

# Diseño de un sistema de riego por microaspersión automatizado para el cultivo de guanábana “*annona muricata*” mediante el uso de las herramientas SIG

## Design of an automated irrigation system by microaspersion for growing soursop "*annona muricata*" using GIS tools

Armando Torrente Trujillo <sup>[1]</sup> Iván Darío Méndez G. <sup>[2]</sup> y Edward Iván López R. <sup>[3]</sup>

---

### Resumen

El cultivo de Guanábana es considerado un cultivo tropical, de baja producción en el país, capaz de soportar temporadas de sequía cortas y medianas en su etapa adulta, además de presentar grandes beneficios para la salud, posee un mercado bastante amplio. La finca Villa Lucy ubicada en el Municipio del Pital, tiene una hectárea dispuesta para un cultivo de Guanábana, con un suelo de textura franco arenoso, medianamente ácido, presenta niveles medios de materia orgánica y se califica de fertilidad media. Dados los requerimientos de agua del cultivo, los parámetros climáticos no se disponía de las condiciones para realizar el riego, por esto se le diseñó un riego por microaspersión, al igual que un software de aplicación para la asistencia en las labores relacionadas con el manejo del agua. SISRIEGO, es una aplicación de automatización de fácil manejo, con un único indicador de alerta, un sensor de Humedad ubicado en la zona más crítica del sector, y a una profundidad de 60 cm, permite determinar el momento aproximado en que la humedad desciende por debajo del porcentaje de humedad ingresado por el usuario. El sistema de Riego fue diseñado con un software diseñado por la empresa española Aigües del Segarra Garrigues, S.A. (ASG), quien nos brindó asesoría por medio del Ingeniero Pedro Santos, el diseño validado por la metodología del ingeniero Cifuentes y Epanet. Sigopram utiliza la plataforma ARCGIS 10.1 como base para su funcionamiento.

**Palabras clave:** Software; Riego; Microaspersión; Automatización; Guanábana; SISRIEGO; SIGOPRAM; ARCGIS; Diseño.

### Abstract

Guanábana cultivation is considered a tropical crop, low production in the country, able to withstand periods of short and medium drought as adults, in addition to having great health benefits, it has a very broad market. The Villa Lucy farm in the municipality of Pital, has prepared a hectare for cultivation Guanábana with a sandy loam soil, moderately acid, has average levels of organic matter and fertility rates as average. Given the water requirements of the crop, the climatic parameters not available on the conditions for irrigation, so it was designed irrigation by micro, as well as application software for assistance in the work related to management water. SISRIEGO, automation is an application easy to use, with one warning indicator, a humidity sensor located in the most critical area of the sector, at a depth of 60 cm, can determine the approximate time when the humidity drops below the moisture content entered by the user. The irrigation system was designed with software designed by the Spanish company Aigües Segarra Garrigues, SA (ASG), who gave us advice by the engineer Pedro Santos, design methodology validated by the engineer Cifuentes and Epanet. Sigopram ArcGIS 10.1 platform used as the basis for its operation.

**Key words:** Software; Irrigation; Microaspersion; Automation; Soursop; SISRIEGO; SIGOPRAM; ARCGIS; Design.

---

[1] Phd Ciencias Agrarias. Docente Universidad Surcolombiana Neiva. Avenida Pastrana Carrera 1. armando.torrente@gmail.com

[2] Estudiante Ingeniero Agrícola. Universidad Surcolombiana Neiva. Avenida Pastrana Carrera 1. u2009289285@usco.edu.co

[3] Estudiante Ingeniero Agrícola. Universidad Surcolombiana Neiva. Avenida Pastrana Carrera 1. u2010192823@usco.edu.co

## 1. Introducción

La aparición en las últimas décadas de fenómenos mundiales como la globalización, el calentamiento global, el encarecimiento de los bienes agrícolas, y la seguridad alimentaria, han logrado fijar nuevamente la atención del mundo en la agricultura, incentivado a la industria a invertir en su desarrollo. Sin embargo, dicho desarrollo no se ha dado por igual alrededor del mundo, dejando rezagados a países como Colombia, quien a pesar de poseer un potencial agrícola importante, no ha logrado avances contundentes en esta materia. Esto se debe quizás, a la poca inversión tecnológica, y el uso continuado de técnicas tradicionales de producción poco competitivas respecto a otros países.

Los avances científicos de carácter agrícola, se han direccionado principalmente, en el desarrollo de cultivos resistentes a plagas, enfermedades y ambientes nocivos, sin embargo, es posible introducir otro tipo de tecnologías en el campo, tales que, no solo faciliten el trabajo del agricultor, sino que también optimicen procesos y recursos, a pesar que en Colombia el sector agrícola utiliza el 61% del agua dulce disponible (Minagricultura, 2012), existen lugares dentro del territorio nacional, donde dicho recurso no es suficiente para satisfacer las necesidades de producción. Para el debido diseño de riego, se realizaron estudios edáficos e hidroclimáticos con el fin seleccionar el sistema de riego más apropiado según las características de la zona, y además del uso de herramientas informáticas y tecnológicas como sensores y ordenadores para su automatización.

En este proyecto se busca, no solo ofrecer una solución a la problemática del uso racional del agua, sino también disminuir la brecha existente entre la tecnología y la agricultura. Por lo tanto, en el mundo actual, si se optimizan procesos, se simplifican las tareas y se hace un adecuado manejo de las herramientas tecnológicas, el desarrollo del campo agrícola podría alcanzar niveles competitivos, logrando así, reducir la brecha del agro colombiano, frente a otros países.

Países como Perú, México, Ecuador, Brasil, Estados Unidos, Israel, entre otros, han avanzado en el desarrollo de software de aplicación para automatización del agro. Este proyecto se enfoca

en dos variables fundamentales del riego agrícola: balance hídrico y humedad en el suelo.

## 2. Metodología

El diseño de un sistema de riego por microaspersión automatizado para el cultivo de Guanábana (*Annona Muricata*) en la Finca Villa Lucy localizada en el municipio de El Pital y occidente del departamento del Huila y cuya elevación es de 921 msnm, permite controlar la humedad horaria del suelo y proveer el requerimiento hídrico del cultivo en tiempo real operando eficientemente el sistema de riego con órdenes de inicio y apagado automatizado. Dicho sistema enviará los registros a un ordenador, quien no solo almacenará la información en una base de datos, sino que también enviará una alerta, que podrá activar el sector de riego, si así lo desea, con solo accionar un botón. El diseño se compone de 3 etapas, la etapa de recolección de datos, procesamiento de datos y entorno de automatización.

### 2.1 Recolección de Datos

#### 2.1.1 Condiciones Generales del Cultivo

El requerimiento de luz mínima para el cultivo es de 2000 horas luz/año. El cultivo es susceptible al frío, y es la anonácea cuyos requerimientos de clima más tropical, húmedo y cálido (23 a 30°C), es característico de altitudes inferiores a 1000 msnm. La humedad relativa es el factor crítico en el cultivo siendo propensa a la Antracnosis con la humedad relativa alta. Una humedad relativa baja, dificulta la polinización, afectando, por esta vía, los niveles de producción. (infojardin.com). Para el caso del proyecto los árboles están sembrados a 7x7 en forma cuadrangular en un área de 1,0 ha con un total de 204 árboles.

Actualmente el riego se abastece de agua de la Quebrada Peñas Negras, a pesar de esto, el agua es insuficiente, por lo que se construyó un pozo en la cabecera del predio, para explotación agrícola con una recarga media de 1.8 m<sup>3</sup>/h.

#### 2.1.2 Levantamiento Planialtimétrico

Para la georeferenciación del predio se utilizó un GPS Garmin 62sc. En el levantamiento planialtimétrico se utilizó una estación total, marca Gpt 7000i con sus accesorios.

### 2.1.3 Estudio de Suelos

Se tomaron 2 muestras de suelo de la zona de estudio; siguiendo las especificaciones del Laboratorio de Suelos LABGAA de la Universidad Surcolombiana.

### 2.1.4 Estudio Climatológico

Los datos recogidos en campo de las estaciones EL AGRADO, LA BETULIA Y TRES ESQUINAS se procesaron con diferentes métodos para la Organización, homogenización, estimación y determinación de consistencia de los datos climatológicos.

### 2.1.5 Determinación de Necesidades Hídricas (Diseño Agronómico)

Consiste primordialmente en determinar las necesidades hídricas del cultivo, es decir se calcula la cantidad de agua que necesita el cultivo para su normal desarrollo sin ocasionar un déficit hídrico, dependiendo primordialmente de factores edafológicos y climatológicos básicamente y otros propios del cultivo.

## 2.2 Procesamiento de Datos

### 2.2.1 Herramientas

Para el procesamiento de datos se usan diferentes recursos tanto humanos como de equipo, como por ejemplo los SIG (Sistemas de Información Geográfica) que es un sistema para la gestión, análisis y visualización de conocimiento geográfico que se estructura en diferentes conjuntos de información: Mapas interactivos, datos geográficos, modelos de geoprocamiento, modelo de datos, metadatos, etc.

### 2.2.2 Planialtimetría

La elaboración del plano del levantamiento topográfico se realizó con 130 puntos obtenidos

con el equipo y procesando la información en software ArcGIS 10.1 para la interpolación y triangulación de los valores, obteniendo como resultado las curvas de la figura 1.

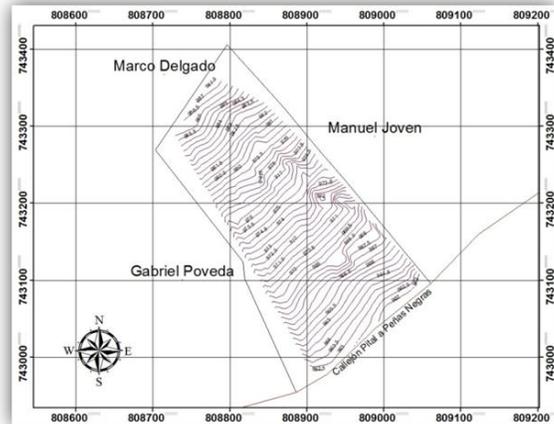


FIGURA 1. Curvas de Nivel de la Finca Villa Lucy. (Interpolación ArcGIS 10.1)  
FUENTE: Méndez y López

### 2.2.3 Análisis de Estudios de Suelos

En el estudio de suelos el proyecto se encuentra en la unidad cartográfica *PXDb* de acuerdo al mapa de suelos del departamento del Huila del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).



FIGURA 3: Perfil del Suelo.  
FUENTE: Méndez y López, 2015

Las propiedades hidrofísicas del suelo son: El porcentaje de humedad gravimétrico del Suelo en promedio es de 21,15%. La conductividad hidráulica por el método inverso de auger hole arroja valores dentro del rango de 1,5 a 3,0 que se clasifica como moderadamente rápida. La prueba de infiltración (método de anillos infiltrómetros) determino una infiltración de 21,18 cm/h y se

clasifica como *infiltración rápida* (USDA. Servicio de Conservación de Suelos).

Las propiedades Físico – Químicas del suelo analizado en laboratorio se resumen en la siguiente tabla.

**Tabla 1. Propiedades Físico - químicas del Suelo**

Propiedad	Abreviación	Método	Resultado	Unidad
Capacidad de Campo	CC	Membrana Richards	25,96	%
Punto de Marchites Permanente	PMP	Membrana Richards	15,07	%
Densidad Aparente	Da	Terrón Parafinado	1,48	gr/cm <sup>3</sup>
Textura	Textura	Bouyoucos	Franco Arenoso	FA
Porosidad Total	Poros	Relación Da - Porosidad	45,60	%
Agua disponible	H	Valverde, 2007	10,89	%
Materia Orgánica	MO	NTC 5403	2,00	%
Potencial de Hidrógeno	pH	NTC 5264	6,00	-
Relación Ca/Mg	Ca/Mg	Relación Catiónica	6,04	-
Relación Mg/K	Mg/K	Relación Catiónica	2,30	-

FUENTE: Méndez y López, 2015

Según las propiedades físicas y químicas obtenidas de los análisis de suelo; se debe tener en cuenta que el suelo presenta una porosidad medianamente reducida, pero dicha problemática no es grave ya que el valor obtenido se encuentra cerca del rango óptimo de porosidad entre 46 y 50% (FUNPROVER, 1999). Y el agua disponible se encuentra dentro del rango normal para una textura Franco Arenosa (Valverde, 2007). El porcentaje de materia orgánica que va condicionado por el clima arroja un valor de 2% indicándose para la zona como bajo. La relación de Ca/Mg obtenida significa que existe un desbalance de cationes y en este caso debido al alto contenido de calcio presente en el suelo, dificultando la absorción del magnesio por las raíces de las plantas. La Relación Mg/K obtenida evidencia un posible desbalance debido a que puede producirse deficiencias de magnesio por efecto antagónico de potasio (Cuesta, 2005).

### 2.2.4 Información Climatológica

Para el estudio de la información climatológica se tuvieron en cuenta 2 estaciones de categoría *pluviometeorológica* y 1 estación de categoría *climatológica ordinaria*, por su cercanía al área de diseño, descritas en la tabla 2.

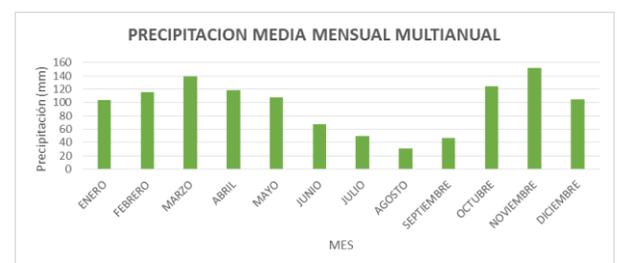
**Tabla 2. Estaciones empleadas para Estudio**

ÍTEM	AGRADO	TRES ESQUINAS	LA BETULIA
Código	21040010	21040060	21045010
Área Operativa	04	04	04
Estado	Suspendida	Activa	Activa
Clase	Meteorológica	Meteorológica	Meteorológica
Categoría	Pluviometeorológica	Pluviometeorológica	Climatológica Ordinaria
Departamento	Huila	Huila	Huila
Municipio	Agrado	Pital	Agrado
Corriente	Magdalena	Magdalena	Magdalena
Latitud	2°15'00" N	2°11'57.7" N	2°16'53.7" N
Longitud	75°46'00" W	75°46'45.7" W	75°42'18.3" W
Altitud	905	805	780
Fecha Instalación	15/12/1958	15/06/1980	15/12/1985
Fecha Suspensión	15/10/2005	-	-

FUENTE: IDEAM, 2014

Para la estimación de los datos faltantes de precipitación de la estación meteorológica de TRES ESQUINAS para una serie de 34 años (1980 – 2013) se utilizó el método de regresión lineal, con el manejo de las estaciones meteorológicas AGRADO y LA BETULIA.

A partir de la información obtenida, completada y homogenizada de la estación TRES ESQUINAS se realizó el estudio de precipitación.



**Gráfico 1: Precipitación media mensual multianual de la estación TRES ESQUINAS – PITAL**

FUENTE: Méndez y López 2015

Se determina que en la zona de interés se presenta un régimen de lluvias bimodal presentándose entre los meses de enero a mayo y de octubre a diciembre, siendo noviembre el mes en que se acentúan las precipitaciones con un valor de 151 mm. La época más seca del año se presenta entre los meses de junio y julio, donde el mes de

agosto presenta los valores más bajos de precipitación con 31 mm, siendo este el mes más crítico y donde se presenta la mayor demanda del recurso hídrico. La precipitación media anual de acuerdo a la serie de datos procesada arroja un valor de 1160 mm.

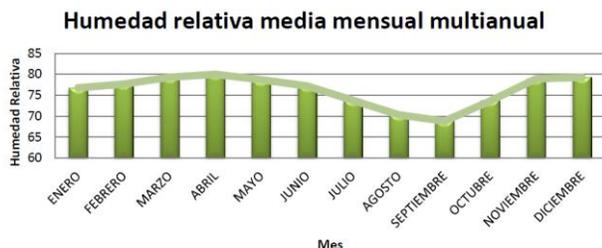


Gráfico 2: Humedad Relativa Media Mensual Multianual  
FUENTE: Méndez y López 2015

En la Gráfica 2 se observa que se presentan dos periodos húmedos de enero a junio y de octubre a diciembre, evidenciándose el periodo seco de julio a septiembre, correspondiente a la precipitación baja presente en la zona del proyecto.

El parámetro de temperatura por disponibilidad de información del IDEAM y por cercanía a la zona de proyecto se tomó de la estación LA BETULIA.

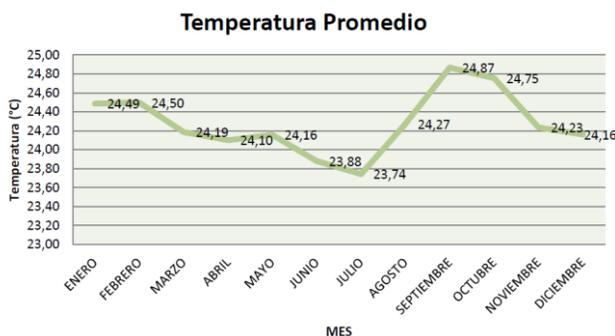


Gráfico 3: Temperatura media mensual multianual de la estación LA BETULIA FUENTE: Méndez y López 2015

Los datos analizados (grafico 3) de temperaturas máximas y mínimas no coinciden completamente con los datos registrados de periodos húmedos y secos a lo largo de los meses del año, debido a la distancia y elevación que hay de una estación a otra.

### 2.2.4.1 Calculo de la evapotranspiración potencial crítica con fines de riego.

Debido a que la estación climatológica TRES ESQUINAS Y BETULIA no posee datos de evaporación fue necesario el cálculo de esta, utilizando para tal fin el método de THORNTHWAITE (Monsalve, 1995).

Para el cálculo de la evapotranspiración potencial se seleccionó la temperatura media mensual multianual en una serie de datos de 28 años de la estación climatológica LA BETULIA que se representa en la tabla 3.

Para el diseño del sistema de riego se selecciona la máxima evapotranspiración correspondiente para el mes de septiembre - octubre con un valor de **3.8 mm/día**, esto con el fin de garantizar que el sistema de riego diseñado supla las necesidades del cultivo de guanábana.

### 2.2.5 Requerimiento Hídrico del Cultivo

Para el cálculo de los requerimientos hídricos del cultivo (Tabla 4) se utilizó la metodología descrita en CIFUENTES 2006.

Tabla 4. Requerimientos Hídricos del Cultivo

ITEM	RESULTADO
Uso Consumo	3,42 mm
Lamina Neta	29,02 mm
Lamina Bruta	29,62 mm
Frecuencia de Riego	8 Días
Tiempo Por Unidad de Riego	28 Horas
Posiciones por turno de Riego	216 Posiciones
Lamina Neta Ajustada	1,9 mm
Lamina Bruta Ajustada	1,94 mm
Tiempo Por Unidad de Riego	2 Horas

FUENTE: Méndez y López 2015

Debido al bajo caudal de recarga que presenta el Pozo de 1.8 m<sup>3</sup>/h, no es posible realizar el riego con los parámetros establecidos, por lo tanto se hizo un ajuste (Tabla 4), y satisfacer el requerimiento hídrico, según las necesidades diarias del cultivo y aprovechar al máximo el recurso de agua disponible.

**Tabla 5: Parámetros Establecidos para el Diseño del Sistema de Riego**

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Textura del Suelo	-	Franco Arenosa
Capacidad de Campo	%	25,96
Punto de Marchitez Permanente	%	15,07
Densidad Aparente	gr / cm <sup>3</sup>	1,48
Infiltración Básica	cm / h	21,18
Conductividad Hidráulica Saturada	m / día	1,64
Profundidad Radicular Efectiva	mm	600
Evapotranspiración Potencial	mm / día	3,8
Coefficiente del Cultivo	-	0,9
Uso Consumo	mm / día	3,8
Caudal Teórico Máximo de Explotación del Pozo	m <sup>3</sup> / h	1,8
Volumen Total de Almacenamiento	m <sup>3</sup>	7,85
Tiempo de Llenado de Volumen Total de Almacenamiento	Horas	4,33
Volumen a Utilizar para Riego.	m <sup>3</sup>	6,48
Tiempo de Llenado del Volumen a Utilizar.	Horas	2 ½
Caudal de Diseño del Sistema de Riego (Unidad de Bombeo)	m <sup>3</sup> / h	6,48
Tiempo de Vaciado del Agua Almacenada en Pozo	Horas	1
Unidad de Riego	SUPERNET LR 030 - NETAFIM	
Caudal Unidad de Riego	m <sup>3</sup> / h	0,03
Presión de Trabajo de la Unidad de Riego	PSI	14,5
Diámetro Húmedo de la Unidad de Riego	m	6
Altura desde el Piso hasta la Unidad de Riego	m	0,6

FUENTE: Méndez y López, 2015

### 2.3 Diseño Hidráulico GIS

El diseño hidráulico del sistema de Riego, se realizó utilizando la herramienta SIGOPRAM v3.26, y verificada por la metodología de Los Talleres, propuesta por el Ingeniero Miguel Germán Cifuentes (2003) y el software EPANET. Existen diferencias entre los resultados obtenidos por las tres metodologías, sin embargo no resultan significativas.

#### 2.3.1 Parámetros de Diseño

Ingresa los parámetros de funcionamiento de los emisores, tales como caudal, presión (mín. y máx.), diámetro húmedo e información dada por el fabricante como coeficiente de descarga, constante K y exponente X que permiten simular el comportamiento del área húmeda (Figura 4).

	C	K	Exp. Descarga	exp2
1	0,001506	3	0,5	0
1	0,001506	3	0,5	0

FIGURA 4: Parámetros de Funcionamiento de los Emisores entregados por el Fabricante.

FUENTE: Méndez y López, 2015

Sigopram permite incorporar la topografía del terreno en forma de MDT (Modelo Digital del Terreno) como una imagen Ráster, lo que permite una interpolación aproximada en cada uno de los elementos trazados (Tuberías, Emisores, Sectores de Riego), además, de fijar la velocidad mínima (0.7 m/s) y máxima (1.2 m/s) del sistema (Figura 5).

- El valor de exp2 es cero (0) cuando se tratan de emisores autocompensados
- La interface de Sigopram, permite realizar una distribución homogénea de los emisores en el área del proyecto, según la distancia y modalidad de siembra (Figura 6).

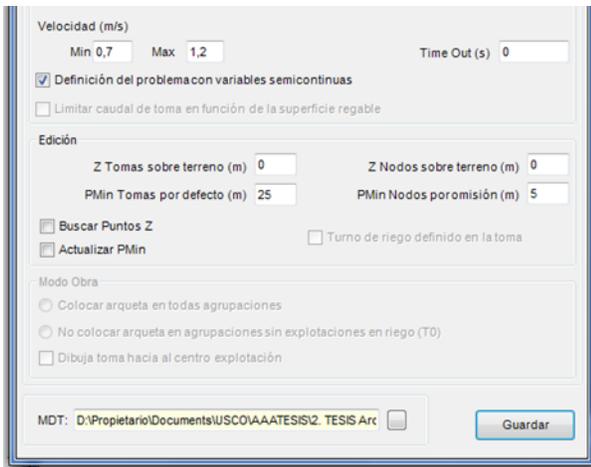


FIGURA 5: Ingreso de MDT y Definición de la Velocidad del Sistema.

FUENTE: Méndez y López, 2015

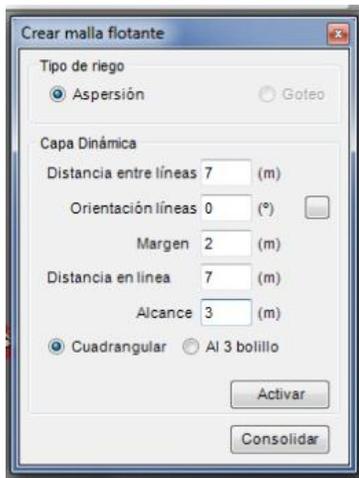


FIGURA 6: Distribución de Emisores por Distancia y Modalidad de Siembra.

FUENTE: Méndez y López, 2015

Selección del diámetro de tuberías, material, velocidad y demás valores aportados por el fabricante (Figura 7).

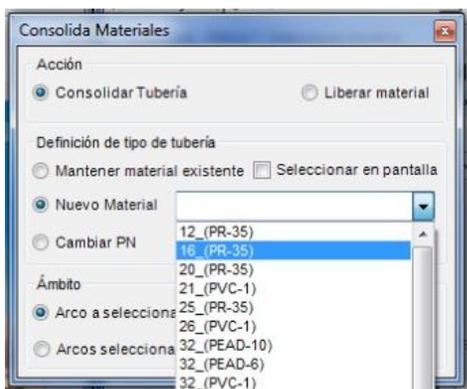


FIGURA 7: Selección del Material de la Tubería.

FUENTE: Méndez y López, 2015

La Barra de Herramientas de Sigopram permite el trazado de la Tubería de la Red, y la inserción de los emisores, nodos y tomas de agua, creación de perfiles, Válvulas Reguladoras de Presión y por último, permite simular el sistema según las especificaciones ingresadas. (Figura 8)

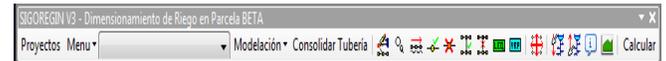


FIGURA 8: Barra de Herramientas de Sigopram.

FUENTE: Méndez y López, 2015

## 2.4 Entorno de Automatización

Un sistema de automatización consiste en cinco niveles y comprende la estructura entera de una industria o una empresa, pero en lo que concierne a la infraestructura física del sistema consta de los tres últimos niveles.

- Nivel de mando: Está compuesta por lo general de ordenadores, para la supervisión y control de maquinaria y procesos de forma remota.
- Nivel de control: Está compuesta por autómatas programables y las diferentes clases de interfaces hombre – máquina, para el control de las maquinas.

Nivel de campo: Es el nivel más bajo de la jerarquía y están compuesto por los sensores (termocuplas, tacómetros, detectores de proximidad, etc.) y actuadores (motores, electroválvulas, etc.). (Rodríguez y Gonzales, 2014).

### 2.4.1 Materiales y Dispositivos

**Arduino UNO:** Arduino es una plataforma de hardware libre para la creación de prototipos basada en software flexible y fácil de usar. Las placas pueden ser hechas a mano o compradas de fábrica (Figura 9).



FIGURA 9. Arduino UNO

Fuente: www.fundino.com

**SHIELD Arduino:** El Xbee Shield (Figura 10) simplifica la tarea de conectar un módulo XBee con tu Arduino.



**FIGURA 10. XBEE Shield**  
Fuente: www.fundino.com

**Módulo XBEE S2:** Los módulos XBee (Figura 11) son soluciones integradas que brindan un medio inalámbrico para la interconexión y comunicación entre dispositivos.



**FIGURA 11. XBEE S2**  
Fuente: www.fundino.com

El módulo Xbee S2 tiene un alcance de 120 metros en línea de vista con el receptor.

**Sensor de Humedad YL-69:** Es un sensor de resistencia eléctrica.

**Tabla 6. Descripción lecturas sensor YL-69**

<b>Suelo seco</b>	<b>0 – 300</b>
<b>Suelo Húmedo</b>	<b>300 – 700</b>
<b>Suelo mojado (Encharcado)</b>	<b>700 – 950</b>

Fuente: Manual Técnico sensor YL-69 (2015)

### 2.4.2 Herramientas SIG

SIGOPRAM para parcelas pequeñas es una aplicación GIS concebida para la ejecución de proyectos y obras de riego colectivas a demanda. Desarrollado por la empresa (Aigües del Segarra Garrigues S.A., ASG)

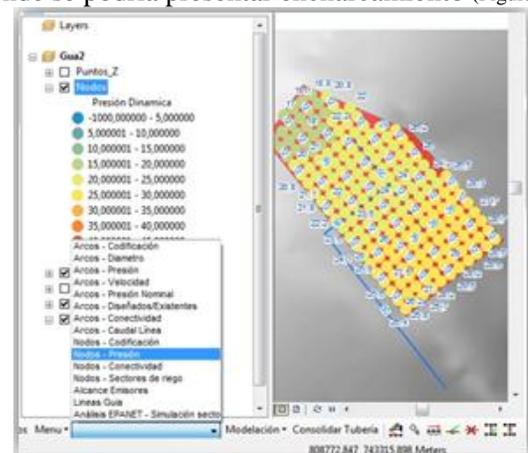
El SIGOPRAM permite diseñar, dimensionar y simular redes hidráulicas a presión, con la novedad de que todo el proceso se desarrolla en un entorno GIS, lo que permite aprovechar todas las potencialidades de estos sistemas.

## 3. Resultados

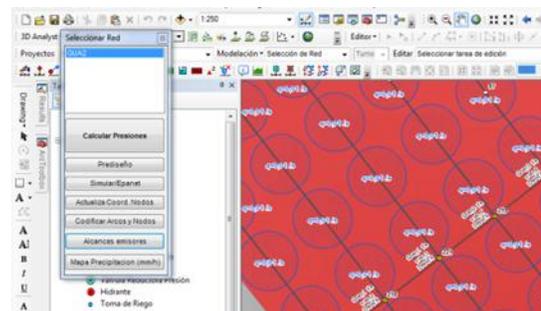
### 3.1 Diseño Hidráulico con Sigogram - ArcGIS

#### 3.2 Aplicación de los SIG.

Una vez realizada la simulación, Sigogram ofrece la posibilidad de visualizar la información según la necesidad del investigador entre un plano de presión, velocidad, diámetro o caudal (Figura 12). Además de conocer las zonas donde según el diámetro húmedo de los emisores (Figura 13), no cuentan con la precipitación adecuada, y aquellas, donde se podría presentar encharcamiento (Figura 14).



**FIGURA 12: Visualización de Resultados.**  
FUENTE: Méndez y López, 2015



**FIGURA 13: Diámetro Húmedo de los Emisores.**  
FUENTE: Méndez y López, 2015

### 3.3 Automatización

El “Software de aplicación” fue diseñado con el propósito de liberar al agricultor de tareas tediosas como aquella de recorrer largas distancias para iniciar el riego en un sector determinado. Aunque este sistema puede encargarse de la labor del riego de una finca, no presenta autonomía del 100%.

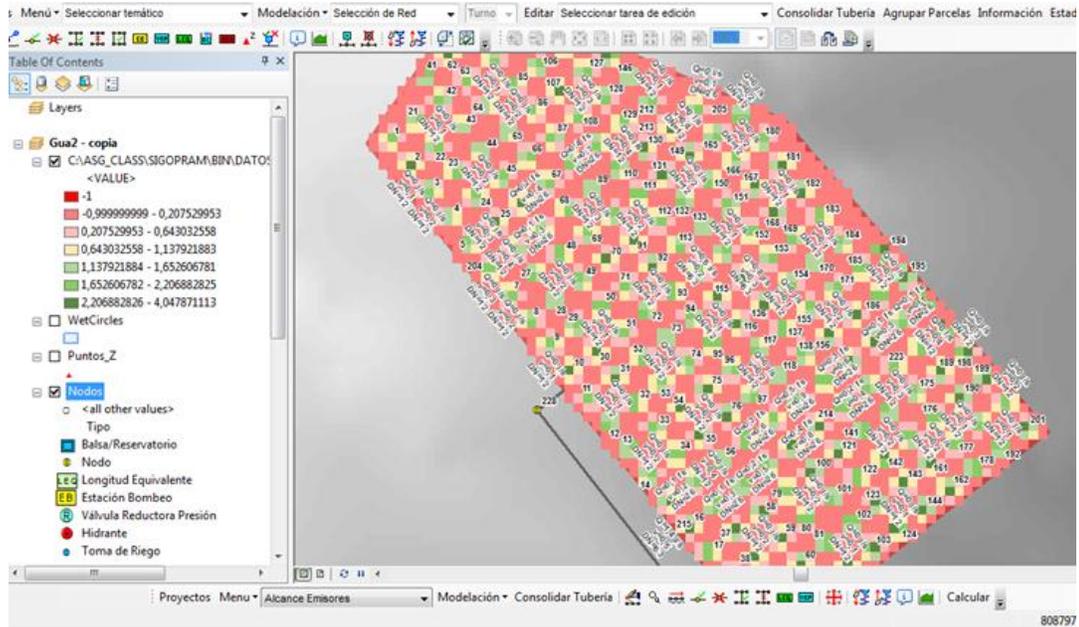


FIGURA 14: Mapa de Pluviometría (mm/h).  
FUENTE: Méndez y López, 2015

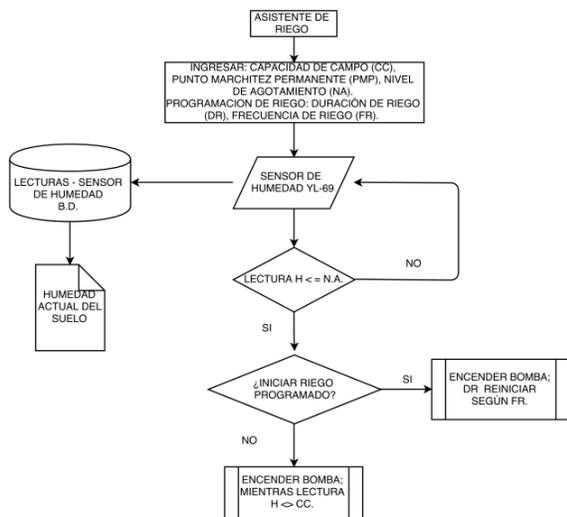


Diagrama 1: Funcionamiento del Software de aplicación.  
(Diagrama de Bloques)  
FUENTE: Méndez y López 2015

**X-CTU:** Es el programa con el cual se configuran los módulos Xbee, además de permitir la comunicación entre el coordinador y el router, también permite la transferencia de datos (Figura 16).

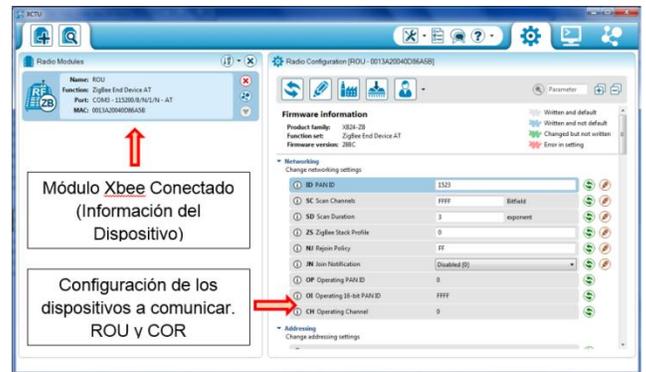


FIGURA 16: Ventana de Configuración Xbee.  
FUENTE: Méndez y López, 2015

La comunicación en este caso será Punto a Punto, lo que significa que debe existir un módulo que envíe una señal y uno que la reciba. Para esto, se configuraron los dispositivos de la siguiente manera (Tabla 6).

Tabla 6: Parámetros de Diseño.

PARAMETROS	COORDINADOR	ROUTER
Pan ID	1523	1523
SH	13A200	13A200
SL	40DC90CF	40D86A5B
DH	13A200	13A200
DL	40D86A5B	40DC90CF
NI	COR	ROU

Fuente: Méndez y López, 2015

Los valores de SL, corresponden al nombre interno de los dispositivos, por lo tanto en el campo DL, deberá ir emparejados según como se desee sea la

[1] Phd Ciencias Agrarias. Docente Universidad Surcolombiana Neiva. Avenida Pastrana Carrera 1. armando.torrente@gmail.com  
 [2] Estudiante Ingeniero Agrícola. Universidad Surcolombiana Neiva. Avenida Pastrana Carrera 1. u2009289285@usco.edu.co  
 [3] Estudiante Ingeniero Agrícola. Universidad Surcolombiana Neiva. Avenida Pastrana Carrera 1. u2010192823@usco.edu.co

comunicación, en este caso, al tratarse de un solo par, se emparejaron entre ellos.

### 3.3.1 Desarrollo de Aplicación

**LABVIEW:** LabVIEW es un entorno de programación destinado al desarrollo de aplicaciones, similar a los sistemas de desarrollo comerciales que utilizan el *lenguaje C* o *BASIC*. Sin embargo, LabVIEW emplea la programación gráfica o *lenguaje G* para crear programas basados en diagramas de bloques.

Todo lo diseñado en el Diagrama de Bloque, se puede observar y poner a prueba en el Panel Frontal (Figura 17).



**FIGURA 17:** Ventana Panel Frontal Labview..  
FUENTE: Méndez y López, 2015

La aplicación para la asistencia del Riego se llamó SISRIEGO v1.0, y se fundamenta en la optimización del uso del agua, según los requerimientos hídricos del cultivo, dados por el cultivo, sin embargo, brinda cierto grado de autonomía al permitir al agricultor descargar la tarea del riego al programa, quien se apoyará en la información básica, como Capacidad de Campo, Punto de Marchitez Permanente, Nivel de

Agotamiento, Frecuencia de Riego y Duración de Riego.

#### 3.3.1.1 Calibración del Sensor YL-69

Dado que SISRIEGO, funciona apoyado en un sensor de humedad comercial YL-69, se realizó una calibración in situ, antes de activar el programa.

Para la calibración del sensor se llevó la metodología del manual del usuario del sensor de humedad TDR-300 – 6430FS (Manual del Usuario TDR-300, 2015)

Se registró los valores arrojado por el sensor, al medir nuevamente el contenido de humedad en las muestras de suelo, secas (Tabla 7).

**Tabla 7: Calibración sensor de humedad YL-69.**

MUESTRA	SENSOR Húmedo	SENSOR Seco
1	770	300
2	750	296
3	690	305
4	780	312
5	753	308

Fuente: Méndez y López, 2015

#### 3.3.1.2 Entorno de SISRIEGO v1.0

En promedio aritmético del SENSOR Húmedo es de 748.6, pero para facilidades de cálculo, se decidió tomar el valor de **700** como valor equivalente a la capacidad de campo. El promedio aritmético del SENSOR seco fue de 304.2, de igual manera se hizo un ajuste a **300**, para tener un intervalo manejable de agua aprovechable (Figura 18).

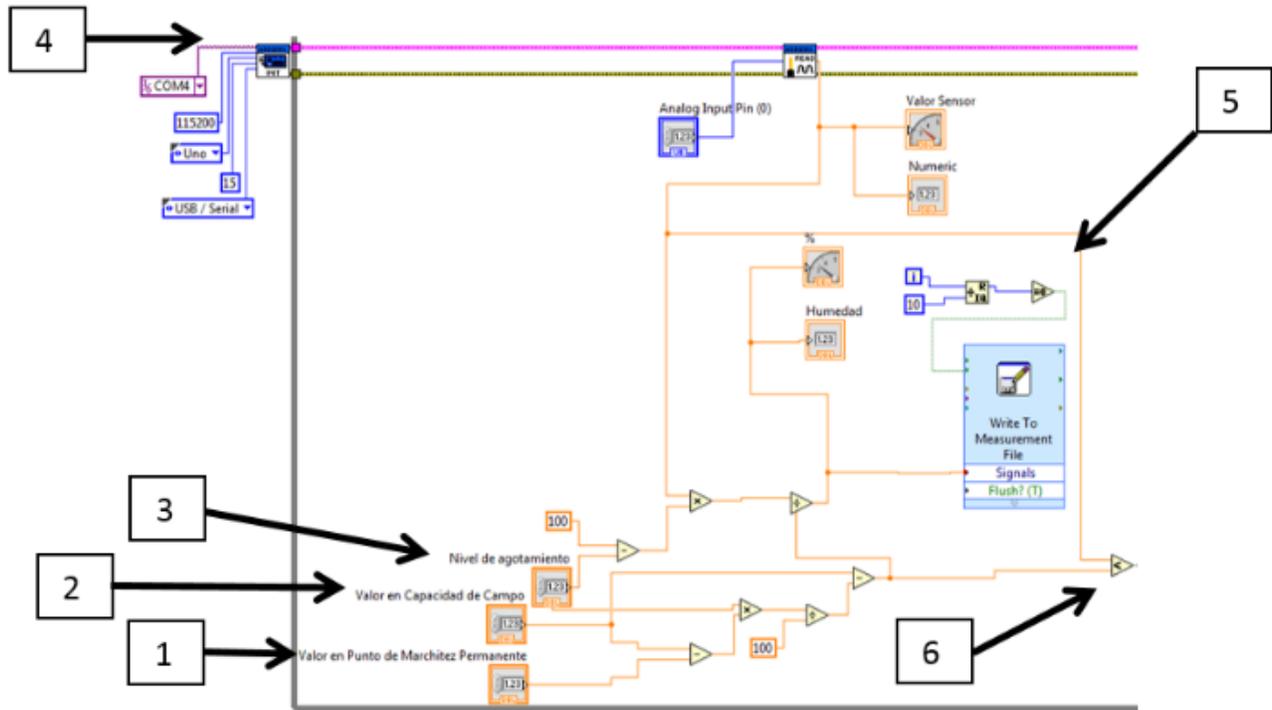


FIGURA 18: Diagrama de Bloque, Calibración Sensor.  
 FUENTE: Méndez y López, 2015

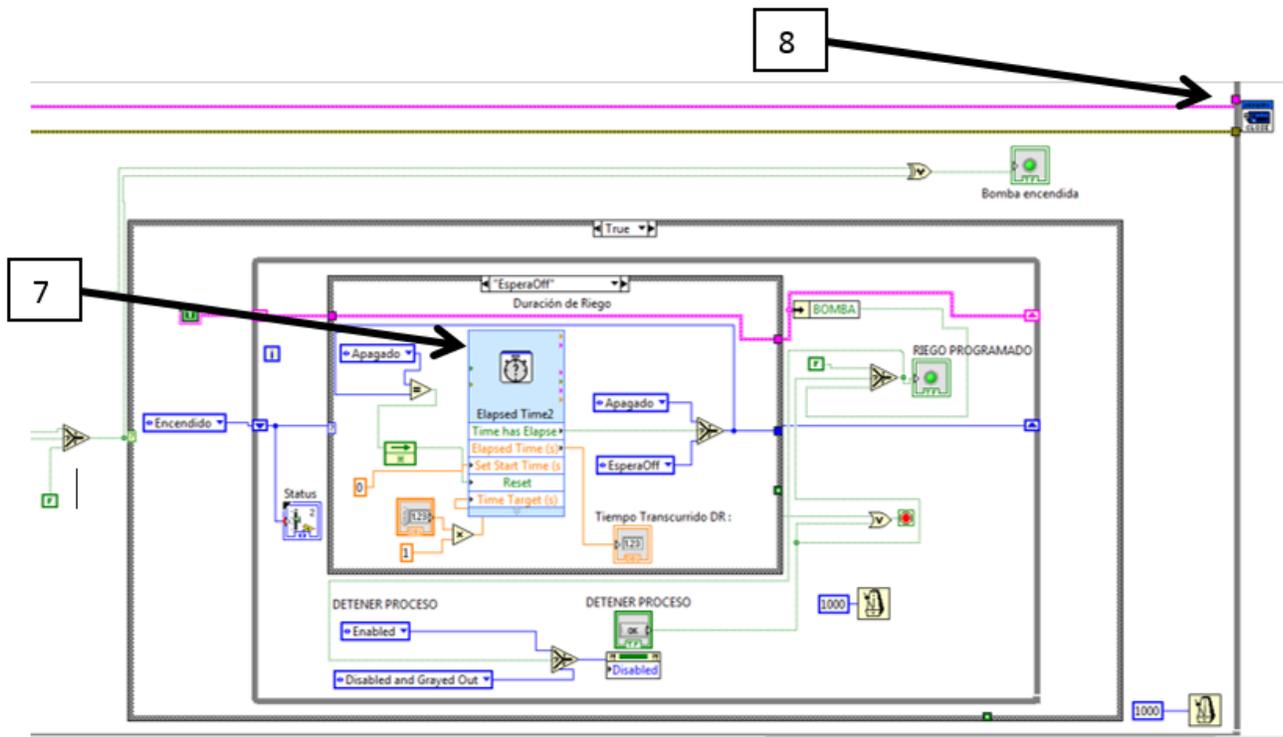


FIGURA 19: Diagrama de Bloque, Riego Programado.  
 FUENTE: Méndez y López, 2015

[1] Phd Ciencias Agrarias. Docente Universidad Surcolombiana Neiva. Avenida Pastrana Carrera 1. armando.torrente@gmail.com  
 [2] Estudiante Ingeniero Agrícola. Universidad Surcolombiana Neiva. Avenida Pastrana Carrera 1. u2009289285@usco.edu.co  
 [3] Estudiante Ingeniero Agrícola. Universidad Surcolombiana Neiva. Avenida Pastrana Carrera 1. u2010192823@usco.edu.co

En la figura 18 y 19 se describe el proceso lógico a seguir para encontrar la equivalencia entre los valores de CC y PMP, del sensor.

- El índice 1, hace referencia al valor de Punto de Marchitez Permanente el cual debe ser ingresado según los resultados de la Calibración (300).
- El índice 2 muestra el lugar donde se toma el valor de Capacidad de Campo, de igual manera debe escribirse según los resultados de la Calibración (750).
- El índice 3 se refiere al Nivel de Agotamiento deseado. Dicho valor no tiene en cuenta el balance hídrico y por lo tanto puede ser distinto, sin embargo, este valor se tomará para generar la alerta de Riego, y detener el Riego iniciado por el Sensor.
- El índice 4 es la entrada análoga del programa para registrar los datos del sensor, desde la placa arduino.
- El índice 5 enseña la creación de la base de datos, cada 10 segundos. Este dato es posible cambiarlo desde el Panel Frontal.
- El Índice 6 es el valor aritmético  $<$  (menor que), el cual nos realiza la comparación entre el valor censado y el valor del correspondiente al nivel de agotamiento. Este es el punto de partida para la toma de decisiones por parte de SISRIEGO.
- El índice 7 enseña el contador Elapsed Time, el cual maneja el tiempo de encendido de riego, cuando seleccionamos RIEGO PROGRAMADO en el panel principal.
- El índice 8 Muestra la salida del ciclo de la lectura arduino.

El Programa irá creando un archivo EXCEL, para el guardado de datos (Figura 20). Este archivo solo guardará la información correspondiente a la fecha y hora del dato captado y del valor de humedad captado. Esto para facilitar el traslado y visualización de la información tomada.

La Figura 21, es la presentación final del programa SISRIEGO v1.0, en el panel frontal de Labview. Para correr el programa, es preciso llenar los datos anteriormente mencionados, de lo contrario, podría presentar fallas.

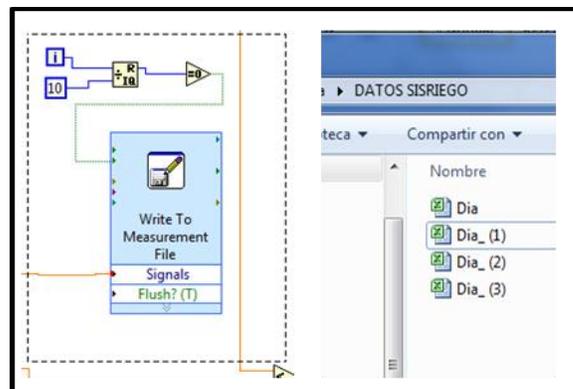


FIGURA 20: Creación Base de Datos SISRIEGO.

FUENTE: Méndez y López, 2015

El nombre SISRIEGO, hace referencia a las palabras SISTEMA y RIEGO, de las cuales se puede derivar su significado de Sistematización del Riego, y el uso de los Sistemas de Información Geográfica para su diseño. Dado que es la primera versión, el programa aún es inestable, pero se espera actualizarlo con más funciones y lograr una mayor estabilidad y confiabilidad.

En figura 21 se observan dos “tacómetros” los cuales indican el valor de humedad (1) y el valor real del sensor (2), además de sus respectivos indicadores numéricos (3). En el panel se observa una sección de Programación de Riego, en las cuales es indispensable y estrictamente necesario ingresar cada uno de los valores ahí mencionados. CC (4), PMP (5), NA (6), Duración de Riego (7) y Frecuencia de Riego (8).

#### 4. Conclusiones

El Diseño hidráulico por medio del software SIGOPRAM hizo eficiente el tiempo con que se diseñó el riego implementando todos los conocimientos de ingeniería para la creación del sistema.

Las herramientas SIG permitieron una visualización más puntual de la simulación del sistema de riego, para corregir sectores que fueron necesarios para el buen funcionamiento del sistema.

La herramienta SIGOPRAM al dejar integrar datos espaciales y simular las condiciones de uso según los materiales disponibles en el comercio local nos brindó la facilidad de revisar múltiples escenarios

[1] Phd Ciencias Agrarias. Docente Universidad Surcolombiana Neiva. Avenida Pastrana Carrera 1. armando.torrente@gmail.com

[2] Estudiante Ingeniero Agrícola. Universidad Surcolombiana Neiva. Avenida Pastrana Carrera 1. u2009289285@usco.edu.co

[3] Estudiante Ingeniero Agrícola. Universidad Surcolombiana Neiva. Avenida Pastrana Carrera 1. u2010192823@usco.edu.co

de funcionamiento del sistema de riego, permitiendo así la selección del más adecuado.

SISRIEGO es una herramienta que permite el uso del agua las 24 horas del día, permitiendo extender el horario de riego, y la recarga del lago, de tal manera que se evita su abatimiento.

SISRIEGO tiene dos tipos de funcionamiento, el primero está apoyado 100% en el sensor de humedad, dado que su activación y finalización dependen de si el valor de humedad censado es menor o no al Nivel de agotamiento, ingresado inicialmente. El segundo tipo, hace referencia al balance hídrico y la programación de riego final. Cuya activación y apagado depende del tiempo de riego y frecuencia de riego establecido sin tener en cuenta los valores del sensor de humedad, aunque estos sigan registrando.

Aunque SISRIEGO podría regar automáticamente según el riego programado, o el valor de humedad censado, también permite el apagado y encendido manual de la electrobomba, para efectos de mantenimiento o decisiones del administrador de la finca.

## 5. Referencias Bibliográficas

1. BUSTOS R. JESÚS ANDRÉS, Montiel O. Harold., 2004. Desarrollo de un software para diseño y evaluación hidráulica de sistemas de riego a presión modalidad microaspersión.
2. CORABASTOS, Histórico de Precios [en línea], <http://www.corabastos.com.co/sitio/index.php>. [Citado en 16 de abril de 2015]
3. CORPOICA, Céspedes, L., Ramiro. et al. 2009. Manejo del recurso hídrico de la Guanábana. Cartilla Divulgación: CORPOICA.
4. ESRI Colombia, ArcGIS 10.1 Software de Sistemas de Información Geográfica, España, PaginaWeb<EnLínea><http://www.esri.co/sitio/pr oductos/desktop/index.html>.
5. FAO, Revista de divulgación “Factores que se deben considerar para la selección el sistema de riego más adecuado”, 2008.
6. FAO, Guía para la Descripción de Suelos, 2009. <En línea> <http://www.fao.org/3/a-a0541s.pdf>
7. FUNPROVER, Manual del Tomate Cap 10 pag 83 99,<Enlínea><http://www.funprover.org/formatos/manualTomate/Propiedades%20Fisica%20del%20Suelo.pdf,Mexico,1999>
8. iRIEGO, Software Administrador de Riego, España, Pagina Web <En Línea> [http://www.iriego.es/S\\_Overview.html](http://www.iriego.es/S_Overview.html).
9. MANUAL DEL USUARIO TDR-300. Spectrum Technologies, U.S.A, Pagina Web <En Línea> [https://www.kosmos.com.mx/fileadmin/documentos/Manuales/Estaciones/Spectrum/6430FS\\_TDR300.pdf](https://www.kosmos.com.mx/fileadmin/documentos/Manuales/Estaciones/Spectrum/6430FS_TDR300.pdf)
10. MINISTERIO DE AGRICULTURA DE CHILE, Informativo N° 15, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, centro de investigación Especializado en Agricultura del Desierto y Altiplano (CIE), INIA URURI, Región de Arica y Parinacota. Mayo de 2010.
11. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Informe de Gestión al Congreso de la República, Julio 2008 –Junio 2009, P 22.
12. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Anuario Estadístico de Frutas y Hortalizas 2006 –2010 y sus Calendarios de Siembras y Cosechas, P 68 –70.
13. MOLINA M. José M. y Ruiz C. Antonio, “Automatización y telecontrol de sistemas de Riego” (Libro), Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de la Región de Murcia, España 2010.
14. PIZARRO, F. 1978. Drenaje Agrícola y Recuperación de Suelos Salinos, Editorial Agrícola Española S.A. Madrid, 520 pp.
15. REVISTA NOTICIAS SEPHU, “CULTIVO DE LA GUANABANA: Recomendaciones para solucionar problemas de floración, cuajado y aborto de flores. Sociedad Española de Productos Húmicos, S.A, Zaragoza, Mayo de 2010.

16. RODRIGUEZ B. John E. y GONZALES A. Juan M., Tesis, Sistema de Telemetría y Automatización para una Instalación Agrícola (Invernadero) Desarrollado mediante Software Libre. Universidad Surcolombiana, Neiva 2014.
17. KEVIN CONWAY. Soluciones Locales a la Crisis Mundial del Agua. The International Development Research Center. Canada 2001.
18. THOMPSON, Louis. TROEH, Frederick. Los Suelos y Su Fertilidad, Cuarta Edición. Pag 75 – 85. España. 1988.
19. TORRENTE, ARMANDO. Guías de Laboratorio de suelos. CENIGAA (2015).
20. UNESCO – ROSTLAC. Guía metodológica para la elaboración del balance hídrico de América de Sur. Oficina Regional de Ciencias y Tecnología de la UNESCO para América Latina y el Caribe. Montevideo. Uruguay. 1982, 129 pp.
21. UNIVERSIDAD DE ARKANSAS, División de Agricultura, Como Interpretar los Resultados de los Análisis de Suelos. USA, 2006 <En Línea> <https://www.uaex.edu/publications/PDF/FSA-2118SP.pdf>
22. VALVERDE, C. Juan, Riego y Drenaje, Segunda reimpresión, Costa Rica. 2007, pag 48.
23. VAZCONEZ C. JUAN CARLOS, Chamba T, Felipe de Jesús., 2013. Diseño e implementación de un sistema de riego automatizado y controlado de forma inalámbrica para una finca ubicada en el sector popular de Balerio Estacio. Proyecto de grado. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana.
24. WATERBEE, Software Riego Inteligente y Administrador del Agua, Irlanda, página web <En Línea> <http://waterbee.iris.cat/project/>