

# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Hipótesis.....	3
1.2. Objetivo general.....	3
1.3. Objetivos específicos.....	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Agricultura de precisión y preservación de los recursos.....	3
2.2. Manejo hídrico del predio agrícola.....	4
2.3. Métodos para medir el contenido de agua en el suelo.....	5
2.3.1. Método gravimétrico.....	5
2.3.2. Tensiómetros.....	6
2.3.3. Reflectometría (TDR).....	6
2.3.4. Sensores capacitivos y FDR.....	7
2.3.5. Georradar.....	8
2.4. Sensor desarrollado para el estudio.....	9
2.4.1. Tarjetas de desarrollo y microcontrolador Arduino.....	10
2.4.2. Redes inalámbricas.....	11
2.5. Tipos de suelo considerados en el estudio.....	12
2.6. Sensor comercial para comparación.....	12
2.7. Aspectos regulatorios.....	13
2.7.1. Propiedad industrial.....	14
2.7.2. Secreto comercial.....	15
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15

3.1. Descripción general del ensayo .....	15
3.2. Sensor desarrollado para el estudio .....	15
3.2.1. Microcontrolador .....	15
3.2.2. Comunicación inalámbrica .....	16
3.2.3. Comunicación GPRS .....	17
3.2.4. Sensor de humedad de suelo.....	17
3.2.5. Data logger.....	18
3.2.6. Fuente de alimentación .....	18
3.3. Sensor comercial de referencia.....	20
3.4. Muestras de suelo utilizadas en el estudio.....	20
3.5. Evaluación del sensor de humedad de suelo .....	21
3.6. Método gravimétrico .....	22
3.7. Análisis estadístico .....	22
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	23
4.1. Evaluación sensores de bajo costo .....	23
5. CONCLUSIONES .....	27
6. BIBLIOGRAFÍA .....	29

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Tabla de cálculo de contenido volumétrico de agua (VWC) obtenido por gravimetría. ....	22
--	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1. Esquema resumen de los principales métodos para medir humedad de suelo: A. Método gravimétrico, B. Tensiómetros, C. Georradar, D. Sensor capacitivo, E. Sonda FDR, F. Sonda TDR.....	9
Figura 2. Esquema de funcionamiento del sensor de humedad de suelo inalámbrico de bajo costo en condiciones de campo. ....	19
Figura 3. A: Prototipo utilizado en el ensayo; B: Sensor de humedad. ....	20
Figura 4. Comparación de las mediciones del sensor de bajo costo, con las del sensor de referencia (izquierda) y con las obtenidas por método gravimétrico (derecha); en tres tipos de suelo: trumao (A), arenoso (B) y arcilloso (C). Se presenta la línea de tendencia polinomial, la ecuación del gráfico y el valor de $R^2$ . Los valores obtenidos por gravimetría corresponden a volumen de agua evaporado. ....	23
Figura 5. Comparación de sensor comercial (líneas azules) y sensores de bajo costo (líneas naranjas) con el contenido de humedad obtenido por gravimetría (eje x), en tres tipos de suelo: trumao (A), arenoso (B) y arcilloso (C). Las casillas de la ecuación de la recta y valores de $r^2$ , se enmarcan con el mismo color de las líneas correspondientes. También se presentan barras de error y líneas de tendencia de cada curva.....	26