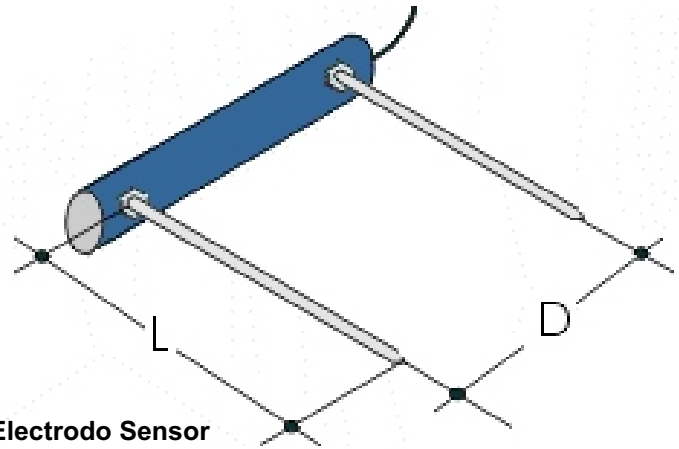




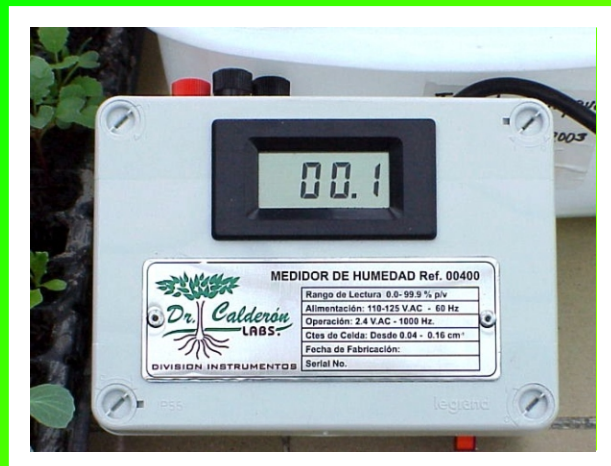
# MEDIDOR DE HUMEDAD

Ref. DRC-00400



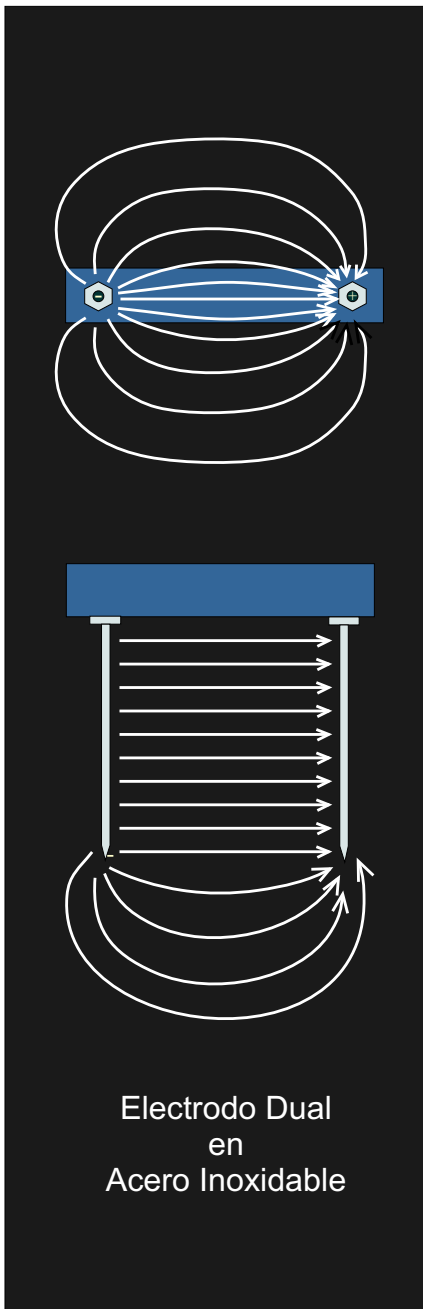
## Manual de Operación y Garantía

Rev. Mayo 23/2005





DIVISION  
INSTRUMENTOS



Electrodo Dual  
en  
Acero Inoxidable

# Medidor de Humedad del Suelo

## Ref. DRC-00400

**Nota de Entrega:** Lea cuidadosamente este documento antes de recibir el Medidor.

### Garantía de Fábrica

El Medidor de Humedad DRC-00400 es un equipo electrónico diseñado y construido para operar en condiciones normales de laboratorio y de campo con las precauciones normales de cualquier equipo eléctrico. Se garantiza contra daños o defectos de manufactura. No se garantiza contra daños de manejo, como conexión al voltaje equivocado, golpes, rotura ni corto circuito.

### Operación

El Instrumento se conecta a una línea de 110 Voltios provista de Polo a Tierra. Cerciórese de que la línea esta con la polaridad adecuada es decir que el neutro sea neutro, la fase sea fase y la tierra sea tierra. Encienda el Instrumento mediante el suiche de la parte frontal. Este deberá iluminarse al encender el equipo. Verifique antes de conectarlo al electrodo que el Display marca 00.0

### Sensores

El principio de funcionamiento de este sistema de medición de humedad es el siguiente: Al introducir una pequeña corriente A.C. a través de un suelo o sustrato mediante una diferencia de potencial entre dos electrodos se presenta una impedancia o resistencia opuesta al paso de la corriente. Esta impedancia es inversamente proporcional a la humedad del medio y la corriente eléctrica que pasa,  $I_t$ , es directamente proporcional al contenido volumétrico de humedad del sustrato o suelo.

### Ley de los Electrodo Sensores

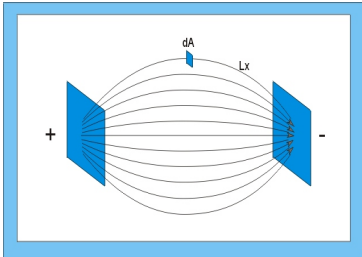
(Calderón, F., 2000; Rev. Nov, 2002)

Para entender mejor el principio sobre el que se basa este sistema de medición de humedad vamos a revisar la teoría de su funcionamiento.

La corriente que pasa  $I_t$ , (conducción) entre dos electrodos colocados en un medio dado, es igual a la Conductancia del medio  $K_t$  multiplicada por el voltaje aplicado  $V_t$ .

$$I_t = K_t \times V_t$$

La conductancia  $K_t$  a su vez es igual al producto de varios factores a saber: 1.- Una constante  $K_s$  que depende del sustrato. 2.- Del contenido Volumétrico de Humedad del sustrato. 3.- De la Conductividad Eléctrica del agua contenida en los poros del sustrato. 4.- De la geometría de los electrodos, función en este caso representada por la Constante de celda  $K_c$ . Influye aunque en menor medida, del diámetro de los electrodos. Este factor también está comprendido dentro de la Constante de celda  $K_c$ . 5.- Del íntimo contacto entre los electrodos y el Sustrato y 6. de la Temperatura del sustrato, aunque esta es una variable de pequeña variación en suelos agrícolas tropicales.



### **Teoría de la Medición de la Humedad mediante la Conductividad Eléctrica a Granel del Suelo.**

La ecuación que representa la Conductividad Eléctrica a Granel de un suelo, CEG, es muy similar a la que representa la Conductividad Eléctrica de un líquido y en general de cualquier medio homogéneo electro-isotrópico. En este caso el medio es directamente el suelo.

Como la conducción eléctrica de un suelo se realiza a través de la fase líquida ya que los poros llenos de aire no conducen la corriente eléctrica, entonces la conducción dependerá del volumen de poros llenos de fase líquida. A medida que se agota la fase líquida, se hacen menores los caminos por donde puede ser conducida la corriente eléctrica, entonces la conducción dependerá del contenido de humedad del suelo. Por otro lado, mientras más conductiva sea la fase líquida, mayor será la Conductividad Eléctrica Granel del suelo. Para un cierto contenido de humedad, la conductividad granel dependerá del contenido de sales en la solución intersticial.

Adicionalmente a lo anterior, es sabido que la Conductividad Eléctrica de cualquier medio aumenta con la temperatura. Esto es debido a la mayor movilidad iónica. Este efecto sin embargo, es menor que el efecto de la humedad. Algunos estudios muestran que cuando la Humedad varía entre 10 y 20 %, la variación de la Conductividad es casi el 300 %, mientras que cuando la temperatura del suelo varía entre 10 °C y 20 °C, la variación de la Conductividad es tan solo del 40 %. Usualmente la diferencia entre la T. máxima y la T. mínima a 10 cm de profundidad es inferior a 10 °C. De lo anterior se desprende que la CEG es una medida que depende fundamentalmente del contenido de humedad del suelo y del contenido de sales disueltas en dicha humedad.

También depende secundariamente de otros factores tales como calidad del Contacto, Temperatura del suelo, Tipo de suelo, Cantidad y clase de arcillas, porcentaje de saturación de bases en el complejo de cambio etc.

De los anteriores factores, los únicos que varían en el corto plazo son la Humedad y la Conductividad de la Solución Intersticial, permaneciendo los demás relativamente constantes. En la mayoría de los cultivos intensivos, el proceso de disminución de humedad del suelo o sustrato, se debe a la absorción activa de agua por las raíces de las plantas y concomitantemente de iones disueltos, así que la conductividad de la solución intersticial no varía demasiado durante este proceso.

CALIBRACION  
 MEDIDOR DE HUMEDAD  
 Serial: \_\_\_\_\_

Fecha	Caja	Temperatura	C.E. Sol.	Electrodo

Cuando la Conductividad de la solución intersticial se hace permanecer lo mas constante posible, como en el caso de los cultivos tecnificados, en los cuales se controla dicha conductividad mediante el uso de sondas de succión, la CEG se convierte en un parámetro que en el corto plazo solamente depende de la Humedad, así que:

$$CEG = K \times \% \text{ Volumétrico de Humedad.}$$

en donde K engloba:

$K_c$  = Constante de celda.

$K_s$  = Constante que depende del tipo de suelo o sustrato.

C.E. Intersticial = Aproximadamente Constante.

Por otro lado, por definición eléctrica,  $CEG = I_t / V_t \times Cte \text{ de Celda}$

Así que, siendo K constante,  $V_t$  constante y la Constante de Celda constante (perdonen la redundancia) el % Volumétrico de Humedad será directamente proporcional a  $I_t$ .

$$\% \text{ de Humedad} = K \times I_t$$

Secundariamente depende del contacto del sustrato con los electrodos, por lo cual su calibración es sitio específica y para garantizar una medición lo mas exacta posible deberá minimizarse la resistencia del contacto de los electrodos con el sustrato.

### Calibración

Con el fin de comprobar la calibración del equipo, este viene provisto de una Pieza de Calibración (Resistencia Externa) que sirve para verificar la calibración de la Caja. Esta resistencia se conecta en los bornes de salida de la caja y se anota la lectura correspondiente en la tarjeta de control provista con el equipo. Esta pieza de calibración permite conocer si alguna descalibración radica en la caja de lectura o en el electrodo. Cuando el equipo sale de fábrica, en la tarjeta de control están anotados los valores de partida para la caja con la resistencia de calibración. Igualmente cuando el equipo se recalibra en el campo, el valor característico con la resistencia de calibración debe ser anotado en la tarjeta de control.

**En la columna denominada “Caja” se anota el valor leído con la Resistencia de Calibración.**

**En la columna denominada C.E. Sol se anota la Conductividad Eléctrica de la solución de Calibración.**

**En la columna denominada “Electrodo” se anota el valor leído con el electrodo sumergido en una solución de conductividad conocida, aprox. 0.666 mmhos/cm a 20°C y se anota la lectura obtenida a la respectiva temperatura.**

El Medidor de Humedad DRC-00400 normalmente viene calibrado de fábrica en agua de conductividad Eléctrica 0.666 mmhos/cm a 20°C, para la cual marca 100 % de humedad. Sin embargo cuando debe ser recalibrado in situ su calibración se realiza como sigue:

### **Equipos provistos de Tarjeta C-16**

Al abrir el Medidor de Humedad, usted encontrará una tarjeta Ref C-16. Esta tarjeta trae en su parte derecha cuatro trimers, Trm1, Trm2, Trm3 y Trm4. El primero de ellos Trimer 1, arriba a la derecha, es para calibrar el voltaje de excitación. Haciendo uso de la ecuación  $C.E.G = I/V \times Cte \text{ de Celda}$ , y teniendo en cuenta que V es constante por fabricación, entonces  $C.E.G = K \times I$ , siendo I la variable eléctrica que vamos a medir. Usualmente este trimer esta calibrado a 2.40 VAC. Las unidades vienen expresadas para C.E.G en mmhos/cm, I en mA y V en Voltios. “K” es una constante de proporcionalidad entre la Humedad del suelo y la Lectura “I” del Instrumento. Esta constante depende de la constante de celda y del tipo de suelo, por lo tanto es sitio-específica. Por lo anterior, requiere de calibración. Esta se realiza mediante el Trimer 3.

El Trimer 2 ubicado a continuación hacia abajo del trimer 1, es para calibrar el cero en la escala de lectura. Para hacer este ajuste, una vez calibrado el Voltaje de excitación, encienda el instrumento y sin electrodo conectado, lea el valor en el display LCD. Ajuste la lectura mediante el Trimer 2 hasta que marque cero (00.0).

### **Calibración de la Lectura a la Humedad de Campo (Trimer No. 3)**

Para calibrar la lectura de Humedad de campo, coloque el electrodo en el sitio definitivo, conecte el instrumento y tome la lectura que este marcando. Anote este valor. Acto seguido, por medio de un barreno, tome una muestra de suelo lo mas cercana posible a los electrodos, pero cuidando de no disturbar el campo eléctrico de los mismos. Puede ser a 20 cm de distancia. Tome una muestra volumétrica compacta y mida su volumen aparente. Pese la muestra húmeda, seque la muestra en estufa a 110 °C y determine su contenido de humedad volumétrica mediante la fórmula:

$$\% \text{ Humedad} = (\text{peso húmedo} - \text{peso seco}) / \text{volumen de muestra} \times 100.$$

Una vez obtenido este valor ajuste la constante de proporcionalidad del instrumento mediante el Trimer 3, hasta que el valor obtenido sea igual a la humedad determinada.

### **Colocación de varios electrodos con una sola caja de lectura.**

Debido a que la caja se utiliza únicamente en el momento de la lectura, es posible colocar varios electrodos conectados a una misma caja de lectura.

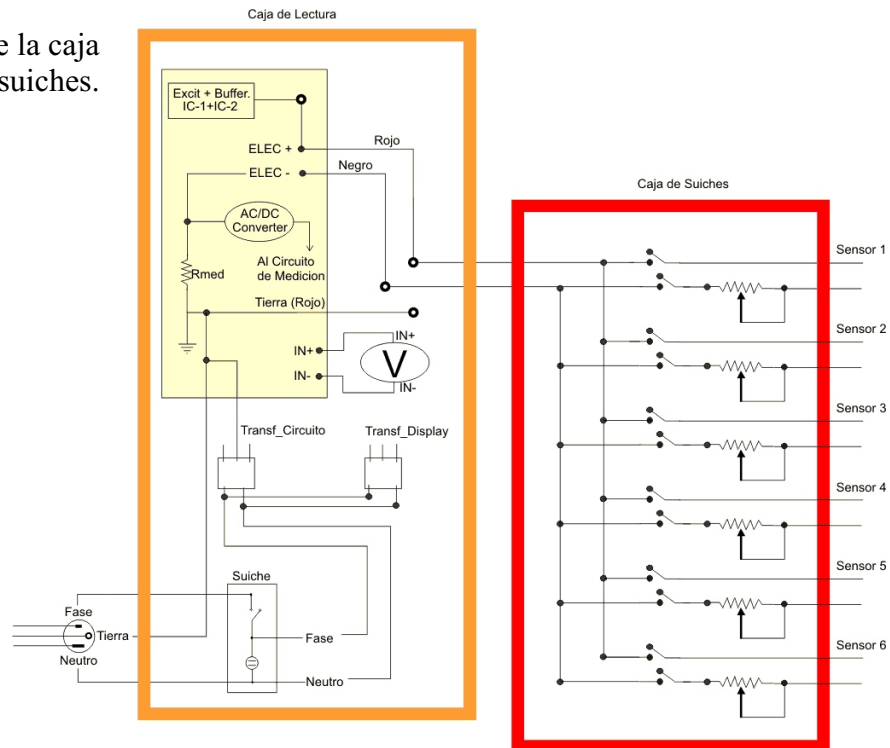
En este caso los electrodos deberán estar alambrados hasta una estación central o punto común, en el cual se colocará la caja de lectura mediante una caja de suiches que permitirán seleccionar la línea o electrodo que se va a leer.

Como quiera que la calibración de los electrodos es “sitio-específica”, la señal que despacha un electrodo puede ser diferente a la que despacha otro electrodo colocado en un sustrato con igual contenido de humedad. Esto debido a que el factor “Contacto” puede ser diferente de un sitio a otro. Siempre se debe procurar que el contacto entre los electrodos y el sustrato sea optimo. Sin embargo esto no garantiza que sea igual. Por eso también cuando se cambia un electrodo de sitio se altera el contacto y es necesario recalibrar el electrodo.

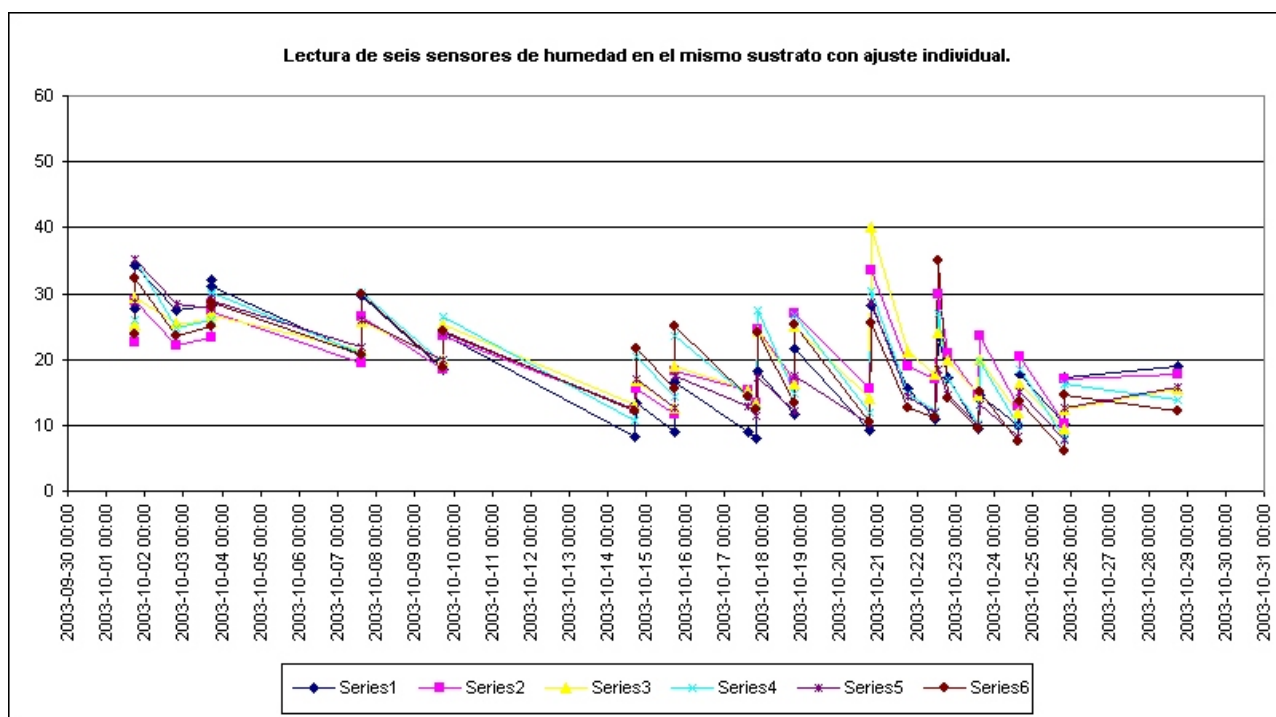
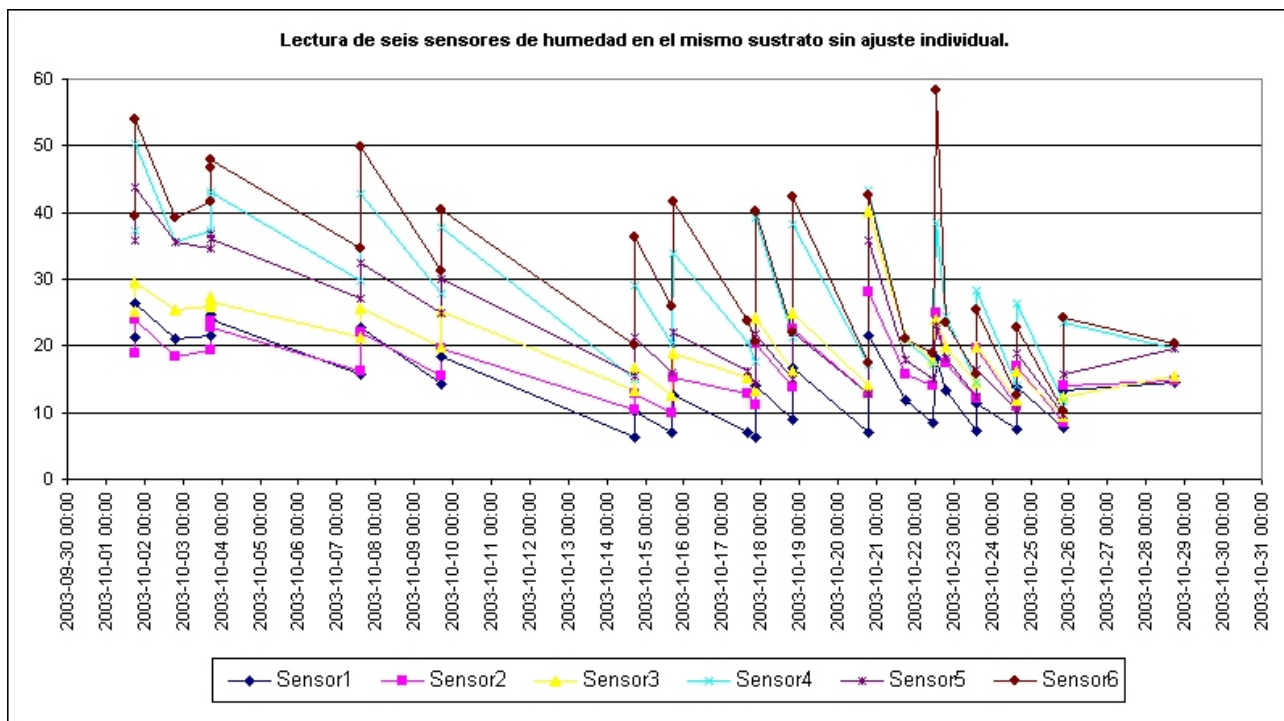
La calibración de cada electrodo por aparte es una labor dispendiosa y mas que eso, la calibración reside en la caja de lectura y esta solo admite una sola calibración. Por lo anterior cuando se desea leer varios electrodos mediante una sola caja de lectura, es necesario calibrar la caja para una lectura promedia de los diversos electrodos y compensar las diferencias entre ellos mediante unas resistencias en serie que vienen en la caja de suiches que sirve para direccionar la señal de cada electrodo hacia la caja de lectura. Esta calibración dista de ser perfecta pero permite a bajo costo tener lecturas relativas de la humedad en un sinnúmero de puntos. De lo contrario es necesario tener una caja de lectura para cada punto.

Mediante este sistema se logra una compensación, la cual si bien no es exacta, sí permite leer las variaciones relativas de humedad en cada uno de los puntos conectados a la caja de lectura. Este sistema permite así la conexión de tantos puntos como se desee a una sola caja de lectura economizando costos de instalación de equipo y haciendo que esta sea desde el punto de vista práctico

Esquema de conexión de la caja de suiches.



Rev.  
F. Calderón.  
Agosto 20 de 2004  
Mayo 23 de 2005



la instalación mas económica posible. No existe ningún otro sistema de medición de humedad multipunto remoto de tan bajo costo.

En la gráficas anteriores puede observarse el efecto de la compensación introducida por la caja de Suiches.

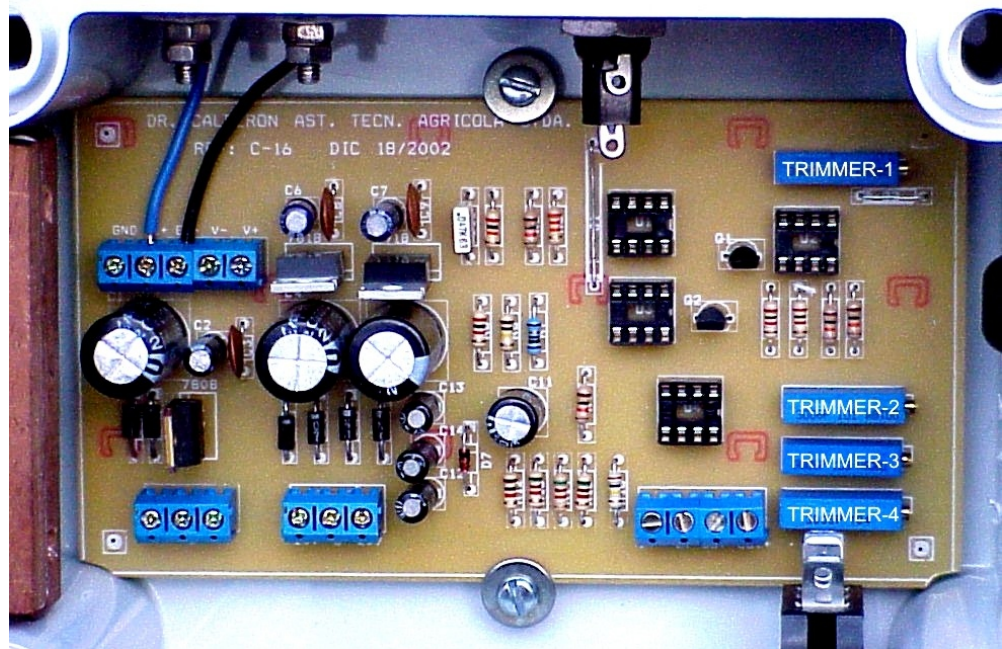
## Placa Electrónica

### Ajuste Electrónico

El Medidor de Humedad se ajusta de la siguiente manera:

- A. El Voltaje de excitación a la salida a los electrodos (E+, E-) se gradúa en 2.4 VAC mediante el Trimmer-1
- B. Se ajusta el cero mediante el Trimmer-2.
- C. Se ajusta el divisor final de Voltaje de salida, mediante el Trimmer-3 usando un electrodo MA 15x15 sumergido en una solución nutritiva (Nutriente Hidropónico Mayor) de conductividad 0.666 mmhos/cm @ 20 °C Este trimmer se ajusta hasta obtener una lectura de 100.0 % considerando esta como el 100 % de Humedad a la mencionada Conductividad.

Esta calibración se comprueba mediante la resistencia de calibración provista y se registra en la tarjeta de control



## Componentes Básicos y especificaciones Técnicas

### COMPONENTES BASICOS:

1. Caja de Lectura Electrónica Digital Ref. 00400; Tarjeta C-16
2. Electrodo de Humedad MA 15 x 15
3. Estuche Plástico.
4. Resistencia para la calibración de la Caja de Lectura.
5. Tarjeta de Control de la Calibración.

### ESPECIFICACIONES TECNICAS

1. Constante de Celda =  $0.085 \text{ cm}^{-1}$
2. Alimentación 110 V A.C. 60 Hz
3. Cable de Potencia 3 x 20 con polo a tierra.
4. Excitación a los Electrodo 2.4 V. A.C.  $1.0 \pm 0.1 \text{ kHz}$
5. Display Digital de 3-1/2 dígitos.
6. Lectura desde 0.0 hasta 99.9 %
7. Tamaño 150 x 100 x 120 mm; Estuche Plástico de 36 x 20 x 14 cm
8. Peso total aprox.: 1700 gr.

## Bibliografía

La Conductividad Eléctrica -CE- y la Conductividad Eléctrica a Granel -CEG- del suelo como base para la medición de la humedad del suelo.

Por: Felipe Calderón Sáenz  
Dr. Calderón Asistencia  
Técnica Agrícola Ltda.,  
Octubre 29 de 2002  
[www.drcalderonlabs.com](http://www.drcalderonlabs.com)  
Avda. 13 No. 87-81  
Bogotá D.C., Colombia S.A.  
[Calderon@drcalderonlabs.com](mailto:Calderon@drcalderonlabs.com)

Dr. Calderon Asistencia Técnica Agrícola Ltda. Avda. 13 No. 87-81  
FAX 2578443, Tels 6224985, 6222687, 6225567 Bogotá, D.C. Colombia  
[www.drcalderonlabs.com](http://www.drcalderonlabs.com) E-Mail: [calderon@drcalderonlabs.com](mailto:calderon@drcalderonlabs.com)