

# Caracterización de Temperatura y Humedad de Suelos Agrícolas

## Characterization of Temperature and Humidity Agricultural Soil

**Diego Steven Galindo-Araque,<sup>1</sup>**  
**María Camila Vargas-Sarmiento,<sup>2</sup>**  
**Jennifer Paola Corredor-Gómez<sup>3</sup>**

### Resumen

---

En la agricultura, la calidad del suelo es un factor determinante para obtener cultivos eficientes. Dos características que intervienen de manera directa en esto, son la temperatura y la humedad. En este artículo se presentarán diferentes maneras de determinar la humedad y la temperatura del suelo utilizando los sensores YL-69 y SHT10. También se evaluarán las respuestas obtenidas de dichas mediciones para determinar si el uso de estos sensores pueden útiles para realizar la caracterización de suelos para cultivos agrícolas, debido a que actualmente se está llevando a cabo la instrumentación de un dispositivo móvil para realizar dicha caracterización en tiempo real sobre en cultivos de la región Cundibycense de Colombia.

**Palabras clave:** *Agricultura de precisión, caracterización, suelo, humedad, temperatura, sensor.*

### Abstract

---

In agriculture, soil quality is a determining factor to obtain efficient crops. Two features directly involved in this, are temperature and humidity. This article will present different ways to determine the moisture and soil temperature using the YL-69 and SHT10 sensors. The responses obtained from these measurements will also be evaluated to determine whether if the use of these sensors are useful for the characterization of soil for agricultural crops, because it is currently carrying out the automation of a mobile device to perform this characterization in real time in the crops of the Cundibycense region of Colombia.

**Key words:** *Precision farming, characterization, soil, humidity, temperature, sensor.*

---

1 Ingeniería Mecatrónica. Semillero de Agricultura de precisión. Grupo de investigación InnovaTIC., Universidad Piloto de Colombia. Carrera 9 # 45 A-44 Bogotá, Colombia, Email:fdiego-galindo@upc.edu.co  
2 Ingeniería Mecatrónica. Semillero de Agricultura de precisión. Grupo de investigación InnovaTIC., Universidad Piloto de Colombia. Carrera 9 # 45 A-44 Bogotá, Colombia, Email:maria-vargas@upc.edu.co  
3 Ingeniería Mecatrónica. Semillero de Agricultura de precisión. Grupo de investigación InnovaTIC., Universidad Piloto de Colombia. Carrera 9 # 45 A-44 Bogotá, Colombia, Email:jennifer-corredorg@upc.edu.co

## I. Introducción

Según la FAO, para el año 2050 la demanda de alimentos aumentará un 80% [1], por lo tanto, es importante conservar y aumentar la eficiencia de los suelos. Las características que se analizarán en el presente documento son la humedad y la temperatura de una muestra de suelo del municipio Úmbita ubicado en Boyacá, Colombia. Con estos parámetros es posible determinar qué tan fértil es el terreno de acuerdo a su compactación, contenido de materia orgánica [2] y desarrollo de procesos bióticos y químicos en este [3]. Para llevar a cabo la caracterización de temperatura y humedad (relativa y absoluta) presente en el suelo, se utilizarán los sensores YL-69 y SHT10, permitiendo conocer el estado del terreno en tiempo real. Según los resultados obtenidos se determinará si es viable implementar el uso de sensores en la agricultura para la medición de dichas propiedades, y según esto, escoger el sensor apropiado para implementarlo en la instrumentación de un dispositivo móvil caracterizador de suelos que actualmente se está realizando.

## II. Marco teórico

### A. Humedad

Uno de los objetivos para conservar el suelo es incrementar la fertilidad del mismo [4] y para esto es indispensable que el suelo cuente con una compactación adecuada que permita el desarrollo de las raíces, infiltración de nutrientes, aire y agua, así como el movimiento capilar. El término infiltración se refiere a la capacidad del suelo para permitir que entre aire o agua en su estructura.

La capacidad de infiltración de agua y permeabilidad hacen que el suelo tenga una mejor captación, percolación, almacenamiento y uso de la humedad en el suelo [2]. La humedad del suelo depende principalmente su textura, profundidad, actividad biológica y materia orgánica. Esta última es directamente proporcional con la cantidad de

humedad [5], por lo tanto, con una humedad óptima, el suelo tendrá un mayor rendimiento. Por otro lado, la falta de éste causa una baja producción y el fracaso de cultivos, siendo un factor el limitante de producción de tres cuartas partes de los cultivos en el mundo [2].

Debido a la importancia que tiene el factor humedad en los cultivos, se vuelve necesario conocer la cantidad de ésta en el suelo. Para ello, se pueden utilizar el método gravimétrico y los sensores YL-69 y el SHT10 que también mide la temperatura.

### A1. Método gravimétrico:

Consiste en relacionar la masa de una muestra de suelo húmeda y seca. Para esto, se deja secar la muestra durante 24 horas en un horno a 105 °C, y cuando la masa es constante, quiere decir que la muestra está seca. Lo anterior se expresa con la siguiente fórmula:

$$W = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_t} * 100 = \frac{W_w}{W_s} * 100 \quad (1)$$

W = Contenido de humedad (%)

$W_w$  = Masa del agua (g)

$W_s$  = Masa seco del material (g)

$W_1$  = Masa de recipiente más el suelo húmedo (g)

$W_2$  = Masa de recipiente más el suelo seco (g)

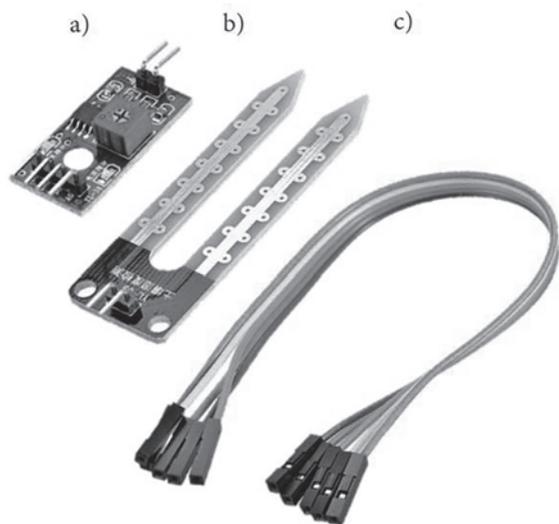
$W_t$  = Masa del recipiente (g)

### A2. Sensor YL-69:

Funciona a partir de la aplicación de voltaje entre dos terminales, los cuales se pueden observar en la figura 1 b. Entre los terminales pasa determinada cantidad de corriente, la cual depende de

la resistencia generada por el suelo que a su vez obedece a la humedad absoluta [6].

El sensor transmite los datos por medio de una salida digital y una analógica, éstas son reguladas por el circuito de control LM393 (ver figura 1 a), el cual se conecta a la placa de Arduino Uno [7].



**Figura 1.** a) Módulo LM39369. b) Sensor YL-69 c) Cable hembra-hembra [7]

La salida analógica del sensor YL-69 proporciona datos a partir de la variación de voltaje, esto se realiza en tiempo real y la lectura de humedad absoluta es de 0 a 100% [7]. La salida digital posibilita el ajuste del nivel lógico de alto a bajo mediante un potenciómetro [6].

### A3. Sensor SHT10:

Este sensor mide la temperatura y la humedad relativa, cuyos valores de salida son digitales. La humedad se mide a través de un sensor capacitivo y la temperatura por medio de un sensor de intervalo de banda, acoplados a un convertidor de 14 bits digitales y a un circuito de interfaz en serie [8]. Para medir la temperatura y la humedad en el suelo es necesario utilizar un protector para el sensor (figura 2), el cual lo protege contra el agua, el polvo, la corrosión, entre otros.



**Figura 2.** Sensor SHT10 [9]

## II-B. Temperatura

La temperatura también juega un papel importante en el proceso de germinación y crecimiento de los cultivos, los cuales sólo se dan en temperaturas mayores a 5 °C. La temperatura es la encargada de condicionar los procesos microbianos e influye en los procesos bióticos y químicos que se presentan en el suelo. Es un factor que presenta gran importancia para que la planta realice una absorción adecuada de los nutrientes, en especial el fósforo que se presenta en menor proporción en las regiones de climas fríos [3].

El calentamiento del suelo dependerá de la cantidad de radiación neta que llegue a la superficie terrestre, que, a su vez depende de factores externos al mismo, entre ellos la radiación global disponible, el albedo, y del balance resultante de radiación infrarroja que dependerá de la temperatura y de las emisiones de luz solar recibidas por la atmósfera y la Tierra. [10].

## III. METODOLOGÍA

### A. Caracterización de la humedad

Para realizar la caracterización de la humedad se tomó una muestra de una porción de suelo agrícola del municipio U´mbita ubicado en Boyacá, Colombia. Debido a que ésta cuenta con cierto porcentaje de humedad, se realizó el método gravimétrico para determinar el porcentaje de humedad contenido en ésta, y así mismo, secar la muestra para poder realizar caracterizar los sen-

sores YL-69 y SHT10. Para lograrlo, usa una balanza digital para hallar la masa del recipiente en el que posteriormente se agregará la muestra. Al verter la muestra en el recipiente, se determina la masa de suelo húmedo.

A continuación, se deja la muestra de suelo en un horno de secado termostáticamente controlado, cuya temperatura se mantiene de  $105 \pm 5$  °C durante 24 horas. La muestra debe ser pesada regularmente hasta que su masa sea constante, como se puede ver en el tabla I.

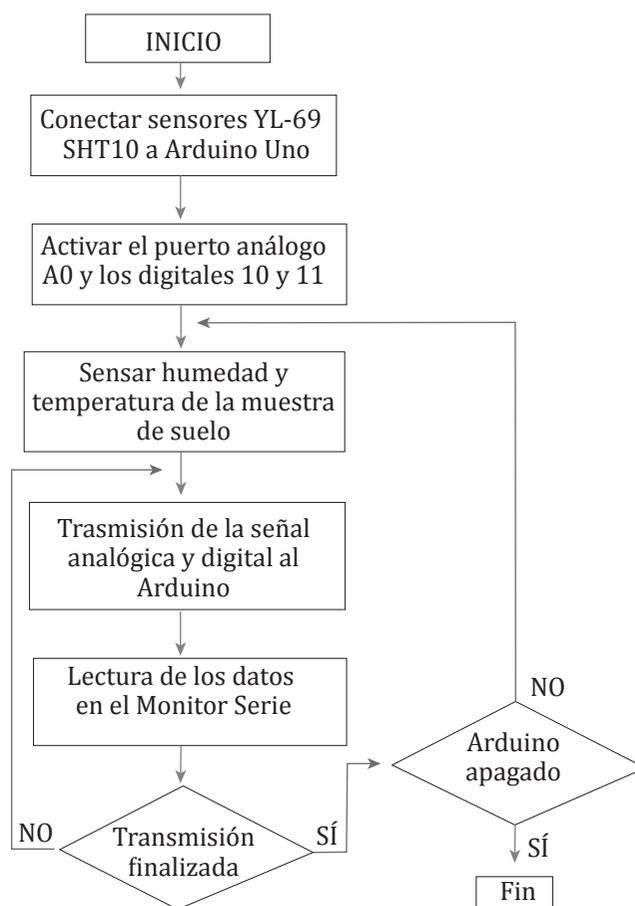
Cuando la masa es constante, significa que la muestra está seca. Reemplazando los datos en la ecuación 1, se obtiene que la muestra contenía 12,37% de humedad. Para determinar la cantidad de agua que debe añadirse a la muestra para obtener un porcentaje de humedad determinado, despeja de la ecuación 1.

Masa del recipiente (g)
273,4
Masa de tierra húmeda (g)
1214,8
1113,2
1112,9
1112,8
1111,2
1111,2

**Tabla I.** Masa de muestra a través del tiempo de secado

$$W_w = \frac{W * W_s}{100} \quad (2)$$

Para realizar la caracterización de los sensores de humedad, separa la muestra total en 5 recipientes, cada uno con 130g de suelo seco. A continuación realiza la medición de la humedad presente en ese momento en el suelo siguiendo los pasos mostrados en la figura 3.



**Figura 3.** Diagrama de flujo de caracterización de humedad y temperatura usando los sensores YL-69 y SHT10

A partir de la segunda medición de humedad, se añade 0,5g de agua en cada prueba hasta completar 11g en cada una de las muestras, con el fin de tener una correcta medición de la humedad relativa en el suelo. Debido a que el sensor YL-69 detecta la humedad absoluta en el suelo, es necesario aplicarle mayor contenido de agua. Por lo tanto, se propone hacer varias mediciones añadiendo 4% de humedad absoluta en cada muestra hasta completar 30 %. Se propone este porcentaje como límite ya que el dispositivo móvil que se está construyendo no podría recorrer un terreno con 40% de humedad absoluta (ver figura 4).

Nota: (El archivo original está muy negro)  
Lo pueden envár mejor?

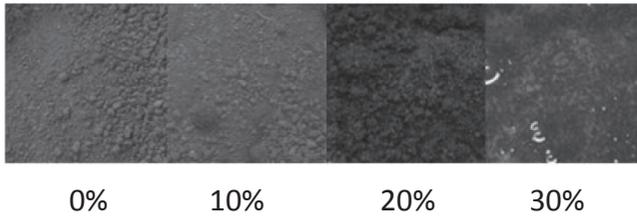


Figura 4. Apariencia de la muestra según su porcentaje de humedad absoluta

### A1. Resultados obtenidos del sensor YL-69

Se conecta el sensor YL-69 al Arduino Uno, a través del módulo LM393, que permite la recepción de los datos análogos medidos por el sensor. Estos datos son interpretados en términos de voltaje. En la figura 5 se puede observar el comportamiento del voltaje entre los terminales del sensor YL-69 según la cantidad de agua que contiene la muestra.

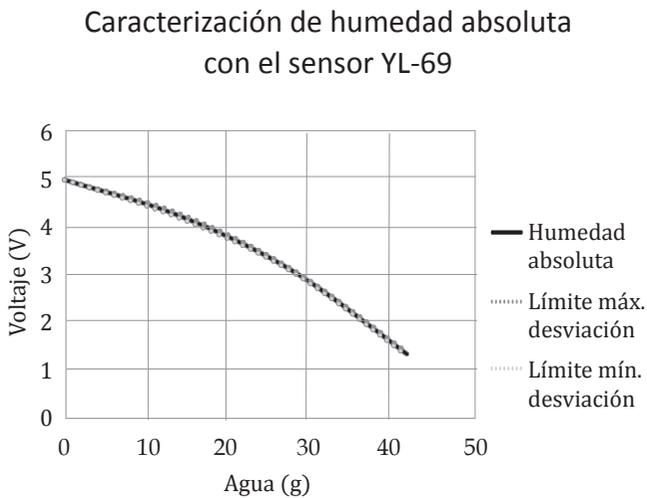


Figura 5. Caracterización de humedad con sensor YL-69

El voltaje entre los terminales es inversamente proporcional al porcentaje de humedad absoluta presente en el suelo. Sin embargo, es un sensor bastante preciso, debido a que la desviación estándar es un voltaje muy pequeño, el cual no alcanza a alterar el valor de salida.

### A2. Resultados obtenidos del sensor SHT10

Este sensor se conecta al Arduino Uno como se muestra en la figura 6. Los datos medidos de la humedad relativa y la temperatura de la muestra se transmiten a través del pin digital DATA y es presentada en formato decimal en el Monitor Serie del programa Arduino por medio del comando DEC.

En la figura 7 se puede observar la variación del porcentaje de humedad relativa con respecto a la cantidad de agua presente en el suelo. Debido a que la humedad relativa es un factor que varía dependiendo de la temperatura, las mediciones se realizaron cuando la temperatura de la muestra se encontraba entre 19 y 21 °C .

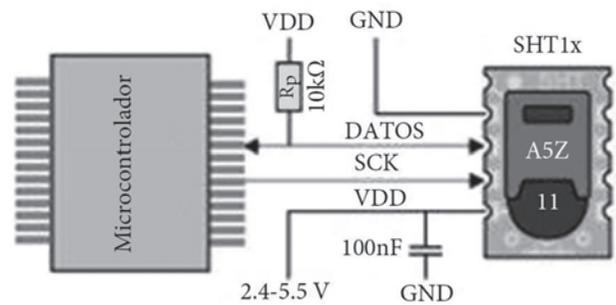


Figura 6. Conexión del sensor SHT10 [11]

### Caracterización de humedad relativa del suelo con el sensor SHT10

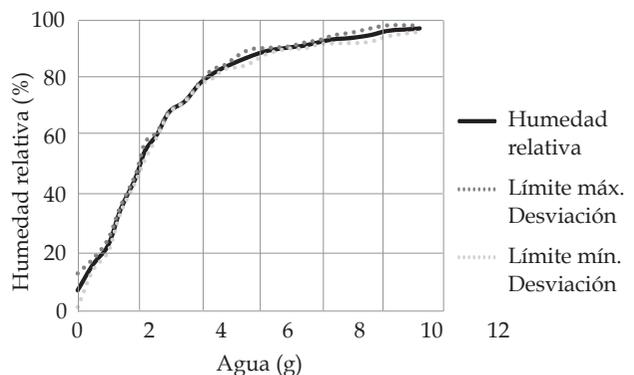


Figura 7. Caracterización de humedad con sensor SHT10

A partir de la caracterización del sensor SHT10, es posible determinar la humedad relativa del suelo y, a partir de este valor, determinar diferentes características del suelo, tales como capacidad de infiltración de agua, contenido de materia orgánica, entre otras; y según esto, tomar decisiones acerca del manejo del terreno, tanto para siembra o cuidados generales.

## B. Caracterización de Temperatura

Para realizar la caracterización de la temperatura se utilizó la misma muestra de suelo que en la caracterización de la humedad, así como el mismo procedimiento, ya que todos los datos se tomaron al mismo tiempo.

Se utiliza el sensor SHT10 para medir la temperatura de cada muestra y un termómetro marca SHEAPER (ver figura 8), con el que se comparan los datos obtenidos por el sensor, permitiendo la verificación de los resultados obtenidos.

Al realizar las mediciones iniciales de temperatura en las 5 muestras se observó que el promedio de tiempo que el sensor se tarda en tener una lectura igual al termómetro es aproximadamente 17 minutos.



Figura 8. Medición de temperatura con sensor SHT10

El sensor requiere de un tiempo mayor de estabilización (entre 15 y 40 minutos) dependiendo de qué tan alejada esté la temperatura actual de la medida anteriormente tomada. En la figura 9 se observa que el sensor tarda 35 minutos en llegar a la temperatura de referencia igual a 21;8 °C (obtenida por medio del termómetro). A pesar de que la temperatura inicial medida es 20;32 °C, siendo cercana a la temperatura de referencia, se esperaría que el sensor se estabilice rápidamente, pero esto no sucede. Sin embargo, este fenómeno sólo ocurre en la primera toma de datos, en las siguientes, el tiempo de estabilización es menor.

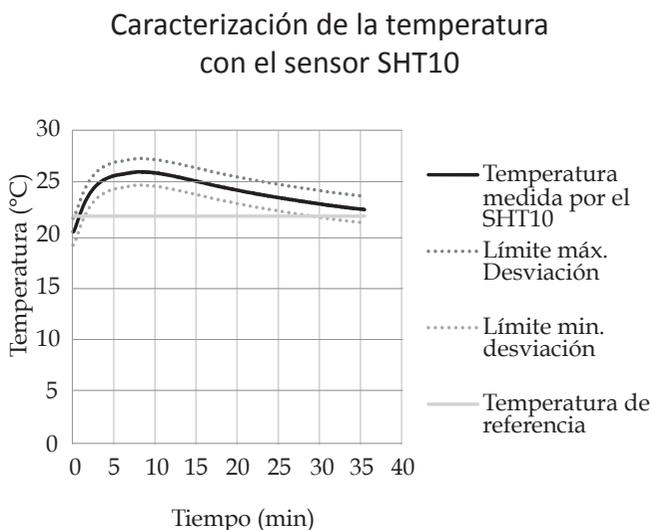


Figura 9. Caracterización de temperatura con sensor SHT10

A partir de lo anterior, se realizaron 20 pruebas en las que el tiempo promedio de estabilización fue de 17 minutos y se obtuvo un error promedio igual a 2,6 %. También se realizaron 55 pruebas en donde el tiempo de estabilización fue 15 minutos y el error promedio es de 3,4 %.

## IV. APLICACIÓN TECNOLÓGICA

Al tener la capacidad de conocer la humedad del suelo por medio de sensores, los agricultores podrán identificar qué tan fértil es su terreno, ya que

---

dependiendo de ésta se pueden determinar varios factores del mismo, tales como la cantidad de materia orgánica y la compactación [12]. Por otro lado, la temperatura influye en los procesos bióticos y químicos que se presentan en el suelo, así como como la absorción adecuada de nutrientes [3].

Teniendo en cuenta lo anterior, es posible decir que es viable utilizar sensores de temperatura y humedad para conocer el estado del terreno y de esta manera tener los cuidados necesarios con este, tales como: regar, abonar, arar, entre otros; los cuales mejoran o mantienen las características del suelo con el fin de aumentar su eficiencia.

## V. DISCUSIÓN

Según los datos obtenidos, se puede observar que en el ensayo con el sensor YL-69, el voltaje en los terminales del sensor es inversamente proporcional a la cantidad de humedad presente en el suelo. Por otro lado, las medidas obtenidas por este sensor son precisas con una desviación de 0,03V. Las del sensor SHT10 tienen una desviación estándar en la medición de la humedad igual a 1,44% y en la temperatura igual a 0; 2 °C .

Debido a que el sensor SHT10 mide la humedad relativa presente en el suelo, es recomendable el uso de éste en el terreno y en el dispositivo móvil, ya que dicha característica es usada normalmente para determinar si es viable sembrar cierto tipo de semillas o no. El sensor YL-69 podría ser usado en terrenos con un porcentaje de humedad absoluta mayor al 10 %, sin embargo, no es necesario incluirlo en la instrumentación del dispositivo móvil.

Por otro lado, cabe resaltar que el sensor SHT10 es preciso y exacto al medir la temperatura, sin embargo, tarda bastante tiempo en estabilizarse (entre 15 y 40 minutos), ya que, cuando el dato tomado es cercano a la temperatura de referencia la velocidad de la variación de los datos dis-

minuye. Por otro lado, se observó que la primera medida de temperatura en un grupo de muestras en un ambiente con las mismas condiciones requiere de mucho más tiempo en estabilizarse que las siguientes adquisiciones, ya que el sensor toma como referencia la última medida y a partir de ésta, la siguiente y así sucesivamente, requiriendo menos tiempo con respecto a la primera medida, siendo esto una ventaja, ya que en un terreno, no variará significativamente la temperatura entre muestras.

## VI. CONCLUSIONES

Debido a que el porcentaje de humedad relativa del suelo no se puede determinar con sólo observar el suelo y además depende de la temperatura del ambiente, es necesario usar el sensor SHT10 para medir dicha característica, y con ello, el agricultor podrá determinar qué cuidados tener o qué sembrar en su terreno.

Debido a que el principio de funcionamiento del sensor YL-69 consiste en medir el diferencial de corriente entre sus dos terminales, se puede ver afectada la medida no sólo por la cantidad de agua en el suelo sino también por sales solubles presentes en este.

El sensor SHT10 tiene una precisión de  $\pm 0,5$  °C, si el suelo tiene una variación alta de temperatura el sensor tarda aproximadamente entre 15 y 40 minutos para estabilizarse. Si la temperatura de referencia y la medida por el sensor no presentan una variación significativa, la velocidad de estabilización disminuye, ya que, a su vez, que la variación de los datos disminuye. Por lo tanto, se recomienda dejar el sensor dentro del suelo aproximadamente 35 minutos para la primera medida y para el resto 15 minutos, si las muestras se encuentran en un ambiente con las mismas condiciones.

El uso de sensores es recomendable para determinar el estado de un terreno en tiempo real, ya que, al conocer esta información el agricultor po-

---

drá tomar una decisión adecuada para cuidar el suelo.

El sensor SHT10 puede implementarse en la instrumentación del dispositivo móvil caracterizador de suelos agrícolas, debido a que mide correctamente la humedad relativa en el suelo, así como la temperatura; siendo éstas, propiedades importantes del suelo.

## REFERENCIAS

[1] FINAGRO. El momento del agro.

[2] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Manejo de la humedad del suelo.

[3] AgroEs.es. (ltimo acceso: 07 Junio 2016) Temperatura del suelo agricultura.

[4] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Fertilidad del suelo.

[5] S. N. Blaya and G. N. García, Química agrícola: el suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Mundi-Prensa Libros, 2003.

[6] A. Restrepo, E. F. Cedeño, C. A. Casas, and Y. E. García, "Diseño de una interfaz hmi (hom-

bre máquina) y sistema de telemetría para una planta experimental de elaboración de compost a partir de residuos sólidos orgánicos (rso)."

[7] A. Tapia García and P. d. J. Peña Martínez, "Instrumento de pesaje y monitoreo ambiental de tortugas marinas y nidales," 2015.

[8] E. J. Giraldo Sepúlveda, "Control de temperatura y humedad relativa para un deshidratador solar de frutas," 2014.

[9] (ltimo acceso: 07 Junio 2016) Temperature humidity sensor metal stainless steel protective cover house cable for sht10, sht11, sht21, sht71, sht75(without pcb ic). [Online]. Available: <http://www.aliexpress.com>

[10] ocw.upm.es. (ltimo acceso: 07 Junio 2016) Temperatura del suelo.

[11] Datasheet SHT1x (SHT10, SHT11, SHT15) Humidity and Temperature Sensor IC, SENSIRION, ?0?3ltimo acceso: 06 Junio 2016. [Online]. Available: <https://www.sensirion.com>

[12] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2005) Optimización la humedad del suelo para la producción vegetal. el significado de la porosidad del suelo. FAO.

