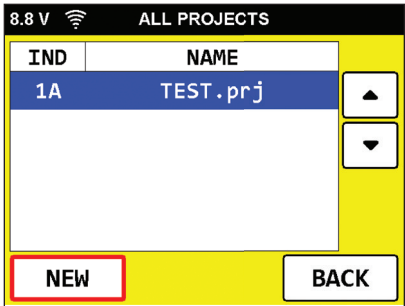
Presione el **...** en la esquina superior derecha de la pantalla para avanzar al menú **ACCIONES DEL PROYECTO**.



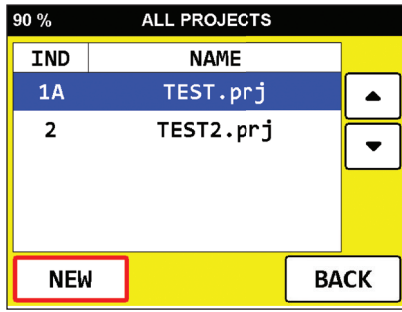
Pulse **SET ACTIVE PROJECT** para activar el registro del proyecto para almacenar los datos de medición en la carpeta del proyecto.



Presione la tecla **BACK** para ingresar a las carpetas del proyecto como se muestra a continuación:



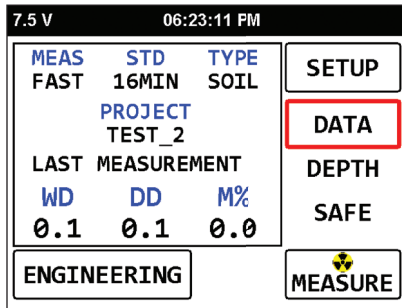
Nota: La "A" situada junto al número en la columna índice indica que el proyecto está activo. **TEST** es el proyecto activo actual como se ve a continuación.



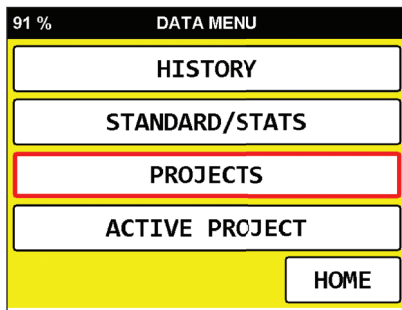
#### 4.2.2 Exportar datos

Los datos se pueden exportar a una unidad USB o a través de una conexión serie. El usuario puede exportar la lista completa del historial o el historial de pruebas del proyecto individual. **NOTA:** La opción de conexión serie es una instalación de fábrica solamente. Para exportar el historial de un proyecto.

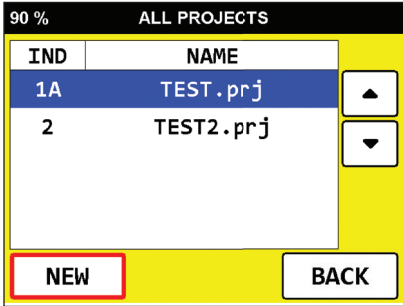
Pulse **DATA** desde la pantalla principal para entrar en el **MENÚ DATOS**.



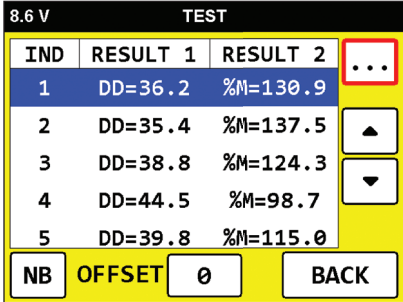
Pulse **PROJECTS** para entrar en el **MENÚ PROYECTOS**.



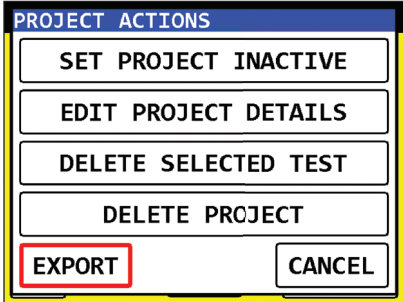
Presione en la carpeta de proyecto deseada.



Presione el [...] en la esquina superior derecha de la pantalla para avanzar al menú ACCIONES DEL PROYECTO.



En el menú Acciones del proyecto, presione EXPORT.

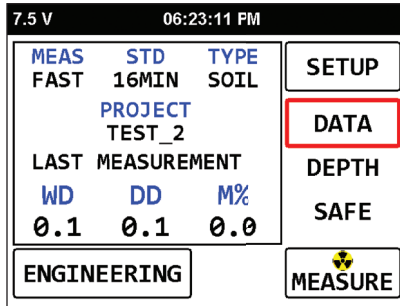


Presione USB para exportar un archivo.csv del historial del proyecto para ser visto en Excel.

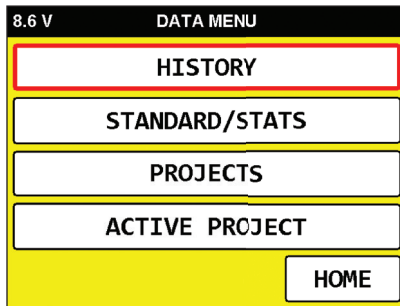


## Para exportar todo el historial.

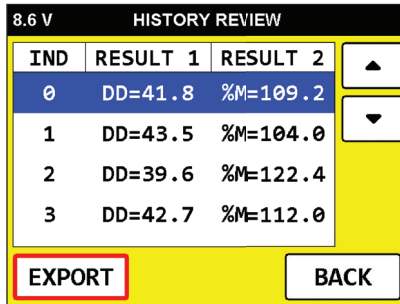
Pulse **DATA** desde la pantalla principal para entrar en el **MENÚ DATOS**.



Pulse **HISTORY** en el **MENÚ DE DATOS**.



Pulse **EXPORT** en **REVISIÓN DEL HISTORIAL**.

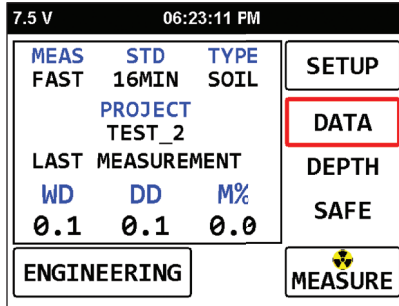


Presione **USB** para exportar un archivo.csv del historial del proyecto para ser visto en Excel.

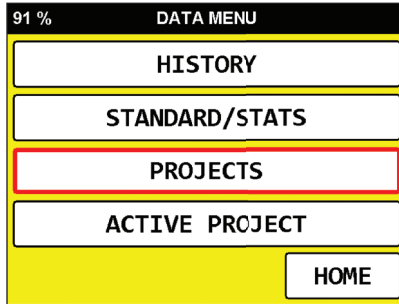


### 4.2.3 Eliminar proyecto/prueba de campo

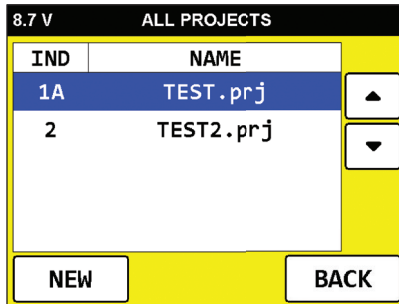
Presione DATA desde la pantalla de inicio.



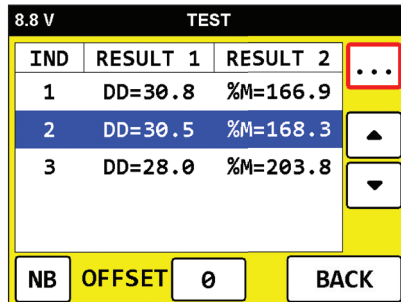
Pulse PROJECTS para entrar en el MENÚ PROYECTOS.



Seleccione el proyecto de la prueba que desea eliminar.

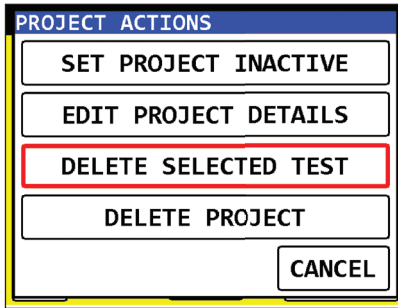


En este ejemplo eliminaremos la prueba de campo 2 como se resalta a continuación: Seleccione primero la prueba y luego presione [...] en la esquina superior derecha.

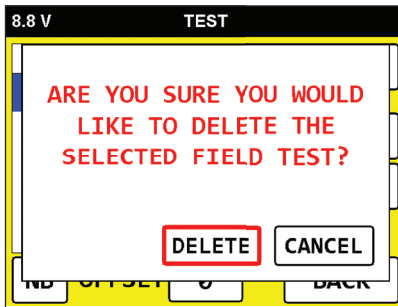




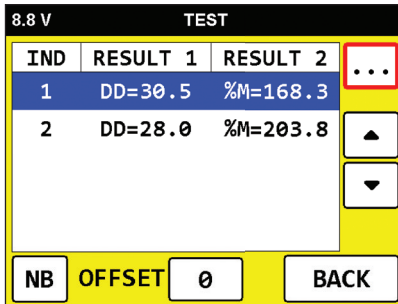
A continuación, presione **DELETE SELECTED TEST**.



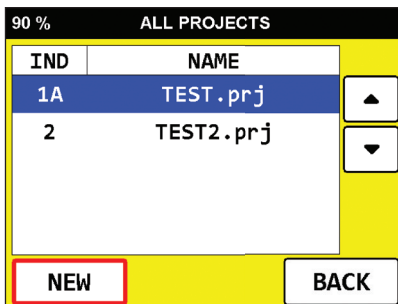
Pulse **DELETE** para eliminar la prueba de campo seleccionada.



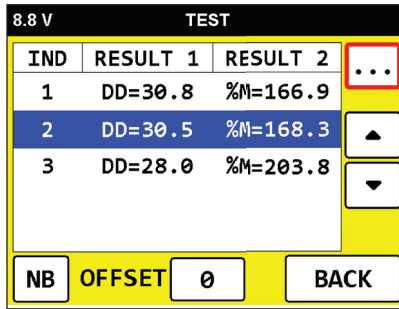
**Nota:** El número de prueba 2 ahora se ha eliminado y la prueba 3 ahora en la posición de prueba 2.



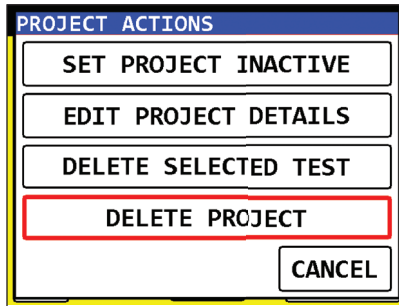
Los siguientes pasos mostrarán cómo eliminar un proyecto completo. En el menú Proyectos, seleccione el proyecto que desea eliminar.



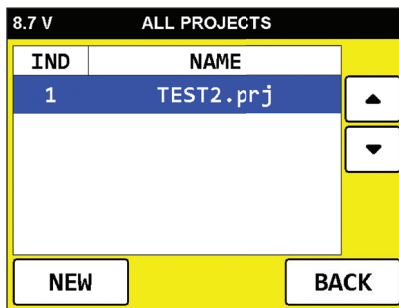
Presione **...** en la esquina superior derecha.



Pulse **DELETE PROJECT**.



Pulse **DELETE** para confirmar la eliminación del proyecto seleccionado.

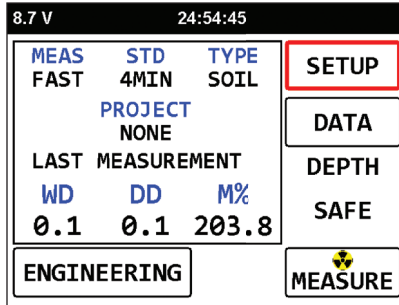


**Nota:** El proyecto que eliminamos estaba activo, por lo que ahora no habrá ningún proyecto activo hasta que el usuario active un proyecto.

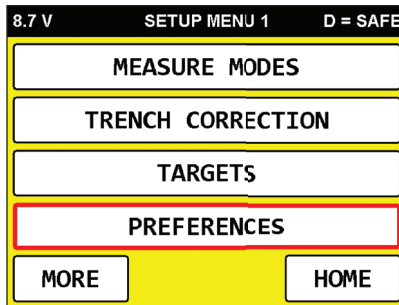
### 4.3 Menús de configuración

La tecla **SETUP** física en la superposición tiene una configuración de menú personalizable que permite al usuario seleccionar qué menú se mostrará cuando se presione la tecla. Hay cinco menús preestablecidos seleccionables disponibles para elegir. Por ejemplo, si utiliza el menú **MODOS DE MEDIDA** con frecuencia, puede preestablecer este menú en la tecla **SETUP** para saltar a este menú rápidamente.

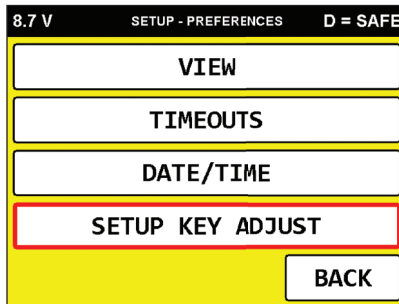
Para cambiar el ajuste preestablecido de la tecla **SETUP**, presione **SETUP** en la pantalla de inicio:



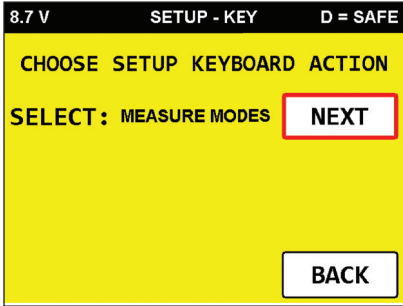
Pulse **PREFERENCES** en la pantalla.



Presione **SETUP KEY ADJUST** para ingresar al menú **TECLA DE CONFIGURACIÓN**.



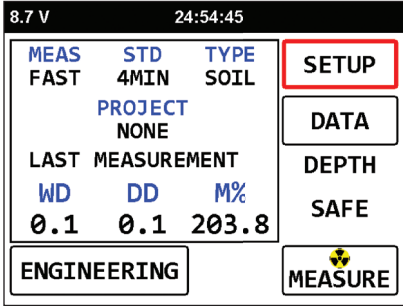
Pulse **NEXT** para recorrer los ajustes deseados.



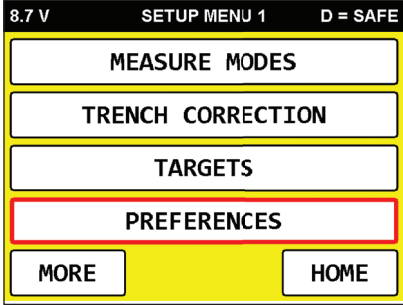
Ahora, cuando presione el botón de **SETUP** de superposición física, saltará directamente al menú de modos de medición.

### 4.3.1 Configuración de hora y fecha

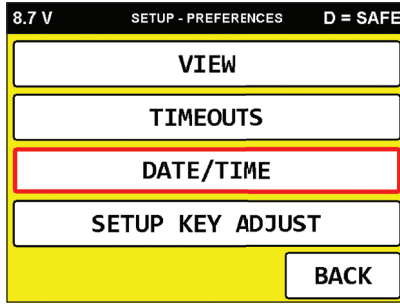
Pulse el botón **SETUP** en la pantalla para entrar en el menú **SETUP**.



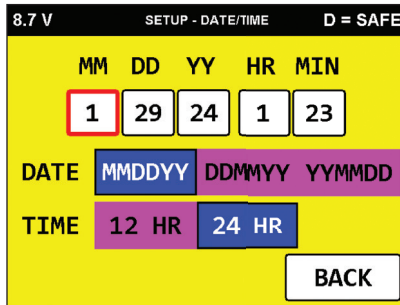
Presione **PREFERENCES** para ingresar al menú de preferencias como se muestra:



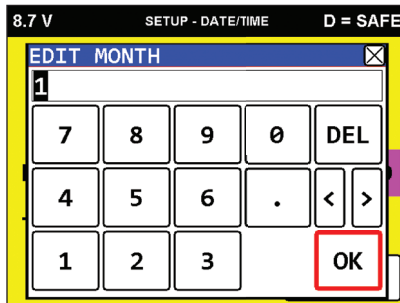
Presione **DATE/TIME** para ingresar al menú de configuración de fecha y hora.



Aquí podrá seleccionar qué campo de la fecha y hora necesita ajustar.



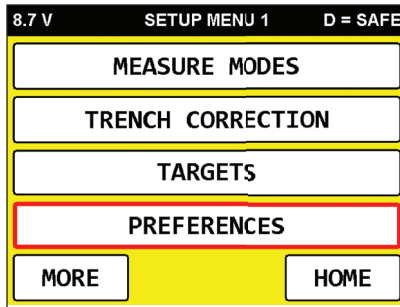
Presione en el campo numérico y aparecerá un teclado emergente.



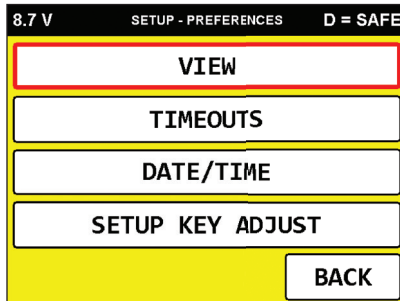
Presione **OK** y el nuevo valor se almacenará automáticamente.

### 4.3.2 Configuración e idioma de las unidades

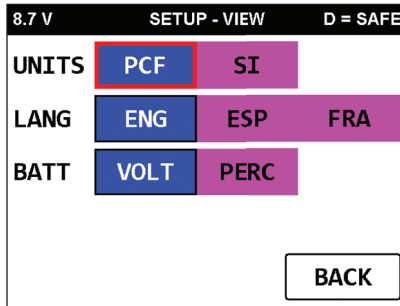
Presione PREFERENCIAS para ingresar al menú de preferencias como se muestra:



Pulse VIEW para cambiar las unidades y la configuración de idioma.



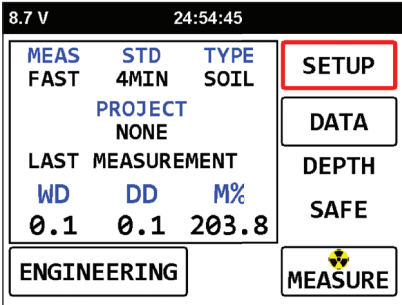
Desde este menú puede cambiar las unidades, el idioma y la batería restantes en voltios o porcentaje.



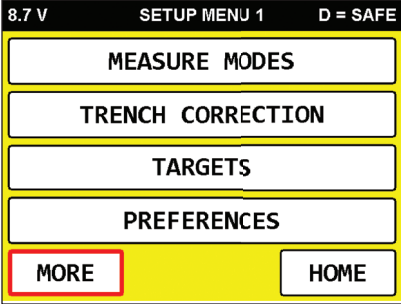
### 4.3.3 GPS

La primera vez que se enciende el Gauge, una nueva ubicación habrá un retraso de hasta 10 minutos para localizar satélites. El sistema requiere un mínimo de 4 satélites para adquirir latitud, longitud y altitud.

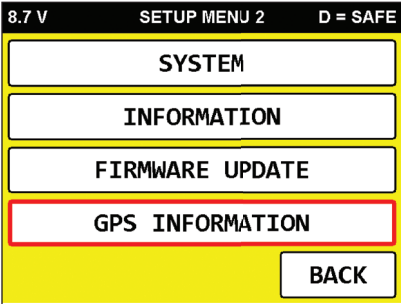
Presione **SETUP** para ingresar al menú Configuración 1.



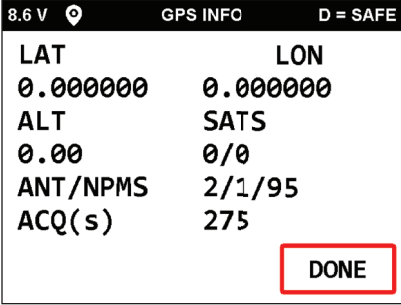
Pulse **MORE** para entrar en el menú Configuración 2.



Presione **GPS INFORMATION** para ingresar al menú Información GPS.



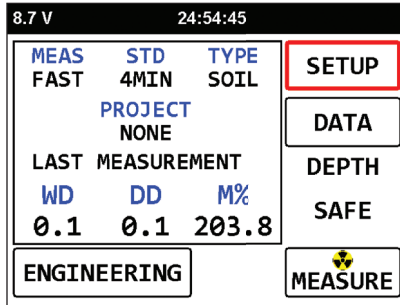
Aquí puede ver la información GPS actual.



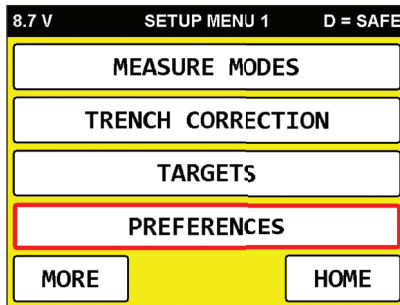
### 4.3.4 Ajustes de energía de tiempos de espera

El menú **TIMEOUTS** le permite ajustar la configuración de energía para conservar la duración de la batería.

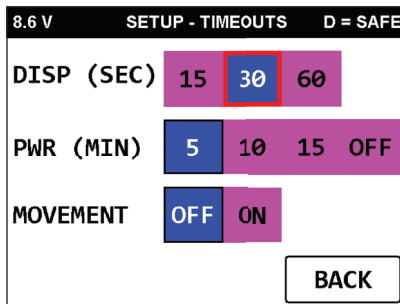
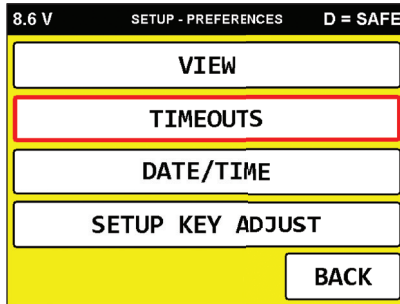
Pulse **SETUP** en el menú principal.



Presione **PREFERENCES** para ingresar al menú de preferencias como se muestra:



Presione **TIMEOUTS** para ingresar al menú para ajustar la configuración de energía.





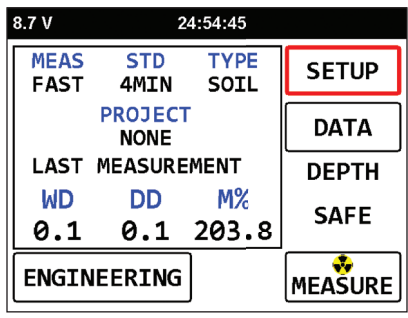
**DISP (SEC)** – Esto establecerá el tiempo de espera en segundos en cuanto a cuándo el densímetro entrará en modo de suspensión. Al presionar cualquier tecla o tocar la pantalla, se volverá a activar.

**PWR (MIM)** – Esto establecerá el tiempo de espera en minutos en cuanto a cuándo se apagará el densímetro.

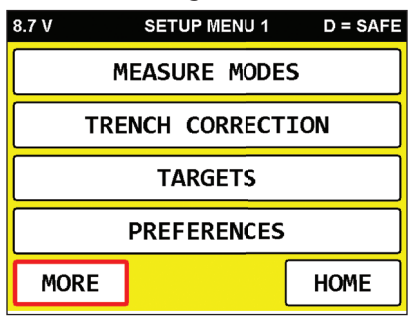
**MOVEMENT** – Cuando se activa esta configuración, el densímetro entrará en modo de suspensión cuando se dé cuenta de que el densímetro ha sido recogido y movido.

### 4.3.5 Configuración del sistema

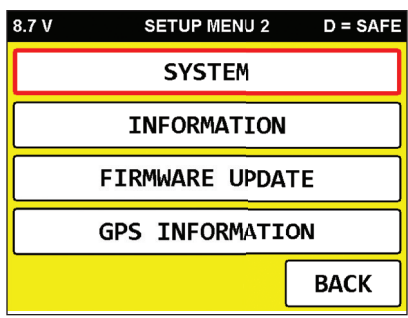
La configuración del sistema permite al usuario ajustar el Beeper, la conexión inalámbrica, la configuración de alimentación del **GPS**, el sensor **ALS** y el control de luz de fondo. Pulse **SETUP** en el menú principal.

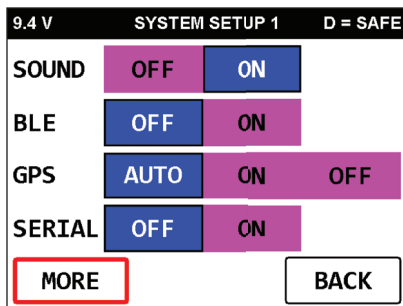


Presione **MORE** en el menú de configuración 1.



Pulse **SYSTEM** en el menú Configuración 2.





**SOUND** – Activa y **desactiva** el pitido de la tecla.

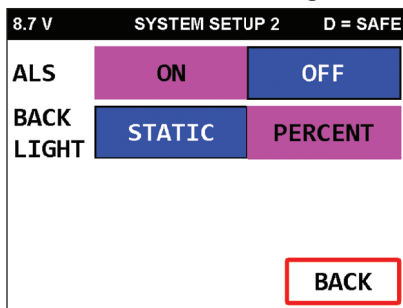
**BLE** – Activa y **desactiva** la conexión inalámbrica.

**GPS** – Establece si quieres que el **GPS** permanezca **ENCENDIDO** todo el tiempo o lo apague.

Cuando el **GPS** está en modo **AUTO**, se encenderá el **GPS** según sea necesario para ahorrar energía.

**SERIAL** – Esta configuración le permite activar la exportación de datos a través de la comunicación en serie si está equipada de fábrica.

Presione **MÁS** para avanzar al menú de configuración del sistema 2.



**ALS** – **Enciende** o **desactiva** el sensor automático de luz. Cuando esta función está activada, el botón Retroiluminación está deshabilitado.

#### **LUZ DE FONDO:**

**STATIC** - configurará el botón de retroiluminación para encender y apagar la luz de fondo.

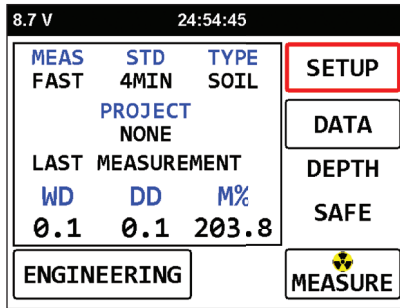
**PERCENT** - configurará el botón de retroiluminación para que pase por 5 niveles de brillo diferentes y luego retroceda cada vez que se presiona la tecla.

#### **4.3.6 Información del sistema**

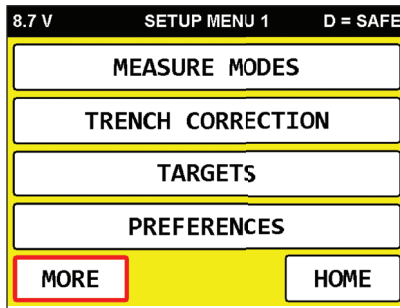
La información del sistema le permitirá al usuario ver la información de contacto y exportar el registro del sistema para obtener ayuda en la reso-

lución de problemas.

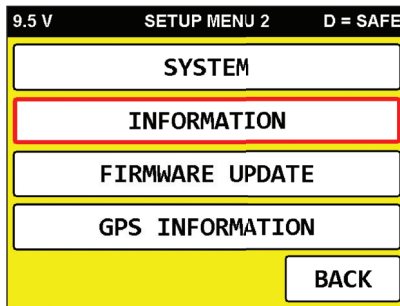
Pulse **SETUP** en el menú principal.



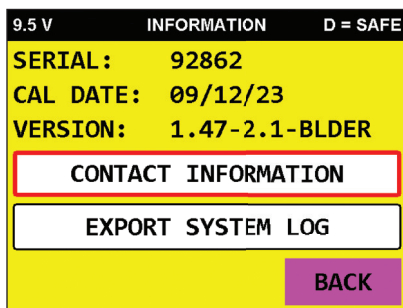
Presione **MORE** en el menú de configuración 1.



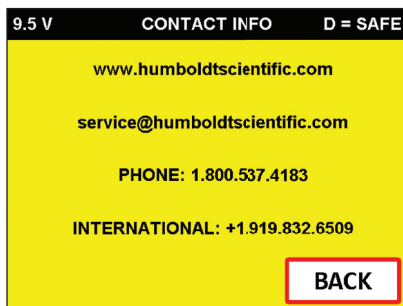
Pulse **INFORMATION** en el menú de configuración 2.



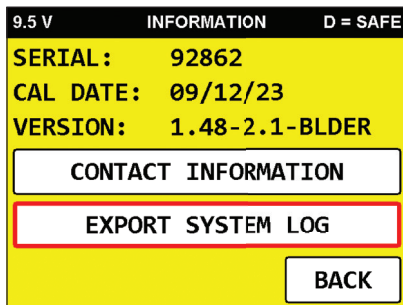
Presione **CONTACT INFORMATION** para ver la información de contacto de Humboldt.



A continuación verá la pantalla de la información de contacto de Humboldt.



Para exportar el registro del sistema a correo electrónico al soporte de Humboldt. Coloque primero una unidad USB en el puerto USB y luego: Desde el menú Configuración 2, presione **EXPORT SYSTEM LOG**.



Se creará un registro del sistema en la unidad **USB** en formato (.txt).

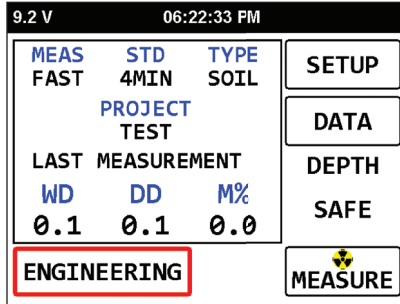
#### 4.4 Menús de ingeniería

##### 4.4.1 Calibración de campo

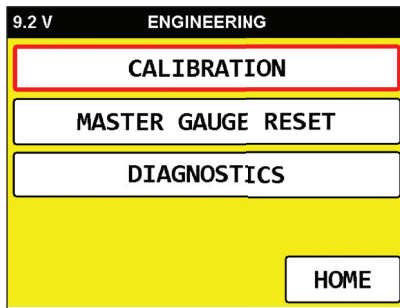
Al igual que con el contenido de agua, los densímetros nucleares pueden tener errores de densidad debido a la composición química del material, pero son mucho menores que los encontrados en las mediciones de humedad. Generalmente, muy pocos materiales distintos de los residuos industriales utilizados como agregados o suelos con alto contenido de hierro requerirán ajuste. La mayoría de las veces, no se requieren correcciones en el modo de transmisión directa a menos que haya errores de

calibración originales. En el modo de retrodispersión, la rugosidad de la superficie o los vacíos de aire superficial pueden requerir una pequeña corrección. Nuevamente, los errores de calibración originales representan un gran porcentaje de este error. El indicador tiene un medio para alterar la calibración de fábrica en un valor de +/- por ciento. Hay nueve conjuntos (CAL1 a CAL9) disponibles, y cada conjunto contiene un valor de ajuste separado para la retrodispersión y las densidades de transmisión directa.

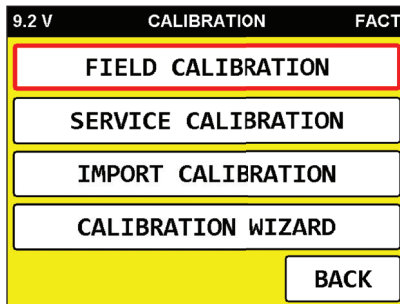
Pulse **ENGINEERING** en el menú principal.



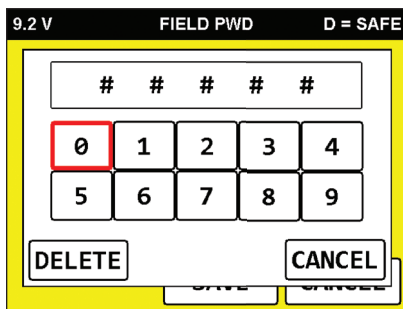
Pulse **CALIBRATION** en el menú Ingeniería.



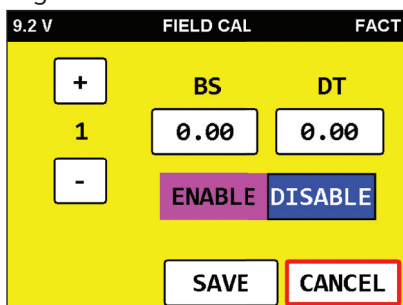
Pulse **FIELD CALIBRATION** en el menú Calibración.



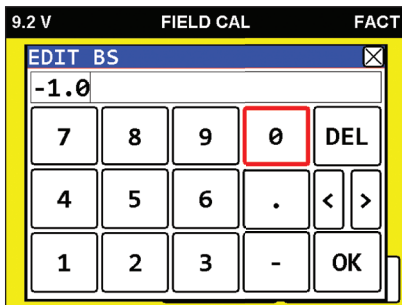
Para ingresar al menú Calibración de campo, debe ingresar la siguiente contraseña **1 1 1 2 3**.



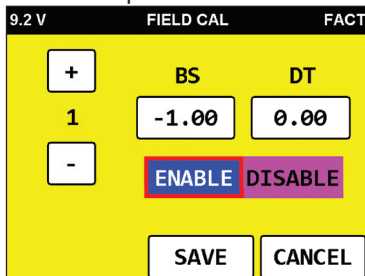
En este ejemplo estableceremos una Calibración de Campo para BS en -1.0% en la posición 1. Presione el cuadro de valor debajo de BS y aparecerá un teclado emergente.



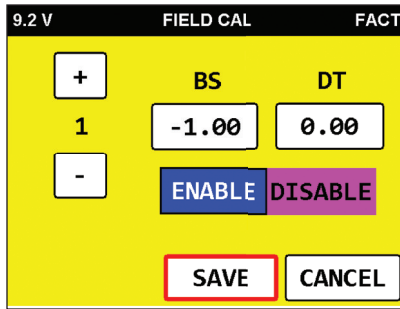
Ingrese -1.0 y presione OK.



A continuación, presione **ENABLE** para usar esta ubicación de calibración de campo almacenada.



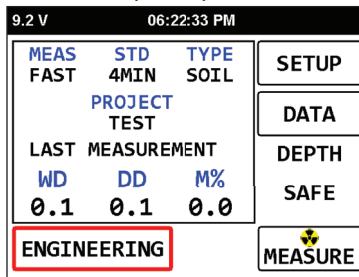
Pulse **SAVE** para almacenar la Calibración de campo.



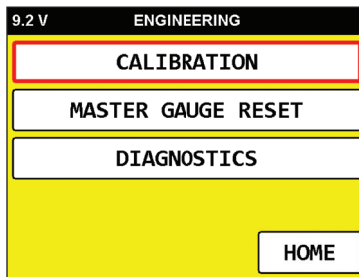
Ahora la Calibración de Campo está guardada y habilitada. Cada medición tomada en Retrodispersión ahora se reducirá en un 1 por ciento.

#### 4.4.2 Calibración de servicio

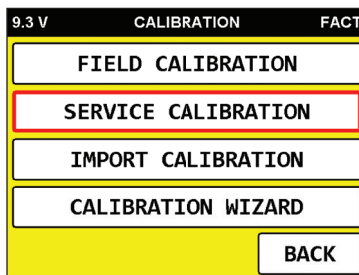
Pulse **ENGINEERING** en el menú principal.



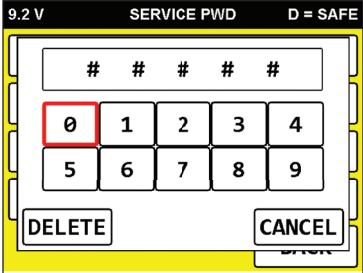
Pulse **CALIBRATION** en el menú Ingeniería.



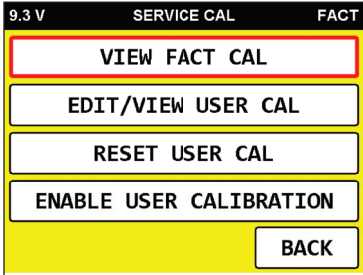
Presione **SERVICE CALIBRATION** para ingresar al menú Calibración de servicio.



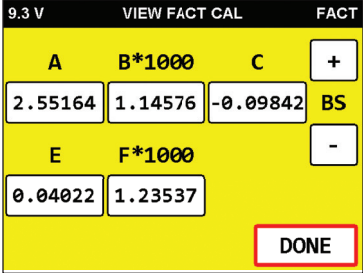
Para ingresar al menú Calibración de servicio, debe ingresar la siguiente contraseña 2 2 2 3 4.



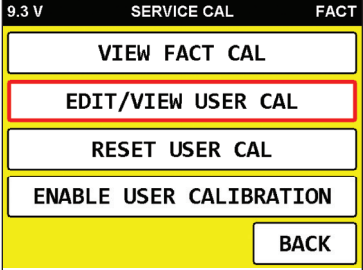
En el menú Calibración de servicio, puede ver la calibración de fábrica, editar y ver la calibración del usuario, restablecer la calibración del usuario a la calibración de fábrica y habilitar o deshabilitar la calibración del usuario. Pulse **VIEW FACT CAL** para ver las constantes de calibración de fábrica.



Aquí puede ver las constantes de calibración de fábrica para cada profundidad. Presione la tecla + o — para avanzar a la profundidad deseada como se ve a continuación:

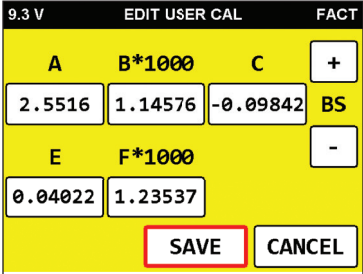


Para editar o ver la calibración del usuario, presione **EDIT/VIEW USER CAL** en el menú Calibración de servicio.

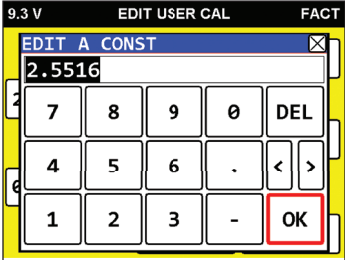




Presione el cuadro de valor debajo de la constante que desea editar y aparecerá un teclado emergente.

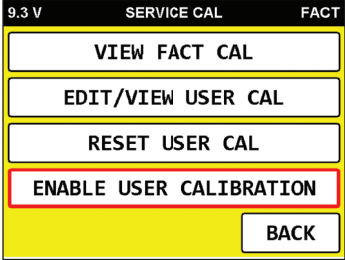


Ingrese el nuevo valor y presione **OK**, a continuación presione **SAVE** cuando haya terminado de cambiar las constantes para cada Profundidad.

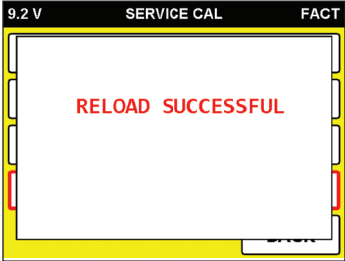


Para que la Calibración del usuario surta efecto, debe habilitar la nueva Calibración de usuario.

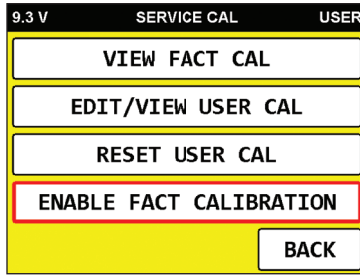
En el menú Calibración de servicio, presione **ENABLE USER CALIBRATION**.



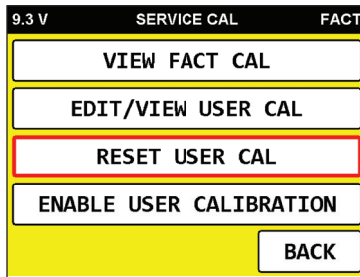
Obtendrá una ventana emergente si la recarga es exitosa y se ve aquí:



En la esquina superior derecha de la pantalla, verá qué calibración está activa.



Al presionar RESET USER CAL, se restablecerá la calibración del usuario para que coincida con la calibración de fábrica.



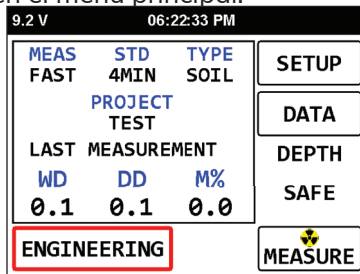
#### 4.4.3 Calibración de fábrica

La Calibración de Fábrica debe ser realizada únicamente por Humboldt o un centro de servicio autorizado.

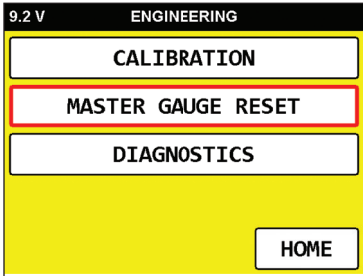
#### 4.4.4 Restablecimiento del indicador maestro

Al realizar el restablecimiento del indicador maestro se borrará la memoria de trabajo del densímetro. Esto borrará los datos estadísticos a lo que se registró en la última calibración de fábrica conocida. Todos los Objetivos Globales se borrarán a los valores predeterminados junto con los factores de corrección de trincheras. La Calibración del Usuario se volverá a cargar en la Calibración de Fábrica.

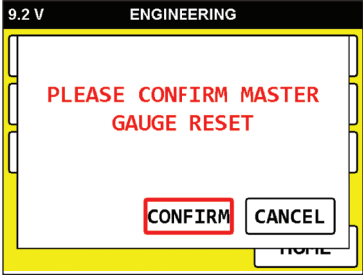
**NOTA:** Esto no borra las constantes de calibración del usuario. También se conservarán todo el historial, los datos del proyecto y los objetivos del proyecto. Para realizar un restablecimiento del indicador maestro, presione **ENGINEERING** en el menú principal.



Pulse **MASTER GAUGE RESET** en el menú Ingeniería.

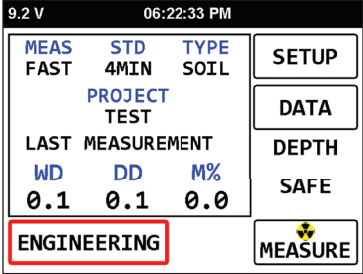


Pulse **CONFIRM** para continuar con el reinicio.

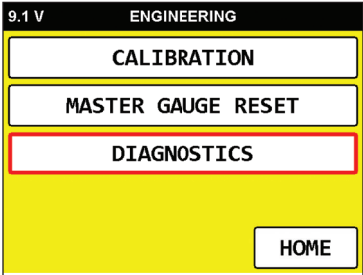


#### 4.4.5 Diagnósticos

El menú Diagnóstico ayudará a diagnosticar un problema de hardware electrónico con el densímetro. Pulse **ENGINEERING** para entrar en el menú Ingeniería.



Pulse **DIAGNOSTICS** para entrar en el menú Diagnósticos.

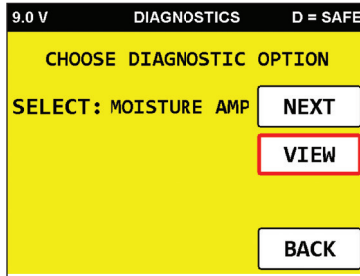


Desde el menú Diagnóstico puede ver Humedad, Densidad, Alto Voltaje y Voltajes de la Batería.

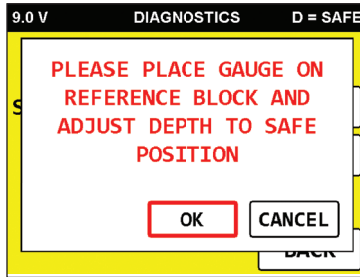
La humedad, densidad y alto voltaje le darán un PASS/FALL junto con los valores reales para ayudar a determinar la causa raíz de la falla.

En este ejemplo veremos la opción Humedad.

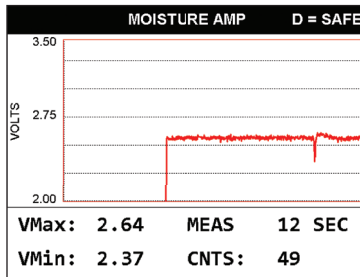
Pulse **VIEW** cuando esté seleccionado Moisture Amp.



Le pedirá que coloque el densímetro en el bloque de referencia, lo cual es importante para tomar lecturas de humedad.



La pantalla de diagnóstico le mostrará un gráfico de voltaje de la señal. Hará un muestreo de 15 segundos de los recuentos y mostrará un pase o falla durante tres segundos y luego repetirá el proceso hasta que presione la pantalla o cualquier tecla para salir del menú de diagnóstico.



Esta información le ayudará si encuentra que tiene un problema con el densímetro. Será de lo más beneficioso llamar al soporte de Humboldt y un técnico podrá revisar los datos y determinar si se necesita una pieza para reparar el densímetro.

## **5 Mantenimiento Preventivo**

Este equipo fue diseñado para un servicio severo y es un instrumento robusto. Si se mantiene adecuadamente, requerirá muy poco servicio aparte del mantenimiento de rutina.

### **5.1 Entorno de Almacenamiento**

El instrumento fue diseñado para funcionar 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 existe una posibilidad probable de que este rango se exceda alguna vez 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 ambiente más dañino para los instrumentos electrónicos es la humedad. Si bien es posible sellar herméticamente la caja del instrumento, el costo sería prohibitivo. Tiene juntas para sellar el agua de la lluvia pero el estuche debe “respirar” y en consecuencia el vapor de agua entra y sale. Si la combinación de humedad y temperatura causa condensación, en última instancia, causará fallas.

Las partes interiores son todas no corrosivas o tienen recubrimientos protectores aplicados para ralentizar este proceso. El usuario puede evitar la condensación limitando el almacenamiento a un rango de temperatura y humedad donde no pueda ocurrir condensación y, si es probable, retire 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 guardarlo.

### **5.2 Limpieza Exterior**

El indicador se va a ensuciar durante el uso. Si bien esto no causa daño, quitar el material suelto al final de cada día de trabajo prolongará la apariencia cosmética.

Ocasionalmente ayudaría si el exterior se limpiara con un detergente de grado industrial y agua. El fregado intenso puede dañar el acabado de las etiquetas, pero no dañar los otros materiales.

La varilla fuente y la varilla índice se pueden rociar con silicona ok y el exceso se puede limpiar con un paño. La varilla fuente es de acero inoxidable 440C y aunque no se pueden producir picamientos, se puede formar óxido superficial inicialmente debido a las moléculas de hierro traídas a la superficie por tratamiento térmico. Un ligero frotamiento con un abrasivo lo eliminará y después de varias veces, ya no ocurrirá.

Limpiar el sello superior alrededor de la varilla fuente ayuda a evitar que la tierra entre en el cojinete, que se encuentra debajo del sello.

### **5.3 Cavidad de protección deslizante**

Un escudo deslizante de tungsteno cubre la fuente gamma cuando se retrae a la condición “SEGURA”. Después de un uso prolongado, la pequeña

cantidad de tierra transportada a la cavidad con cada retracción se acumulará en esta cavidad. Si no se limpia periódicamente, la abrasión del suelo aumentará la fuerza requerida para empujar la varilla hacia afuera y podría causar atascamientos en el blindaje, lo que dará como resultado una repetibilidad defectuosa de RECuento 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 se retrae, se puede quitar usando una llave hexagonal para sacar los dos tornillos. Coloque el densímetro de lado o extremo con la parte inferior apuntando lejos del personal y la varilla en la posición "SEGURA" para evitar la exposición de la fuente. Retire los tornillos y tire de la placa lejos de la base. El escudo deslizante se mantiene en su lugar mediante un resorte. Tenga cuidado de no dejar que el resorte vuele al quitar el escudo.

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 lubricación extensa. Si se ha producido un desgaste excesivo en la placa inferior y el anillo raspador, es posible que sea necesario reemplazarlos.

Empuje el resorte en el orificio del escudo deslizante y reemplácelo en la cavidad con el lado inclinado hacia la fuente y el resorte comprimido contra el extremo de la cavidad. Si el protector deslizante no se cierra completamente, puede ser necesario estirar/reemplazar el resorte. Reemplace la placa y los tornillos cerciorándose de que estén apretados y que las cabezas de los tornillos no se extiendan por encima de la superficie de la placa.

#### **5.4 Realización de una prueba de limpieza**

Las regulaciones requieren que las cápsulas selladas de materiales radiactivos se prueben cada seis meses para asegurarse de que no tengan fugas. Esto es para evitar 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 retirarlo. La prevención de la absorción es la única solución. Los materiales para realizar esta prueba han sido suministrados con el densímetro en kit (200177) y se pueden obtener materiales adicionales de Humboldt Scientific, Inc. u otros vendedores de estos kits. El etanol (alcohol etílico) al 95% de pureza puede obtenerse en una tienda local de bebidas bajo el nombre comercial "Everclear". Se prefiere, pero se puede usar agua. Dado que el usuario no tiene acceso a la superficie real de la cápsula, las regulaciones permiten que la toallita se haga en una superficie que probablemente esté contaminada por una cápsula con fugas. Hay **DOS** fuentes en este indicador. La fuente gamma está montada en la varilla fuente y el lugar más accesible para limpiar es el orificio en el caso a través del cual se extiende la varilla en 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 los procesadores de estas toallitas permiten que ambas fuentes se limpien con el mismo papel de filtro, ya que son capaces de determinar de qué fuente proviene cualquier contaminación. Primero llene el formulario incluyendo el modelo y número de serie de Gauge, el tipo de material radiactivo (Cs-137 y Am-241: Be) y el número de serie del Calibre (algunos kits también enumeran los números de serie de las fuentes). Incluir el nombre del propietario y la dirección a la que se va a devolver el formulario.

Moje el papel de filtro con el solvente. Retire el panel frontal y ubique la etiqueta alrededor del soporte de fuente Am-241:Be. Con las pinzas, limpie las roscas del tornillo allen en la parte superior del soporte con el papel mojado. Coloque el densímetro de lado con la base alejada del personal para que la funda proporcione un escudo. Usando las pinzas para sujetar el papel, limpie el borde del agujero a fondo con el papel mojado. Después de haber limpiado una fuente, no toque el papel con los dedos. Trátelo como material potencialmente radiactivo. Coloque el densímetro en posición vertical. Coloque el papel de filtro en el sobre de plástico y selle.

Coloque el sobre de plástico y el formulario debidamente cumplimentado en otro sobre y envíelo por correo al procesador. Se notificará al propietario y a las autoridades si la prueba indica una actividad removable superior a 5 nCi (0.005 UCI) que es el máximo legal permitido. Una actividad superior a 1.0 nCi probablemente dará lugar a una solicitud para volver a borrar las fuentes.

### **5.5 Prueba de Estabilidad Estadística**

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

La desintegración radiactiva es un proceso binario (un átomo decae o no).

La tasa promedio de descomposición determina la vida media (el tiempo para que la mitad del material se desintegre) del material. Para Cs 137 esto es 30.17 años y para Am 241: Be, son 433 años. El descenso en la tasa promedio de decaimiento para Cs 137 es de 2.3% anual y para Am 241: Be es 0.16% anual. Calibrar el indicador en forma de una relación elimina el efecto de este cambio en la medición.

La fluctuación a corto plazo de la decadencia binaria es predecible. La desviación estándar predicha es la raíz cuadrada de la tasa de conteo promedio ( $m$ ):

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

La electrónica de los indicadores 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 utilizar para predecir la desviación estándar de la tasa de conteo para una serie de mediciones. Al tomar una serie de 16 mediciones y calcular la desviación estándar real, el valor obtenido se puede comparar como una relación con el valor predicho, así:

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

Donde:  $\sigma$  = Desviación estándar de la tasa de conteo

$n$  = Medición individual

$N$  = Número de medición

$m$  = Medida media

$R$  = Ratio estadístico

“STAT” ejecuta automáticamente esta serie de mediciones y muestra los valores  $R$  para los canales de densidad y humedad. Véase la sección 3.2.

Para:  $R > 0.6$  y  $< 1.4$  Buena  $R$   
 $< 0.5$  o  $> 1.5$  Mala  
 Otros — Inténtelo de nuevo

## 6 Servicio de campo

El **HS-5001NX** está diseñado para brindar confiabilidad y el servicio de campo se mantiene al mínimo. Se requiere poco, si es que hay alguno, equipo de prueba y las únicas herramientas necesarias son:

Llave hexagonal,	1/16	pulgada
Llave hexagonal,	1/8	pulgada
Llave hexagonal,	9/64	pulgada
Llave hexagonal,	3/16	pulgada
Destornillador Phillips,	#1 x 4	pulgada

Su licencia de material radiactivo debe permitir específicamente la extracción de la varilla fuente si los cojinetes y sellos de la varilla deben ser removidos, limpiados o reemplazados.

### 6.1 Desmontaje / montaje mecánico

#### 6.1.1 Placa inferior y escudo

El conjunto de placa inferior (200666) se mantiene en su lugar mediante dos tornillos de enchufe hexagonal de cabeza plana (001010). Quitarlos permitirá que la placa se retire y el escudo deslizante (200030) y el resorte (000816) se pueden quitar para limpiarlos. El anillo raspador (000806)



en la placa (200665) se puede reemplazar quitando el anillo de retención (000811).

### **6.1.2 Varilla de origen**

Aparte de reemplazar un juego de cojinetes, no es necesario quitar la varilla fuente. Un escudo adecuado debe estar disponible. REQUIERE.

### **AUTORIZACIÓN DE LA AGENCIA REGULADORA SOBRE LA LICENCIA DE USUARIO.**

Deje caer la varilla fuente a la posición de retrodispersión. Afloje los dos tornillos de ajuste hexagonales (001007) en la parte superior y desenrosque la tapa de elevación (200667) y el parachoques de elevación automática (200278) para permitir la extracción completa de la varilla fuente y el mango. Sujete 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 mínima de 25 mm (1 pulgada) o en uno de los estándares de calibración al menos a 3 m (10 pies) de las áreas de trabajo del personal. La varilla no debe dejarse desatendida y debe reemplazarse en el escudo del indicador tan pronto como sea posible.

### **6.1.3 Indexador y pestillo**

Esto se puede lograr sin quitar la varilla de origen del densímetro. Retire la tapa de elevación como se describe en 6.1.2. Levante el mango de la varilla índice y gírela 90°: Empuje la varilla hacia atrás en el blindaje. Retire los dos tornillos de fijación hexagonal (001034) en la tapa final de la manija y deslice el conjunto completo del pestillo y el pasador índice (200660) hacia afuera de la parte posterior de la manija. Estas partes están lubricadas por el recubrimiento de teflón.

### **6.1.4 Varilla de índice**

La barra de índice se puede quitar sin quitar la varilla de origen. Retire la tapa de elevación como se describe en 6.1.2, levante la manija de la varilla índice y rótelo fuera del camino. **PUEDA REQUERIR UNA NUEVA CALIBRACIÓN DE FÁBRICA.**

Afloje la tuerca de bloqueo índice (200052) y desenrosque la varilla índice (200668, 669, 670 o 671) del poste. Al reemplazar el pestillo de la varilla de índice, el mango firmemente en la posición de retrodispersión y atornilla la varilla índice hasta que la punta de la varilla fuente esté al ras hasta 0.05 mm (0.002 pulgadas) empotrada dentro de la parte inferior del Calibre. La varilla no debe sobresalir o las mediciones de retrodispersión en el campo podrían estar equivocadas. Apriete la tuerca de bloqueo índice (200052).

### **6.1.5 Cubierta superior**

Primero extraiga el Módulo del procesador (201016) soltando los cuatro tornillos de pulgar (001013). Levante el panel y desconecte el cable del módulo (H-4114.060) del conjunto del bastidor base. Retire los seis tornillos de la tapa de la cabeza del zócalo (001008) y las arandelas (001030) alrededor del borde de la cubierta. La cubierta se puede quitar totalmente

del Calibre colocando el mango parcialmente entre la retrodispersión y las posiciones seguras y trabajando la cubierta sobre ella. Será más fácil si se retira del agujero el postes (200109). Si está desgastado o dañado, se debe reemplazar la junta inferior (200149) o la junta del panel (200351).

### 6.1.6 Postes y sellos principales

Los sellos y limpiaparabrisas se desgastarán debido a la abrasión del suelo y la tierra trabajando en ellos a medida que 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.

**Precaución:** la licencia del propietario debe permitir la eliminación de Source Rod antes de que se pueda realizar este servicio. Con la varilla fuente retirada y almacenada de manera segura como se cubre en 6.1.2 y la cubierta superior retirada: Retire los cuatro tornillos de la tapa de la cabeza del zócalo (001009) y las arandelas de bloqueo (001031) de alrededor del poste. El poste se puede levantar sobre el escudo bio de tungsteno.

La placa limpiaparabrisas (200031) y el anillo limpiaparabrisas (000803) se pueden quitar del interior del poste. Al reemplazarlos, el limpiaparabrisas va hacia la parte superior de la placa de tal manera que limpia la varilla fuente a medida que se mueve en dirección hacia arriba.

Para retirar la tapa superior del limpiador (200032) del poste, retire los dos tornillos Allen (001007) del lateral del poste. Levante ligeramente la tapa. El Anillo Limpiador (000803) de la Tapa puede ser reemplazado haciendo palanca con cuidado para sacarlo de la parte superior.

Los dos sellos de rodamiento (000805) se pueden quitar sacándolos cuidadosamente del orificio central. Los sellos serán destruidos, pero tenga cuidado de no dañar el cojinete de varilla de origen (200136). Al reemplazar los sellos, deben empujarse o golpearse ligeramente en su lugar con una clavija de madera o metal blando para evitar daños. El rodamiento tiene huecos para que el suelo se acumule para evitar la unión. Limpie el rodamiento con un solvente y lubrique con grasa de silicona. Cubrir ligeramente todos los sellos y limpiadores con la misma grasa antes de volver a montar. Reensamblar 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 puede ocurrir lesión debido a la sorpresa de recibir un choque severo.** Desgárgalos primero deslizando el disyuntor en la parte superior del paquete de baterías a la posición de apagado y, en segundo lugar, presionando y manteniendo presionado el interruptor pulsador en la parte superior de la placa de circuito durante aproximadamente un segundo.

Retire la cubierta superior como se describe en 6.1.5. Retire los siete tornillos de la tapa de la cabeza del zócalo (001008) y las arandelas de

bloqueo (001029) alrededor del borde del módulo. Levante con cuidado el módulo base hacia arriba fuera de la base del indicador. Los detectores pueden ser reemplazados si es necesario y las piezas se pueden volver a montar.

## 6.2 Baterías

El **HS-5001NX** está equipado con dos juegos de baterías. La batería principal es un paquete de siete baterías NiMH. Las baterías completamente cargadas pueden alimentar el indicador durante 140 horas de forma continua con el procesador activo. Dependiendo del número de pruebas por día, un promedio de 20 pruebas (1 minuto) por día con un estándar de 4 minutos se traduce en 82 días o 16 semanas para una sola carga. El segundo juego de baterías es un paquete de seis pilas alcalinas, que proporcionan respaldo para las baterías primarias en caso de descarga completa.

El paquete de baterías NiMH se encuentra debajo del puesto de índice. El interruptor en el cargador PCB solo se usa para alimentar el puerto USB para los kits de rastreador Find My Gauge de Humbolt. No es necesario encender este interruptor a menos que desee alimentar el puerto USB en la PCB del cargador.

Para cargar las baterías NiMH enchufe el cargador a la toma redonda. Está equipado con un indicador de carga en línea en el cable. El indicador es verde fijo cuando el cargador está desenchufado o cuando las baterías han terminado de cargarse. El indicador parpadeará AZUL cuando la batería se esté cargando, una carga completa puede tardar hasta seis horas en completarse dependiendo de qué tan baja sea la batería.

**No es necesario dejar que la batería se acabe completamente antes de recargar. Lo mejor es cargar periódicamente el paquete para extender la vida útil del paquete de baterías.**

El ciclo de vida del paquete de baterías se verá afectado por muchas variables, incluido el uso del densímetro, las condiciones ambientales, las condiciones de almacenamiento. Estas son algunas de las mejores prácticas para mantener y cargar paquetes de baterías NiMH.

### Administrar Cargas y Descargas Parciales

**Ciclos parciales:** Las baterías de NiMH funcionan bien con descargas y recargas parciales, lo que puede ser beneficioso para su longevidad en comparación con los ciclos de descarga completos.

**Descarga completa:** Evite dejar que las baterías de NiMH se descarguen completamente antes de recargarlas. Las descargas completas deben ser poco frecuentes para evitar reducir la vida útil de la batería.

## Acondicionamiento

**Ciclo Periódico:** Cada seis meses, puede ser útil descargar completamente y luego recargar completamente las baterías de NiMH para “acondicionarlas”. Esto puede ayudar a revertir cualquier efecto potencial de memoria (aunque es mucho menos un problema con NiMH que con las baterías NiCd más antiguas) e igualar las celdas en un paquete de baterías.

## Almacenamiento

**Estado de carga para almacenamiento de información:** Si planea almacenar baterías de NiMH durante un período prolongado (seis meses o más), cargue hasta aproximadamente el 40-50% de su capacidad total. Este nivel generalmente se considera óptimo para el almacenamiento de información a largo plazo.

**Controles periódicos:** Verifique y mantenga periódicamente la carga de las baterías almacenadas cada 3-6 meses para evitar que se descarguen profundamente, lo que puede ser perjudicial.

### 6.3 Ajuste y Reemplazo de Módulos Electrónicos

Para mejorar la confiabilidad y mantener la facilidad de servicio, la electrónica **HS-5001NX** se divide en tres módulos, que pueden ser reemplazados individualmente. Dos de ellos tienen ajustes, que pueden necesitar ser ajustados.

#### 6.3.1 Módulo de procesador (201016)

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

La Fábrica o Servicio Autorizado puede reparar o reemplazar el módulo. No es necesario volver a calibrar; sin embargo, la calibración del indicador se almacena en un módulo de memoria que debe permanecer con el mismo Indicador o será necesario volver a calibrar.

#### 6.3.2 Tablero de plano base (201012)

Esta placa, en la que están enchufados todos los módulos pequeños, no tiene componentes activos, solo interconecta entre otros componentes. La probabilidad de falla es muy baja salvo daño físico. En caso de que sea necesario reemplazarlo, se requiere un poco de soldadura, por lo que se debe reemplazar o devolver todo el marco base, o devolver todo el Calibre. No es necesario volver a calibrar.

Para protección, un disyuntor está encima de los soportes de la batería que se abrirá si los circuitos de alimentación principales se cortocircuitan. Un indicador rojo es visible cuando el disyuntor está cerrado y aplica energía a la placa.

La placa base también tiene un interruptor pulsador en el centro supe-

rior de la placa que se utiliza para descargar el alto voltaje antes de dar servicio a cualquiera de estos circuitos. Este botón debe ser presionado y mantenido presionado durante aproximadamente un segundo antes de quitar o reemplazar los módulos de alto voltaje, densidad o humedad. Todo el marco, incluidos los detectores, se retira por medio de los siete tornillos alrededor del borde del marco. No retire los tornillos, que sujetan la placa al marco.

### **6.3.3 Módulo de fuente de alimentación de alto voltaje (200088.NX)**

Este módulo suministra un 900 vdc altamente regulado a los módulos Amplificador de Densidad y Humedad y a su vez a los detectores. De una unidad a otra, 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 pulsador de descarga ubicado en el centro de la placa de circuito base debe presionarse y sujetarse durante aproximadamente un segundo.**

El módulo se reemplaza fácilmente retirando el tornillo ubicado en el medio del módulo. Cuando conecte otro, mire los pines de cerca.

y oriente los pines del módulo a los enchufes de la placa de circuito. Si están alineados el módulo se puede insertar fácilmente. No aplique fuerza ya que los pasadores pueden estar doblados o dañados.

El módulo no es reparable y debe reemplazarse si está defectuoso. El reemplazo no afecta a la calibración.

### **6.3.4 Módulo Amplificador de Densidad (200087)**

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

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

El alto voltaje puede causar un choque severo. Antes de intentar cualquier reemplazo, el interruptor pulsador de descarga ubicado en el centro de la placa de circuito base debe ser empujado y mantenido durante aproximadamente un segundo.

El módulo se reemplaza fácilmente retirando el tornillo ubicado en el medio del módulo. Cuando conecte otro, mire los pines de cerca y oriente los pines del módulo a los enchufes de la placa de circuito. Si están alineados, el módulo se puede insertar fácilmente. No aplique fuerza ya que los pasadores pueden estar doblados o dañados.

El módulo no es reparable y debe reemplazarse si está defectuoso.

### 6.3.5 Módulo Amplificador de Humedad (200086)

Este módulo se utiliza para condicionar pulsos de amplitud variable desde el detector de neutrones térmicos hasta 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. Esta altura de pulso no es muy crítica y si el ajuste se establece en rango medio, y la prueba **STAT** indica estabilidad, el ajuste es aceptable sin la disponibilidad del osciloscopio.

**El alto voltaje puede causar un choque severo. Antes de intentar cualquier reemplazo, el interruptor pulsador de descarga ubicado en el centro de la placa de circuito base debe presionarse y sujetarse durante aproximadamente un segundo.**

El módulo se reemplaza fácilmente retirando el tornillo ubicado en el medio del módulo. Cuando conecte otro, mire los pines de cerca y oriente los pines del módulo a los enchufes de la placa de circuito. Si están alineados el módulo se puede insertar fácilmente. No aplique fuerza ya que los pasadores pueden estar doblados o dañados.

El módulo no es reparable y debe reemplazarse si está defectuoso.

### 6.4 Reemplazo del detector

Si se produce una falla total de un detector o si no son posibles los ajustes para corregir problemas de inestabilidad, entonces los detectores requieren reemplazo. El procedimiento es bastante sencillo.

Retire el módulo de marco base como se indica en 6.1.7 **después de descargar el alto voltaje**. Los detectores gamma (200035) pueden extraerse deslizándolos fuera del lateral del módulo. Al reemplazar el Gamma Detectores, tenga en cuenta que un resorte de hoja está en contacto con el caparazón y necesita ser comprimido al deslizarse en el reemplazo.

Se debe quitar el amplificador de humedad para deslizar el detector de neutrones (200026) fuera del marco. Deslice el nuevo detector en su lugar e instale cuidadosamente el amplificador para que los pines del módulo y el conector del detector se enganchen. **NOTA:** cualquier reemplazo de los detectores requerirá re-calibración.

### 6.5 Lista de piezas

Esta lista incluye todas las piezas, que pueden ser reemplazadas por campo.

Juego de herramientas	200112
Estuche de accesorios con cremallera	200175
Varilla de taladro	200130
Guía de la placa rascadora y la varilla	200127
Herramienta de extracción de varillas	200145
Martillo	000176
Ensamblaje de la caja de tránsito	200681
Norma de referencia	200122

Candado de calibre	000177
Manual de instrucciones, <b>HS-5001NX</b>	201026
Manual de seguridad radiológica	200121
Certificado de fuente radiactiva	200173
Materiales de prueba de toallitas (kit)	200177
Certificados de prueba de fugas	200174
Papel de filtro	000175
Bolsas de plástico	000178
Pinzas	000181
Tapa de elevación	200667
Tornillo de fijación SS de enchufe hexagonal, 6 32 x 3/16 (2)	001061
Paragolpes de elevación	200278
Varillas de índice	
8 X 1	200668
8 X 2	200669
12 X 1	200670
12 X 2	200671
Tuerca de bloqueo índice	200052
Ensamblaje de manija	200664
Mango del densímetro	200661
Manija de elevación	200662
Tapa final	200663
Pin de índice	200660
Etiqueta de origen Cs	200091
Pasador, 0.125 x 0.375	001020
Kit de reparación de asas	200659
Conjunto tapa superior	200170
Tapa Superior	200133
Ojal posterior	200109
Junta inferior	200149
Junta de panel	200351
Tuerca de panel, 8 32 (4)	200163
Arandela, Diente Interno ¼", SS (4)	001037
Etiqueta de material radiactivo	200134
Tornillo de tapa SS de cabeza de enchufe hexagonal, 8 32 x 1/2 (6)	001008
Arandela plana SS, #8 (6)	001030
Tornillos de accionamiento #00	001023
Ensamblaje del panel frontal	
Panel frontal	201016
Tornillo cautivo (4)	001013
Tablero de exhibición	201009_T
Montaje posterior del módulo	200031
Montaje posterior	200154
Poste de rodamiento	200028
Cojinete de varilla de origen	200136
Tapa limpiadora superior	200032
Anillo limpiador	000803
Tornillo de fijación SS de enchufe hexagonal, 6-32 x 3/16 (2)	001007
Sello 5/8" (2)	000805
Inserto de escudo	200156
Tornillo de tapa SS de cabeza de enchufe hexagonal, 1/4-20 x 1 (4)	001009
Arandela de bloqueo, resorte dividido SS, 1/4 (4)	001031
Base del indicador (sin piezas internas)	200027
Bioescudo	200029
Ensamblaje de placa inferior	200666

Placa inferior	200665
Anillo raspador	000806
Anillo de retención	000811
Tornillo SS de enchufe hexagonal de cabeza plana, 8-32 x 1/2 (2)	001010
Escudo deslizante	200030
Resorte de protección, SS	000817
Etiqueta de origen Am:Be	200092
Tornillo de fijación SS de enchufe hexagonal, 5/8 18 x 1/2	001032
Ensamblaje del marco base	200201
Tornillo de tapa SS de enchufe hexagonal, 8 32 x 1/2 (7)	001008
Arandela de bloqueo, diente interno SS, #8 (7)	001029
Conjunto de placa de circuito base	201012
Tornillo Phillips Head SS, 6 32 x 1/2 (6)	001005
Arandela de bloqueo, diente interno SS, #6 (6)	001006
Módulo de fuente de alimentación de alto voltaje	200088.NX
Tornillo Phillips Head SS, 6 32 x 1 1/4	001042
Arandela de bloqueo, diente interno SS, #6	001006
Módulo Amplificador de Densidad	200087
Tornillo Phillips Head SS, 6 32 x 3/4	001004
Módulo Amplificador de Humedad	001006
Tornillo Phillips Head SS, 6 32 x 3/4	200086
Arandela de bloqueo, diente interno SS, #6	001004
Resorte de tierra	001006
Tornillo Phillips Head SS, 4 40 x 1/4	200162
Arandela de bloqueo, diente interno SS #4	001054
Detector, Gamma (2)	001018
Detector, Neutrón	200035
Juego de sellos y limpiador	200179
Grasa de silicona, uso general	200199

## 6.6 Calibración

La Calibración de este instrumento será válida por un mínimo de un año y probablemente mucho más si se toma el cuidado razonable para evitar la aplicación de cargas de choque pesadas a la base del Gauge.

Se aconseja a los usuarios establecer una ubicación en un piso de laboratorio u otra referencia y medir esta ubicación 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 presuntos errores en los datos de campo indicarán la necesidad de calibración. Si el propietario no cuenta con instalaciones para realizar la Calibración como se cubrió previamente entonces el equipo debe ser devuelto a una Instalación de Servicio Autorizada o a la fábrica.

## 7 Teoría de la operación

Este instrumento utiliza 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 mayor parte de la electrónica es compatible con las dos funciones. Ambas mediciones son indirectas



en el sentido de que en realidad se mide otro parámetro del material y el parámetro luego se establece en términos de densidad y humedad.

Las diferencias entre los parámetros medidos y la densidad y humedad deseadas se denominan típicamente “composición” o error “químico” ya que sí involucra a los elementos químicos o moléculas que forman los materiales.

### **7.1 Medición de densidad por radiación gamma**

La radiación gamma es una forma de radiación electromagnética similar a las radiofrecuencias que transportan señales de televisión y rayos de luz visible. La única diferencia es una de frecuencia. A la frecuencia de la radiación gamma, los materiales expuestos a ella se ionizan y esto crea un peligro para el tejido vivo. Las radiaciones gamma y X son idénticas y solo se diferencian por su origen. La radiación X se emite cuando los electrones cambian de estado de energía y gamma se emite desde el núcleo cuando se producen algunos tipos de desintegración radiactiva. Si bien normalmente se piensa que la radiación electromagnética ocurre en ondas continuas, a frecuencias más altas es más habitual analizar los efectos en cuantos o puntos de energía (fotones) que tienen masa en reposo cero.

En este Calibre se utiliza un isótopo de cesio-137 con una vida media de 30.17 años para producir radiación gamma. El isótopo decae con la emisión de una partícula beta que tiene una energía máxima de 1.176 MeV y un promedio de 0.195 MeV. El cesio-137 se transforma en bario-137m el cual tiene exceso de energía y decae con una vida media de 2.5 minutos a un estado base con la emisión de gamma teniendo una energía de 0.662 MeV.

El monto nominal de Cesio-137 utilizado es de 10 mCi con una tasa de decaimiento a  $3.7 \times 10^8$  desintegración por segundo. La eficiencia de producción 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 los gammas de esta energía pasan a través de los materiales, puede ocurrir cualquiera de las dos interacciones. A la energía original de 0,662 MeV, el efecto primario es la colisión con los electrones poco ligados del material con una dispersión (cambio de dirección) y transferencia de energía. A medida que la dispersión continúa y la energía disminuye, se produce una absorción fotoeléctrica en la que la gamma transfiere toda su energía a un electrón más estrechamente unido y el electrón abandona el átomo, lo que puede resultar en alguna radiación X.

Como es evidente a partir de lo anterior, la interacción es con los electrones en un material y no con el núcleo que contiene la mayor parte de la masa. En consecuencia, el indicador en realidad mide la densidad de electrones del material, que solo está aproximadamente relacionada con

la densidad de masa. La relación es la relación 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 muchos gammas simplemente pasarán sin interacción..

La probabilidad es una función tanto del número atómico como de la energía de la gamma y es diferente para la dispersión y la absorción fotoeléctrica. Combinaremos los dos y llamaremos a la probabilidad resultante como el “coeficiente de atenuación de masa” o  $\mu/\rho$ .

La ecuación clásica para la atenuación del paso gamma a través del material es:

$$I = I_0 * e^{-L * \rho * \mu/\rho}$$

Donde:

I = intensidad resultante

$I_0$  = Intensidad inicial

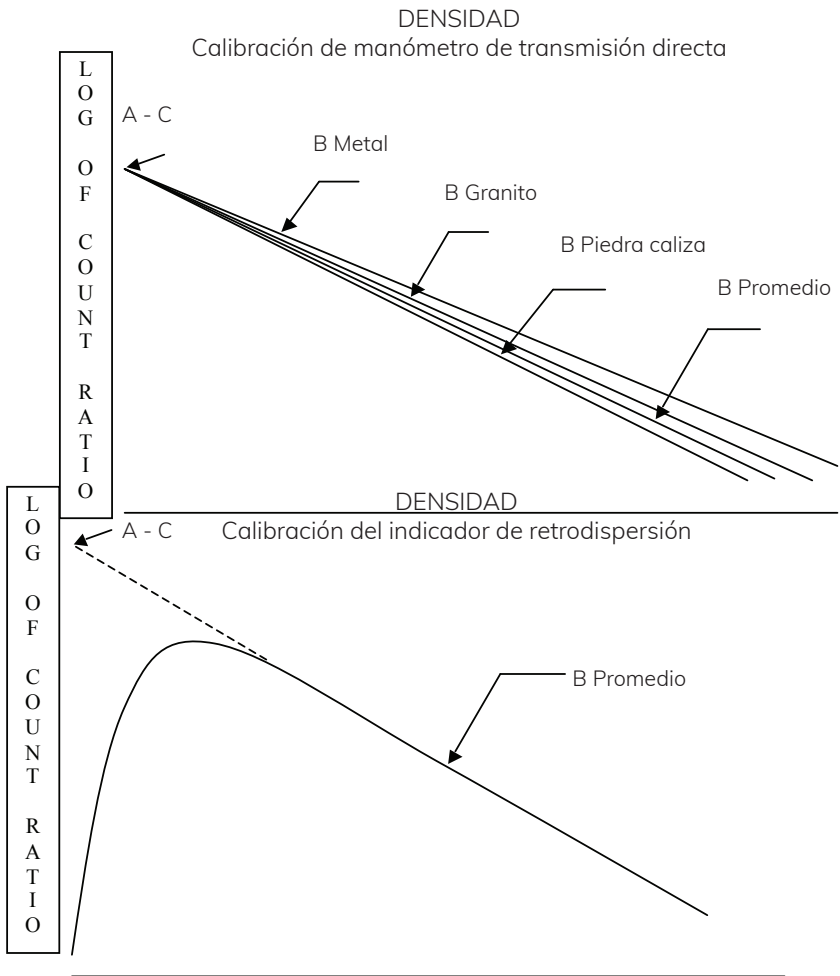
L = longitud de la ruta

$\rho$  = densidad del material

$\mu/\rho$  = coeficiente de atenuación

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

Elemento	Porcentaje	Z/A	$\mu/\rho(0.662 \text{ MeV})$
Oxígeno	44.6	0.500	0.0806
Silicio	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



Afortunadamente los materiales más comunes en las capas superficiales son oxígeno, silicio y calcio en forma de óxidos o carbonatos. Si este no fuera el caso, los densímetros de densidad gamma no serían prácticos para su uso. Todos estos materiales tienen una  $\mu/p$  entre 0.0805 y 0.0809. Grandes cantidades de hidrógeno en las aguas superficiales requieren un ajuste en la densidad medida.

La ecuación indicada no es práctica para su uso en un Calibre ya que el coeficiente de atenuación de masa varía con la energía que va cambiando a medida que los gammas pasan a través de materiales y los detectores utilizados no son lineales con energía.

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

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

Donde:

CR = Cuento la tasa o proporción en el detector

D = Densidad del material

A,B,C = Constants

Los detectores 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, la cual puede ser detectada. La energía disponible en el filtro es una función de la energía inicial de la radiación gamma de la fuente y la longitud de la trayectoria a través del material.

El índice de conteo en los detectores se ratifica a un conjunto estándar de condiciones con el fin de eliminar la deriva del sistema y el efecto del envejecimiento del material radiactivo durante largos períodos de tiempo.

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

### **Coefficientes de atenuación de masa (cm<sup>2</sup>/g) ENERGÍA 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
Piedra 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
Lima/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 experimental darán una ecuación, la cual aún 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, se pueden usar los valores metálicos de A y C para calcular un valor de B que se aplica a estos materiales u otros valores de B se pueden determinar para cualquier material.

Se deben usar datos experimentales y no los valores de la tabla anterior. Se sabe que la energía gamma inicial es de 0,662 MeV, pero la energía promedio para las interacciones sería imposible de determinar. Los filtros gamma se utilizan con los

detectores para limitar la menor energía con el fin de reducir los errores debidos a la composición química.

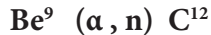
Utilizando detectores discriminadores de energía, el menor error químico posible para caliza y granito es de  $\pm 0.4\%$ . Con detectores Geiger Mueller y filtros mecánicos, los límites prácticos son de aproximadamente 2% para modos de retrodispersión y 1.5% para transmisión directa.

El modo de transmisión directa implica colocar la fuente y los detectores a través del material (lados opuestos) de modo que la trayectoria gamma sea directamente a través del 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 implica colocar la fuente y los detectores en la misma superficie del material. El gamma debe desviarse hacia atrás antes de medir la atenuación por el material. Como resultado, la energía promedio es menor y el método no produce una densidad promedio verdadera, ya que una mayor porción de los gammas pasan a través de los materiales más cercanos a la superficie y menos a profundidades más profundas.

## **7.2 Medición de humedad por radiación de neutrones**

La radiación de neutrones está en forma 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 de muy alta energía o una partícula alfa. Si bien es muy raro, un neutrón puede resultar de la fisión espontánea. Para uso industrial se dispone de fuentes isotópicas que consisten en radiación alfa combinada con metal berilio. 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 base.

En 5001NX, Americium 241 se utiliza como fuente de alfa. La fuente de 40 mCi produce un promedio de  $9 \times 10^4$  neutrones por segundo. El Americium-241 también produce gammas de baja energía, que están blindados en el soporte de la fuente.

La interacción de neutrones con la materia es relativamente compleja. Al no tener carga, pasa a través de los átomos con bastante facilidad y a menos que colisione 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, se produce una pérdida significativa de la energía de 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 aproximadamente 0.025 eV. Este valor se llama térmico ya que es igual a la velocidad de los materiales circundantes a temperatura ambiente que es 2200 m/s (7300 ft/s). El neutrón puede descomponerse con una vida media de 11 minutos o, a energía térmica, puede ser capturado por otro átomo. Los elementos de la corteza terrestre, que pueden termalizar o capturar neutrones térmicos, se enumeran en la página siguiente.

Elemento	Porcentaje	Colisiones	Absorción
Hidrógeno		19	0.33
Bóro	<0.1	109	759.00
Carbono	<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
Silicio	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

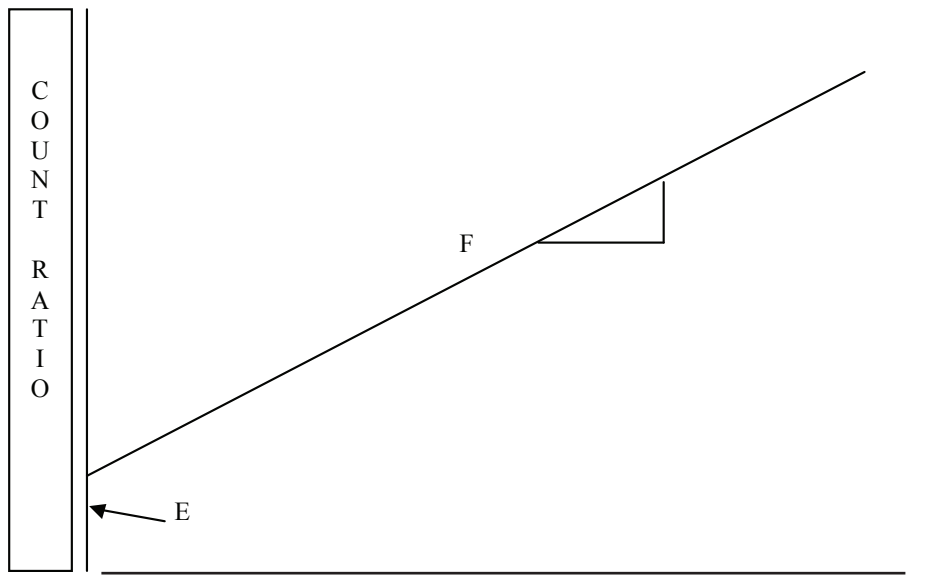
Tenga en cuenta que el número de colisiones requeridas para producir neutrones térmicos aumenta rápidamente por encima del hidrógeno y los únicos otros elementos significativos que están presentes, el oxígeno y el silicio requieren un número mucho mayor de colisiones. El oxígeno del que hay una gran cantidad generalmente se distribuye uniformemente con todos los elementos en forma de óxidos, incluyendo el agua..

Por ello, si existe un neutrón térmico existe una muy buena 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 capturando 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, zonas costeras, que pueden tener cloruro de sodio significativo 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 neutrones térmicos y el detector en el 5001 se llena con este gas a una alta presión por lo que es 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 sobre el rango normal de humedad del suelo.



HUMEDAD  
Calibración del densímetro de humedad

La tasa de conteo se ratifica a un conteo estándar y una ecuación adecuada es:

$$CR = E + F * M$$

Donde:

CR = Relación de recuento

M = Contenido de humedad

E = CR con contenido de humedad cero

F = Pendiente 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 a las leyes de difusión de gas y se desvía en cualquier dirección. Algunos llegan al detector y son contados.

### 7.3 Estadísticas de Radiación

La desintegración radiactiva es un proceso binario, cualquier átomo dado puede descomponerlo 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 pronosticada de la tasa de conteo se define como  $\pm$  una desviación estándar.

La media de una muestra es:

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

Donde  $N$  número de muestras:

La precisión pronosticada de la muestra es:

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

El único diferencial de desviación estándar de una sola muestra es:

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

A partir de estas ecuaciones es evidente que la precisión predicha del Calibre está directamente relacionada con la raíz cuadrada del número de recuentos de detectores 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 varias mediciones y esta mejora es la raíz cuadrada del número de mediciones realizadas.

Si bien la precisión del densímetro en tasa de conteo muestra la tendencia, lo que es de interés es la precisión de la medición de densidad y 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.

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

Or

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

Entonces 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 para precisión y contabilizando el valor pre escala de 16, rinde:

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

Donde:

- DP= Precisión de densidad a densidad D
- D= Densidad
- DS = Recuento estándar de densidad
- A, B, C = Constantes de calibración
- S = Pendiente

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

La aplicación del mismo procedimiento a la ecuación de humedad da como resultado una ecuación para la precisión de humedad:

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

Donde:

- MP = Precisión de humedad
- M = Humedad
- MS = Recuento estándar de humedad
- E, F = Constantes de calibración

Ambas previsiones anteriores se establecen para el periodo de medición de un minuto (NORMAL). Los valores aumentarían en un factor de dos durante 0.25 minutos (RÁPIDO) y disminuirían en un factor de dos para el período de medición de cuatro minutos (LENTO).

Estas precisiones son los valores teóricos y el Calibre debe arrojar estos valores si no hay problemas de inestabilidad. Los datos de medición se pueden utilizar para probar el densímetro.

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

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

Donde:

P = Precisión

n = Medidas individuales

m = Promedio de medidas

N = Número de medidas

Si la precisión de la tasa de conteo real obtenida anteriormente se divide por la precisión teórica, se puede hacer 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 Calibre tiene esta función incluida en el software.

## **8 Seguridad Radiológica**

El usuario de este equipo deberá estudiar el Manual de Seguridad Radiológica, el cual se suministra con el mismo. Si está disponible, es deseable un curso formal sobre el tema. Si bien los materiales radiactivos en el densímetro son cantidades muy pequeñas y solo un accidente grave 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 el corto tiempo y la larga distancia son los medios más efectivos para minimizar la exposición del usuario.

Consulte el Manual de seguridad radiológica para obtener detalles más completos sobre los procedimientos de seguridad.

### **8.1 Licencias**

Previo a la recepción y uso de este equipo, el usuario deberá obtener una Licencia Radiactiva o Por producto Material de la agencia gubernamental responsable del área del comprador.

El licenciataria debe tener un Oficial de Seguridad Radiológica que haya recibido capacitación en seguridad y regulaciones aplicables. Será el responsable del inicio y mantenimiento de un programa de seguridad para los usuarios. Todos los registros y controles de inventario deben estar disponibles para inspección.

## 8.2 Dosímetro

El personal que utilice el equipo debe usar dosímetros de personal a fin de asegurar que se esté teniendo el cuidado adecuado en el almacenamiento, transporte y uso. Algunas regulaciones permiten prescindir de este requisito después de un período de monitoreo.

Todos los visitantes en el área de uso deben mantenerse al mínimo. Si se necesita la observancia a largo plazo del uso del equipo, entonces se deben suministrar dosímetros. La regla general es que cualquier individuo que probablemente reciba el 10% o más del máximo reglamentario debe ser monitoreado.

Cualquier persona cuya edad sea menor de 18 años no debe exponerse a ninguna dosis que sea probable que exceda el 10% del máximo reglamentario para los trabajadores de radiación.

## 8.3 Pruebas de limpieza

Existe un requisito legal de que las cápsulas selladas que contienen los materiales radiactivos en este Calibre deben ser probadas para verificar la integridad de los sellos. Esta prueba se describe detalladamente en 5.4. El registro de esta prueba debe conservarse para su inspección por parte del organismo regulador. La licencia del usuario especificará quién puede hacer el borrado y procesar el material.

## 8.4 Transporte

Cualquier equipo entregado a un transportista común para su envío debe tener una prueba de fuga negativa actual. 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 Estados Unidos como se especifica en el Título 49 Partes 172 y 173 del Código de Reglamentos Federales dicha certificación debe estar archivada durante un año después del envío. Para el envío internacional se aplica el Reglamento de la Agencia Internacional de Energía Atómica y otros países tienen sus propias regulaciones para envíos nacionales. El destinatario de cualquier envío que no sea un transitario o un agente de aduanas debe estar en posesión de una licencia para los materiales radiactivos.

Un documento de envío presentado al transportista junto con la certificación del paquete debe contener la siguiente información:

RQ, Material Radiactivo, ENVASADO TIPO A, Forma Especial, UN3332

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

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

## 8.5 Eliminación de residuos

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

- Transferencia a otro licenciataria para su posesión y uso según lo estipulado en su licencia.

Transferencia a otro licenciataria para su almacenamiento o eliminación según lo estipulado en su licencia.

## 8.6 Reporte de pérdidas o incidentes

La pérdida de este equipo o incidentes, que puedan causar exposiciones superiores a los máximos recomendados, deberá ser reportada de inmediato al Oficial de Seguridad Radiológica y al organismo gubernamental responsable de administrar la licencia.

Otros eventos, que pueden representar un peligro para la seguridad, también deben ser reportados.

## 8.7 Perfil de radiación

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

El Índice de Transporte para el Caso de Tránsito y el Indicador es:

### Tasa de dosis en MREm/hr 0.2

Estuche de tránsito	Gamma	Neutrón	Total
Máximo cualquier superficie	10.50	1.50	12.00
Máximo a un metro	0.07	0.10	0.17
Calibre 5001	Gamma	Neutrón	Total
Superficie Trasera	17.00	0.30	17.30
Trasera a un metro	0.10	0.00	0.10
Superficie frontal	2.50	0.40	2.90
Frente a un metro	0.10	0.00	0.10
Superficie inferior	8.50	1.50	10.00
Fondo a un metro	0.06	0.50	0.56
Superficie superior	18.00	0.70	18.70
Tope a un metro	0.06	0.00	0.06
Superficie lateral	11.00	0.80	11.80
Lado a un metro	0.20	0.00	0.20
Manejar	0.80	0.50	1.30
Mango a un metro	0.10	0.0	0.10

Sección de Protección de Carolina del Norte Tasas de Medición de Dosis. Las tasas de dosis gamma se midieron 08/05/88 usando un Survey Meter Ludium Modelo 14C. Las tasas de dosis de neutrones se midieron 08/05/88 usando un contador Eberline Modelo PNR-4 Neutron Rem con una esfera de 22.9 cm en la superficie del Gauge, la línea central estaba aproximadamente a 11 cm de la superficie. 0.0 indica tasas de dosis igual que el fondo.

## **9 Garantía**

La compra de este equipo incluye una garantía limitada de 12 meses contra materiales y mano de obra defectuosos. El propietario puede reemplazar piezas defectuosas en el campo mediante envío prepago para la instalación.

El equipo enviado prepago a la fábrica será reparado o reemplazado a opción de HUMBOLDT y devuelto prepago al cliente. Esta garantía no se aplica si el producto, según lo determinado por HUMBOLDT, es defectuoso debido a un desgaste normal, accidente o mal uso, o debido a un servicio o modificación por parte de una instalación de servicio autorizada..

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

NO HAY GARANTÍAS, EXPRESAS O IMPLÍCITAS, INCLUYENDO, SIN LIMITACIÓN, CUALQUIER GARANTÍA IMPLÍCITA DE COMERCIABILIDAD O IDONEIDAD, QUE SE EXTIENDA MÁS ALLÁ DE ESTA DESCRIPCIÓN. ESTA GARANTÍA EXPRESA EXCLUYE LA COBERTURA Y NO PROPORCIONA ALIVIO POR DAÑOS INCIDENTALES O CONSECUENTES DE CUALQUIER TIPO O NATURALEZA, INCLUYENDO, ENTRE OTROS, LA PÉRDIDA DE USO, PÉRDIDA DE VENTAS O INCONVENIENTES. EL RECURSO EXCLUSIVO DEL COMPRADOR SE LIMITA A LA REPARACIÓN, RECALIBRACIÓN O SUSTITUCIÓN DEL EQUIPO A ELECCIÓN 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 los equipos más antiguos a las especificaciones actuales se realizará, cuando sea posible, a expensas del propietario actual, excepto donde HUMBOLDT pueda optar por realizar la actualización sin costo alguno para el propietario.

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

Número gratuito de EE. UU.:  
1.800.537.4183

Voz: 1.919.833.3190

Fax: 1.919.833.5283

E-mail: [hsi@humboldtmg.com](mailto:hsi@humboldtmg.com)

Testing Equipment for



Construction Materials

**HUMBOLDT**

**NUCLEAR GAUGES**