



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

SISTEMA DE MONITOREO DE CONDICIONES CLIMÁTICAS EN UN  
INVERNADERO DE ROSAS.

AUTOR

JORGE ERNESTO VELASCO ANDRADE

AÑO

2019



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

SISTEMA DE MONITOREO DE CONDICIONES CLIMÁTICAS EN UN  
INVERNADERO DE ROSAS.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los  
requisitos establecidos para optar por el título de Ingeniero en  
Electrónica y Redes de Información.

Autor

Jorge Ernesto Velasco Andrade

Profesor Guía

MSc. Héctor Fernando Chinchero Villacís

Año

2019

## **DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA**

“Declaro haber dirigido este trabajo, Sistema de monitoreo de condiciones climáticas en un invernadero de rosas, a través de reuniones periódicas con el estudiante, Jorge Ernesto Velasco Andrade, en el semestre 201910, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”

---

Héctor Fernando Chinchero Villacís

Máster en Domótica y Hogar Digital

CI.1715451330

## **DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR**

"Declaro haber revisado este trabajo, Sistema de monitoreo de condiciones climáticas en un invernadero de rosas, del estudiante, Jorge Ernesto Velasco Andrade, en el semestre 201910, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".

---

Luis Santiago Criollo Caizaguano

Máster en Redes de Comunicaciones

CI.1717112955

## **DECLARACIÓN DE AUTORIA DEL ESTUDIANTE**

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”

---

Jorge Ernesto Velasco Andrade

CI.1719925651

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darme la oportunidad de tener la familia que tengo.

A mis padres y a mi hermana que con su amor, esfuerzo y dedicación me dan su apoyo incondicional día a día.

A todas las personas que formaron parte de mi formación profesional.

## **DEDICATORIA**

Dedicado a mi padre que con su esfuerzo y trabajo duro me demuestra diariamente que es mi ejemplo a seguir. A mi madre por su cariño y apoyo incondicional. De igual manera a mi hermana que fue mi guía en mis inicios universitarios.

Son lo más importante en mi vida.

## RESUMEN

El Ecuador es uno de los países que se encuentra entre los principales exportadores de rosas en el mundo, sin embargo, en gran cantidad de invernaderos que se dedican a dicha actividad no se cuenta con un control adecuado de todas las condiciones climáticas necesarias para el correcto desarrollo de las rosas. El objetivo de este estudio fue desarrollar un sistema de monitoreo de condiciones climáticas de bajo costo, el cual permita recolectar toda la información necesaria acerca de 3 zonas previamente identificadas. Mediante la utilización de varios sensores como el DHT22 el cual recolectaba la humedad y temperatura, el sensor MG811 de dióxido de carbono y sensores higrómetros para medir la humedad del suelo, se obtuvo que en la primera zona la temperatura que más se tuvo fue de 19.4°C, una media aritmética de 19.39 °C, una desviación estándar de 0.39 y una varianza baja de 0.154 °C. Con respecto a la Humedad del ambiente de la zona 1 se obtuvieron los siguientes valores: el valor que más se obtuvo fue de 77.6 %, una media aritmética de 80.10% y una varianza de 30.40 %. Con respecto a la zona 2 se obtuvieron los siguientes valores: la temperatura que más se obtuvo fue de 19.2 °C, una media aritmética de 19.43 °C, una desviación estándar de 0.41 y una varianza baja de 0.165 °C, con respecto a la humedad del ambiente el valor que más se obtuvo fue de 99.9%, una media aritmética de 98.56%, una desviación estándar de 1.96 y una varianza de 3.835 %. Finalmente, para la zona 3 los resultados fueron los siguientes: la temperatura que más se obtuvo fue de 19.5 °C, una media aritmética de 19.37 °C, una desviación estándar de 0.39 y una varianza de 0.154 °C, con respecto a la humedad del ambiente se obtuvo como valor más repetido 91.4%, una media aritmética de 88.18 %, una desviación estándar de 4.12 y una varianza de 16.956%.

Con relación a las humedades del suelo por zonas, los resultados obtenidos fueron los siguientes: en la zona 1 la humedad del suelo que más se obtuvo fue de 93 %, una media aritmética de 93.22%, una desviación estándar de 0.58 y una varianza de 0.332%. En la zona 2 el valor de humedad del suelo que más se obtuvo fue de

95 %, una media aritmética de 95.19%, una desviación estándar de 1.30 y una varianza de 1.682% Y finalmente para la zona 3 el valor de humedad que más se obtuvo fue de: 98%, una desviación estándar de 1.93 y una varianza de 3.719%.

Todos los parámetros de temperatura se encuentran dentro de los rangos ideales para el correcto desarrollo de las rosas, la humedad del suelo y del aire estuvieron cerca de los rangos óptimos pues según lo observado en el invernadero, las rosas se desarrollaron de forma correcta, comprobando de esta manera el correcto funcionamiento del prototipo implementado.

## ABSTRACT

Ecuador is one of the countries that is among the leading exporters of roses in the world, however, in many greenhouses that are dedicated to this activity does not have adequate control of all climatic conditions necessary for the proper development of roses. The objective of this study was to develop a low-cost climate monitoring system, which would collect all the necessary information about 3 previously identified zones. By using various sensors such as DHT22 which collected humidity and temperature, MG811 carbon dioxide sensor and hygrometer sensors to measure soil moisture. It was obtained that in the first zone, the temperature that was most obtained was 19.4°C, an arithmetic mean of 19.39 °C, a standard deviation of 0.39 and a low variance of 0.154 °C. With respect to the Humidity of the environment of the zone 1 the following values were obtained: the value that was most obtained was of 77.6 %, an arithmetic average of 80.10% and a variance of 30.40 %. With respect to zone 2 the following values were obtained: the temperature that more was obtained was 19.2 °C, an arithmetic mean of 19.43 °C, a standard deviation of 0.41 and a low variance of 0.165 °C, with respect to the humidity of the environment the value that was most obtained was 99.9%, an arithmetic mean of 98.56%, a standard deviation of 1.96 and a variance of 3.835 %. Finally, for zone 3 the results were the following: the temperature that was most obtained was 19.5 °C, an arithmetic mean of 19.37 °C, a standard deviation of 0.39 and a variance of 0.154 °C, with respect to the humidity of the environment, was obtained as the most repeated value 91.4%, an arithmetic mean of 88.18 %, a standard deviation of 4.12 and a variance of 16.956%.

In relation to the soil humidity's by zones, the results obtained were the following: in zone 1 the soil humidity was 93 %, an arithmetic mean of 93.22%, a standard deviation of 0.58 and a variance of 0.332%. In zone 2 the value of humidity of the soil that was most obtained was 95 %, an arithmetic mean of 95.19%, a standard deviation of 1.30 and a variance of 1.682% and finally for zone 3 the value of humidity

that was most obtained was: 98%, a standard deviation of 1.93 and a variance of 3.719%.

All the temperature parameters are within the ideal ranges for the correct development of the roses, the soil and air humidity were close to the optimal ranges because according to what was observed in the greenhouse, the roses were developed correctly, thus verifying the proper functioning of the implemented prototype.

## ÍNDICE

1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Alcance .....	3
1.3 Justificación .....	4
1.4 Objetivos .....	5
1.4.1 Objetivo General .....	5
1.4.2 Objetivos Específicos .....	5
2. CAPÍTULO II. ANÁLISIS DE PARÁMETROS Y TECNOLOGÍA .....	5
2.1 Parámetros a analizar .....	8
2.1.1 Humedad Relativa. ....	8
2.1.2 Dióxido de carbono .....	9
2.1.3 Temperatura .....	9
2.2 Tecnologías necesarias y aspectos relaciones. ....	11
2.2.1 Señales analógicas y digitales .....	11
2.2.3 Señales digitales .....	11
2.2.3.1 Ventajas de las señales digitales .....	11
2.2.3.2 Desventajas de las señales digitales: .....	11
2.2.4 Señales analógicas .....	12
2.2.4.1 Ventajas de las señales analógicas .....	12
2.2.4.2 Desventajas de las señales analógicas. ....	13
2.3 Microcontrolador .....	13

2.3.1 Arduino Mega 2560.....	13
<b>2.4 Sensores.....</b>	<b>16</b>
2.4.1 Sensor DHT22 – AM2302.....	16
2.4.2 Sensor higrómetro anticorrosivo .....	17
2.4.3 Sensor MG811 .....	18
<b>2.5 Software Utilizado .....</b>	<b>19</b>
2.5.1 IDE Arduino.....	19
2.5.1.1 Funcionamiento de Arduino .....	20
2.5.1.2 Variedad de placas Arduino.....	20
<b>2.6 Software Utilizado .....</b>	<b>20</b>
2.6.1 Microsoft Visual Studio .....	20
2.6.1.1 Características.....	21
2.6.2 Microsoft SQL Server.....	21
2.6.2.1 Características.....	21
2.6.2.2 Base de datos.....	21
2.6.2.3 Tablas de una base de datos .....	21
2.6.2.4 Índices .....	22
2.6.2.5 Keys o Claves.....	22
2.6.2.6 ¿Cómo conectar la base de datos SQL con Visual Studio? .....	23
2.6.2.7 Principales sentencias SQL para manejo de la base de datos... 23	
2.6.2.8 Fórmulas estadísticas.....	25
<b>3. CAPÍTULO III. IMPLEMENTACIÓN DE PROTOTIPO .....</b>	<b>27</b>
3.1 Planteamiento del sistema .....	27

3.2	Arquitectura del prototipo .....	28
3.3	Diagrama de flujo de la programación en Arduino .....	31
3.4	Diagrama de flujo de la programación en Visual Studio .....	32
3.5	Desarrollo del prototipo electrónico.....	33
3.6	Construcción de la maqueta.....	35
4.	<b>CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y RESULTADOS.....</b>	<b>43</b>
4.1	Cálculos realizados en la zona 1.....	43
4.1.1	Cálculos realizados con la temperatura del ambiente de la zona 1. ....	43
4.1.2	Cálculos realizados con la humedad del ambiente de la zona 1.....	44
4.1.3	Cálculos realizados con la humedad del suelo de la zona 1.....	45
4.2	Cálculos realizados en la zona 2.....	46
4.2.1	Cálculos realizados con la temperatura del ambiente de la zona 2. ....	46
4.2.2	Cálculos realizados con la humedad del ambiente de la zona 2.....	47
4.2.1	Cálculos realizados con la humedad del suelo de la zona 2.....	48
4.3	Cálculos realizados en la zona 3.....	49
4.3.1	Cálculos realizados con la temperatura del ambiente de la zona 3. ....	49
4.3.2	Cálculos realizados con la humedad del ambiente de la zona 3.....	50
4.3.3	Cálculos realizados con la humedad del suelo de la zona 3.....	51
4.4	Cálculos realizados con los datos del sensor de dióxido de carbono. ....	52
4.5	Medidas correctivas a tomar en caso de que los parámetros necesarios se encuentren fuera de los rangos ideales.....	53
4.5.1	Temperaturas Bajas.....	53

4.5.2 Temperaturas Altas.....	54
4.5.3 Niveles de CO2.....	55
4.5.4 Humedad del suelo .....	55
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>56</b>
5.1 Conclusiones .....	56
5.2 Recomendaciones.....	57
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>59</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>64</b>

## 1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

Según la empresa Novedades Agrícolas “el cultivo de flores es una actividad que requiere alta demanda climática para su producción, debido a que las flores necesitan temperaturas concretas de mínimo 15 °C en la noche y un máximo de 25 °C durante el día y un determinado fotoperiodo para su desarrollo” (Lozano S & Rodríguez C, 2014)

La plantación y cultivo de flores es una actividad muy importante para la economía ecuatoriana. Actualmente en el país existen invernaderos en los cuales se viene desarrollando esta actividad, pero muchos de estos no cuentan con el control y monitoreo constante de los principales factores climáticos.

En las exportaciones de flores del Ecuador, las rosas lideran la lista con el 77% de las exportaciones totales, el segundo lugar lo ocupan las flores de verano con el 10.2%, el tercer lugar la gypsophila con el 7%, seguido de los claveles y los lirios con 1.6 % y 0.7% respectivamente, otro tipo de flores se ubican con el 3.5%. (Expoflores 2018).

Las exportaciones de rosas por parte del país han ido creciendo desde los años 90, en los últimos 10 años el país pasó de exportar 27.895 toneladas en los primeros meses del 2007 a 46.353 toneladas en el mismo período del año 2017.

Según Pro Ecuador (2018) las importaciones de rosas ecuatorianas por parte del país de Hungría generaron un total de \$568.000 en el año 2017, la rosa ecuatoriana es muy cotizada por el país húngaro, es importada desde Países Bajos, pero existe un interés alto por importarla directamente desde el Ecuador.

Los mercados principales de exportaciones de rosas ecuatorianas son Estados Unidos con el 45%, Unión Europea con el 20% y Rusia con el 16% (Expoflores 2018).

El monitoreo de los invernaderos de la floricultura ecuatoriana es fundamental para que las rosas cultivadas sean de la mejor calidad posible; ya que se necesitan temperaturas específicas para el normal desarrollo del cultivo. La temperatura óptima está entre 18 °C a 21 °C, la mínima biológica es de 12 °C, la mínima letal de 0 °C, la máxima biológica de 25 °C y la máxima letal de 35 °C. (Baudoin W, Grafiadellis M, R Jiménez, La Malfa G, Martínez P, Monteiro A, Nisen A, Verlodt H, De Villele O, Von Ch, J Garnaug, 2002).

Además, se requieren parámetros como la humedad del ambiente que en las rosas alcanza un nivel óptimo de entre 70 % y 80 %; también el dióxido de carbono presente para que las plantas realicen la fotosíntesis es importante, pues la concentración ideal está alrededor de 1000 ppm (Adel. A Kader, 2007).

Mediante el uso de sensores se ha facilitado la obtención de datos como temperatura, humedad y dióxido de carbono, los cuales nos permiten realizar un sistema de monitoreo para invernaderos.

Uno de los sistemas existentes en el mercado y distribuidos por la empresa Novedades-Agrícolas es el controlador climático "Climatec" el cual mediante un controlador con funcionamiento autónomo y diferentes compartimientos climáticos permiten controlar los diferentes factores como temperatura y humedad.

"Novedades Agrícolas también ofrece sistemas de control de CO<sub>2</sub> y de humedad para así optimizar tiempo, energía y favorecer así a las condiciones óptimas para el buen desarrollo de las rosas (Novedades Agrícolas, 2018).

En el invernadero de la empresa Aleia Roses ubicado en el municipio soriano de Garray-España se especializan en el cultivo de rosas rojas, este invernadero cuenta con una serie de sistemas de control climático que incluye: control de la temperatura que de acuerdo al nivel de la misma.

cuenta con tubo raíl para adaptarla a las condiciones necesarias, control de dióxido de carbono que de la misma forma dependiendo del nivel del mismo inyecta CO<sub>2</sub> en

el invernadero y también el control humedad presente el cual en base a cálculos por parte de una computadora enciende el sistema de riego automático.

Este proyecto tiene como objetivo realizar el monitoreo de un invernadero mediante el uso de los sensores de humedad y temperatura del ambiente DHT22-AM2302, sensores de dióxido de carbono MG811 e higrómetros para humedad del suelo; los cuales permitan tener las mejores condiciones posibles para el desarrollo de rosas.

## 1.2 Alcance

Realizar la implementación de un sistema electrónico de monitoreo de invernadero, para de esta forma obtener los datos de humedad, temperatura y dióxido de carbono del ambiente en el cual se desarrollan las rosas. El funcionamiento se demostrará a través de un prototipo.

El prototipo permitirá recolectar los datos mediante los diferentes sensores como el de humedad y temperatura del ambiente (DHT22-AM2302) cuya precisión es de  $\pm 2\%$  para la humedad y  $\pm 5\%$  para la temperatura.

Se utilizarán sensores de dióxido de carbono (MG811) que miden la presencia de este gas en el ambiente, cuyo rango de operación está entre 350 a 10000 ppm (partes por millón) y finalmente los sensores de humedad del suelo que tienen como característica principal su precisión y su capacidad anticorrosiva.

Además, se empleará el microcontrolador ATMEGA2560 que posee 54 pines digitales de entrada/salida y 16 entradas analógicas que permiten recibir los datos de los sensores para luego almacenarlos en una base de datos SQL, la cual contendrá toda la información que permita tomar medidas preventivas para tener las mejores condiciones de desarrollo de las rosas.

Para el prototipo se creará una maqueta mediante la cual se mostrará el funcionamiento del sistema, esta maqueta será específicamente como modelo demostrativo.

Con la información obtenida, se realizará un análisis cuantitativo para observar los patrones de comportamiento de las rosas y así ante cualquier contratiempo sea posible implementar las acciones necesarias para establecer correctivos.

### 1.3 Justificación

Cerca de la población de Machachi, existen invernaderos que se dedican a la plantación y cultivo de rosas, varios de estos no cuentan con sistemas de monitoreo, provocando que algunas producciones no tengan los estándares de calidad requeridos para exportar su producto (Clúster Flor, 2017).

Con este proyecto se pretende brindar una solución de monitoreo que permita controlar el desarrollo de las flores destinadas a la exportación.

Kennedy y otros realizaron estudios sobre el monitoreo en invernaderos de tomate, obteniendo que, si se realiza un buen control sobre los diferentes factores climáticos, se logrará una mejor calidad de la producción total, ya que se pueden tomar las acciones necesarias para que dichos factores sean los óptimos durante el desarrollo del producto.

Debido a la gran importancia que tiene la exportación de rosas en la economía ecuatoriana y a los resultados previos en otros tipos de cultivos, se ha escogido realizar el análisis cuantitativo de la información obtenida en los sensores para de esta manera brindar una herramienta que permita implementar acciones correctivas en las condiciones de desarrollo de las rosas.

El monitoreo de las condiciones climáticas en el prototipo de invernadero de rosas será innovador, pues empleará comunicaciones inalámbricas para el envío de datos provenientes de los sensores; la información obtenida posteriormente será almacenada en una base de datos para su análisis.

## 1.4 Objetivos

### 1.4.1 Objetivo General

Diseñar un sistema de monitoreo de condiciones climáticas de un invernadero de rosas.

### 1.4.2 Objetivos Específicos

- Analizar los parámetros y la tecnología necesaria para el monitoreo de condiciones climáticas de un invernadero.
- Diseñar el sistema de monitoreo y realizar la construcción de un prototipo que proporcione los datos de condiciones climáticas de un invernadero de rosas.
- Analizar los resultados obtenidos mediante los sensores para validar el funcionamiento del sistema.

## **2. CAPÍTULO II. ANÁLISIS DE PARÁMETROS Y TECNOLOGÍA**

Al ser el Ecuador la mitad del mundo, posee condiciones agrícolas que son excelentes, pues, la exposición solar durante el día es entre 10 y 12 horas, mucho más que cualquier otro lugar, siendo la luz una condición fundamental para que la flor crezca rápido. Por otro lado, Ecuador es un país en donde se presentan 4 ciclos productivos, mientras que en los países del hemisferio sur o norte solo presentan 2 ciclos productivos durante el año (Expoflores, 2017).

Además, esto garantiza, que en cualquier época del año pueda producirse flores en sus campos sin perder ni un solo día, ya que, las condiciones de la tierra y el clima hacen de Ecuador el lugar perfecto para cultivar, más aún en sus zonas altas y frías donde el sector productivo de la zona son los floricultores de la localidad.

A su vez, las condiciones agrícolas son excepcionales, por la altitud, la cual, supera los 2.800 metros del nivel del mar, lo que ha hecho que las flores de Ecuador sean

de gran calidad, incluso superior al de otros ofertantes competitivos como las flores de Kenia y de Colombia.

Todo lo anterior, permite que las flores ecuatorianas sean más grandes, con tallos largos y rectos, que contienen el grosor perfecto para que puedan ser usadas en ramos, arreglos florales entre otras opciones de floristería y decoración (Expoflores, 2017).

Sin embargo, la floricultura en Ecuador se realiza bajo invernaderos que no mantienen un control ambiental adecuado. Según la empresa Novedades Agrícolas “el cultivo de flores es una actividad que requiere alta demanda climática para su producción, y los invernaderos vigentes, se las podría considerar como carpas que tan solo protegen el cultivo del viento, lluvia, granizo, exceso de radiación, polvo, niebla, etc y por el contrario el factor climático es primordial debido a que las flores necesitan temperaturas concretas de mínimo 15 °C en la noche y un máximo de 25 °C durante el día y un determinado fotoperiodo para su desarrollo” (Lozano S & Rodríguez C, 2014).

Es importante que los factores que inciden en el desarrollo del cultivo se mantengan en lo posible en parámetros ideales. En lo referente a la humedad del ambiente que para las rosas alcanzan un nivel óptimo entre 70 % y 80 %. También el dióxido de carbono presente para que las plantas realicen la fotosíntesis es importante, pues la concentración ideal está alrededor de 1000 ppm (Adel. A Kader,2007).

Los factores que se mencionaron anteriormente interfieren en las actividades que realiza la planta tales como son la respiración, fotosíntesis, desarrollo del sistema radicular, acumulación de reservas y procesos metabólicos. En el caso de que estas condiciones se encuentren fuera de los parámetros adecuados se puede presentar varios problemas como:

- Estrés debido a temperaturas altas y bajas

- Fisiopatías hídricas.
- Ambiente que permita el crecimiento de plagas.
- Fotorrespiración
- Disminución de la producción en caso de que se tengan bajos niveles de CO<sub>2</sub>.

Rango de valores mínimos y máximos de temperatura a la que deben ser expuestas las rosas.

Tabla 1.

Temperatura para el desarrollo de rosas

<b>Rosas</b>	<b>Temperatura</b>
<b>Mínima letal</b>	0 °C
<b>Mínima biológica</b>	12 °C
<b>Óptima</b>	18-21 °C
<b>Máxima biológica</b>	25 °C
<b>Máxima letal</b>	35 °C

Tomado de (Expoflores, 2015)

Tabla 2.

Temperaturas para el crecimiento y floración de rosas

<b>Tipo de planta</b>	<b>Crecimiento</b>		<b>Floración</b>	
	<b>Noche</b>	<b>Día</b>	<b>Noche</b>	<b>Día</b>
<b>Rosas</b>	10-12 °C	20-25 °C	14-16 °C	24-25 °C

Tomado de (Expoflores, 2015)

Tabla 3.

## Efecto de temperaturas extremas

Temperatura	Efecto
<b>Altas</b>	<p>Fotorrespiración: la fotorrespiración es el incremento de respiración en las plantas.</p> <p>Fisiopatía Hídrica: se da cuando las plantas pierden agua en forma de vapor, debido a esto las células se hacen más pequeñas y pierden turgencia. Además, esto causa el cierre de estomas.</p> <p>Con la falta de humedad en la tierra, los tallos de las rosas y los botones de las mismas no crecen de forma apropiada</p>
<b>Bajas</b>	<p>No se renueva el sistema Radicular.</p> <p>Las bajas temperaturas hacen que los botones se deformen, además de causar que los pétalos de las rosas ya abiertas se dañen.</p>

Tomado de (Expoflores, 2015)

## 2.1 Parámetros a analizar.

Según la empresa Novedades Agrícolas “el cultivo de flores es una actividad que requiere alta demanda climática para su producción, debido a que las flores necesitan temperaturas concretas de mínimo 15 °C en la noche y un máximo de 25 °C durante el día y un determinado fotoperiodo para su desarrollo” (Lozano S & Rodríguez C, 2014)

### 2.1.1 Humedad Relativa.

La humedad relativa es la cantidad de vapor de agua contenida en el aire, en un momento determinado. (Harding Jr., P R)

$$\text{Humedad Relativa} = \frac{\text{vapor de agua presente}}{\text{vapor de agua en saturación}} * 100\%$$

(Ecuación 1)

El  $g/m^3$  es la unidad de medida más común para la humedad.

Según Infoagro, dentro del invernadero de rosas se debe tener una humedad relativa que permita el correcto incremento gaseoso, apertura de estomas y evitar la proliferación de enfermedades. Los porcentajes de la humedad relativa tienen que estar entre 60% y 70%. Existen casos como durante la plantación y la poda, en los cuales debe estar entre el 85% y el 90% (Infoagro, 2017).

### 2.1.2 Dióxido de carbono

El CO<sub>2</sub> o dióxido de carbono es un gas de efecto invernadero, inodoro, incoloro, no inflamable, el cual se encuentra presente en el ambiente. Este gas es 1.5 veces más pesado que el aire.

En concentraciones elevadas, es decir a más de 30000 ppm puede causar varios problemas de salud en las personas, tales como: mareos, somnolencia, problemas respiratorios, entre otros. A diferencia de las personas, en de las plantas, su presencia cumple un factor fundamental en el óptimo desarrollo de las mismas (Barragán y Cantabella, 2014).

Según Infoagro, las rosas durante el invierno requieren de más dióxido de carbono presente para el óptimo crecimiento y desarrollo de la rosa, los niveles de este gas llegan a alcanzar los 1000 ppm.

PPM es la unidad de medida de volumen de CO<sub>2</sub> presente, la abreviatura es partes por millón.

### 2.1.3 Temperatura

La temperatura es una medida de la energía térmica o el calor de las partículas presente en una sustancia. Esta medida no depende del número de partículas presentes en el cuerpo o sustancia.

Durante los inicios del siglo XVIII (1686-1736), la escala Fahrenheit fue creada por Gabriel Fahrenheit, el cual asignó temperaturas de 212 grados para la ebullición del agua y 32 grados para su congelación (Caltech, 2001).

Fórmula para convertir de grados Fahrenheit a Celsius.

$$^{\circ}\text{C} = (5/9) * (^{\circ}\text{F}-32)$$

(Ecuación 2)

Fórmula para convertir de grados Celsius a Fahrenheit.

$$^{\circ}\text{F} = (9/5) * ^{\circ}\text{C}+32$$

(Ecuación 3)

Varios años después (1743), la escala Celsius fue creada por Anders Celsius, el cual asignó temperaturas de 0 grados para el congelamiento del agua y 100 grados para su ebullición. (Caltech, 2001)

Con respecto a las temperaturas óptimas que requieren las rosas para su correcto funcionamiento están entre 17 °C y 25 °C, si sobrepasan o si están por debajo de dichas temperaturas durante un período de tiempo corto, las plantas no sufren daños.

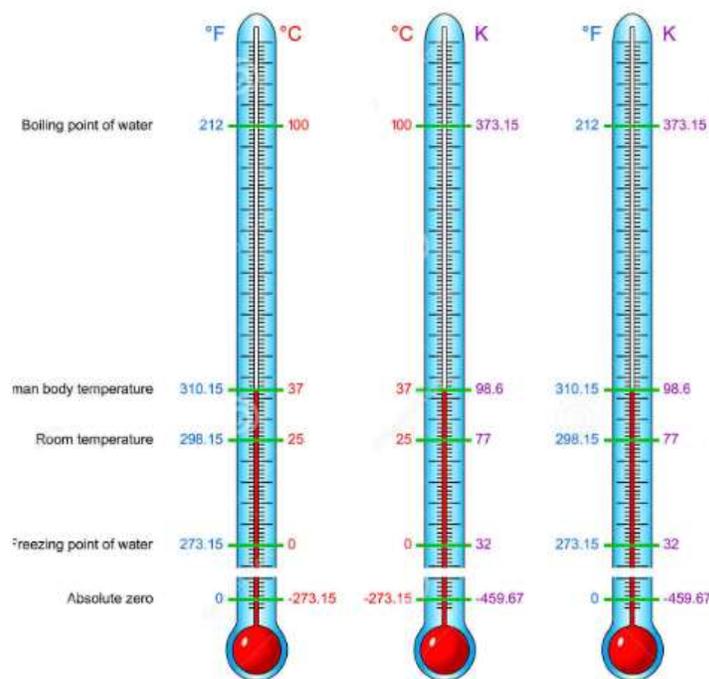


Figura 1. Relación entre escalas de temperatura

Tomado de (Dreamstime, s.f)

2.2 Tecnologías necesarias y aspectos relaciones.

2.2.1 Señales analógicas y digitales

2.2.3 Señales digitales

Las señales digitales son secuencias de números en donde el índice actúa como el tiempo. El tiempo es discreto o discontinuo, en cambio las señales digitales pueden ser sintéticas, es decir que pueden ser calculadas mediante algoritmos o también pueden resultar de la conversión realizada por el convertidor Análogo/Digital (Veloso, 2017).

2.2.3.1 Ventajas de las señales digitales.

Las señales digitales tienen mayores ventajas sobre las señales análogas, entre las más recalables están:

Son inmunes al ruido, las señales digitales tienen menos susceptibilidad a las variaciones causadas por el ruido. Son de fácil tratamiento y medición, el multiplexado y su procesamiento se realiza de una mejor forma.

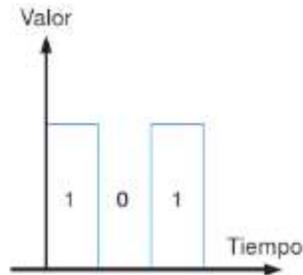
Debido al uso de regeneradores de señal, se construye una señal nueva con igual relación señal a ruido de la señal original, permitiendo de esta manera que se alcancen mayores distancias de transmisión. Tomasi, W (s.f)

2.2.3.2 Desventajas de las señales digitales:

- Al convertir las señales analógicas a digitales, se requiere un mayor ancho de banda para la transmisión de estas.
- Al convertir las señales analógicas a digitales, se requieren de equipos adicionales para codificación y decodificación.
- La transmisión digital necesita de una correcta sincronización entre el transmisor y el receptor (Veloso,2017).

Parámetros de una señal digital:

- Duración (Ancho de pulso)
- Altura de pulso (nivel eléctrico)
- Frecuencia de repetición (Velocidad pulsos por segundo)



*Figura 2.* Representación de una señal digital

Tomado de (Sistemas de telefonía, 2007)

#### 2.2.4 Señales analógicas.

Las señales analógicas son aquellas señales que varían de forma continua a lo largo del tiempo, este tipo de señales puede ser percibida en casi todos los lugares como por ejemplo en la naturaleza a través de la luz, sonido, energía, etc.

A diferencia de las señales digitales que solo pueden tomar dos valores, las analógicas pueden tomar infinitos valores dentro de un intervalo.

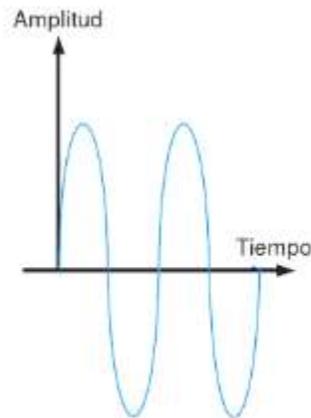
Las señales analógicas son generadas por fenómenos electromagnéticos y son representadas mediante funciones matemáticas continuas en las que el período y su amplitud son variables en función del tiempo.

##### 2.2.4.1 Ventajas de las señales analógicas.

Los circuitos utilizados en las señales analógicas son más simples que los utilizados en las señales digitales. Las señales analógicas presentan la ventaja de ser ahorradoras de ancho de banda. El procesamiento en las señales analógicas es más simple que en las señales digitales. (Veloso,2017)

#### 2.2.4.2 Desventajas de las señales analógicas.

Una de las desventajas que tienen las señales analógicas está en su transmisión, pues se necesitan de amplificadores para transmitir a largas distancias, estos amplificadores amplifican el ruido junto con la señal. Son susceptibles a interferencias externas como por ejemplo el ruido. Muchos de los equipos electrónicos de la actualidad no tienen la capacidad de trabajar con señales analógicas (Veloso, 2017).



*Figura 3.* Representación de una señal analógica

Tomado de (Sistemas de telefonía, 2007)

### 2.3 Microcontrolador

Un microcontrolador es un circuito integrado que consta de memorias, unidad central de procesamiento, periféricos y puertos de entrada y salida, todas estas partes se encuentran interconectadas entre sí formando una microcomputadora.

Los microcontroladores tienen como función leer y ejecutar programas desarrollados por los usuarios, de esta forma pueden realizar acciones específicas incluidas dentro del código fuente (ElectrónicaEstudio, s.f).

#### 2.3.1 Arduino Mega 2560

El Arduino Mega 2560 es una placa electrónica basada en el microcontrolador ATmega 2560 que posee 16 entradas analógicas, 4 puertos UARTs (puertos de hardware serial), 54 pines de entrada o salida de los cuales 15 de estos pueden ser

utilizados como salidas de PWM (Pulse Width Modulation) y un oscilador de 16 MHz. (Arduino,2018)

El Arduino Mega 2560 puede ser programado en un entorno de desarrollo integrado ofrecido por la misma marca Arduino, en este se redactan las instrucciones en lenguaje c, para luego ser leídas y ejecutadas por el microcontrolador.



Figura 4. Arduino Mega 2560

Tomado de (TheEngineeringProjects, s.f)

Tabla 4.

Especificaciones técnicas del Arduino Mega 2560

<b>Voltaje de operación</b>	5V
<b>Voltaje de entrada recomendado</b>	7-12V
<b>Voltaje de entrada límite</b>	6-20V
<b>Número de pines digitales de entrada y salida</b>	(15 permiten salida PWM)
<b>Número de pines análogos.</b>	16
<b>Corriente DC por Pin de entrada y salida</b>	40 mA
<b>Corriente DC por Pin de entrada y salida para 3.3 V</b>	50 mA

<b>Velocidad de reloj</b>	16 MHz
<b>Peso</b>	37 gramos
<b>Memoria Flash</b>	256 KB
<b>Memoria SRAM</b>	8 KB
<b>Memoria EEPROM</b>	4 KB

Tomado de (PanamaHitek, 2013)

El Arduino Mega 2560 puede ser alimentado mediante vía USB o mediante una fuente externa que se conecta en un enchufe central positivo de 2.1 mm. Los pines de alimentación son los siguientes:

- VIN: puerto mediante el cual se puede suministrar corriente al Arduino.
- 3.3V: puerto mediante el cual se puede acceder a 3.3V con máximo 50 mA.
- 5V: puerto mediante el cual se puede acceder a 5 V.
- GND: Pin mediante el cual se puede acceder a Tierra.
- RX1, TX1, RX2, TX2, RX3, TX3 en los pines 19, 18, 17, 16, 15, 14 y el RX0, TX0 en los pines 0 y 1: todos estos pines pueden ser utilizados para recibir (RX) y transmitir (TX) datos en serie TTL. (Arduino Mega 2560 Datasheet,s.f)
- Los pines 20 y 21 (SDA y SCL respectivamente) permiten realizar una comunicación I<sup>2</sup>C mediante el uso de la librería Wire.

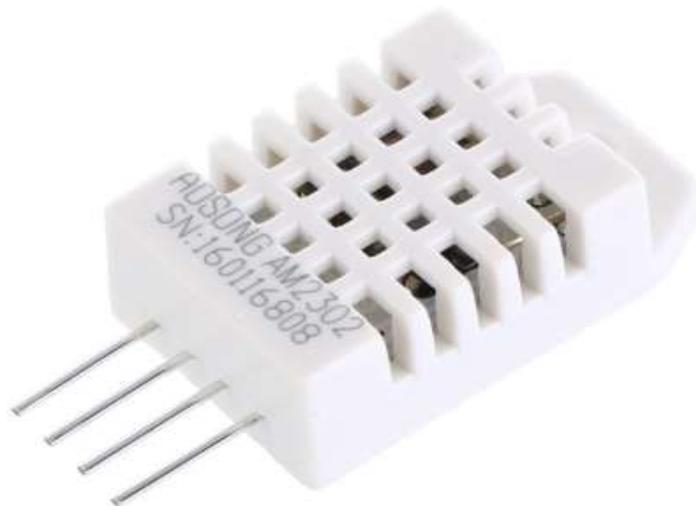
El Arduino Atmega 2560 tiene 256 KB de memoria de los cuales 8 KB son utilizados para bootloader. Además, posee 8 KB de SRAM y 4KB de EEPROM los cuales pueden ser escritos y leídos con la librería EEPROM (Arduino Mega 2560 Datasheet,s.f).

## 2.4 Sensores

Los sensores son dispositivos los cuales permiten obtener información acerca de alguna magnitud para transformarla en otra la cual podamos utilizar y medir. La mayoría de estos dispositivos están hechos con resistencias variables, LDR, NTC, PTC, entre muchos más los cuales tengan la capacidad de variar su magnitud con relación a alguna variable (Molina, s.f).

### 2.4.1 Sensor DHT22 – AM2302

El DHT22 es un sensor digital que permite medir la humedad mediante un sensor capacitivo de humedad y la temperatura del ambiente mediante un termistor. Este sensor se encuentra calibrado para medir de forma directa la humedad y temperatura relativa del ambiente y enviar la señal digital mediante su pin de datos.



*Figura 5.* Sensor de Humedad y Temperatura DHT22

Tomado de (Tiendatec, s.f)

Tabla 5.

Especificaciones técnicas del Arduino Sensor DHT22

Voltaje de operación	3.3-6V DC
----------------------	-----------

Rango de operación	Humedad 0-100 % RH Temperatura 40~ 80 °C
Precisión	Humedad +-2 %RH max +- 5%RH Temperatura <+-0.5 °C
Sensibilidad	Humedad 0.1 % RH Temperatura 0.1 °C
Período de captación de datos	Estimado 2 Segundos
Dimensiones	14 x 18 x 5.5 mm

Tomado de (Todomicro, s.f)

#### 2.4.2 Sensor higrómetro anticorrosivo

Es un sensor el cual mediante el principio de conducción mide si existe humedad en la tierra, esto lo realiza cuando se le aplica tensión los terminales del sensor. Este sensor está constituido por dos terminales sobre un PCB y la placa que realiza el procesamiento de las señales que llegan desde el sensor.



*Figura 6.* Sensor Higrómetro

Tomado de (Ebay, s.f)

Tabla 6.

## Especificaciones técnicas del sensor higrómetro

Voltaje de operación	3.3-5V DC
Sensibilidad	Ajustable con potenciómetro
Dimensiones PCB	30 x 16 mm
Dimensiones de sonda	60 x30 mm

Tomado de (ElectroniLab, s.f)

## 2.4.3 Sensor MG811

El sensor MG811 posee un módulo que cuenta con permite recibir el CO<sub>2</sub> presente en el ambiente, posee un potenciómetro mediante el cual se puede regular la lectura.



*Figura 7.* Sensor CO<sub>2</sub> MG811

Tomado de (MicroJPM, s.f)

Tabla 7.

Especificaciones técnicas del sensor de CO<sub>2</sub> MG811

<b>Símbolo</b>	<b>Nombre del Técnico</b>
	<b>Parámetro</b>

<b>VH</b>	Voltaje calentamiento	de	$6.0 \pm 0.1$ V
<b>RH</b>	Resistencia calentamiento	de	$30.0 \pm 5\%$ $\Omega$
<b>IH</b>	Corriente calentamiento	de	@200 mA
<b>PH</b>	Poder calentamiento	de	@1200 mW
<b>Tao</b>	Temperatura operación	de	-20—50
<b>Tas</b>	Temperatura almacenamiento	de	-20—70
<b>EMF</b>	Salida		30—50mV

Tomado de (SandboxElectronics, s.f)

## 2.5 Software Utilizado

### 2.5.1 IDE Arduino



*Figura 8.* IDE Arduino

Tomado de (Arduino, s.f)

Arduino es un proyecto que nació en 2003, cuando algunos estudiantes del Instituto de Diseño Interactivo de Ivrea tenían la necesidad de facilitar el acceso, uso de la electrónica y la programación. El resultado de todo esto fue una placa con diferentes entradas y salidas analógicas y digitales de un microcontrolador y un software mediante el cual se puede programar dicho microcontrolador.

Es un entorno de desarrollo integrado en el que se puede realizar la programación de las placas Arduino. Está basado en Processing y en un lenguaje de programación con fundamentos de Wiring. (Tuelectrónica, 2016). Arduino es una plataforma de código abierto, es decir que su código es accesible por cualquiera para ser utilizado y modificado según se requiera, se encuentra compuesta con hardware y software.

Con Arduino se pueden crear varios proyectos los cuales van desde encender un simple led, hasta realizar un sistema completo de automatización.

#### 2.5.1.1 Funcionamiento de Arduino

Arduino está basado en un microcontrolador Atmel, en el cual se pueden grabar instrucciones mediante el IDE de Arduino. El microcontrolador de la placa tiene una interfaz de entrada en la cual se pueden conectar diferentes periféricos. La información obtenida de estos se dirige hacia el microcontrolador el cual procesará todo el conjunto de instrucciones. También cuenta con una interfaz de salida mediante la cual se lleva la información que fue procesada en el microcontrolador hacia los diferentes periféricos conectados (Xakata, 2018).

#### 2.5.1.2 Variedad de placas Arduino

Arduino cuenta con una gran variedad de placas como por ejemplo el Arduino UNO, Arduino MEGA, Arduino NANO, Arduino LEONARDO, entre muchos más.

Además, cuentan con accesorios como los shields los cuales son conectados a la placa principal con el objetivo de añadirle un sinnúmero de funciones como por ejemplo GPS, relojes, pantallas LCD, entre muchas más Xakata (2018).

## 2.6 Software Utilizado

### 2.6.1 Microsoft Visual Studio

Es un entorno de desarrollo integrado de Microsoft con el cual se pueden crear aplicaciones, sitios y servicios web en cualquier entorno que soporte la plataforma. Con Visual Studio se pueden crear aplicaciones ASP.NET, Servicios Web XML, aplicaciones locales de escritorio, aplicaciones móviles. Dentro de este IDE se

puede programar utilizando Visual Basic, Visual C# y Visual C++, con esto se facilitan la creación de proyectos en diferentes lenguajes (MSN,2018)

#### 2.6.1.1 Características.

Desarrollador: Navega, escribe y repara tu código de manera rápida.

Depurador: depura, perfila y diagnostica con sencillez.

Prueba: escribe código con alta calidad y con herramientas de pruebas completas.

Colaborar: sea ágil, colabore eficientemente.

Extender: escoja entre miles de extensiones para personalizar el entorno de desarrollo integrado (Microsoft, 2018).

#### 2.6.2 Microsoft SQL Server

Es un sistema mediante el cual se puede realizar el análisis y administración de bases de datos relacionales.

SQL Server proporciona un alto rendimiento, facilidad de uso y disponibilidad, así como también capacidades de memoria en la base de datos principal para que las transacciones en línea puedan ser procesadas.

##### 2.6.2.1 Características

Permite elegir el lenguaje que uno desee para la creación de aplicaciones modernas.

Ofrece gran rendimiento, escalabilidad y disponibilidad para el almacenamiento de datos y para las aplicaciones críticas.

Permite tener una mayor seguridad sobre las bases de datos creadas.

##### 2.6.2.2 Base de datos.

Es una agrupación lógica de datos en donde se contiene un conjunto de tablas e índices. Por lo general las bases de datos contienen toda la información relacionada a una aplicación o a un conjunto de aplicaciones

##### 2.6.2.3 Tablas de una base de datos

Una tabla es una estructura lógica la cual está compuesta de filas y columnas.

Las filas de una tabla no tienen un orden fijo, razón por la cual para recuperar los datos es necesario realizar una clasificación.

Las columnas de una tabla son especificadas por el administrador de la base de datos (IBM, 2019).

Tabla 8.

Tabla de una base de datos

Id_Estudiante	NombreEstudiante	CedulaEstudiante	MatriculaEstudiante	TelefonoEstudiante
1	Jorge Velasco	1719925651	709067	2810228
2	María Andrade	0801614145	706674	2822955
3	Gabriela Velasco	0802527463	707176	2922083
4	Jorge Velasco Estevez	1001205493	708275	2720567

#### 2.6.2.4 Índices

Los índices son grupos ordenados de punteros de una tabla mediante los cuales se puede optimizar el rendimiento de recuperación de datos.

Con los índices también se puede mantener la unicidad de los datos, evitando así que existan valores duplicados en una o varias de las columnas que componen la tabla.

#### 2.6.2.5 Keys o Claves

Una Clave es una o varias columnas que son identificadas de esa forma en la creación de la tabla o del índice.

Existen tres tipos de claves:

**Clave primaria:** es un valor que no puede ser nulo, debe ser único y tiene que tener un índice único.

**Clave única:** son aquellas que a parte de la clave primaria son definidas como únicas, estas pueden ser utilizadas en campos como números de cédula, número de seguro social.

**Clave foránea:** son aquellas que depende de una clave única o una clave primaria en otra tabla.

#### 2.6.2.6 ¿Cómo conectar la base de datos SQL con Visual Studio?

Para conectar la base de datos SQL con Visual Studio, se crea una clase de conexión la cual posee varios componentes como la cadena de conexión la cual hace referencia a la base de datos creada, y dos métodos de abrir y cerrar la conexión.

```

//referencias
public class clsConexion
{
    public static SqlConnection conexion = new SqlConnection(@"Data Source=DESKTOP-8WR190E\SQLEXPRESS;Initial Catalog=sensores;Integrated Security=True");

    //referencias
    public static void abrirConexion()
    {
        if (conexion.State == ConnectionState.Closed) ;
        conexion.Open();
    }

    //referencias
    public static void cerrarConexion()
    {
        if (conexion.State == ConnectionState.Open) ;
        conexion.Close();
    }
}

```

*Figura 9.* Conexión de base de datos en Visual Studio.

#### 2.6.2.7 Principales sentencias SQL para manejo de la base de datos.

- Insert: con esta sentencia se pueden ingresar datos en las tablas, su sintaxis básica es la siguiente:  
Insert into Nombre de la tabla (columnas de la tabla separadas por coma)

Values (valores pertenecientes a cada )

```
INSERT into humedadTierra ( id_sensor, valor_humedadTierra, fecha_humedadTierra)
VALUES ( '1', 900, '2018-11-15 18:04:09.487')
```

*Figura 10.* Instrucción SQL para inserción de datos en la base de datos.

- Select: con esta sentencia se pueden recuperar los datos que se encuentran en las tablas, su sintaxis básica es la siguiente:

Select \* (para extraer todos los campos de la tabla) from Nombre de la tabla

```
Select * from humedadAire;
```

*Figura 11.* Instrucción SQL para la lectura de datos en la base de datos.

- Delete: con esta sentencia se pueden eliminar filas de una tabla, su sintaxis básica es la siguiente:

Delete

From Nombre de la tabla

Where <condición a buscar>

```
Delete
From humedadAire
Where Id_humedadAire =119 ;
```

*Figura 12.* Instrucción SQL para eliminación de datos en la base de datos.

- Update: con esta sentencia se pueden actualizar las filas de una tabla, su sintaxis básica es la siguiente:

Update Nombre de la tabla

Set Nombre de la columna a cambiar = nuevo valor

Where condición;

```

Update humedadAire
Set fecha_humedadAire = 200
Where Id_humedadAire=118;

```

*Figura 13.* Instrucción SQL para actualización de datos en la base de datos.

#### 2.6.2.8 Fórmulas estadísticas

##### 2.6.2.8.1 Media aritmética

La media aritmética de un conjunto de números es definida como la suma de los valores de los  $n$  números dividida entre  $n$  que indica la cantidad de números existentes.

$$\text{Media} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

(Ecuación 4)

##### 2.6.2.8.2 Desviación Estándar

Es la medida de variabilidad existente más común. Corresponde a la cantidad promedio en la que cada uno de los puntajes individuales varían respecto a la media del conjunto de puntajes.

Mientras más grande sea el resultado de la desviación estándar, más variables es aquel conjunto de puntajes.

$$s = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

(Ecuación 5)

Donde:

S= desviación estándar

$\Sigma$ =sumatoria

X= puntaje bruto

$\bar{X}$  = media de la distribución.

n= tamaño de la muestra

Para calcular la desviación estándar primero se tiene que elevar al cuadrado cada una de las desviaciones, luego se tienen que sumar las desviaciones al cuadrado, después se divide la sumatoria de las desviaciones al cuadrado entre el número de observaciones menos 1 y finalmente se calcula la raíz cuadrada del valor obtenido (Mora, 2009).

#### 2.6.2.8.3 Coeficiente de variación

El coeficiente de variación de un conjunto de números es definido como el cociente entre la desviación estándar y la media aritmética.

$$\text{coeficiente de variación} = \frac{\text{desviación estándar}}{\text{Media aritmética}}$$

(Ecuación 6)

Mientras mayor sea el valor del coeficiente de variación, mayor heterogeneidad existe dentro del conjunto (Luceño y González, 2006).

#### 2.6.2.8.4 Mediana.

Es aquel puntaje el cual se encuentra por arriba del que se encuentra en la mitad de los puntajes, divide la información en dos partes de forma ascendente.

Para calcular dicho valor en caso de que el número de puntajes sea impar, se ordenan los puntajes del más bajo al más alto, se cuenta el número de puntajes y finalmente se escoge como la mediana el puntaje que se encuentra en el medio.

En caso de que el número de puntajes sea par, se ordenan los puntajes del más bajo al más alto, se cuenta el número de puntajes, y se calcula la media de los dos puntajes que se encuentran en el medio, su resultado será la mediana (Vitutor, s.f).

#### 2.6.2.8.5 Moda

Es aquel puntaje que más se repite, es decir, el que tiene mayor frecuencia en el conjunto de valores.

En el caso de tener una distribución de frecuencias, la moda es aquel valor de la variable cuya curva representa un pico.

Existen casos en los que pueden haber más de una moda, se da cuando existen números los cuales se repiten la misma cantidad de veces. También existe lo contrario a esto llamado muestra amodal, es cuando no existe repetición de datos dentro de un conjunto (Maths, s.f).

#### 2.6.2.8.6 Variabilidad e Intervalo

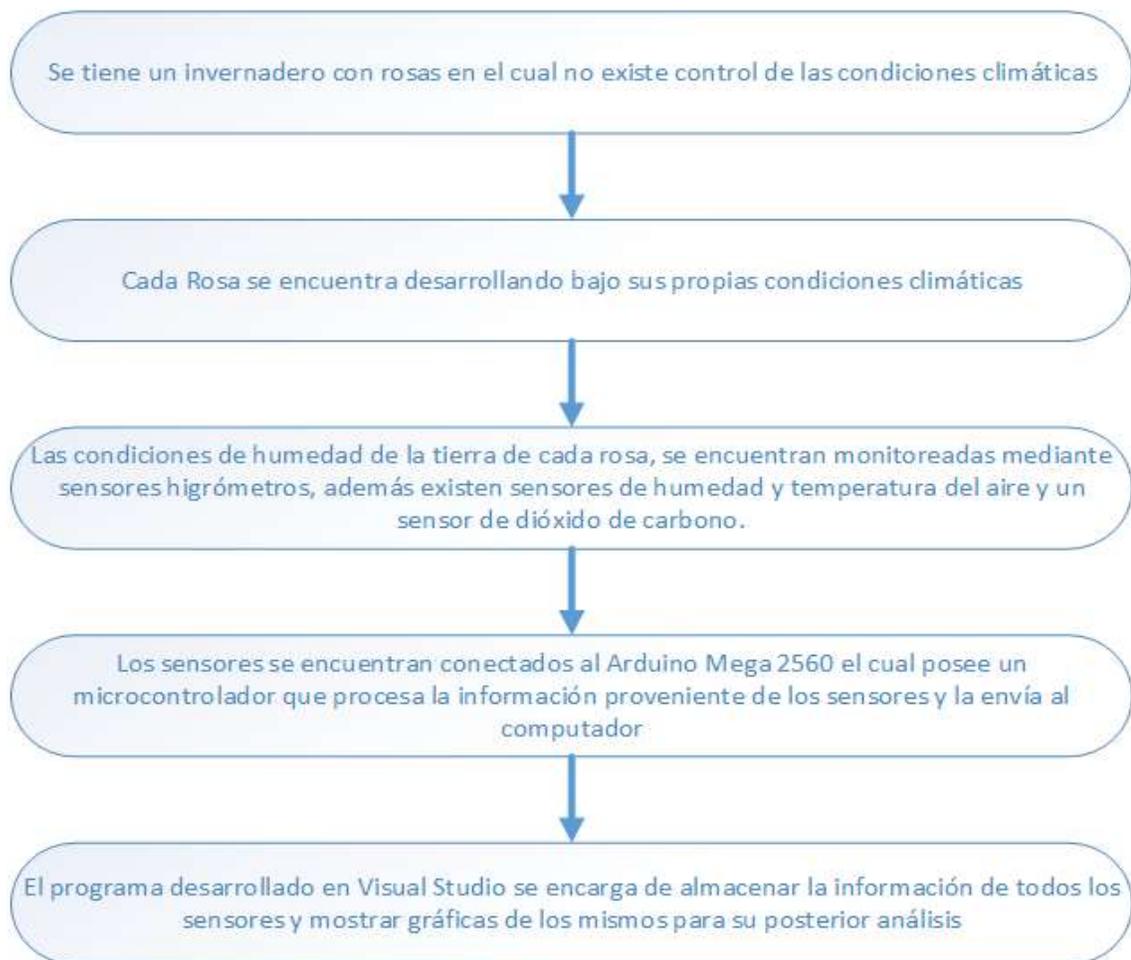
Variabilidad: Es aquel grado de dispersión el cual caracteriza a un grupo de puntajes, es decir es el grado en el que un conjunto de puntajes difiere de alguna medida de tendencia central.

Intervalo: Es aquella diferencia existente entre el valor más alto y el valor más bajo en una distribución (Salkind, 1998).

### **3. CAPÍTULO III. IMPLEMENTACIÓN DE PROTOTIPO**

En el siguiente capítulo se detallan aspectos sobre la construcción y desarrollo del prototipo que recolecta y almacena las condiciones climáticas del invernadero. Esta implementación del prototipo sirve como ejemplo para que pueda ser desarrollada por cualquier persona que la requiera.

#### 3.1 Planteamiento del sistema



*Figura 14.* Diagrama de flujo del planteamiento del sistema

### 3.2 Arquitectura del prototipo

El prototipo está compuesto por varios elementos electrónicos como: el Arduino Mega 2560 junto con su shield, placa de circuitos, borneras, sensores como el sensor de humedad y temperatura del aire (DHT22), sensores de humedad de la tierra (Higrómetros) y el sensor de dióxido de Carbono CO<sub>2</sub> (MG811).

Además, para el mini invernadero los principales materiales que se utilizaron fueron: tablonces de madera, plástico transparente, malla electrosoldada, agarradera, cadenas, bisagras, entre otros materiales complementarios.

Respecto al software utilizado fue en desarrollado bajo distintos lenguajes de programación como C# en el caso del sistema de adquisición y almacenamiento de datos y lenguaje C en el caso de la programación del microcontrolador.



*Figura 15.* Diagrama de flujo del diseño del prototipo



### 3.3 Diagrama de flujo de la programación en Arduino

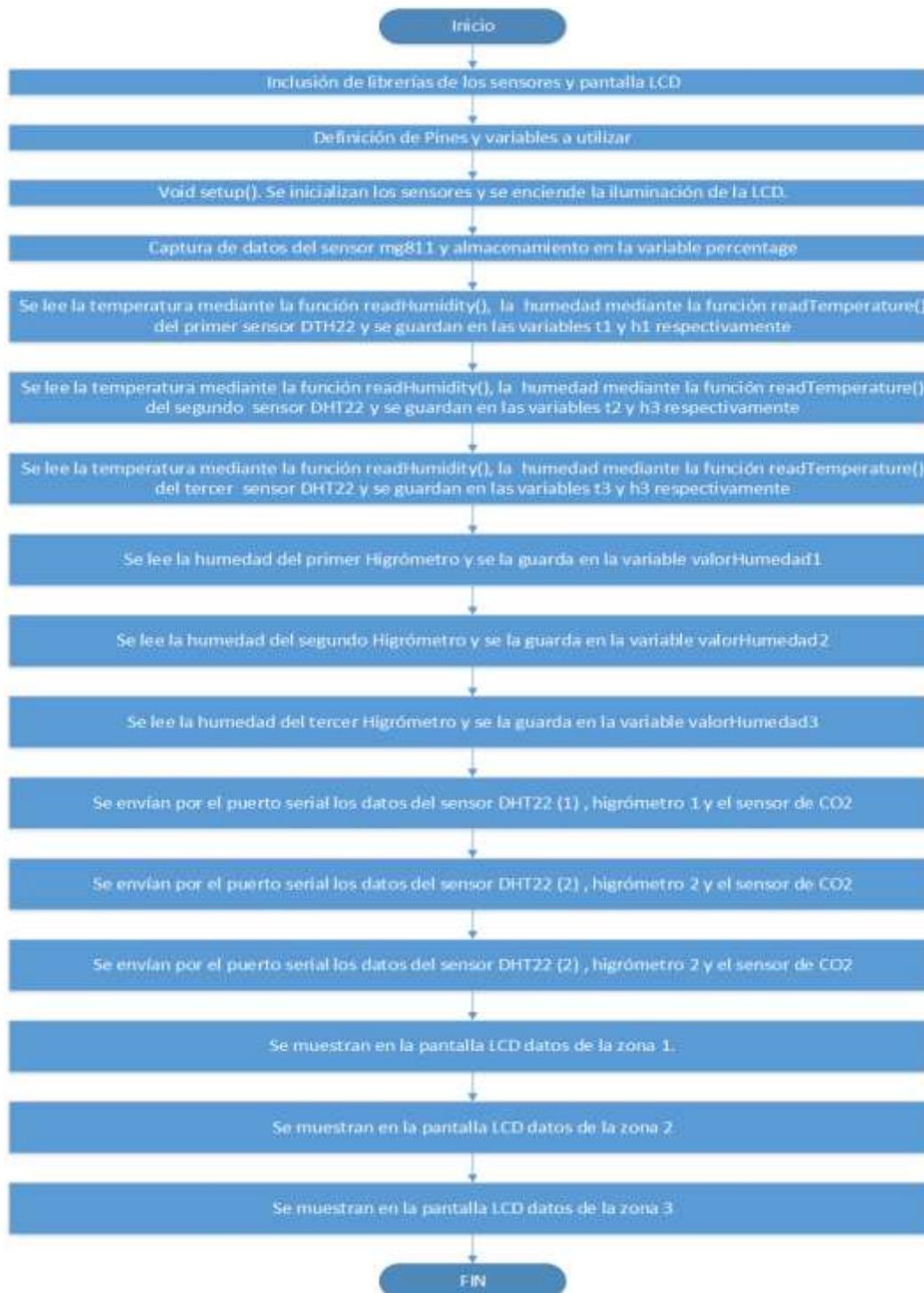


Figura 17. Diagrama de flujo de la programación en Arduino

### 3.4 Diagrama de flujo de la programación en Visual Studio

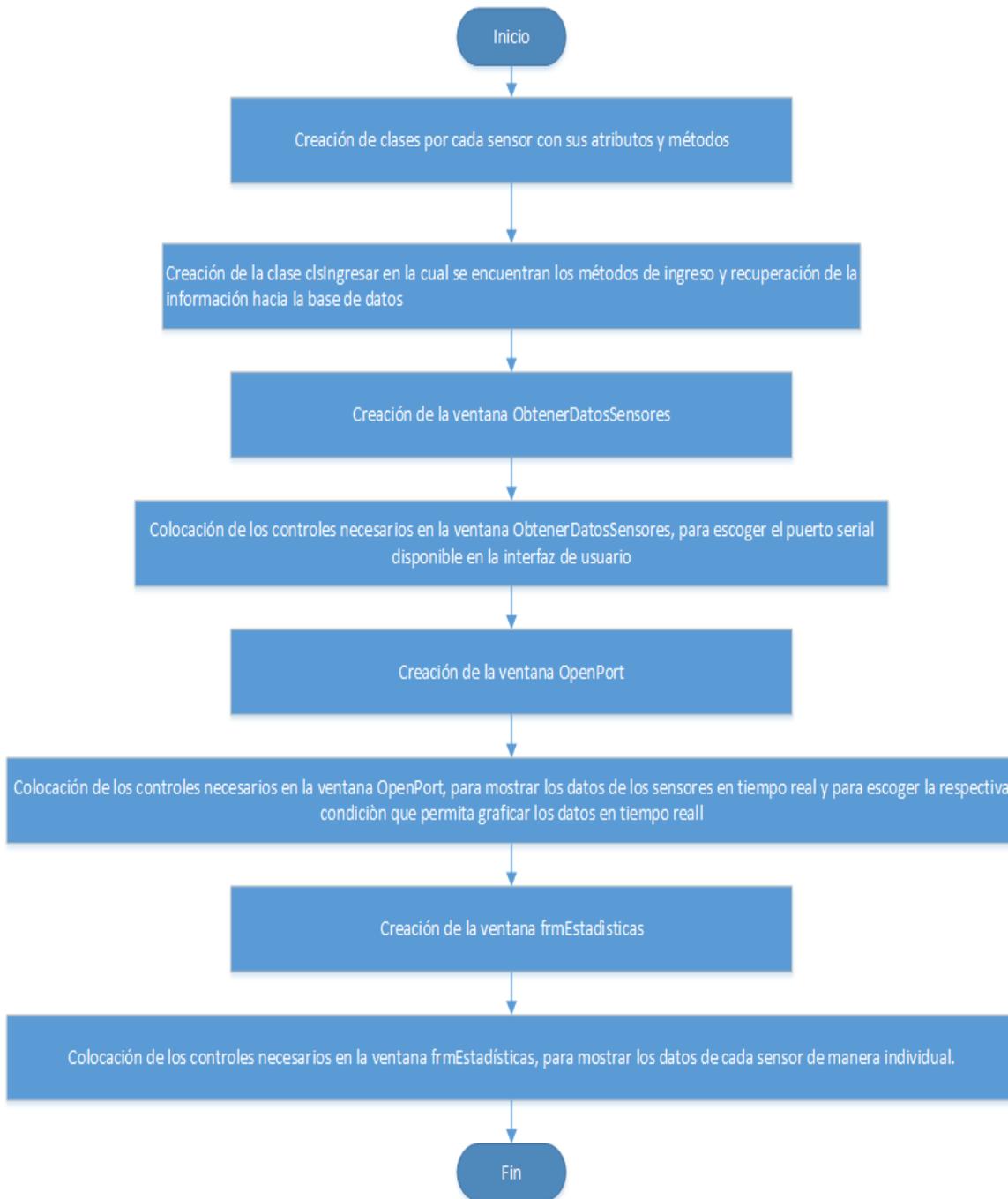
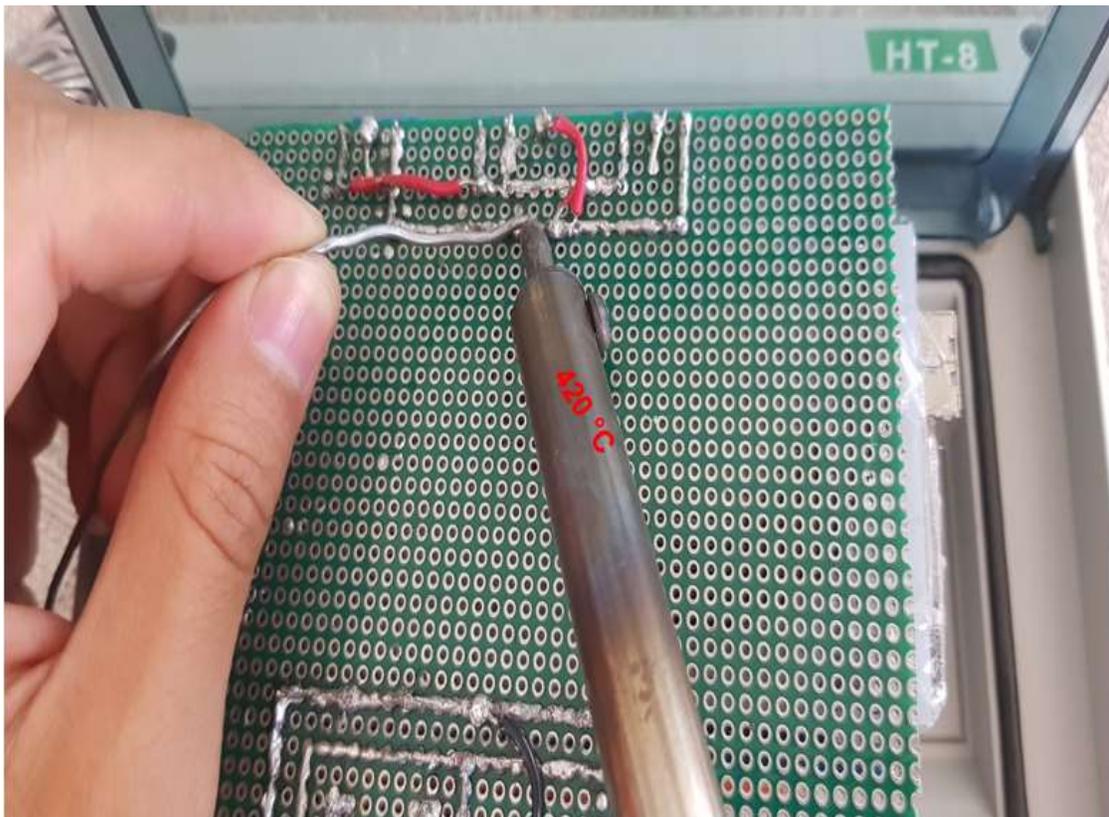


Figura 18. Diagrama de flujo de la programación en Visual Studio

### 3.5 Desarrollo del prototipo electrónico

Materiales utilizados:

- Baquelita Perforada
- Borneras 3 entradas
- Cautín
- Sierra
- Cables Macho- Hembra 20 cm
- Cables macho- macho 10 cm
- Estaño



*Figura 19.* Elaboración y soldado de pistas de la placa

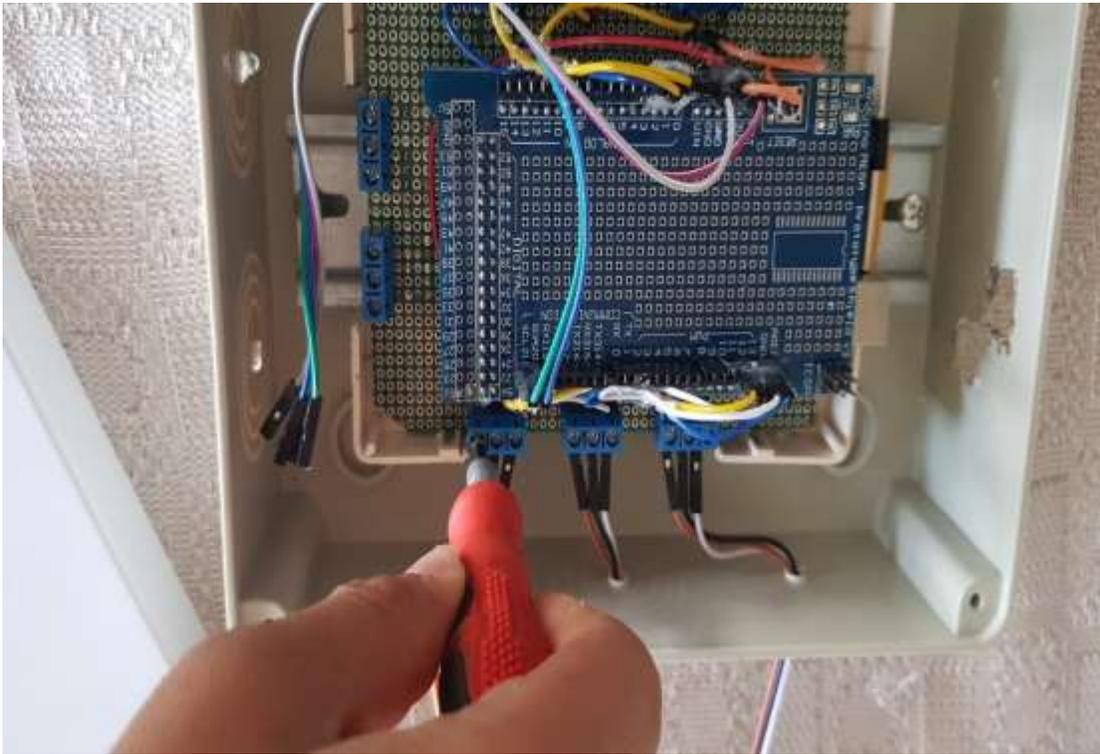


Figura 20. Conexión de los sensores en sus respectivas borneras

- Primero, con la ayuda de una sierra se cortó la baquelita perforada con las siguientes medidas: 12 cm x 8 cm para poder armar la placa.
- Después, utilizando estaño y un cautín de 45 Watts cuya máxima temperatura es de 420 °C, se soldaron a la placa las borneras en las cuales se conectarán los sensores a utilizar y los cables de datos que se conectan al shield del Arduino mega. Además de realizarse las pistas que alimentarían a los sensores.
- Una vez realizada la placa, el siguiente paso fue pegar el arduino junto con su *shield* sobre la placa, para esto se utilizó silicona con el objetivo de aislar la placa y el Arduino, evitando así posibles cortocircuitos que afecten a los componentes electrónicos utilizados.
- Después en la caja de distribución principal, con la ayuda de un taladro se realizaron orificios de cinco milímetros de diámetro para que los cables

pertenecientes a cada sensor puedan ser conectados y fijados a las borneras de las placas.

- Con la ayuda de un destornillador tipo estrella, se conectaron los cables de los sensores a cada una de las borneras.
- Una vez conectada la pantalla LCD, con la ayuda de silicón caliente se procedió a fijarla en su sitio.

### 3.6 Construcción de la maqueta.

Para la elaboración de la maqueta se realizó el siguiente procedimiento:



*Figura 21.* Corte de plástico para cubierta del invernadero

- Primero mediante el uso de un serrucho se cortaron unos tablonces de madera con las siguientes medidas 66 cm x 10 cm y de 100 cm x 10 cm.
- Después con la ayuda de un playo, se cortó la malla electrosoldada con las siguientes medidas 2.7 m x 1m.
- Después de haber cortado los tablonces y la malla, se formó un rectángulo de 1 m largo x 66 cm de ancho, mediante el uso de un martillo, goma y pernos se fijó dicho rectángulo.
- El siguiente paso fue utilizar el taladro para hacer orificios en los cuales ingresen todas las puntas de la malla electrosoldada que habían quedado.
- Luego, se cortó el plástico que recubriría la malla en las mismas medidas de 2.7 m x 1 m, y mediante silicona caliente fue pegado a la malla.
- Finalmente se colocó una agarradera para poder abrir el invernadero y realizar el monitoreo de las condiciones climáticas.

### **2.2.7 Fase final del prototipo.**

Como se puede apreciar en la Figura [34], el producto final quedó tal como se lo había planteado inicialmente, cuenta con la maqueta del invernadero con sus rosas y un computador que tiene el software necesario para capturar los datos provenientes de los sensores utilizados y posteriormente guardarlos en una base de datos local.



*Figura 22.* Distribución de los componentes del prototipo

Los diferentes sensores fueron ubicados de manera estratégica en cada una de las rosas, de tal manera que se evalúen los parámetros necesarios de desarrollo de todas. Las conexiones de los sensores salen de la caja de distribución principal en la cual se encuentra el microcontrolador que se encuentra encargado de recibir los datos provenientes de los sensores.



*Figura 23.* Ubicación de los sensores en el área de medición de parámetros.

El resultado final de la maqueta junto con el sistema es el siguiente, la caja de distribución principal a la cual llegan los sensores que están receptando la información junto a las rosas y al computador que se encuentra almacenando y mostrando mediante gráficas la información de una base de datos local.



*Figura 24.* Recolección de datos de los sensores

### 3.6 Funcionamiento del sistema recolector de datos.

El sistema de recolección además de guardar la información obtenida de los sensores muestra gráficas informativas acerca de los diferentes valores que están tomando las variables correspondientes a cada sensor. A continuación, se mostrará la ejecución del programa.

Al iniciar la aplicación, en un control de tipo *combobox*, se muestra una pantalla en la cual se permite escoger el puerto serial del cual queremos capturar los datos, una vez escojamos uno se tendrá que realizar clic en “Conectar”.

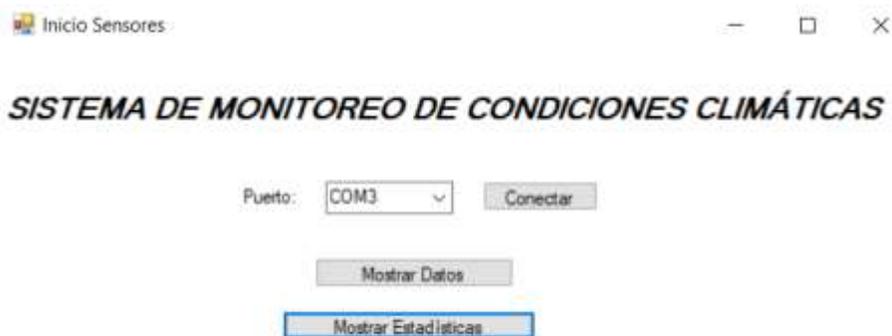


Figura 25. Ventana de inicio del programa recolector de datos.

Después se abrirá una ventana con los datos que se están ingresando en tiempo real, además de mostrar una gráfica de los datos de los sensores por zonas.

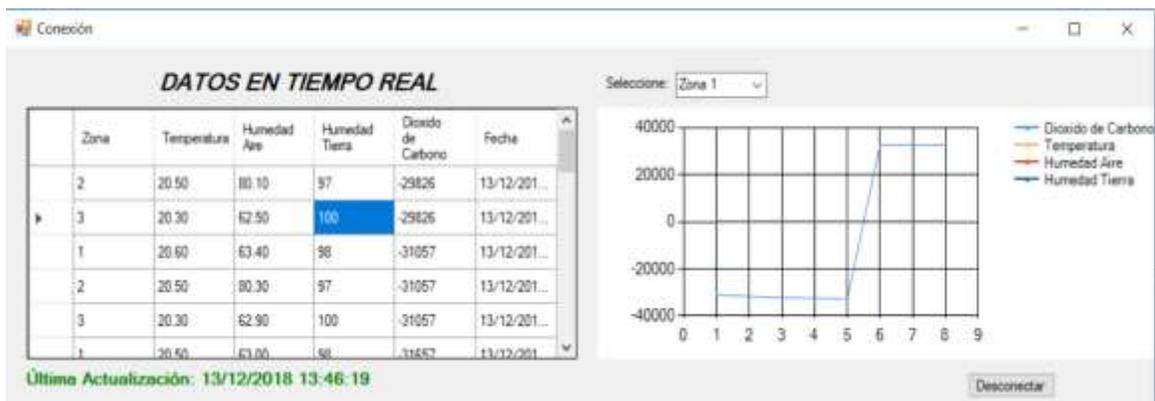


Figura 26. Ventana de presentación de datos y gráficas en tiempo real.

El sistema también posee una ventana en la cual podremos observar los datos de cada sensor por separado, tal como se muestra a continuación. En el eje “x” se encuentra la hora en la que fue tomado el dato, y en el eje “y” se encuentra la cantidad de temperatura, humedad del aire, humedad del suelo o dióxido de carbono medida.

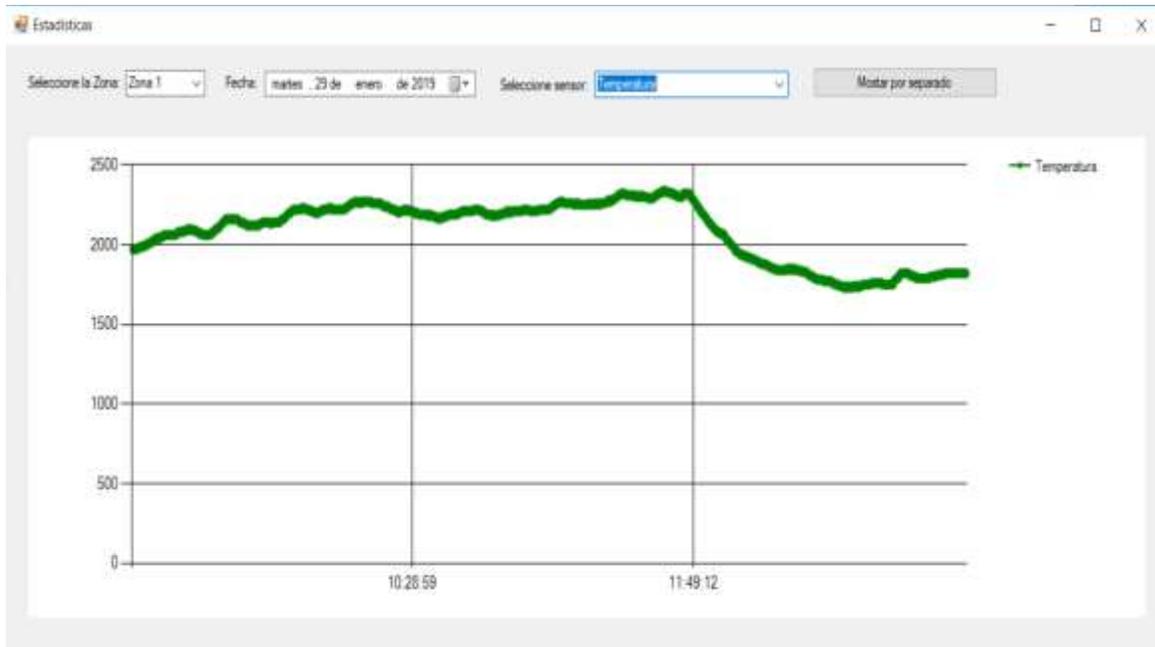


Figura 27. Ventana de presentación de gráficos

La base de datos del sistema se encuentra replicada en la nube de Microsoft Azure, teniendo así una herramienta de respaldo en caso de que ocurra un imprevisto con la base de datos local. Microsoft Azure, nos ofrece mecanismos de administración de la base de datos, mecanismos de sincronización, entre otras opciones.

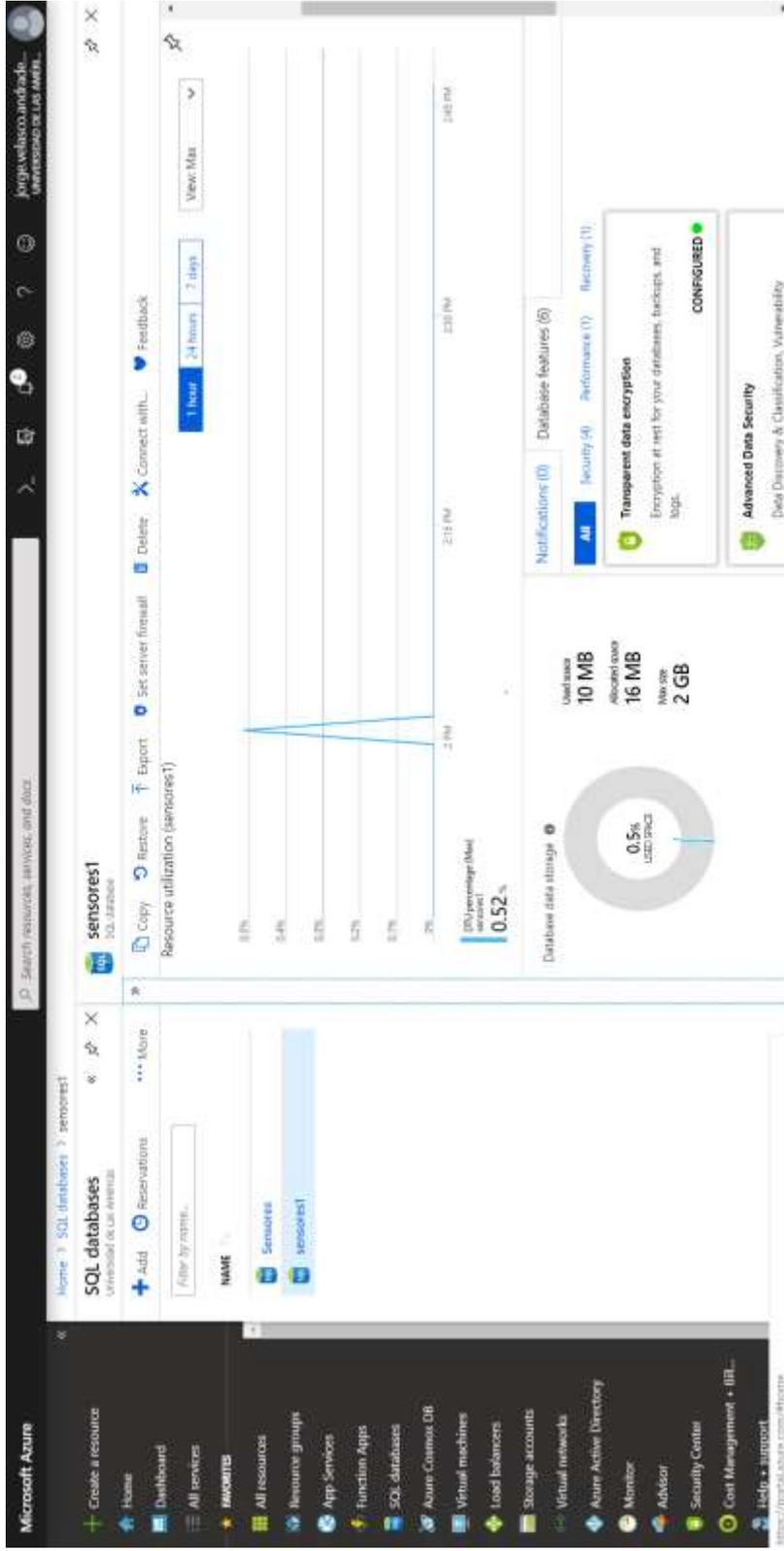


Figura 28. Azure Administración de base de datos

The screenshot displays the Microsoft Azure portal interface. At the top, the navigation bar includes 'Home', 'sensores1 - Query editor (preview)', and 'sensores1 - Query editor (preview)'. Below the navigation bar, there are options for 'Login', 'List Data (Preview)', 'New Query', 'Open query', 'Save query', and 'Feedback'. The main area shows a query editor with the text 'select \* from sensores' entered. Below the editor, there are buttons for 'Run' and 'Cancel query'. The results section shows a table with the following data:

ID_SENSORES	ID_ZONA	VALOR_HUMEDADADUERE	VALOR_HUMEDADFIERRA	VALOR_TEMPERATURA	VALOR_DIOXIDOCARBONO
4	2	8750	84	1920	455
5	3	8830	87	1920	469
6	1	8480	91	1920	478
7	3	8820	90	1920	478

At the bottom of the results section, a status bar indicates 'Query succeeded | 25'.

Figura 29. Azure herramienta de gestión de la base de datos en la nube.

## CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y RESULTADOS

En el siguiente capítulo se mostrará el análisis y resultados obtenidos luego de realizar diferentes cálculos utilizando diferentes fórmulas estadísticas

Cálculos realizados

En el siguiente apartado se hablará sobre los diferentes cálculos realizados, estos se basaron en la información contenida en la base de datos del proyecto, tal como se encuentra en los anexos, de la Figura 40 a la Figura 50.

4.1 Cálculos realizados en la zona 1.

4.1.1 Cálculos realizados con la temperatura del ambiente de la zona 1.

Tabla 9.

Cálculos realizados sobre la temperatura del ambiente obtenida en la zona 1

<b>TEMPERATURAS DEL AMBIENTE ZONA 1</b>	
<b>19,40 °C</b>	<b>MEDIANA</b>
<b>19,39 °C</b>	<b>MEDIA ARITMÉTICA</b>
<b>19,4 °C</b>	<b>MODA</b>
<b>0,39</b>	<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</b>
<b>1,50 °C</b>	<b>INTERVALO</b>
<b>0,154 °C</b>	<b>VARIANZA</b>
<b>0,020</b>	<b>COEFICIENTE DE VARIACIÓN</b>

En la zona 1 el resultado de la media aritmética o más comúnmente llamado promedio fue de 19.39 °C, un valor muy aceptable ya que se encuentra dentro de los rangos recomendados para el correcto crecimiento y desarrollo de la rosa.

Sin variar tanto en comparación a la media aritmética, el valor de temperatura que más se obtuvo fue de 19.4 °C. Además, se obtuvo una desviación estándar de 0.39 que nos indica cuánta dispersión existe en el conjunto de datos.

La varianza fue de 0.154 °C un valor bajo y aceptable junto con el coeficiente de variación que fue de apenas 2% indicando que existe una homogeneidad de los datos, lo cual es bueno debido a que no existe mucha dispersión en la información.

#### 4.1.2 Cálculos realizados con la humedad del ambiente de la zona 1.

Tabla 10.

Cálculos realizados sobre la humedad del ambiente obtenida en la zona 1

HUMEDADES DEL AMBIENTE ZONA 1	
<b>78,95 %</b>	<b>MEDIANA</b>
<b>80,10 %</b>	<b>MEDIA ARITMÉTICA</b>
<b>77,6 %</b>	<b>MODA</b>
<b>5,51</b>	<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</b>
<b>27,40 %</b>	<b>INTERVALO</b>
<b>30,407 %</b>	<b>VARIANZA</b>
<b>0,069</b>	<b>COEFICIENTE DE VARIACIÓN</b>

En la zona 1 el resultado de la media aritmética o más comúnmente llamado promedio fue de 80.10%, un valor muy aceptable ya que se encuentra dentro de los rangos recomendados para el correcto crecimiento y desarrollo de la rosa.

Sin variar tanto en comparación a la media aritmética, el valor de humedad que más se obtuvo fue de 77.6%. Además, se obtuvo una desviación estándar de 5.51 que nos indica cuánta dispersión existe en el conjunto de datos.

La varianza fue de 30.40 un valor bajo y aceptable junto con el coeficiente de variación que fue de 6.88% indicando que existe gran cantidad de datos homogéneos, lo cual es bueno debido a que no existe mucha dispersión en la información.

#### 4.1.3 Cálculos realizados con la humedad del suelo de la zona 1.

Tabla 11.

Cálculos realizados sobre la humedad del suelo obtenida en la zona 1

HUMEDADES DEL SUELO ZONA 1	
<b>93,00 %</b>	<b>MEDIANA</b>
<b>93,22 %</b>	<b>MEDIA ARITMÉTICA</b>
<b>93 %</b>	<b>MODA</b>
<b>0,58</b>	<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</b>
<b>4,00 %</b>	<b>INTERVALO</b>
<b>0,332 %</b>	<b>VARIANZA</b>

<b>0,006</b>	<b>COEFICIENTE DE VARIACIÓN</b>
--------------	---------------------------------

En la zona 1 el resultado de la media aritmética o más comúnmente llamado promedio fue de 80.10% de humedad, un valor apto para que las rosas absorban la cantidad necesaria de agua para su proceso de desarrollo.

Por otro lado, el valor de temperatura que más se obtuvo fue de 93 % de humedad. Además, se obtuvo una desviación estándar de 0.58 que nos indica cuánta dispersión existe en el conjunto de datos.

La varianza fue de 0.332 % de humedad, un valor bajo y aceptable junto con el coeficiente de variación que fue de 0.6% indicando que en los datos obtenidos existía gran homogeneidad de estos.

#### 4.2 Cálculos realizados en la zona 2.

##### 4.2.1 Cálculos realizados con la temperatura del ambiente de la zona 2.

Tabla 12.

Cálculos realizados sobre la temperatura del ambiente obtenida en la zona 2.

<b>TEMPERATURAS DEL AMBIENTE ZONA 2</b>	
<b>19,40 °C</b>	<b>MEDIANA</b>
<b>19,43 °C</b>	<b>MEDIA ARITMÉTICA</b>
<b>19,2 °C</b>	<b>MODA</b>
<b>0,41</b>	<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</b>
<b>1,50 °C</b>	<b>INTERVALO</b>

<b>0,165 °C</b>	<b>VARIANZA</b>
<b>0,021</b>	<b>COEFICIENTE DE VARIACIÓN</b>

En la zona 2 el resultado de la media aritmética o más comúnmente llamado promedio fue de 19.43 °C, un valor muy aceptable ya que se encuentra dentro de los rangos recomendados para el correcto crecimiento y desarrollo de la rosa.

Sin variar tanto en comparación a la media aritmética, el valor de temperatura que más se obtuvo fue de 19.2 °C. Además, se obtuvo una desviación estándar de 0.41 que nos indica cuánta dispersión existe en el conjunto de datos.

La varianza fue de 0.165 °C un valor bajo y aceptable junto con el coeficiente de variación que fue del 2.1% indicando que la variación de los datos fue pequeña.

#### 4.2.2 Cálculos realizados con la humedad del ambiente de la zona 2.

Tabla 13.

Cálculos realizados sobre la humedad del ambiente obtenida en la zona 2.

<b>HUMEDADES DEL AMBIENTE ZONA 2</b>	
<b>99,10 %</b>	<b>MEDIANA</b>
<b>98,56 %</b>	<b>MEDIA ARITMÉTICA</b>
<b>99,9 %</b>	<b>MODA</b>
<b>1,96</b>	<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</b>
<b>12,10 %</b>	<b>INTERVALO</b>

<b>3,835 %</b>	<b>VARIANZA</b>
<b>0,020</b>	<b>COEFICIENTE DE VARIACIÓN</b>

En la zona 2 el resultado de la media aritmética o más comúnmente llamado promedio fue de 98.56% de humedad, un valor ideal para que los pétalos de las rosas no presenten problemas en su desarrollo.

Por otro lado, el valor de humedad que más se obtuvo fue de 99.9 %. Además, se obtuvo una desviación estándar de 1.96, que nos indica cuánta dispersión existe en el conjunto de datos.

La varianza fue de 3.835 % de humedad, un valor aceptable junto con el coeficiente de variación que fue de 2%, valor que indicó que en esta zona no existió mucha variación de la humedad del aire durante el período de captación de los datos.

#### 4.2.1 Cálculos realizados con la humedad del suelo de la zona 2.

Tabla 14.

Cálculos realizados sobre la humedad del suelo obtenida en la zona 2.

<b>HUMEDADES DEL SUELO ZONA 2</b>	
<b>95,00 %</b>	<b>MEDIANA</b>
<b>95,19 %</b>	<b>MEDIA ARITMÉTICA</b>
<b>95 %</b>	<b>MODA</b>
<b>1,30</b>	<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</b>
<b>13,00 %</b>	<b>INTERVALO</b>

<b>1,682 %</b>	<b>VARIANZA</b>
<b>0,014</b>	<b>COEFICIENTE DE VARIACIÓN</b>

En la zona 2 el resultado de la media aritmética o más comúnmente llamado promedio fue de 95.19% de humedad, un valor apto para que las rosas absorban la cantidad necesaria de agua para su proceso de desarrollo.

Por otro lado, el valor de humedad que más se obtuvo fue de 95 %. Además, se obtuvo una desviación estándar de 1.30 que nos indica cuánta dispersión existe en el conjunto de datos.

La varianza fue de 1.682 % de humedad, un valor bajo y aceptable junto con el coeficiente de variación que fue de 1.4% representando así gran homogeneidad de datos en dicho grupo.

#### 4.3 Cálculos realizados en la zona 3.

##### 4.3.1 Cálculos realizados con la temperatura del ambiente de la zona 3.

Tabla 15.

Cálculos realizados sobre la temperatura del ambiente obtenida en la zona 3.

<b>TEMPERATURAS DEL AMBIENTE ZONA 3</b>	
<b>19,40 °C</b>	<b>MEDIANA</b>
<b>19,37 °C</b>	<b>MEDIA ARITMÉTICA</b>
<b>19,5 °C</b>	<b>MODA</b>
<b>0,39</b>	<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</b>

<b>1,50 °C</b>	<b>INTERVALO</b>
<b>0,154 °C</b>	<b>VARIANZA</b>
<b>0,020</b>	<b>COEFICIENTE DE VARIACIÓN</b>

En la zona 3 el resultado de la media aritmética o más comúnmente llamado promedio fue de 19.37 °C, un valor muy aceptable ya que se encuentra dentro de los rangos recomendados para el correcto crecimiento y desarrollo de la rosa.

Sin variar tanto en comparación a la media aritmética, el valor de temperatura que más se obtuvo fue de 19.5 °C. Además, se obtuvo una desviación estándar de 0.39 que nos indica cuánta dispersión existe en el conjunto de datos.

La varianza fue de 0.154 °C un valor bajo y aceptable junto con el coeficiente de variación que fue de 2% indicando que la temperatura en esa zona no varió demasiado, mostrando así gran homogeneidad en la información recolectada.

#### 4.3.2 Cálculos realizados con la humedad del ambiente de la zona 3.

Tabla 16.

Cálculos realizados sobre la humedad del ambiente obtenida en la zona 3

<b>HUMEDADES DEL AMBIENTE ZONA 3</b>	
<b>88,80 %</b>	<b>MEDIANA</b>
<b>88,18 %</b>	<b>MEDIA ARITMÉTICA</b>
<b>91,4 %</b>	<b>MODA</b>

<b>4,12</b>	<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</b>
<b>24,70 %</b>	<b>INTERVALO</b>
<b>16,956 %</b>	<b>VARIANZA</b>
<b>0,047</b>	<b>COEFICIENTE DE VARIACIÓN</b>

En la zona 3 el resultado de la media aritmética o más comúnmente llamado promedio fue de 88.18% de humedad, un valor apto para que los pétalos de las rosas no presenten problemas en su desarrollo.

Por otro lado, el valor de humedad que más se obtuvo fue de 91.4 %. Además, se obtuvo una desviación estándar de 4.12.

La varianza fue de 16.956 % de humedad, un valor aceptable junto con el coeficiente de variación que fue de 4.7% manteniéndose dentro del rango menor a 10 % que indica que existe una variación aceptable.

#### 4.3.3 Cálculos realizados con la humedad del suelo de la zona 3.

Tabla 17. *Cálculos realizados sobre la humedad del suelo obtenida en la zona 3.*

<b>HUMEDADES DEL SUELO ZONA 3</b>	
<b>98,00 %</b>	<b>MEDIANA</b>
<b>96,98 %</b>	<b>MEDIA ARITMÉTICA</b>
<b>98 %</b>	<b>MODA</b>
<b>1,93</b>	<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</b>

<b>11,00 %</b>	<b>INTERVALO</b>
<b>3,719 %</b>	<b>VARIANZA</b>
<b>0,020</b>	<b>COEFICIENTE DE VARIACIÓN</b>

En la zona 3 el resultado de la media aritmética o más comúnmente llamado promedio fue de 96.98% de humedad, un valor apto para que las rosas absorban la cantidad necesaria de agua para su proceso de desarrollo.

Por otro lado, el valor de humedad que más se obtuvo fue de 98 %. Además, se obtuvo una desviación estándar de 1.93 que nos indica cuánta dispersión existe en el conjunto de datos.

La varianza fue de 3.719 % de humedad, un valor bajo y aceptable junto con el coeficiente de variación que fue de 2%, un valor que muestra una gran homogeneidad en el grupo de datos recolectados en esa zona.

#### 4.4 Cálculos realizados con los datos del sensor de dióxido de carbono.

Tabla 18.

Cálculos realizados sobre las Partes Por Millón de dióxido de carbono obtenidas

<b>DIÓXIDO DE CARBONO</b>	
<b>483,00 ppm</b>	<b>MEDIANA</b>
<b>478,43 ppm</b>	<b>MEDIA ARITMÉTICA</b>
<b>484 ppm</b>	<b>MODA</b>

<b>16,87</b>	<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</b>
<b>120,00 ppm</b>	<b>INTERVALO</b>
<b>284,60 ppm</b>	<b>VARIANZA</b>
<b>0,035</b>	<b>COEFICIENTE DE VARIACIÓN</b>

En todo el prototipo, el resultado de la media aritmética de dióxido de carbono presente fue de 483 ppm, un valor aceptable para que los pétalos de las rosas se desarrollen de manera correcta.

Por otro lado, el valor de partes por millón que más se obtuvo fue de 484. Además, se obtuvo una desviación estándar de 16.87 que nos indica qué tan dispersa se encuentra la información en el conjunto de datos.

La varianza fue de 284.60 ppm, un valor bajo y aceptable junto con el coeficiente de variación que fue de 3.5%, un valor que muestra una gran homogeneidad en el grupo de datos recolectados en esa zona.

4.5 Medidas correctivas a tomar en caso de que los parámetros necesarios se encuentren fuera de los rangos ideales.

#### 4.5.1 Temperaturas Bajas

En caso de que las temperaturas sean demasiado bajas, es decir 0 °C, la cual es considerada una temperatura mínima letal ya que daña la planta, se debe hermetizar bien el invernadero con aproximadamente 2 metros de plástico rígido en los extremos de la estructura, para que de esta forma se eviten pérdidas de calor.

Otra alternativa a tomar es utilizar pantallas térmicas que pueden estar fabricadas con polietileno, estas pantallas son capaces de absorber el calor del exterior y

esparcirlo en el interior para mantener una temperatura adecuada, incrementando así el 30% de la producción de rosas.

Además, se pueden utilizar sistemas de calefacción que utilicen agua caliente, en estos sistemas el agua se calienta en calderas hasta 80°C o 90°C, el agua es enviada mediante tuberías colocadas a 10 cm sobre suelo. Este tipo de calefacción se puede realizar de dos formas, la primera denominada termofusión, consiste en tubos de diámetro grande que cuentan con una mínima pendiente unidescendente, la segunda consiste en impulsión mediante bombas a través de tuberías de diámetro menor (Infoagro, 2017).

También existe una alternativa común, los sistemas de calefacción por aire caliente, estos hacen pasar aire por medio de focos caloríficos para luego impulsar el aire que sale hacia el interior del invernadero.

#### 4.5.2 Temperaturas Altas.

En el caso de que las temperaturas sean demasiado elevadas, es decir 35 °C, la cual es considerada una temperatura máxima letal ya que daña la planta, existen diversas alternativas como, por ejemplo: sistemas de sombreo los cuales pueden ser estáticos o dinámicos, los primeros son instalados y sombrean al invernadero continuamente, los segundos permiten regular la cantidad de sombra según las necesidades climáticas. En estas formas de enfriamiento son utilizadas las mallas de sombreo, estas mallas al ser colocadas fuera del invernadero tienen la capacidad de evitar que este aumente su temperatura, en varias pruebas se pudo comprobar que las mallas bajaban la temperatura de 46.6 °C a 40.8 °C (Infoagro, 2017).

Otra alternativa es la ventilación natural por medio de ventanas o la ventilación mecánica en la cual se utilizan ventiladores para absorber aire. Las ventanas deben ocupar entre el 18 % y el 22 % del total de la superficie del invernadero.

Además, se puede utilizar enfriamiento por evaporación de agua, esto consiste en tener boquillas o difusores que rocían partículas de agua de aproximadamente 10

micras las cuales antes de hacer contacto con el suelo, se evaporan. Los difusores son colocados cada 20 o 25 metros cuadrados y tienen un caudal de 4l /h. Mediante este sistema se consigue que la temperatura baje entre 10 °C y 15 °C aproximadamente.

#### 4.5.3 Niveles de CO<sub>2</sub>

Para controlar los niveles de dióxido de carbono presentes en el invernadero, se pueden utilizar sistemas de aportación directa de CO<sub>2</sub> dentro del invernadero, una vez los sensores detecten valores bajos de CO<sub>2</sub> se activan las válvulas que permitan el paso de dicho gas para tener las condiciones necesarias para el correcto desarrollo de las rosas, su máximo valor son las 1000 ppm.

#### 4.5.4 Humedad del suelo

En el caso de que la humedad del suelo se encuentre por debajo de 60%, se puede implementar un sistema de riego automático, que cuente con tuberías perforadas enterradas a unos 10 cm de profundidad, cuando se detecten dichos niveles bajos de humedad se permite el paso de agua hacia cada una de las rosas del invernadero.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

Con respecto a las tecnologías existentes en el mercado, se pueden desarrollar estos sistemas con una gran variedad de alternativas de sensores, existen algunos que poseen el precio más accesible pero una resolución más baja, otros de media gama y también de gama más alta, los cuales representan un poco más monetariamente, pero su costo va de la mano con una fiabilidad mayor del dispositivo.

En el desarrollo de este trabajo investigativo, se pudo comprobar que una solución de bajo costo puede ser implementada en aquellos invernaderos los cuales no cuenten con tecnología necesaria para medir parámetros de condiciones climáticas que permitan el correcto desarrollo de las rosas.

El desarrollo e implementación de un sistema de recolección de datos en un invernadero se encuentra al alcance de cualquier persona que desee realizarlo, pues existen a disposición diversos dispositivos los cuales permitan realizar la construcción de uno o varios sistemas que sean requeridos.

Para poder realizar el envío de la información de manera automática, el microcontrolador fue programado para poder enviar constantemente los datos a través del puerto serial, dicha información es capturada y almacenada por la aplicación en una base de datos.

El parámetro de temperatura del aire en la zona 1 se mantuvo dentro de los márgenes aceptables, a pesar de las variaciones que se tuvieron debido a los cambios climáticos en la ciudad de Quito, la temperatura que más se obtuvo fue de 19.4 °C, que de acuerdo a la *Tabla 1*, es un valor óptimo.

El parámetro de temperatura del aire en la zona 2 al igual que en la zona 1, se mantuvo dentro de los márgenes aceptables, a pesar de las variaciones que se

tuvieron debido a los cambios climáticos en la ciudad de Quito, la temperatura que más se obtuvo fue de 19.2 °C, que de acuerdo a la *Tabla 1*, es un valor óptimo.

Al igual que en la zona 1 y 2 los márgenes de temperatura obtenidos durante la captura de la información fueron óptimos, la temperatura que más se obtuvo fue de 19.5 °C, además no se obtuvo una varianza considerable la cual haya afectado las mediciones realizadas.

Con respecto a la Humedad del aire sensada en cada una de las zonas se puede decir que la zona 1 estuvo dentro del valor óptimo con un 80.1 % de humedad relativo, seguida de la zona 3 que se excede un poco del valor óptimo con un 91.4 % y finalmente la zona 2 que presenta un 99.9% de humedad como valor más repetido.

Los resultados obtenidos por los sensores demuestran que las condiciones en las cuales permanecían las rosas se encuentran dentro de las ideales, permitiendo que estas se hayan desarrollado y mantenido de una manera apropiada.

Se puede concluir que la información proporcionada por los sensores no tuvo gran margen de dispersión de los datos, dando a entender que los parámetros se mantuvieron siempre en las condiciones ideales para el correcto desarrollo de las rosas.

## 5.2 Recomendaciones

Durante la construcción de la maqueta, se recomienda tener mucho cuidado con las herramientas peligrosas que están siendo utilizadas, esto con el fin de evitar accidentes que afecten a la integridad de la persona.

Después de haber realizado la construcción de la maqueta se recomienda regar las plantas para obtener la humedad necesaria en la tierra, además se recomienda abrir el techo de vez cada cierto tiempo para permitir el ingreso y salida de dióxido de carbono desde el exterior hacia el interior y viceversa.

Se recomienda realizar la programación de los sensores de manera separada, para así poder observar el funcionamiento de estos y luego poder colocar dicha programación en un solo programa. Esto con el fin de evitar confusiones con el código.

Para la utilización del sensor de dióxido de carbono MG811, se recomienda realizar un precalentamiento de este durante 48 horas, tiempo en el cual el sensor se calibrará de manera automática para captar datos más precisos.

La utilización de sistemas de monitoreo de bajo costo es una solución alternativa que por su precio y ventajas que estos poseen pueden ser utilizados en pequeños invernaderos que se dediquen a la producción y cultivo de rosas. Además de poder ser implementados en otro tipo de cultivos que requieran un control adecuado de parámetros ambientales.

Se recomienda probar los sensores antes de ser colocados en la maqueta, esto para evitar que medidas erróneas sean almacenadas en la base de datos.

Se recomienda aislar la placa de Arduino con silicona caliente, esto con el fin de evitar cortocircuitos que dañen el dispositivo.

Se recomienda fijar con silicona caliente los cables que conectan los sensores a la placa de Arduino, esto para evitar que se desconecten y generen errores en la captación de datos.

## REFERENCIAS

- Ahonen, T., Virrankoski, R., & Elmusrati, M. (2008). Greenhouse Monitoring with Wireless Sensor Network. *International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering*, 2(4), 403–408. <https://doi.org/10.1109/MESA.2008.4735744>
- Arbel, A., Barak, M., & Shklyar, A. (2003). Combination of Forced Ventilation and Fogging Systems for Cooling Greenhouses, *Transactions of the ASHRAE*, 84, 45–55. [https://doi.org/10.1016/S1537-5110\(02\)00216-7](https://doi.org/10.1016/S1537-5110(02)00216-7)
- Arduino (s.f) “What is Arduino” Recuperado el 25 de septiembre del 2018 de <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- Bai, X., Wang, Z., Sheng, L., & Wang, Z. (2018). Reliable Data Fusion of Hierarchical Wireless Sensor Networks With Asynchronous Measurement for Greenhouse Monitoring. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 1–11. [doi.org/10.1109/TCST.2018.2797920](https://doi.org/10.1109/TCST.2018.2797920)
- Caltech.edu (2001) “Cómo medimos la temperatura” Recuperado el 27 de octubre del 2018 de [http://legacy.spitzer.caltech.edu/espanol/edu/thermal/measure\\_sp\\_06sep01.html](http://legacy.spitzer.caltech.edu/espanol/edu/thermal/measure_sp_06sep01.html)
- Caltech.edu (2001) “¿Cómo medimos la temperatura? Recuperado el 1 de diciembre del 2018 de” [http://legacy.spitzer.caltech.edu/espanol/edu/thermal/measure\\_sp\\_06sep01.html](http://legacy.spitzer.caltech.edu/espanol/edu/thermal/measure_sp_06sep01.html)
- Cervera, Á. B., & Cantavella Jordá, S. (s.f). INFORME MEDICIONES DE CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, TEMPERATURA DEL AIRE Y TEMPERATURA DEL AGUA EN LES COVES DE SANT JOSEP. Recuperado de [http://www.cuevascastellon.uji.es/adjuntos/valluixu\\_santjosep\\_informeclimatologia.pdf](http://www.cuevascastellon.uji.es/adjuntos/valluixu_santjosep_informeclimatologia.pdf)
- Cidecame.uaeh.edu (s.f) “Tipos de Señales (Analógica- Digital)” Recuperado el 28 de noviembre del 2018 de

[http://cidecame.uaeh.edu.mx/lcc/mapa/PROYECTO/libro27/133\\_tipos\\_de\\_seales\\_analogicadigital.html](http://cidecame.uaeh.edu.mx/lcc/mapa/PROYECTO/libro27/133_tipos_de_seales_analogicadigital.html)

Cristian Veloso. (2017). SEÑALES ANALÓGICAS Y DIGITALES - VENTAJAS Y DESVENTAJAS. Recuperado el 2 de diciembre del 2018 de <http://www.electrontools.com/Home/WP/2017/05/30/senales-analogicas-y-digitales/>

DEL AIRE Y TEMPERATURA DEL AGUA EN LES COVES DE SANT JOSEP (s.f). Recuperado el 8 de diciembre del 2018 de [http://www.cuevascastellon.uji.es/adjuntos/valluixo\\_santjosep\\_informeclimatologia.pdf](http://www.cuevascastellon.uji.es/adjuntos/valluixo_santjosep_informeclimatologia.pdf)

Electrónica Estudio. (2018). ¿Qué es un microcontrolador? Recuperado el 18 de noviembre del 2018 de <https://www.electronicaestudio.com/que-es-un-microcontrolador/>

ElectronicaEstudio(s.f) “¿Qué es un microcontrolador?” Recuperado el 10 de noviembre del 2018 de <https://www.electronicaestudio.com/que-es-un-microcontrolador/>

Electronilab (2018)” Sensor de humedad de suelo – Higrometro” Recuperado el 27 de noviembre del 2018 de <https://electronilab.co/tienda/sensor-de-humedad-de-suelo-higrometro/>

Espeleo Club Castelló. (2018). MEDICIONES DE CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, TEMPERATURA Recuperado el 4 de noviembre del 2018 de [http://www.cuevascastellon.uji.es/adjuntos/valluixo\\_santjosep\\_informeclimatologia.pdf](http://www.cuevascastellon.uji.es/adjuntos/valluixo_santjosep_informeclimatologia.pdf)

Hang, Z., Wangliang, L., Chuang, L., Linda, S., & Kaiyan, W. (2017). Discussion on Multi-sensor Information Fusion in Greenhouse Detection System (pp. 64–67). IEEE. doi.org/10.1109/ICSGEA.2017.30

Huang, L., & Xiao, J. (2010). Application Research of Intelligent Greenhouse’s Control System Based on Multi-sensor Data Fusion (pp. 211–214). IEEE. doi.org/10.1109/ICCMS.2010.199

- IBM Knowledge Center (2010) "What is a database management system?" Recuperado el 5 de noviembre del 2018 de [https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/en/zosbasics/com.ibm.zos.zmiddbmg/zmiddle\\_46.htm](https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/en/zosbasics/com.ibm.zos.zmiddbmg/zmiddle_46.htm)
- José Manuel Manzanares. (2015). Clima bajo invernadero (Parte 1). Recuperado el 4 de diciembre del 2018 de <http://expofloresflorecuador.blogspot.com/2015/10/clima-bajo-invernadero.html>
- Microsoft (2017) "Insertar y actualizar datos en una tabla" Recuperado el 5 de noviembre del 2018 de <https://docs.microsoft.com/es-es/sql/t-sql/lesson-1-3-inserting-and-updating-data-in-a-table?view=sql-server-2014>
- Microsoft (2017) "Update (Transact SQL)" Recuperado el 8 de noviembre del 2018 de <https://docs.microsoft.com/en-us/sql/t-sql/queries/update-transact-sql?view=sql-server-2017#BasicSyntax>
- Microsoft (2018) "What can you do with Visual Studio?" Recuperado el 29 de septiembre del 2018 de: <https://visualstudio.microsoft.com/vs/features/>
- Molina (s.f) "Sensores" Recuperado el 11 de noviembre del 2018 de [http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/sens\\_transduct/que\\_es.htm](http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/sens_transduct/que_es.htm)
- MSN (2018) "¿Qué es y para qué sirve Arduino?" Recuperado e 26 de septiembre del 2018 de <https://www.msn.com/es-cl/noticias/microsoftstore/%C2%BFqu%C3%A9-es-y-para-qu%C3%A9-sirve-visual-studio-2017/ar-AAAnLZL9>
- Salkind, N. J., Escalona, R. L., & Valdés Salmerón, V. (1998). Métodos de investigación. Prentice Hall. Recuperado el 14 de Noviembre del 2018 de <https://diversidadlocal.files.wordpress.com/2013/07/salkind-cap1.pdf>.
- Tiendatec (2018) "SENSOR DHT22 TEMPERATURA Y HUMEDAD" Recuperado el 12 de noviembre del 2018 de <https://www.tiendatec.es/arduino/sensores/790-sensor-dht22-temperatura-y-humedad-8472496009812.html>

- Todomicro (2018) “SENSOR DE HUMEDAD Y TEMPERATURA DHT22 ARDUINO”  
Recuperado el 30 de noviembre del 2018 de  
<https://www.todomicro.com.ar/arduino/225-sensor-de-humedad-y-temperatura-dht22-arduino.html>
- Tuelectrónica(2016) “Qué es Arduino IDE” Recuperado el 25 de octubre del 2018  
de <https://tuelectronica.es/que-es-arduino-ide/>
- Xing, X., Song, J., Lin, L., Tian, M., & Lei, Z. (2017). Development of Intelligent Information Monitoring System in Greenhouse Based on Wireless Sensor Network (pp. 970–974). IEEE. doi.org/10.1109/ICISCE.2017.205
- Yubal, F. (2018). Qué es Arduino, cómo funciona y qué puedes hacer con uno.  
Recuperado el 29 de noviembre del 2018 de  
<https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>

## **ANEXOS**

## ANEXOS

En el siguiente apartado de Anexos de la Figura 30 a la Figura 40, se puede observar la información obtenida de cada uno de los sensores, dichos datos fueron utilizados para realizar los respectivos cálculos efectuados en el capítulo III.

	id_sensor...	id_zo...	valor_humedad...	valor_humedadTi...	valor_temperet...	valor_dioxidoCarb...	fecha
1	4	2	8780	84	1920	455	2018-12-14 23:05:12.823
2	5	3	6830	87	1920	469	2018-12-14 23:05:14.787
3	6	1	6480	91	1920	478	2018-12-14 23:35:32.757
4	7	2	8820	90	1920	478	2018-12-14 23:35:34.757
5	8	3	6870	90	1920	483	2018-12-14 23:35:36.763
6	9	1	6990	92	1920	478	2018-12-15 00:05:54.773
7	10	2	9340	93	1920	469	2018-12-15 00:05:56.770
8	11	3	7820	91	1930	469	2018-12-15 00:05:58.773
9	12	1	7060	92	1920	469	2018-12-15 00:36:16.793
10	13	2	9460	94	1920	469	2018-12-15 00:36:18.793
11	14	3	8070	91	1930	474	2018-12-15 00:36:20.790
12	15	1	7110	93	1920	474	2018-12-15 01:06:38.810
13	16	2	9500	94	1920	469	2018-12-15 01:06:40.810
14	17	3	8200	92	1920	478	2018-12-15 01:06:42.813
15	18	1	7140	93	1910	469	2018-12-15 01:37:00.847
16	19	2	9560	95	1910	469	2018-12-15 01:37:02.830
17	20	3	8320	93	1920	474	2018-12-15 01:37:04.830
18	21	1	7280	94	1910	474	2018-12-15 02:07:22.847
19	22	2	9630	95	1910	474	2018-12-15 02:07:24.850
20	23	3	8440	94	1920	478	2018-12-15 02:07:26.847
21	24	1	7300	93	1920	474	2018-12-15 02:37:44.867
22	25	2	9680	95	1910	469	2018-12-15 02:37:46.863
23	26	3	8520	94	1910	416	2018-12-15 02:37:48.860
24	27	1	7320	94	1910	433	2018-12-15 03:08:06.877
25	28	2	9720	95	1910	437	2018-12-15 03:08:08.877
26	29	3	8540	95	1910	433	2018-12-15 03:08:10.880
27	30	1	7310	94	1900	392	2018-12-15 03:38:28.890
28	31	2	9740	96	1900	380	2018-12-15 03:38:30.893
29	32	3	8540	95	1910	412	2018-12-15 03:38:32.893
30	33	1	7320	94	1900	416	2018-12-15 04:08:50.907
31	34	2	9750	96	1890	424	2018-12-15 04:08:52.903
32	35	3	8580	94	1900	424	2018-12-15 04:08:54.903

Figura 30. Base de datos Sensores 1

	id_sensor...	id_zo...	valor_humedad...	valor_humedadTi...	valor_temperat...	valor_dioxidoCarb...	fecha
33	36	1	7310	94	1890	416	2018-12-15 04:39:12.917
34	37	2	9760	96	1890	408	2018-12-15 04:39:14.920
35	38	3	8600	94	1900	424	2018-12-15 04:39:16.917
36	39	1	7340	94	1890	424	2018-12-15 05:09:34.930
37	40	2	9750	96	1890	399	2018-12-15 05:09:36.930
38	41	3	8610	93	1890	408	2018-12-15 05:09:38.930
39	42	1	7350	94	1890	408	2018-12-15 05:39:56.940
40	43	2	9740	96	1890	474	2018-12-15 05:39:58.940
41	44	3	8620	95	1890	488	2018-12-15 05:40:00.940
42	45	1	7350	94	1890	480	2018-12-15 06:10:18.950
43	46	2	9750	96	1880	460	2018-12-15 06:10:20.953
44	47	3	8640	94	1880	472	2018-12-15 06:10:22.953
45	48	1	7340	94	1880	408	2018-12-15 06:40:40.957
46	49	2	9780	96	1880	408	2018-12-15 06:40:42.960
47	50	3	8680	95	1870	490	2018-12-15 06:40:44.957
48	51	1	7420	94	1880	480	2018-12-15 07:11:02.967
49	52	2	9800	96	1880	484	2018-12-15 07:11:04.967
50	53	3	8820	96	1870	483	2018-12-15 07:11:06.967
51	54	1	7460	94	1880	475	2018-12-15 07:41:24.973
52	55	2	9850	96	1880	471	2018-12-15 07:41:26.973
53	56	3	8900	96	1860	484	2018-12-15 07:41:28.970
54	57	1	7530	94	1880	458	2018-12-15 08:11:46.980
55	58	2	9890	96	1880	460	2018-12-15 08:11:48.980
56	59	3	8990	96	1870	476	2018-12-15 08:11:50.980
57	60	1	7600	94	1890	472	2018-12-15 08:42:08.990
58	61	2	9930	96	1900	480	2018-12-15 08:42:10.990
59	62	3	9020	97	1880	484	2018-12-15 08:42:12.990
60	63	1	7690	94	1910	490	2018-12-15 09:12:31.007
61	64	2	9940	96	1920	487	2018-12-15 09:12:33.007
62	65	3	9030	97	1900	482	2018-12-15 09:12:35.003
63	66	1	7700	94	1920	478	2018-12-15 09:42:53.020
64	67	2	9990	96	1930	475	2018-12-15 09:42:55.017

Figura 31. Base de datos sensores 2

	id_sensor...	id_zo...	valor_humedad...	valor_humedadTi...	valor_temperat...	valor_dioxidoCarb...	fecha
65	68	3	9070	97	1910	479	2018-12-15 09:42:57.013
66	69	1	7780	94	1940	480	2018-12-15 10:13:15.030
67	70	2	9990	96	1950	480	2018-12-15 10:13:17.420
68	71	3	9130	97	1930	486	2018-12-15 10:13:19.033
69	72	1	7860	94	1950	482	2018-12-15 10:43:37.050
70	73	2	9990	96	1970	483	2018-12-15 10:43:39.050
71	74	3	9160	96	1950	480	2018-12-15 10:43:41.050
72	75	1	8060	95	1970	475	2018-12-15 11:13:59.067
73	76	2	9990	96	1980	472	2018-12-15 11:14:01.067
74	77	3	9220	96	1960	479	2018-12-15 11:14:03.070
75	78	1	8580	95	1980	480	2018-12-15 11:44:21.093
76	79	2	9990	96	1990	485	2018-12-15 11:44:23.090
77	80	3	9230	95	1970	490	2018-12-15 11:44:25.090
78	81	1	9020	94	2000	496	2018-12-15 12:14:43.127
79	82	2	9990	96	2010	500	2018-12-15 12:14:45.113
80	83	3	9250	95	1990	487	2018-12-15 12:14:47.113
81	84	1	8910	94	2010	478	2018-12-15 12:45:05.137
82	85	2	9990	96	2010	483	2018-12-15 12:45:07.137
83	86	3	9280	97	2000	485	2018-12-15 12:45:09.133
84	87	1	9180	94	2020	487	2018-12-15 13:15:27.160
85	88	2	9990	96	2020	482	2018-12-15 13:15:29.160
86	89	3	9300	97	2010	490	2018-12-15 13:15:31.163
87	90	1	9210	94	2010	484	2018-12-15 13:45:49.187
88	91	2	9990	96	2020	484	2018-12-15 13:45:51.187
89	92	3	9300	97	2000	490	2018-12-15 13:45:53.187
90	93	1	9160	94	2000	492	2018-12-15 14:16:11.210
91	94	2	9990	96	2020	488	2018-12-15 14:16:13.207
92	95	3	9280	97	2000	480	2018-12-15 14:16:15.210
93	96	1	9220	94	2020	482	2018-12-15 14:46:33.237
94	97	2	9990	97	2020	482	2018-12-15 14:46:35.237
95	98	3	9300	97	2010	482	2018-12-15 14:46:37.233
96	99	1	9190	94	2010	487	2018-12-15 15:16:55.613

Figura 32. Base de datos sensores 3

	id_sensor...	id_zo...	valor_humedad...	valor_humedadTi...	valor_temperat...	valor_dioxidoCarb...	fecha
97	100	2	9990	96	2020	487	2018-12-15 15:16:57.263
98	101	3	9290	97	2000	485	2018-12-15 15:16:59.260
99	102	1	9190	94	2010	486	2018-12-15 15:47:17.287
100	103	2	9990	96	2010	482	2018-12-15 15:47:19.287
101	104	3	9270	97	2000	480	2018-12-15 15:47:21.283
102	105	1	8360	93	2010	480	2018-12-15 16:17:39.313
103	106	2	9990	96	2020	481	2018-12-15 16:17:41.313
104	107	3	9260	97	2000	483	2018-12-15 16:17:43.310
105	108	1	8610	94	2010	475	2018-12-15 16:48:01.337
106	109	2	9990	96	2020	478	2018-12-15 16:48:03.340
107	110	3	9220	98	2000	478	2018-12-15 16:48:05.337
108	111	1	8550	94	2010	478	2018-12-15 17:18:23.363
109	112	2	9990	96	2010	482	2018-12-15 17:18:25.363
110	113	3	9200	98	1990	486	2018-12-15 17:18:27.467
111	114	1	8960	93	2010	485	2018-12-15 17:48:45.390
112	115	2	9990	96	2000	484	2018-12-15 17:48:47.390
113	116	3	9190	97	1990	485	2018-12-15 17:48:49.410
114	117	1	8230	93	2000	487	2018-12-15 18:19:07.413
115	118	2	9990	96	2000	480	2018-12-15 18:19:09.413
116	119	3	9170	97	1990	487	2018-12-15 18:19:11.410
117	120	1	8210	93	1990	483	2018-12-15 18:49:29.437
118	121	2	9990	96	1990	486	2018-12-15 18:49:31.830
119	122	3	9110	97	1990	484	2018-12-15 18:49:33.433
120	123	1	8090	93	1980	482	2018-12-15 19:19:51.453
121	124	2	9990	96	1990	485	2018-12-15 19:19:53.533
122	125	3	9110	98	1990	486	2018-12-15 19:19:55.457
123	126	1	8120	93	1980	486	2018-12-15 19:50:13.477
124	127	2	9990	96	1980	486	2018-12-15 19:50:15.477
125	128	3	9140	97	1990	488	2018-12-15 19:50:17.477
126	129	1	8220	92	1980	489	2018-12-15 20:20:35.497
127	130	2	9990	96	1970	487	2018-12-15 20:20:37.493
128	131	3	9140	97	1980	482	2018-12-15 20:20:39.493

Figura 33. Base de datos sensores 4

Results		Messages					
	id_sensor...	id_zo...	valor_humedad...	valor_humedadTi...	valor_temperat...	valor_dioxidoCarb...	fecha
129	132	1	8040	92	1970	476	2018-12-15 20:50:57.513
130	133	2	9990	96	1960	477	2018-12-15 20:50:59.513
131	134	3	9130	97	1970	472	2018-12-15 20:51:01.513
132	135	1	8050	93	1960	470	2018-12-15 21:21:19.530
133	136	2	9990	96	1960	478	2018-12-15 21:21:21.530
134	137	3	9180	98	1970	482	2018-12-15 21:21:23.527
135	138	1	7970	93	1970	482	2018-12-15 21:51:41.550
136	139	2	9990	95	1960	482	2018-12-15 21:51:43.543
137	140	3	9110	97	1960	488	2018-12-15 21:51:45.540
138	141	1	7950	93	1960	490	2018-12-15 22:22:03.560
139	142	2	9990	96	1950	486	2018-12-15 22:22:05.557
140	143	3	9090	97	1960	486	2018-12-15 22:22:07.557
141	144	1	8120	93	1960	488	2018-12-15 22:52:25.573
142	145	2	9990	95	1950	485	2018-12-15 22:52:27.573
143	146	3	9000	98	1950	484	2018-12-15 22:52:29.570
144	147	1	7870	93	1950	485	2018-12-15 23:22:47.587
145	148	2	9910	96	1950	484	2018-12-15 23:22:49.583
146	149	3	8880	98	1950	480	2018-12-15 23:22:51.587
147	150	1	7830	93	1940	486	2018-12-15 23:53:09.597
148	151	2	9910	96	1940	485	2018-12-15 23:53:11.597
149	152	3	8880	98	1950	482	2018-12-15 23:53:13.597
150	153	1	7800	93	1940	487	2018-12-16 00:23:31.610
151	154	2	9920	95	1930	485	2018-12-16 00:23:33.607
152	155	3	8870	98	1940	486	2018-12-16 00:23:35.970
153	156	1	7770	93	1940	475	2018-12-16 00:53:53.620
154	157	2	9890	95	1930	475	2018-12-16 00:53:55.620
155	158	3	8840	98	1940	480	2018-12-16 00:53:57.620
156	159	1	7860	93	1930	482	2018-12-16 01:24:15.630
157	160	2	9910	96	1930	483	2018-12-16 01:24:17.630
158	161	3	8870	98	1940	484	2018-12-16 01:24:19.633
159	162	1	7760	93	1930	487	2018-12-16 01:54:37.640
160	163	2	9850	95	1920	489	2018-12-16 01:54:39.780

Figura 34. Base de datos sensores 5

Results		Messages					
	id_sensor...	id_zo...	valor_humedad...	valor_humedadTi...	valor_temperat...	valor_dioxidoCarb...	fecha
161	164	3	8740	98	1930	489	2018-12-16 01:54:41.637
162	165	1	7760	93	1930	486	2018-12-16 02:24:59.647
163	166	2	9850	95	1910	487	2018-12-16 02:25:01.650
164	167	3	8710	98	1920	485	2018-12-16 02:25:03.650
165	168	1	7760	93	1920	487	2018-12-16 02:55:21.657
166	169	2	9850	95	1910	489	2018-12-16 02:55:23.657
167	170	3	8710	98	1920	486	2018-12-16 02:55:25.653
168	171	1	7760	93	1910	479	2018-12-16 03:25:43.663
169	172	2	9830	95	1910	475	2018-12-16 03:25:45.663
170	173	3	8730	98	1910	475	2018-12-16 03:25:47.663
171	174	1	7730	93	1910	473	2018-12-16 03:56:05.670
172	175	2	9830	95	1900	471	2018-12-16 03:56:07.670
173	176	3	8720	98	1900	475	2018-12-16 03:56:09.673
174	177	1	7720	93	1900	479	2018-12-16 04:26:27.677
175	178	2	9840	95	1900	482	2018-12-16 04:26:29.677
176	179	3	8770	98	1900	485	2018-12-16 04:26:31.673
177	180	1	7740	93	1900	485	2018-12-16 04:56:49.680
178	181	2	9830	95	1890	486	2018-12-16 04:56:51.683
179	182	3	8770	98	1890	484	2018-12-16 04:56:53.683
180	183	1	7760	93	1890	484	2018-12-16 05:27:11.687
181	184	2	9840	96	1890	486	2018-12-16 05:27:13.687
182	185	3	8770	98	1880	488	2018-12-16 05:27:15.683
183	186	1	7750	93	1890	490	2018-12-16 05:57:33.687
184	187	2	9840	95	1880	492	2018-12-16 05:57:35.687
185	188	3	8810	98	1880	488	2018-12-16 05:57:38.023
186	189	1	7740	93	1880	482	2018-12-16 06:27:55.690
187	190	2	9840	95	1880	485	2018-12-16 06:27:57.690
188	191	3	8800	98	1870	486	2018-12-16 06:27:59.690
189	192	1	7850	93	1870	487	2018-12-16 06:58:17.693
190	193	2	9830	95	1870	486	2018-12-16 06:58:19.693
191	194	3	8880	98	1860	484	2018-12-16 06:58:21.773
192	195	1	8110	93	1870	482	2018-12-16 07:28:39.693

Figura 35. Base de datos sensores 6

	id_sensor...	id_zo...	valor_humedad...	valor_humedadTi...	valor_temperat...	valor_dioxidoCarb...	fecha
193	196	2	9920	95	1880	487	2018-12-16 07:28:41.693
194	197	3	9000	98	1860	485	2018-12-16 07:28:43.693
195	198	1	8220	93	1880	484	2018-12-16 07:59:01.700
196	199	2	9970	95	1890	486	2018-12-16 07:59:03.700
197	200	3	9040	98	1870	487	2018-12-16 07:59:05.697
198	201	1	8310	93	1880	490	2018-12-16 08:29:23.700
199	202	2	9990	95	1890	485	2018-12-16 08:29:25.700
200	203	3	9070	98	1870	487	2018-12-16 08:29:27.700
201	204	1	8290	93	1880	485	2018-12-16 08:59:45.703
202	205	2	9950	95	1910	487	2018-12-16 08:59:47.707
203	206	3	9070	98	1890	483	2018-12-16 08:59:49.703
204	207	1	8160	93	1880	486	2018-12-16 09:30:07.710
205	208	2	9990	95	1920	484	2018-12-16 09:30:09.710
206	209	3	9070	98	1890	478	2018-12-16 09:30:11.710
207	210	1	8310	93	1890	475	2018-12-16 10:00:29.717
208	211	2	9990	95	1920	479	2018-12-16 10:00:31.713
209	212	3	9040	98	1900	484	2018-12-16 10:00:33.713
210	213	1	9020	93	1910	483	2018-12-16 10:30:51.723
211	214	2	9990	95	1930	485	2018-12-16 10:30:53.720
212	215	3	9050	98	1900	487	2018-12-16 10:30:55.723
213	216	1	8700	93	1910	483	2018-12-16 11:01:13.733
214	217	2	9990	95	1930	486	2018-12-16 11:01:15.730
215	218	3	9080	98	1920	484	2018-12-16 11:01:17.730
216	219	1	8320	93	1920	478	2018-12-16 11:31:35.740
217	220	2	9990	95	1950	475	2018-12-16 11:31:37.743
218	221	3	9090	98	1930	477	2018-12-16 11:31:39.743
219	222	1	8800	93	1930	480	2018-12-16 12:01:57.750
220	223	2	9990	95	1960	485	2018-12-16 12:01:59.753
221	224	3	9090	98	1930	484	2018-12-16 12:02:01.753
222	225	1	8400	93	1930	487	2018-12-16 12:32:19.760
223	226	2	9990	95	1960	484	2018-12-16 12:32:21.763
224	227	3	9140	98	1940	483	2018-12-16 12:32:23.763
---	---	---	---	---	---	---	---

Figura 36. Base de datos sensores 7

Results		Messages					
	id_sensor...	id_zo...	valor_humedad...	valor_humedadTi...	valor_temperat...	valor_dioxidoCarb...	fecha
225	228	1	8860	93	1950	476	2018-12-16 13:02:41.777
226	229	2	9990	95	1970	478	2018-12-16 13:02:43.773
227	230	3	9130	98	1950	480	2018-12-16 13:02:45.773
228	231	1	8790	93	1950	486	2018-12-16 13:33:03.787
229	232	2	9990	95	1970	480	2018-12-16 13:33:05.790
230	233	3	9140	98	1960	481	2018-12-16 13:33:07.787
231	234	1	8550	93	1950	485	2018-12-16 14:03:25.800
232	235	2	9990	95	1980	483	2018-12-16 14:03:27.800
233	236	3	9140	98	1960	484	2018-12-16 14:03:29.800
234	237	1	8150	93	1960	485	2018-12-16 14:33:47.810
235	238	2	9990	95	1990	476	2018-12-16 14:33:49.813
236	239	3	9170	98	1970	479	2018-12-16 14:33:51.813
237	240	1	8180	93	1970	484	2018-12-16 15:04:09.827
238	241	2	9990	95	2000	483	2018-12-16 15:04:11.830
239	242	3	9150	98	1980	480	2018-12-16 15:04:13.827
240	243	1	8450	93	1980	479	2018-12-16 15:34:31.853
241	244	2	9990	95	2000	476	2018-12-16 15:34:33.840
242	245	3	9140	98	1980	478	2018-12-16 15:34:35.843
243	246	1	9180	93	1990	478	2018-12-16 16:04:53.853
244	247	2	9990	95	2000	480	2018-12-16 16:04:55.860
245	248	3	9120	98	1980	488	2018-12-16 16:04:57.857
246	249	1	9130	93	1980	486	2018-12-16 16:35:15.873
247	250	2	9990	95	1990	484	2018-12-16 16:35:17.873
248	251	3	9120	98	1980	487	2018-12-16 16:35:19.873
249	252	1	8470	93	1980	488	2018-12-16 17:05:37.887
250	253	2	9990	95	1980	486	2018-12-16 17:05:39.887
251	254	3	9100	98	1970	487	2018-12-16 17:05:41.887
252	255	1	8310	93	1970	488	2018-12-16 17:35:59.903
253	256	2	9990	95	1980	492	2018-12-16 17:36:01.957
254	257	3	9060	98	1970	489	2018-12-16 17:36:03.907
255	258	1	8230	93	1970	486	2018-12-16 18:06:21.920
256	259	2	9990	95	1970	486	2018-12-16 18:06:23.917

Figura 37. Base de datos sensores 8

Results		Messages					
	id_sensor...	id_zo...	valor_humedad...	valor_humedadTi...	valor_temperat...	valor_dioxidoCarb...	fecha
257	260	3	9050	98	1960	488	2018-12-16 18:06:25.917
258	261	1	8240	93	1970	485	2018-12-16 18:36:43.933
259	262	2	9990	95	1970	484	2018-12-16 18:36:45.930
260	263	3	9030	98	1960	487	2018-12-16 18:36:47.930
261	264	1	8110	93	1960	492	2018-12-16 19:07:05.957
262	265	2	9990	95	1960	489	2018-12-16 19:07:07.947
263	266	3	8900	98	1960	494	2018-12-16 19:07:09.947
264	267	1	8090	93	1960	492	2018-12-16 19:37:27.957
265	268	2	9990	95	1950	492	2018-12-16 19:37:29.957
266	269	3	8890	98	1960	490	2018-12-16 19:37:31.957
267	270	1	8080	93	1960	488	2018-12-16 20:07:49.970
268	271	2	9970	95	1950	485	2018-12-16 20:07:51.967
269	272	3	8810	98	1960	484	2018-12-16 20:07:53.970
270	273	1	7920	93	1960	486	2018-12-16 20:38:11.983
271	274	2	9840	95	1970	484	2018-12-16 20:38:13.983
272	275	3	8860	98	1970	485	2018-12-16 20:38:15.980
273	276	1	7900	93	1970	485	2018-12-16 21:08:33.993
274	277	2	9810	95	1970	484	2018-12-16 21:08:35.993
275	278	3	8610	98	1980	483	2018-12-16 21:08:37.993
276	279	1	7910	93	1960	483	2018-12-16 21:38:56.003
277	280	2	9800	95	1960	484	2018-12-16 21:38:58.003
278	281	3	8610	98	1960	484	2018-12-16 21:39:00.003
279	282	1	7840	93	1950	485	2018-12-16 22:09:18.013
280	283	2	9860	95	1950	484	2018-12-16 22:09:20.013
281	284	3	8620	98	1960	486	2018-12-16 22:09:22.013
282	285	1	7860	93	1950	488	2018-12-16 22:39:40.023
283	286	2	9810	95	1950	486	2018-12-16 22:39:42.023
284	287	3	8590	98	1950	485	2018-12-16 22:39:44.023
285	288	1	7800	93	1940	483	2018-12-16 23:10:02.027
286	289	2	9780	95	1940	484	2018-12-16 23:10:04.030
287	290	3	8560	98	1950	484	2018-12-16 23:10:06.030
288	291	1	7790	93	1940	484	2018-12-16 23:40:24.043

Figura 38. Base de datos sensores 9

	id_sensor...	id_zo...	valor_humedad...	valor_humedadTi...	valor_temperat...	valor_dioxidoCarb...	fecha
288	291	1	7790	93	1940	484	2018-12-16 23:40:24.043
289	292	2	9760	95	1940	486	2018-12-16 23:40:26.037
290	293	3	8450	98	1950	482	2018-12-16 23:40:28.033
291	294	1	7800	93	1940	481	2018-12-17 00:10:46.043
292	295	2	9810	95	1940	481	2018-12-17 00:10:48.040
293	296	3	8490	98	1950	478	2018-12-17 00:10:50.043
294	297	1	7910	93	1940	475	2018-12-17 00:41:08.053
295	298	2	9850	95	1940	476	2018-12-17 00:41:10.050
296	299	3	8600	98	1950	479	2018-12-17 00:41:12.050
297	300	1	7950	93	1940	484	2018-12-17 01:11:30.057
298	301	2	9870	95	1940	486	2018-12-17 01:11:32.060
299	302	3	8520	98	1950	485	2018-12-17 01:11:34.060
300	303	1	7850	93	1940	481	2018-12-17 01:41:52.073
301	304	2	9810	95	1940	476	2018-12-17 01:41:54.067
302	305	3	8550	98	1950	478	2018-12-17 01:41:56.067
303	306	1	7700	93	1940	478	2018-12-17 02:12:14.073
304	307	2	9780	95	1940	482	2018-12-17 02:12:16.073
305	308	3	8530	98	1940	480	2018-12-17 02:12:18.077
306	309	1	7920	93	1940	485	2018-12-17 02:42:36.080
307	310	2	9820	95	1930	489	2018-12-17 02:42:38.083
308	311	3	8500	98	1940	487	2018-12-17 02:42:40.083
309	312	1	7820	93	1930	486	2018-12-17 03:12:58.087
310	313	2	9800	95	1930	485	2018-12-17 03:13:00.090
311	314	3	8530	98	1940	487	2018-12-17 03:13:02.090
312	315	1	7750	93	1930	486	2018-12-17 03:43:20.093
313	316	2	9760	95	1930	485	2018-12-17 03:43:22.097
314	317	3	8490	98	1940	485	2018-12-17 03:43:24.097
315	318	1	7790	93	1940	480	2018-12-17 04:13:42.100
316	319	2	9850	95	1940	478	2018-12-17 04:13:44.103
317	320	3	8550	98	1940	481	2018-12-17 04:13:46.100
318	321	1	7630	93	1930	483	2018-12-17 04:44:04.110
319	322	2	9700	95	1920	480	2018-12-17 04:44:06.107

Figura 39. Base de datos sensores 10

320	323	3	8340	98	1930	480	2018-12-17 04:44:08.107
321	324	1	7620	93	1920	478	2018-12-17 05:14:26.117
322	325	2	9650	95	1920	476	2018-12-17 05:14:28.117
323	326	3	8280	98	1920	476	2018-12-17 05:14:30.113
324	327	1	7580	93	1920	478	2018-12-17 05:44:48.153
325	328	2	9630	95	1920	479	2018-12-17 05:44:50.120
326	329	3	8250	98	1910	478	2018-12-17 05:44:52.120
327	330	1	7590	93	1920	481	2018-12-17 06:15:10.130
328	331	2	9610	95	1920	483	2018-12-17 06:15:12.127
329	332	3	8290	98	1910	483	2018-12-17 06:15:14.127
330	333	1	7610	93	1910	480	2018-12-17 06:45:32.133
331	334	2	9610	95	1910	480	2018-12-17 06:45:34.133
332	335	3	8300	98	1910	481	2018-12-17 06:45:36.133
333	336	1	7660	93	1910	480	2018-12-17 07:15:54.153
334	337	2	9630	95	1920	485	2018-12-17 07:15:56.140
335	338	3	8340	98	1900	484	2018-12-17 07:15:58.143
336	339	1	7730	93	1920	486	2018-12-17 07:46:16.147
337	340	2	9700	95	1920	484	2018-12-17 07:46:18.150
338	341	3	8460	98	1900	480	2018-12-17 07:46:20.150
339	342	1	7890	93	1930	478	2018-12-17 08:16:38.160
340	343	2	9750	95	1940	475	2018-12-17 08:16:40.157
341	344	3	8710	98	1920	480	2018-12-17 08:16:42.160
342	345	1	8110	93	1950	482	2018-12-17 08:47:00.167
343	346	2	9890	95	1950	488	2018-12-17 08:47:02.170
344	347	3	8830	98	1930	484	2018-12-17 08:47:04.170

Figura 40. Base de datos sensores 11

## Script Base de Datos.

```

USE [master]
GO

/***** Object: Database [Sensores]   Script Date: 11/11/2018 0:34:10 *****/
CREATE DATABASE [Sensores]
CONTAINMENT = NONE
IN PRIMARY
( NAME = N'Sensores', FILENAME = N'C:\Program Files\Microsoft SQL Server\MSSQL11.SQLEXPRESS\MSSQL\DATA\Sensores.mdf' , SIZE = 4856KB , MAXSIZE = UNLIMITED, FILEGROWTH = 1024KB )
LOG ON
( NAME = N'Sensores_log', FILENAME = N'C:\Program Files\Microsoft SQL Server\MSSQL11.SQLEXPRESS\MSSQL\DATA\Sensores_log.ldf' , SIZE = 1024KB , MAXSIZE = 2048GB , FILEGROWTH = 10%)
GO

ALTER DATABASE [Sensores] SET COMPATIBILITY_LEVEL = 110
GO

IF (1 = FULLTEXTSERVICEPROPERTY('IsFullTextInstalled'))
begin
EXEC [Sensores].[dbo].[sp_fulltext_database] @action = 'enable'
end
GO

ALTER DATABASE [Sensores] SET ANSI_NULL_DEFAULT OFF
GO

ALTER DATABASE [Sensores] SET ANSI_NULLS OFF
GO

ALTER DATABASE [Sensores] SET ANSI_PADDING OFF
GO

ALTER DATABASE [Sensores] SET ANSI_WARNINGS OFF
GO

```

Figura 41. Script Base de datos -1

```

ALTER DATABASE [sensores] SET HONOR_BROKER_PRIORITY OFF
GO
ALTER DATABASE [sensores] SET RECOVERY SIMPLE
GO
ALTER DATABASE [sensores] SET MULTI_USER
GO
ALTER DATABASE [sensores] SET PAGE_VERIFY CHECKSUM
GO
ALTER DATABASE [sensores] SET DB_CHAINING OFF
GO
ALTER DATABASE [sensores] SET FILESTREAM( NON_TRANSACTED_ACCESS = OFF )
GO
ALTER DATABASE [sensores] SET TARGET_RECOVERY_TIME = 0 SECONDS
GO
USE [sensores]
GO
/***** Object: Table [dbo].[dioxido]    Script Date: 4/1/2019 20:06:23 *****/
SET ANSI_NULLS ON
GO
SET QUOTED_IDENTIFIER ON
CREATE TABLE [dbo].[sensores](
    [id_sensores] [int] IDENTITY(1,1) NOT NULL,
    [id_zona] [int] NULL,
    [valor_humedadAire] [float] NULL,
    [valor_humedadTierra] [int] NULL,
    [valor_temperatura] [float] NULL,
    [valor_dioxidoCarbono] [int] NULL,
    [fecha] [datetime] NULL,
    PRIMARY KEY CLUSTERED
    (
        [id_sensores] ASC
    )
    WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF, IGNORE_DUP_KEY = OFF, ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON) ON [PRIMARY]
) ON [PRIMARY]

```

Figura 42. Script Base de datos -2

Código Visual Studio

openPort

```

namespace sensorTemperaturaHumedad
{
    <referencia>
    public partial class openPort : Form
    {
        private string numPort = "";
        private bool detener = false;
        <referencia>
        public openPort()
        {
            InitializeComponent();
            chartTiempoReal.Series.Clear();
            chartTiempoReal.Series.Add("Dioxido de Carbono");
            chartTiempoReal.Series.Add("Temperatura");
            chartTiempoReal.Series.Add("Humedad Aire");
            chartTiempoReal.Series.Add("Humedad Tierra");
            this.chartTiempoReal.Series["Temperatura"].ChartType = System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.SeriesChartType.FastLine;
            this.chartTiempoReal.Series["Humedad Aire"].ChartType = System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.SeriesChartType.FastLine;
            this.chartTiempoReal.Series["Humedad Tierra"].ChartType = System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.SeriesChartType.FastLine;
            this.chartTiempoReal.Series["Dioxido de Carbono"].ChartType = System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.SeriesChartType.FastLine;
            this.chartTiempoReal.Series["Temperatura"].MarkerStyle = System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.MarkerStyle.Circle;
            this.chartTiempoReal.Series["Humedad Aire"].MarkerStyle = System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.MarkerStyle.Circle;
            this.chartTiempoReal.Series["Humedad Tierra"].MarkerStyle = System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.MarkerStyle.Circle;
            this.chartTiempoReal.Series["Dioxido de Carbono"].MarkerStyle = System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.MarkerStyle.Circle;
            comboBox1.SelectedIndex = 0;
        }
        <referencia>
        private void btnDesconectar_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            detener = true;
            this.Close();
        }
    }
}

```

Figura 43. Código ventana openPort -1



## ObtenerDatosSensores

```

public List<clsSensorDHT22> listaSensorDHT22 = new List<clsSensorDHT22>();
public List<clsSensorHigrometro> listaSensorHigrometro = new List<clsSensorHigrometro>();
clsSensorDHT22 objDHT22 = new clsSensorDHT22();
clsSensorHigrometro objHigrometro = new clsSensorHigrometro();
1 referencia
public ObtenerDatosSensores()
{
    InitializeComponent();
    cargarPuertosActivos();
}
2 referencia
private void cargarPuertosActivos()
{
    foreach (string s in SerialPort.GetPortNames())
    {
        cmbPuertos.Items.Add(s);
        cmbPuertos.SelectedIndex = 0;
    }
}
3 referencia
private void btn_conectar_Click(object sender, EventArgs e)
{
    if (cmbPuertos.SelectedItem.ToString() != "")
    {
        String numPort = cmbPuertos.SelectedItem.ToString();
        openPort openport = new openPort();
        openport.Show();
        openport.selectedPort(numPort);
    }
    else
    {
        MessageBox.Show("Seleccione un Puerto disponible", "Attention");
    }
}
4 referencia
private void btnEstadisticas_Click(object sender, EventArgs e)
{
    frmEstadisticas frmEstadisticas = new frmEstadisticas();
    frmEstadisticas.Show();
}
}

```

Figura 46. Código ventana ObtenerDatosSensores.

frmEstadisticas2

```

public partial class frmEstadísticas2 : Form
{
    #region
    public frmEstadísticas2()
    {
        InitializeComponent();
        comboBox1.SelectedIndex = 0;
        cargarChart();
    }
    #endregion

    public void cargarChart()
    {
        clsIngresar ingresar = new clsIngresar();
        DataSet ds5 = ingresar.obtenerSensores(comboBox1.SelectedIndex + 1, #tpFecha.Value.ToShortDateString(), #tpFecha.Value.AddDays(1).ToShortDateString());
        chart1.Series.Clear();
        chart2.Series.Clear();
        chart3.Series.Clear();
        chart4.Series.Clear();
        cargarTemperatura();
        cargarHumedadTierra();
        cargarHumedadAire();
        cargarDioxidoCarbono();
        chart1.DataSource = ds5.Tables[0];
        chart1.DataBind();
        chart2.DataSource = ds5.Tables[0];
        chart2.DataBind();
        chart3.DataSource = ds5.Tables[0];
        chart3.DataBind();
        chart4.DataSource = ds5.Tables[0];
        chart4.DataBind();
    }
    #region
    public void cargarTemperatura()
    {
        chart1.Series.Add("Temperatura");
        chart1.Series["Temperatura"].ChartType = System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.SeriesChartType.Line;
        chart1.Series["Temperatura"].XValueMember = "fecha";
        chart1.Series["Temperatura"].YValueMembers = "valor_temperatura";
        chart1.Series["Temperatura"].MarkerSize = 8;
        chart1.Series["Temperatura"].MarkerStyle = System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.MarkerStyle.Circle;
    }
}

```

Figura 47. Código ventana frmEstadística2 -1

```

#region
public void cargarTemperatura()
{
    chart1.Series.Add("Temperatura");
    chart1.Series["Temperatura"].ChartType = System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.SeriesChartType.Line;
    chart1.Series["Temperatura"].XValueMember = "fecha";
    chart1.Series["Temperatura"].YValueMembers = "valor_temperatura";
    chart1.Series["Temperatura"].MarkerSize = 8;
    chart1.Series["Temperatura"].MarkerStyle = System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.MarkerStyle.Circle;
}
#region
public void cargarHumedadTierra()
{
    chart2.Series.Add("Humedad Tierra");
    chart2.Series["Humedad Tierra"].ChartType = System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.SeriesChartType.Line;
    chart2.Series["Humedad Tierra"].XValueMember = "fecha";
    chart2.Series["Humedad Tierra"].YValueMembers = "valor_humedadTierra";
    chart2.Series["Humedad Tierra"].MarkerSize = 8;
    chart2.Series["Humedad Tierra"].MarkerStyle = System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.MarkerStyle.Circle;
}
#region
public void cargarHumedadAire()
{
    chart3.Series.Add("Humedad Aire");
    chart3.Series["Humedad Aire"].ChartType = System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.SeriesChartType.Line;
    chart3.Series["Humedad Aire"].XValueMember = "fecha";
    chart3.Series["Humedad Aire"].YValueMembers = "valor_humedadAire";
    chart3.Series["Humedad Aire"].MarkerSize = 8;
    chart3.Series["Humedad Aire"].MarkerStyle = System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.MarkerStyle.Circle;
}
#region
public void cargarDioxidoCarbono()
{
    chart4.Series.Add("Dioxido de Carbono");
    chart4.Series["Dioxido de Carbono"].ChartType = System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.SeriesChartType.Line;
    chart4.Series["Dioxido de Carbono"].XValueMember = "fecha";
    chart4.Series["Dioxido de Carbono"].YValueMembers = "valor_dioxidoCarbono";
    chart4.Series["Dioxido de Carbono"].MarkerSize = 8;
    chart4.Series["Dioxido de Carbono"].MarkerStyle = System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.MarkerStyle.Circle;
}
}

```

Figura 48. Código ventana frmEstadística2 -2

## Código Arduino

```

#include "DHT.h" //Añadimos la librería con la cual trabaja nuestro sensor
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,D0,4);
#include "co2Sensor.h"
#define DHTPIN 13 // Indicamos el pin donde conectaremos la petilla data de nuestro sensor
//PINES UTILIZADOS 10, 11, 12, 13
//
#define HT1 12
#define HT2 12
#define HT3 11
#define HT4 10
//
#define sensor1 A1
#define sensor2 A2
#define sensor3 A3

//
//
//
// El sensor que vas a emplear. En este caso usamos el DHT22
#define DHTTYPE DHT22 // DHT 22

co2Sensor co2Sensor(A4, 0.99, 100);

DHT dht1 (HT1, DHTTYPE); //Indica el pin con el que trabajamos y el tipo de sensor
DHT dht2 (HT2, DHTTYPE);
DHT dht3 (HT3, DHTTYPE);

void setup()
{
  pinMode(sensor1, INPUT);
  pinMode(sensor2, INPUT);
  pinMode(sensor3, INPUT);

```

Figura 49. Código Arduino -1

```

  dht1.begin(); //Iniciamos el sensor
  dht2.begin();
  dht3.begin();

  lcd.init();
  lcd.backlight(); //enciende la iluminación
  Serial.begin(9600);
  co2Sensor.calibrate();
}

void loop()
{
  Serial.begin(9600); //UART setup, baudrate = 9600bps

  float h1, h2, h3, t1, t2, t3 = 0;

  int hodnota = co2Sensor.read();
  // Serial.println(hodnota);

  int valordioxidol= hodnota;

  h1 = dht1.readHumidity(); //Guarda la lectura de la humedad en la variable float h
  t1 = dht1.readTemperature(); //Guarda la lectura de la temperatura en la variable float t

  h2 = dht2.readHumidity(); //Guarda la lectura de la humedad en la variable float h
  t2 = dht2.readTemperature(); //Guarda la lectura de la temperatura en la variable float t

  h3 = dht3.readHumidity(); //Guarda la lectura de la humedad en la variable float h
  t3 = dht3.readTemperature();

  int valorHumedad1 = map(analogRead(sensor1), 0, 1023, 100, 0);
  int valorHumedad2 = map(analogRead(sensor2), 0, 1023, 100, 0);
  int valorHumedad3 = map(analogRead(sensor3), 0, 1023, 100, 0);

```

Figura 50. Código Arduino -2

```

//Valores de los primeros sensores
Serial.print("1,");
Serial.print(t1);
Serial.print(",");
Serial.print(h1);
Serial.print(",");
Serial.print(valorHumedad1);
Serial.print(",");
Serial.print(valordioxidol);
Serial.println("");
delay(2000);
//Valores de los segundos sensores
Serial.print("2,");
Serial.print(t2);
Serial.print(",");
Serial.print(h2);
Serial.print(",");
Serial.print(valorHumedad2);
Serial.print(",");
Serial.print(valordioxidol);
Serial.println("");
delay(2000);
//Valores de los terceros sensores
Serial.print("3,");
Serial.print(t3);
Serial.print(",");
Serial.print(h3);
Serial.print(",");
Serial.print(valorHumedad3);
Serial.print(",");
Serial.print(valordioxidol);
Serial.println("");
delay(2000);
delay(1800000);

```

Figura 51. Código Arduino -3

```

lcd.clear();//Limpiamos la LCD
lcd.print("Temperatura zona 1: ");
lcd.setCursor(0,1);//Saltamos a la segunda linea
lcd.print(t1);
lcd.setCursor(0,2);//Saltamos a la segunda linea
lcd.print("Humedad zona 1: ");
lcd.setCursor(0,3);
lcd.print(h1);

delay(5000);
lcd.clear();
lcd.clear();//Limpiamos la LCD
lcd.print("Temperatura zona 2: ");
lcd.setCursor(0,1);//Saltamos a la segunda linea
lcd.print(t2);
lcd.setCursor(0,2);//Saltamos a la segunda linea
lcd.print("Humedad zona 2: ");
lcd.setCursor(0,3);
lcd.print(h2);

delay(5000);
lcd.clear();
lcd.clear();//Limpiamos la LCD
lcd.print("Temperatura zona 3: ");
lcd.setCursor(0,1);//Saltamos a la segunda linea
lcd.print(t3);
lcd.setCursor(0,2);//Saltamos a la segunda linea
lcd.print("Humedad zona 3: ");
lcd.setCursor(0,3);
lcd.print(h3);

delay(5000);
lcd.clear();
}

```

Figura 52. Código Arduino -4

