



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y  
AUTOMATIZACIÓN

TEMA:

**Diseño de un sistema embebido, para el monitoreo remoto de las  
condiciones ambientales en un invernadero.**

AUTOR:

Pizarro Lindao Israel Josue

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de  
**INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO**

TUTOR:

Ing. Miguel Armando Heras MSc.

Guayaquil, Ecuador

7 de Septiembre del 2017



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y  
AUTOMATISMO

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr.  
**Israel Josue Pizarro Lindao** como requerimiento para la obtención del título  
de **INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO.**

TUTOR

---

Heras Sánchez, Miguel Armando

DIRECTOR DE CARRERA

---

Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, 7 al mes de Septiembre del año 2017



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y  
AUTOMATISMO

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Israel Josue Pizarro Lindao**

**DECLARÓ QUE:**

El trabajo de “**Diseño de un sistema embebido, para el monitoreo remoto de las condiciones ambientales en un invernadero**”. Previo a la obtención del Título de **Ingeniero Electrónico en Control y Automatismo**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, 7 al mes de septiembre del año 2017

EL AUTOR

---

ISRAEL JOSUE PIZARRO LINDAO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y  
AUTOMATISMO

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Israel Josue Pizarro Lindao**

Autorizó a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: “**Diseño de un sistema embebido, para el monitoreo remoto de las condiciones ambientales en un invernadero**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, al mes de septiembre del año 2017

EL AUTOR

---

ISRAEL JOSUE PIZARRO LINDAO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y  
AUTOMATISMO

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_

**ING MIGUEL ARMANDO HERAS SANCHEZ, M. Sc.**  
DIRECTOR DE CARRERA

f. \_\_\_\_\_

**ING EDWIN FERNANDO PALACIOS MELENDEZ, M. Sc.**  
COORDINADOR DE AREA

f. \_\_\_\_\_

**ING EFRAIN OSWALDO SUAREZ MURILLO, M. Sc.**  
OPONENTE

# REPORTE DE URKUND

The screenshot displays the URKUND interface with the following components:

- Document Information:**
  - Documento: Tesis Final.docx (030429207)
  - Presentado: 2017-09-07 20:12 (-05:00)
  - Presentado por: orlandophilco\_7@hotmail.com
  - Recibido: orlando.philco.ucsg@analysis.orkund.com
  - Mensaje: TESIS FINAL ISRAEL PIZARRO LINDAO [Mostrar el mensaje completo](#)
- Summary:** 6% de estas 25 páginas, se componen de texto presente en 2 fuentes.
- Lista de fuentes Bloques:**
  - Fuentes alternativas:
    - TESIS ANTICLIA FINAL CORREGIDA 2017-FINAL SUSTENTAR.docx
    - <http://www.slideshare.net/jackebrown/machine-2-machine-internet-of-things-real-world-int...>
    - <https://www.hindawi.com/journals/ijdmb/2011/289015/>
    - 100% M2M Communications in the Smart Grid: Applications, Standards, Enabling Technologies, and ...
  - La fuente no se usa
- Navigation and Tools:** Includes icons for zoom, search, and navigation, along with buttons for 'Advertencias', 'Reiniciar', 'Exportar', and 'Compartir'.
- Source Attribution Panel:**
  - 100% # 115 Activo Fuente externa: <https://www.hindawi.com/journals/ijdmb/2011/289015/> 100%
  - M2M Communications in the Smart Grid: Applications, Standards, Enabling Technologies, and Research Challenges.
  - Bristol, UK: Chi Zhou. Obtenido de <https://www.hindawi.com/journals/ijdmb/2011/289015/> TCP UST Global. (2014). Aplicaciones y servicios M2M. Obtenido de <http://www.tcpsl.com/servicios/m2m.htm>
  - Tomasí, W. (2003). Sistemas de Comunicaciones Electrónicas. Mexico: Pearson Educación de México. UNED departamento de ingeniería eléctrica, electrónica y de control. (2009). <http://www.ieec.uned.es>. Obtenido de [http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipsell/PAC/archivos/Informacion\\_de\\_referencia\\_ISES\\_3\\_1.pdf](http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipsell/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISES_3_1.pdf)
  - Valvano, J. (2003). Introducción a los Sistemas De Microcomputadora Embebidos. Simulación De Motorola G611 Y G612.
  - Vivanco, C. (04 de 2012). Análisis de sistemas de control de primer orden y segundo orden usando lenguaje de programación matlab-simulink. Guayaquil, Guayas, Ecuador: UCSG.
  - DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN
  - Yo, ISRAEL JOSUE, PIZARRO LINDAO con C.C. #0924615354 autor del Trabajo de Titulación: DISEÑO DE UN SISTEMA

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, porque él es quien me guía, me instruye y me bendice; es gracias a las oportunidades que él me ha brindado que he logrado llegar hasta donde hoy he llegado y a donde aún me falta por llegar

A mis padres y mi hermana, por haber sembrado en mi mente y corazón una inquietud que cada día crece gracias a la buena formación que colocaron en mí desde hace 25 años; y por su notable colaboración y comprensión que durante toda mi formación profesional han demostrado.

A mi novia Mariana Lluyi, por haberme ayudado en cada momento durante estos cinco años de formación.

A mis compañeros, porque de ellos también he aprendido, pues en su infinita diversidad cada uno ha sembrado conocimientos que llevo grabados en mi mente y corazón.

A mis catedráticos, porque cada uno de ellos apporto en lo que hoy como profesional soy, pero en especial al Ingeniero Armando Heras.

A mi empresa, porque más que una oportunidad de crecimiento y sustento financiero hoy significa el espacio donde comprendo que todo conocimiento es nulo si no se lleva a la práctica y donde gracias a la buena fe de sus directivos he crecido como profesional y persona.

A Jonathan Sedamanos y German Moreno, porque más allá de ser parte de una ideología de vida diferente, han sido participes de una valiosa perspectiva que ha ido creciendo en los últimos años; y prevalecerá por mucho tiempo más con nuestra verdadera amistad.

EL AUTOR

ISRAEL PIZARRO

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este anhelado momento tan importante en mi formación como profesional, a mis padres por ser ese pilar fundamental y demostrarme siempre su amor y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias.

**EL AUTOR**

**ISRAEL PIZARRO**

## Índice General

Índice de Figuras .....	xi
Índice de Tablas .....	xii
<b>CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>14</b>
1.1. Introducción. ....	14
1.2. Antecedentes.....	16
1.3. Justificación del Problema. ....	18
1.4. Definición del Problema.....	19
1.5. Objetivos del Problema de Investigación. ....	19
1.5.1. Objetivo General.....	19
1.5.2. Objetivos Específicos.....	19
1.6. Metodología de Investigación. ....	20
<b>CAPÍTULO 2: FUNDAMENTOS TEÓRICOS .....</b>	<b>21</b>
2.1. Sistemas Embebidos definición.....	21
2.2. Estructura y características de un sistema embebido .....	21
2.3. Arquitectura de un sistema embebido.....	22
2.4. Herramientas y periféricos .....	26
2.5. Arduino Introducción .....	29
2.6. Característica de los sistemas Arduino.....	30
2.7. La plataforma Arduino .....	30
2.8. El Hardware de Arduino.....	31
2.9. El Software (IDE) .....	32
2.10. Tecnología aplicada a sistemas de monitoreo remoto de las condiciones ambientales en un invernadero. ....	33
2.11. Sistema global para comunicaciones móviles.....	34
2.12. Servicios de GSM .....	34
2.13. Arquitectura del sistema GSM.....	35
2.14. Introducción a Sensores y actuadores .....	37
<b>CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA UTILIZADA Y PROPUESTA DE ESTUDIO ..</b>	<b>39</b>
3.1. Dispositivos utilizados.....	39
3.1.1. Tarjeta Arduino Mega 2560 .....	39
3.1.2. Especificaciones técnicas Arduino Mega 2560 .....	40

3.1.3.	Esquema Electrónico de la tarjeta arduino 2560 .....	41
3.1.4.	Módulos adicionales usados y sus conexiones eléctricas.....	42
3.1.5.	Sensores .....	46
3.2.	Significado y alcance .....	53
3.3.	Diagrama en bloque .....	54
3.4.	Diagrama de flujo .....	55
3.5.	Planos de conexión y funcionamiento.....	65
3.6.	Implementación de software .....	66
<b>CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....</b>		<b>72</b>
4.1.	Conclusiones.....	72
4.2.	Recomendaciones: .....	73
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>		<b>74</b>

## Índice de Figuras

FIGURA 2. 1: Arquitectura de un sistema embebido .....	25
FIGURA 2. 2: Stellaris LM3S8962 tarjeta de evaluación .....	26
FIGURA 2. 3 Tarjeta arduino uno .....	32
FIGURA 2. 4: Arquitectura del Sistema GSM .....	36
FIGURA 2. 5: Típico sistema mecatrónico .....	38
FIGURA 2. 6: Unidad de accionamiento típica .....	38
FIGURA 3. 1: Arduino 2560 .....	39
FIGURA 3. 2: Esquema electrónico de la tarjeta arduino 2560 .....	41
FIGURA 3. 3: Módulo wifi esp8266.....	43
FIGURA 3. 4: módulo GSM/GPRS .....	45
FIGURA 3. 5: Conexión del módulo GSM/GPRS a la tarjeta Arduino.....	45
FIGURA 3. 6: Anemómetro.....	47
FIGURA 3. 7: Diagrama de cableado para conectar el anemómetro en una tarjeta Arduino.....	48
FIGURA 3. 8: Pluviómetro usado en el proyecto .....	49
FIGURA 3. 9: Diagrama de cableado para conectar el pluviómetro en una tarjeta Arduino.....	50
FIGURA 3. 10: sensor de dirección de viento.....	50
FIGURA 3. 11 Circuito eléctrico de la aleta de viento.....	51
FIGURA 3. 12: Diagrama en bloque del sistema embebido, para el monitoreo remoto de las condiciones ambientales en un invernadero .....	54
FIGURA 3. 13: Diagrama de flujo .....	55
FIGURA 3. 14: Diagrama de flujo graficado.....	56
FIGURA 3. 15: Configuración del programa IDE y reconocimiento de la tarjeta arduino mega 2560 .....	66

## Índice de Tablas

TABLA 3. 1: Especificaciones técnicas de la tarjeta arduino mega 2560 ....	40
TABLA 3. 2: Tabla de valores de las resistencias.....	51

## Resumen

Este trabajo de titulación llamado Diseño de un sistema embebido, para el monitoreo remoto de las condiciones ambientales en un invernadero fue considerado oportuno realizarlo porque en la actualidad el calentamiento global está generando cambios inesperados en el clima tanto que perjudica a las plantas y cultivos sembrados en una localidad como también golpea el bolsillo de los agricultores, de tal forma que este proyecto tiene como objetivo principal diseñar un prototipo de sistema embebido alcanzable que ayude a capturar datos meteorológicos y los muestre a través de una plataforma web y dispositivos móviles, que indique e informe las condiciones ambientales del momento para la toma de medidas y decisiones en el invernadero ya sea de forma automatizada o manual, entre los principales enfoques teóricos abordados están los sistemas embebidos definición, estructura y características, la plataforma arduino su hardware y software características, los sistemas de comunicación utilizados, sensores y actuadores, la metodología usada es investigativa exploratoria por que se aborda el comportamiento de las comunicaciones mediante un modelo cuasi experimental, entre las conclusiones se ha obtenido los objetivos esto es que los datos climáticos son capturados y mostrados en una plataforma web, también se puede indicar que se ha aprendido el lenguaje de programación arduino y c++ y finalmente se puede concluir que los módulos inalámbricos usados evitan la acumulación de cables para la transferencia de datos.

**Palabras claves:** Sistema embebido, arduino, datos meteorológicos.

# CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

## 1.1. Introducción.

En la actualidad los fuertes cambios climáticos que se están observando en diferentes sitios del mundo es en relación al calentamiento global, de ahí que el hombre busca alternativas que traten de ayudar a controlar y manejar de forma local estos cambios en cualquiera de los campos y ámbitos existentes a través de diferentes alternativas, en el caso de los cultivos en invernaderos estas variables climáticas influyen mucho en el crecimiento y desarrollo, de tal forma que afectan en la buena evolución de los cultivos, el objetivo principal de esta tesis es diseñar un prototipo de sistema embebido asequible que capture datos meteorológicos para mostrarlos a través de una plataforma web y dispositivos móviles, para en base a esto tomar acciones que ayuden al mejoramiento de las condiciones ambientales en cultivos de invernadero, para llegar a este gran objetivo se determinan pequeñas metas que se deben lograr como el diseño de un algoritmo de control que mida el viento, luminosidad y cantidad de agua caída, se debe también diseñar un prototipo de sistema embebido con control y monitoreo y finalmente Implementar un prototipo que represente un sistema embebido de control y monitoreo con interface web y de mensajería a través de teléfonos inteligentes.

En el primer capítulo de este trabajo se aborda la introducción al tema investigado donde se contextualiza el problema de investigación explicando la naturaleza y alcance del problema investigado, se describen los objetivos generales como específicos, también se realiza un antecedentes de otras investigaciones que abordan temas parecidos para soporte de la investigación realizada.

En el segundo capítulo se realiza el abordaje de los conceptos teóricos más importantes investigados acerca del tema y los diversos enfoques topados alrededor de este, el cual se plasma un referente que permite

entender la importancia y validez de la investigación, así como los elementos que posibilitan la realización de su estudio, el tercer capítulo se analiza los datos obtenidos con herramientas y software de simulación y finalmente en el capítulo cuarto se diseña una propuesta prototipo tecnológica con la cual se determinan los resultados, conclusiones y recomendaciones.

## **1.2. Antecedentes.**

En el año 2016 fue presentado en la Universidad Politécnica de Valencia la tesis titulada “Implementación de una estación meteorológica con arduino” por José Escribano Vega.

Este trabajo tiene como meta crear una estación meteorológica propuesta con tecnología arduino, donde los datos obtenidos a través de los sensores tanto de temperatura, humedad y presión son transmitidos a una aplicación Android usando tecnología bluetooth

En este trabajo utilizaron algunos campos de la programación, como base utilizaron la IDE de Arduino, que la soporta una librería que implementaron en el lenguaje C++ , para la aplicación usaron un lenguaje adaptivo de creación de aplicaciones Android basada en bloques.

Como resultado inicial se comprueba el funcionamiento del sistema por el monitor serie de Arduino y como segundo resultado se observan los resultados de los datos obtenidos a través de aplicación Weather Station proporcionada por App Inventor 2.

Este trabajo de tesis concluye que se demuestra que la aplicación recibe datos obtenidos por Arduino y se vean en un dispositivo móvil y el aprendizaje de nuevos lenguajes de programación.

En la Universidad Politecnica de Madrid se presenta un trabajo de fin de Master en año 2015 llamado “Control y monitorización de un invernadero a través de una aplicación móvil elaborada por el autor Barroso García Andrés.

Este trabajo tiene como objetivo implementar una maqueta de un invernadero utilizando el uso de microcontroladores Arduino y del sistema operativo Android, para lograr controlar y monitorear la maqueta.

Como metodología se elaboró un sistema controlador con la tarjeta principal Arduino y adicionalmente utilizada para adquirir los datos y desarrollaron una aplicación Android para monitorizar y supervisar el estado del invernadero, para ello desarrollo una aplicación servidor bajo código C++ utilizando una base de datos en MySQL, para poder atender las peticiones de los clientes de forma concurrente.

Como conclusión este trabajo expresa que la maqueta construida ha permitido simular las condiciones ambientales de un invernadero, y que la aplicación remota es capaz de efectuar un control y una monitorización sobre el invernadero, también se indica como conclusión que se facilita la incorporación de nuevos periféricos ya que la programación está orientada a objetos.

En la Universidad Politécnica Salesiana se presentó una tesis previo a la obtención del título de Ingeniero Electrónico denominada “Monitoreo y control de temperatura ambiental y humedad del suelo en un invernadero de tomate riñón, utilizando comunicación inalámbrica”, realizada por Miguel Iván Gómez Gavilanes en el año 2015.

En esta tesis como objetivo primordial se pretende evaluar un sistema de control en la nube con el beneficio de un costo asequible y al alcance de pequeñas y medianas agricultores, utilizando herramientas tecnológicas para incentivar el uso de técnicas modernas de cultivo para proteger la inversión.

En la metodología se utiliza el método cuantitativo de diseño experimental ya que se realiza mediciones numéricas, análisis de datos, ajustes y pruebas del funcionamiento del proyecto.

Se concluye de estas tesis que la latencia no representa un problema en este tipo de sistemas y con esta carga de unidades.

También concluyen que se puede utilizar este sistema bajo el mismo esquema con funciones similares y utilizando los mismos recursos

tecnológicos, incluso se llega a la posibilidad de compartir el mismo servidor de aplicación para múltiples procesos.

### **1.3. Justificación del Problema.**

Un problema principal que justifica este proyecto de tesis es que las variables climáticas influyen mucho en el crecimiento y desarrollo de las plantas en invernaderos, de tal forma que si son mal manejadas afectan en su buena evolución, como por ejemplo se puede indicar que un abuso de humedad del clima puede generar alguna plaga que enferme a los cultivos.

Como justificación se puede indicar que es importante que los cultivos se desarrollen de forma normalizada y de calidad que aseguren la inocuidad de los productos para ser distribuidos no solo en mercados locales sino que también en mercados internacionales.

Otro factor de gran importancia es el costo de implementar estos tipos de sistema que muchos agricultores se ven limitados por los rubros elevados de inversión de una estructura como tecnológica, monitoreo, control y personal para el soporte, lo hace en muchos casos costoso para el agricultor local.

#### **1.4. Definición del Problema.**

El calentamiento global genera fuertes cambios climáticos el cual afecta el ciclo de las plantas cultivadas, sin permitir su desarrollo adecuado, adicionalmente hay que sumar que existen pequeños y medianos negocios de invernaderos dentro de la ciudad de Guayaquil y en zonas periféricas y aledañas, que no poseen la capacidad económica ni tecnológica para instalar un sistema de monitoreo para controlar las diferentes variables ambientales como control de clima, temperatura, humedad, viento, luminosidad y cantidad de agua caída, que afectan a los cultivos.

#### **1.5. Objetivos del Problema de Investigación.**

##### **1.5.1. Objetivo General.**

Diseñar un prototipo de sistema embebido asequible que capture datos meteorológicos para mostrarlos a través de una plataforma web y dispositivos móviles, para tomar acciones que ayuden al mejoramiento de las condiciones ambientales en un invernadero.

##### **1.5.2. Objetivos Específicos.**

- Diseñar un algoritmo de control que mida velocidad del viento, dirección del viento, humedad, temperatura y cantidad de agua caída.
- Diseñar un prototipo de sistema embebido con control y monitoreo.
- Implementar un prototipo que represente un sistema embebido de control y monitoreo con interface web y de mensajería a través de teléfonos inteligentes.

## **1.6. Metodología de Investigación.**

Esta tesis utiliza el método descriptivo para explicar conceptos que ayuden a comprender el comportamiento de las diferentes variables del sistema a través de una maqueta que simule un invernadero obteniendo así la captura de la información en diferentes parámetros y condiciones.

También se utiliza el método investigativo y exploratorio ya que se analizará de forma práctica los datos obtenidos en una plataforma informática, con el objetivo de observar los diferentes comportamientos de las comunicaciones entre el sistema embebido de control con las diferentes condiciones climáticas.

## **CAPÍTULO 2: FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

### **2.1. Sistemas Embebidos definición**

Sistemas embebidos se refiere a todo circuito electrónico digital que es suficiente de realizar operaciones de computación, por lo general en tiempo real, que sirven para cumplir una tarea en especial o específica. (Arriarán, 2015).

Los sistemas embebidos se componen de recursos limitados y aplicaciones propias que los hacen productivos y útiles en múltiples ambientes como ejemplo hoy en la actualidad los autos modernos, en teléfonos móviles, refrigeradoras, alarmas, equipos médicos entre otros. (Arriarán, 2015).

### **2.2. Estructura y características de un sistema embebido**

Las características más relevantes de un sistema embebido radican en el bajo costo de producción y bajo consumo de potencia, su bajo costo es principalmente por la cantidad de miles o millones de unidades que se producen para el consumo mundial, también por que emplean procesadores básicos y memorias pequeñas para precisamente reducir los costos de fabricación. (Arriarán, 2015).

Los sistemas embebidos utilizan sistemas operativos especiales denominados de tiempo real (RTOS Real time operating system) por que deben responder automáticamente a estímulos que vienen del entorno en que se encuentran, considerando que afrontan limitaciones de hardware, ya que por lo general no tienen discos duros, teclados o monitores y donde una memoria flash reemplaza los discos y algunos botones y una pantalla LCD normalmente reemplazan los dispositivos de la interfaz. (Arriarán, 2015).

El software que maneja un dispositivo de hardware, se llama Firmware. La programación en estos dispositivos se realiza en lenguaje

ensamblador o en lenguaje C, en la actualidad se han desarrollado muchas máquinas virtuales y otros compiladores que permiten el diseño de programas más complejos. (Arriarán, 2015).

### **2.3. Arquitectura de un sistema embebido**

Un Sistema embebido se compone por un microprocesador y un software que se ejecute sobre éste, pero este software necesita un lugar donde poder guardarse para luego ser ejecutado por el procesador. Esto se llama memoria RAM o ROM. Todo sistema embebido necesita una cierta cantidad de memoria, que incluso se encuentran dentro del mismo chip del procesador. Adicionalmente cuentan con una serie de salidas y entradas necesarias para comunicarse con dispositivos exteriores. Los trabajos que realizan los sistemas embebidos son de relativa facilidad, los procesadores que comúnmente se utilizan cuentan con registros de 8 o 16 bits. En su memoria sólo reside el programa destinado a gobernar una aplicación concreta. Sus líneas de entrada/salida (I/O) soportan el conexionado de los sensores y actuadores del dispositivo a controlar y todos los recursos complementarios disponibles tienen como propósito atender a sus requerimientos. Estas son las características más importantes que tienen comúnmente los sistemas embebidos, todo lo demás será totalmente diferente para cada sistema embebido en particular debido a la variedad de aplicaciones disponibles. (UNED departamento de ingeniería eléctrica, electrónica y de control, 2009)

Un PC embebido posee una arquitectura similar a la de un PC normal. Los elementos básicos que poseen son:

El microprocesador cumple la labor de realizar las operaciones de cálculo principales del sistema. Ejecuta el código para realizar una determinada tarea y administra el funcionamiento de los demás elementos que le rodean. Es un chip que incluye básicamente la CPU y circuitería relacionadas con los buses de datos y memoria. Para poder realizar su tarea

se necesitan otros chips adicionales (Sistema mínimo) tales como memoria, circuitos de entrada salida E/S (I/O) y reloj.

Microcontrolador (MCU): Es un dispositivo que alberga el sistema mínimo dentro de un único chip, esto es, incluye CPU, buses, reloj, memoria ROM, memoria RAM, E/S, otros periféricos tales como conversores A/D, temporizadores (timers), etc.

Procesador Digital de Señal (DSP): Son microcontroladores o microprocesadores diseñados específicamente, tanto en arquitectura hardware como conjunto de instrucciones, para realizar tareas típicas de procesamiento digital de señales en tiempo real.

DSC: Dispositivos mixtos microcontrolador/DSP que algunos fabricante ofrecen dentro de su catálogo de productos. Probablemente, el microcontrolador 8051 (8 bits) desarrollado por Intel 8051 en 1980, marca el inicio en la carrera hacia el desarrollo de productos específicos para aplicaciones embebidas. Éste es probablemente el microcontrolador más popular, pues aunque se lleva hablando mucho tiempo de que estaba condenado a la desaparición, sus continuas mejoras le auguran una larga vida. En este aspecto, comentar que los núcleos 8051 se usan en más de 100 microcontroladores de más de 20 fabricantes independientes como Atmel, Dallas Semiconductor, Philips, Winbond, entre otros. La denominación oficial de Intel para familia de  $\mu$ Cs 8051 es MCS 51. Pero a lo largo de estos años, la gran mayoría de empresas fabricantes de semiconductores, han ido lanzando productos que han invadido el mercado y que hace extremadamente difícil para los ingenieros la labor de seleccionar el  $\mu$ C más adecuado para cada aplicación, pues se dispone de una tremenda oferta de micros de 8 bits, de 16 bits y en la actualidad de 32 bits. A su vez con arquitecturas más completas, capacidades de cálculo más elevadas y menores consumos de energía. (Miñarro, 2009)

La memoria posee al interior el almacenado el código de los programas que el sistema puede ejecutar así como los datos. Su característica principal es tener un acceso de lectura y escritura lo más rápido posible para que el microprocesador no pierda tiempo en procesar tareas que no son de cálculo. Al ser volátil el sistema requiere de un soporte donde se almacenen los datos aun sin disponer de alimentación o energía. (Miñarro, 2009)

Caché Es una Memoria más rápida que la principal en la que se almacenan los datos y el código al que se ha accedido últimamente. Dado que el sistema realiza microtareas, muchas veces repetitivas, la caché hace ahorrar tiempo ya que no hará falta ir a memoria principal si el dato o la instrucción ya se encuentra en la caché. Tiene un tamaño muy inferior (8 – 512 KB) con respecto a la principal (8 – 256 MB). (Miñarro, 2009)

BIOS-ROM BIOS (Basic Input & Output System), sistema básico de entrada y salida) es el código que se necesita para inicializar el ordenador y para poner en comunicación los distintos elementos de la placa madre.

La ROM (Read Only Memory, memoria de sólo lectura no volátil) es un chip donde se encuentra el código BIOS.

CMOS-RAM Es un chip de memoria de lectura y escritura alimentado con una pila donde se almacena el tipo y ubicación de los dispositivos conectados a la placa madre (disco duro, puertos de entrada y salida, etc.). Además contiene un reloj en permanente funcionamiento que ofrece al sistema la fecha y la hora.

Chip Set Chip que se encarga de controlar las interrupciones dirigidas al microprocesador, el acceso directo a memoria (DMA) y al bus ISA, además de ofrecer temporizadores, etc. Es usual encontrar la CMOS-RAM y el reloj de tiempo real en el interior del Chip Set. Puertos de Entrada / Salida (I/O) Son puntos (nodos) en los que los dispositivos periféricos se pueden conectar y pueden intercambiar información con la memoria y el procesador

central. Los puertos contienen en sí mismos un número definido de registros, los cuales se utilizan para el almacenamiento temporal de varios tipos de datos. Las direcciones de los registros y sus funciones están definidas con precisión (standard). El subsistema de entrada acepta datos del exterior para ser procesados mientras que el subsistema de salida transfiere los resultados hacia el exterior. Lo más habitual es que haya varios subsistemas de entrada y varios de salida. A estos subsistemas se les reconoce habitualmente como periféricos de E/S. Tipos: -puertos serie, en los que los datos se transfieren bit a bit de forma secuencial (COM1, COM2); -puertos paralelos, en los que los datos se transfieren en paralelo (en un byte, una palabra, etc.) (LPT1). -puertos universales (USB). (Miñarro, 2009)

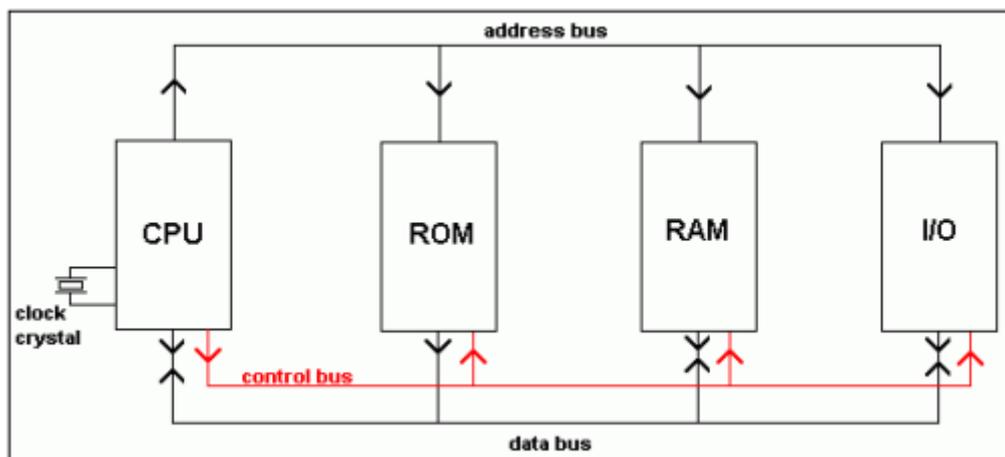


FIGURA 2. 1: Arquitectura de un sistema embebido  
Fuente: (UNED departamento de ingeniería eléctrica, electrónica y de control, 2009)

**Puertos de Entrada y Salida E/S** Los procesadores integrados, ya sean microcontroladores, procesadores DSP o procesadores de uso general, incluyen una serie de mecanismos de entrada y salida (E / S) en chip, expuestos, en la figura 2.2 se observa algunas Interfaces comunes proporcionadas. Una placa de evaluación para el Luminary Micro Stellaris R, que es un procesador ARM CortexTM-M3 de 32 bits. El microcontrolador en sí está en el centro debajo de la pantalla gráfica. Mucho de los pin del microcontrolador están disponibles en los conectores mostrados en ambas parte superior e inferior de la placa. (Lee & Seshia, 2011)

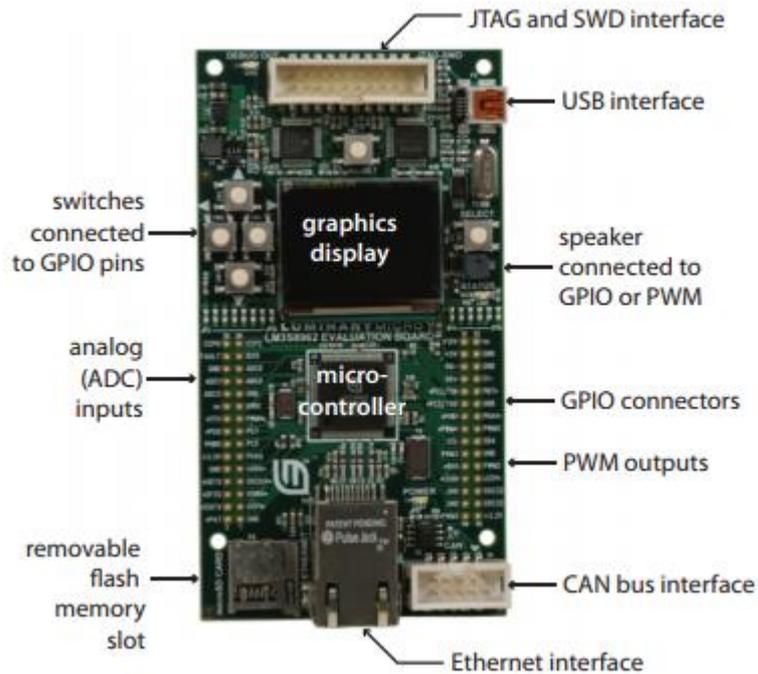


FIGURA 2. 2: Stellaris LM3S8962 tarjeta de evaluación  
 Fuente: Luminary Micro was acquired by pointerTexas Instruments in 2009.

## 2.4. Herramientas y periféricos

### Compilador

Un compilador es un programa informático (o un conjunto de programas) que transforma el código fuente escrito en un lenguaje de programación (el idioma de origen) en otro lenguaje informático (normalmente Formato binario). La razón más común para la conversión es crear un programa ejecutable. El nombre "compilador" se utiliza principalmente para programas que traducen el código fuente de lenguaje de programación desde un nivel alto a un lenguaje de bajo nivel (por ejemplo, lenguaje ensamblador o código de máquina). (Hamblen, 2007)

### Compilador cruzado

Si el programa compilado puede ejecutarse en un equipo que tenga diferentes CPU o sistema operativo que el ordenador en el que compiló el programa, entonces ese compilador se conoce como Compilador cruzado

## **Descompilador**

Un programa que puede traducir un programa de un lenguaje de bajo nivel a un lenguaje de alto nivel es llamado descompilador.

## **Conversor de idiomas**

Es un programa que traduce programas escritos en diferentes lenguajes de alto nivel se llama normalmente traductor de idiomas, un traductor de fuente a fuente o un convertidor de idiomas.

Es probable que un compilador realice las siguientes operaciones:

- Preprocesamiento
- Análisis
- Análisis semántico (traducción dirigida a la sintaxis)
- Generación de código
- Optimización de código

## **Lenguaje ensamblador**

Se desarrollaron lenguajes de ensamblaje para proporcionar mnemotécnicos o símbolos para el nivel de Instrucciones de código máquina. Los programas de lenguaje de ensamblaje consisten en mnemotécnicos, que se traducen en código de máquina. Un programa que es responsable de esta conversión se conoce como ensamblador. El lenguaje de ensamblaje se denomina a menudo como un lenguaje de bajo nivel porque funciona directamente con la estructura interna de la CPU. Para programar en lenguaje ensamblador, el programador debe conocer todos los registros de la CPU (Hamblen, 2007).

Diferentes lenguajes de programación como C, C ++, Java y varios otros lenguajes se llaman de alto nivel porque no tratan los detalles internos de una CPU. En contraste, un ensamblador se utiliza para traducir un programa de lenguaje ensamblador en código de máquina (a veces también llamado código objeto o código de operación). Del mismo modo, un compilador traduce un lenguaje de alto nivel en código de máquina. Por ejemplo, para escribir un programa en lenguaje C, se debe usar un

compilador C para traducir el programa en lenguaje de máquina. (Hamblen, 2007)

Un programa de lenguaje ensamblador es una serie de declaraciones, que son Instrucciones como ADD y MOV, o declaraciones llamadas directivas. Una instrucción le dice a la CPU qué hacer, mientras que una directiva (también llamada pseudoinstrucciones) da instrucciones al ensamblador. Por ejemplo, ADD y MOV instrucciones son comandos que la CPU se ejecuta, mientras que ORG y END son directivas de ensamblador. El ensamblador coloca el opcode en la posición de memoria 0 cuando se utiliza la directiva ORG, mientras que END indica al final del código fuente. Una instrucción de lenguaje de programa consta de los cuatro campos siguientes:

```
[ label: ] mnemonics [ operands ] [ ;comment ]
```

El campo de etiqueta permite al programa referirse a una línea de código por nombre. Los campos de etiqueta no pueden exceder un cierto número de caracteres. (Hamblen, 2007)

Los campos mnemotécnicos y operandos juntos realizan el trabajo real del programa y realizar las tareas. Declaraciones como ADD A, C & MOV C, # 68 donde ADD y MOV son los mnemónicos, que producen opcodes; "A, C" y "C, # 68" son operandos. Estos dos campos podrían contener directivas. Las directivas no generan código de máquina y es utilizada sólo por el ensamblador, mientras que las instrucciones se traducen en código de máquina para la CPU ejecute.

El campo de comentario comienza con un punto y coma que es un indicador de comentario.

A continuación se da un ejemplo de lenguaje tipo ensamblador.

```

1.0000      ORG  0H           ;start (origin) at location 0
2 0000 7D25  MOV  R5,#25H     ;load 25H into R5
3.0002 7F34  MOV  R7,#34H     ;load 34H into R7
4.0004 7400  MOV  A,#0       ;load 0 into A
5.0006 2D    ADD  A,R5       ;add contents of R5 to A
6.0007 2F    ADD  A,R7       ;add contents of R7 to A

```

## 2.5. Arduino Introducción

Un sistema embebido es un sistema informático con una función dedicada dentro de un sistema mecánico o eléctrico más grande, a menudo con restricciones de computación en tiempo real. (Banzi, 2011)

Arduino es una plataforma de creación de prototipos electrónicos de código abierto basada en una simple placa de E / S y un entorno de desarrollo para escribir software para la placa.

Es un hardware de código abierto, cualquiera puede obtener los detalles de su diseño y modificarlo o hacer su propio uno mismo.

Arduino es una computadora física de código abierto basada en una simple entrada / salida (E / S) y un entorno de desarrollo que implementa el lenguaje de procesamiento. Arduino puede utilizarse para desarrollar objetos interactivos independientes o puede conectarse al software de su equipo (como Flash, Procesamiento, o Max / MSP). Las tablas pueden montarse a mano o comprado previamente el ensamblado; el IDE de código abierto (Integrated Development Medio Ambiente) se puede descargar de forma gratuita de la página web de arduino (Banzi, 2011)

## **2.6. Característica de los sistemas Arduino**

Es un entorno multiplataforma; Puede funcionar en Windows, Macintosh, Y Linux., se basa en la programación de Procesamiento IDE, una herramienta fácil de usar ambiente de desarrollo utilizado por artistas y diseñadores. Se programa a través de un cable USB, no de un puerto serie. Esta característica es útil, Porque muchas computadoras modernas no tienen puertos serie. Es hardware y software de código abierto, si lo desea, puede descargar el diagrama de circuitos, comprar todos los componentes propios, sin pagar nada a los fabricantes de Arduino. Adicionalmente el Proyecto Arduino fue desarrollado en un ambiente educativo y por lo tanto, es ideal para los que recién inician en esta área. (Banzi, 2011)

## **2.7. La plataforma Arduino**

Arduino se compone de dos partes principales: la Arduino, que es la pieza de hardware se trabaja en ella cuando se construyen tlos objetos; y El IDE de Arduino, el software que ejecuta el ordenador. Utiliza el IDE para crear Un bosquejo (un pequeño programa informático) que se instalan en la tarjeta Arduino.

Anteriormente trabajar en hardware significaba construir circuitos desde Cero, utilizando cientos componentes diferentes como resistencia, condensador, inductor, transistor, y así sucesivamente. Cada circuito estaba "cableado" para hacer una aplicación específica, y hacer cambios a veces consistía en cortar cables, conexiones de soldadura y más. (Banzi, 2011)

Con la aparición de nuevas tecnologías como las digitales y de microprocesadores, estas funciones, que una vez se implementaron con cables, fueron reemplazadas por programas de software que son más fácil de modificar que el hardware. Con algunas pulsaciones de teclas, puede Cambiar radicalmente la lógica de un dispositivo y probar dos o tres versiones en la misma cantidad de tiempo que le llevaría soldar un par de resistencias. (Banzi, 2011).

## 2.8. El Hardware de Arduino

La tarjeta Arduino es un pequeño tablero del microcontrolador, que es un pequeño circuito (placa) que contiene una computadora entera en un pequeño chip (el microcontrolador). Esta computadora es por lo menos mil veces menos potente que La MacBook, pero es mucho más barato y muy útil para construir dispositivos interesantes. (Banzi, 2011)

En la tarjeta arduino se han colocado todos los componentes que son necesarios para que este microcontrolador funcione correctamente e incluso con una computadora. Hay muchas versiones de la tarjeta arduino en la actualidad.

La tarjeta arduino está compuesta normalmente de las siguientes partes:

Pin digitales de E / S estas pueden ser entradas o salidas, que se especifica mediante el software IDE, pines de entrada analógicos. Estos pines de entrada analógicos dedicados toman valores analógicos es decir, tensión Lecturas de un sensor y convertirlas en un número entre 0 y 1023, en realidad pines digitales que se pueden reprogramar para utilizarlos con el software.

La placa se puede alimentar desde el puerto USB de una computadora, la mayoría de los puertos USB sirven de cargadores, o un adaptador de la CA de 9 voltios.

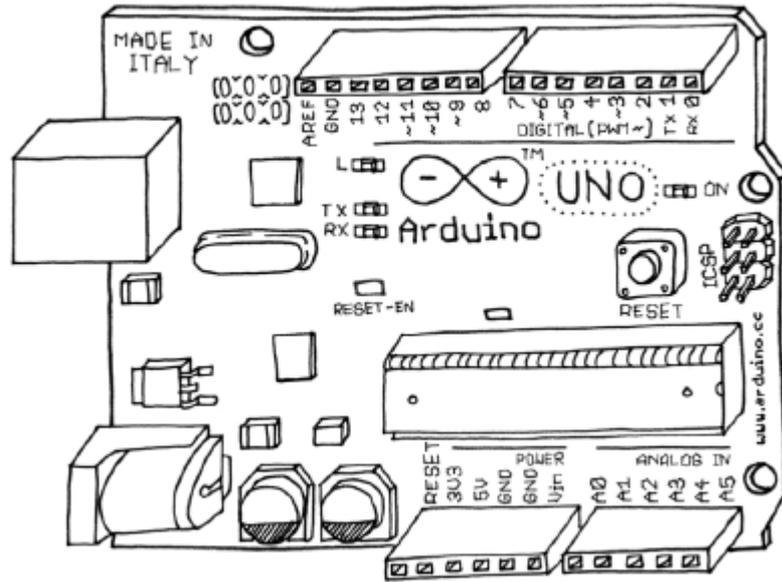


FIGURA 2. 3 Tarjeta arduino uno  
Fuente: (Banzi, 2011)

## 2.9. El Software (IDE)

El IDE (*Integrated Development Environment*) es un programa especial que se ejecuta en su computadora y le permite escribir en un lenguaje sencillo modelado después del procesamiento, esto ocurre cuando se pulsa el botón que sube el esquema a la pizarra: el código que tiene escrito se traduce al lenguaje C (que generalmente es bastante difícil que un principiante lo pueda usar), y se pasa al compilador avr-gcc, un importante Software de código abierto que hace la traducción final hacia el microcontrolador. (Banzi, 2011)

Este último paso es muy importante, el ciclo de programación de Arduino es básicamente el siguiente:

- Se conecta la tarjeta en un puerto USB de la computadora.
- Escribir la programación
- Subir la programación a la placa a través de la conexión USB y esperar
- Luego de un par de segundos para que la placa se reinicie.
- La tabla ejecuta la aplicación que escribió.

## **2.10. Tecnología aplicada a sistemas de monitoreo remoto de las condiciones ambientales en un invernadero.**

Los invernaderos requieren las condiciones ambientales apropiadas para el crecimiento óptimo de la planta y la salud. Si la mezcla de temperatura, humedad, luz y CO<sub>2</sub> es incorrecta, los cultivos se pueden perder. Los diferentes sistemas de monitoreo pueden ayudarle a monitorear y mantener la mezcla adecuada de temperatura, humedad y luz para sus invernaderos. El sistema de monitoreo remoto le permite rastrear la temperatura, humedad, luz y CO<sub>2</sub> alrededor de las plantas, alertando si cualquier condición cae fuera de rangos óptimos, para que se pueda maximizar la producción de frutas o verduras.

En la actualidad, cada vez más la transmisión de datos en tiempo real se convierte en una herramienta esencial para muchos tipos de sectores. El desarrollo económico y la alta tecnología traen la necesidad de una comunicación instantánea. Los sistemas de transmisión inalámbrica no utilizan cables y utilizan ondas electromagnéticas como medio para la comunicación entre dos puntos o dispositivos. El término suele emplearse en la Telecomunicaciones para definir los sistemas de comunicación a distancia (por ejemplo, transmisores y receptores, mandos a distancia, redes informáticas), que utilizan alguna forma de energía electromagnética (Ondas de radio, luz infrarroja, láser, ondas sonoras, etc.) para transferir información sin cables. (Gruber, Schaeffer, Restivo, & Castelan, 2012)

## **2.11. Sistema global para comunicaciones móviles**

El servicio comercial GSM empezó en 1991, y para 1993 había 36 redes GSM en 22 países. Actualmente funcionan redes GSM en cerca de 80 países en todo el mundo. América del Norte entró tarde al mercado GSM, con un derivado del sistema llamado PCS 1900. Hoy, existen sistemas GSM en todos los continentes, y el significado actual de GSM es *Global System for Mobile Communications*, Sistema global de comunicaciones móviles. El GSM es un sistema telefónico celular de segunda generación, desarrollado al principio para resolver los problemas de fragmentación inherentes a los sistemas de primera generación en Europa. Antes del GSM, todos los países europeos usaban distintas normas de telefonía celular, por lo que era imposible que un suscriptor de cualquier país usara un solo teléfono en toda Europa. El GSM fue el primer sistema telefónico celular totalmente digital, diseñado para usar los servicios de la ISDN (red digital de servicios integrados) para proporcionar una amplia gama de servicios a la red. Ahora cuenta con entre 20 y 50 millones de suscriptores, y es la norma mundial más popular para equipos telefónicos y equipos personales de comunicación nuevos. (Tomasi, 2003).

## **2.12. Servicios de GSM**

Entre los servicios que ofrece esta tecnología son los servicios de portador, teleservicios y servicios suplementarios. El servicio al portador más básico (teleservicio) que proporciona GSM es el de telefonía. En GSM, las señales analógicas de voz se codifican digitalmente y a continuación se transmiten por la red, como corriente de datos digitales.

El servicios de datos por GSM, donde los usuarios pueden mandar y recibir datos hasta con 9600 bps a suscriptores en las redes POTS (plain old telephone service), servicio telefónico antiguo simple), ISDN, red pública de datos de paquetes conmutados (PSPDN, de Packet Switched Public Data Network), y red pública de datos de circuitos conmutados (CSPDN, de Circuit Switched Public Data Network (CSPDN), mediante diversos métodos

y protocolos de acceso, como X.25. También, como la GSM es una red digital, no se requiere módem entre el usuario y esa red. (Tomasi, 2003)

Otro servicio que ofrece esta tecnología y que no existía en los sistemas analógicos es el servicio de mensajes cortos (SMS, de Short Message Service), que es bidireccional para mandar mensajes alfanuméricos hasta de 160 bytes de longitud. Estos mensajes SMS son transportados por el sistema en forma de almacenar y enviar. También se pueden usar en un modo de radioemisión celular, para mandar mensajes a receptores múltiples. También se ofrecen en GSM varios servicios suplementarios, como notificación de llamadas e impedimento de llamadas. (Tomasi, 2003)

### **2.13. Arquitectura del sistema GSM**

La arquitectura del sistema GSM, mostrada en la fig. 2.4 , consiste en tres subsistemas principales interconectados, que interactúan entre sí y con los suscriptores a través de interfaces especificadas de red. Los tres subsistemas principales del GSM son subsistema de estación base (BSS, de *Base Station Subsystem*), subsistema de red y conmutación (NSS, de *Network and Switching Subsystem*) y subsistema de soporte operacional (OSS, de *Operational Support Subsystem*). Aunque la estación móvil es, técnicamente, otro subsistema, en general se le considera como parte del subsistema de estación base. A veces se conoce al BSS como el subsistema de radio, porque proporciona y administra rutas de transmisión en radiofrecuencia entre las unidades móviles y el centro móvil de conmutación (MSC, de *mobile switching center*). También, el BSS administra la interfaz de radio entre las estaciones móviles y todos los demás subsistemas GSM. Cada BSS consiste de muchos controladores de estación base (BSC, de *base station controller*) que se usan para conectar el MS con el NSS a través de uno o más MSC. El NSS administra las funciones de conmutación del sistema y permite que se comuniquen las MSC con otras redes telefónicas, como el servicio telefónico público y la ISDN. El OSS soporta la operación y el mantenimiento del sistema, y permite a los

ingenieros vigilar, diagnosticar y localizar las fallas en cada aspecto de la red GSM. (Tomasi, 2003)

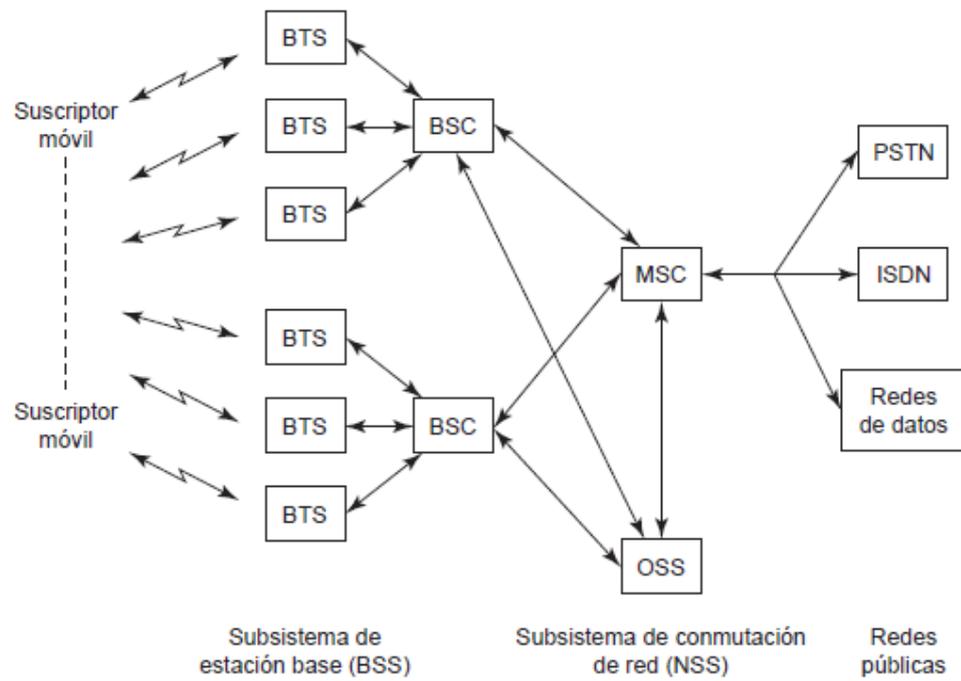


FIGURA 2. 4: Arquitectura del Sistema GSM  
Fuente: (Tomasi, 2003)

## 2.14. Introducción a Sensores y actuadores

Los sensores y actuadores son dos componentes críticos de cada sistema de control de bucle cerrado o también llamado sistema mecatrónico. Un sistema mecatrónico típico, consiste en un sistema de detección Unidad, un controlador y una unidad de accionamiento. Una unidad de detección puede ser tan simple como un solo sensor, puede componentes de adicionales dispositivos tales como filtros, amplificadores, moduladores y otros acondicionadores de señal. El controlador acepta la información de la unidad de detección, toma decisiones basadas en el algoritmo de control y envía órdenes a la unidad de accionamiento. La unidad de accionamiento consiste en un actuador y opcionalmente una fuente de alimentación y un mecanismo de acoplamiento. (M. Anjanappa, 2002)

**El sensor** es un dispositivo que cuando se expone a un fenómeno físico (temperatura, desplazamiento, fuerza, etc.) Produce una señal de salida proporcional (eléctrica, mecánica, magnética, etc.). El término transductor es a menudo utilizado como sinónimo de sensor, sin embargo, idealmente, un sensor es un dispositivo que responde a un cambio En el fenómeno físico. Por otro lado, un transductor es un dispositivo que convierte una forma de Energía en otra forma de energía. Los sensores son transductores cuando detectan una forma de entrada de energía y la salida en una forma diferente de energía. Por ejemplo, un termopar responde a un cambio de temperatura (Energía térmica) y produce un cambio proporcional en la fuerza electromotriz (energía eléctrica). Por lo tanto, Un termopar puede llamarse sensor y / o transductor. (M. Anjanappa, 2002)

Los sensores también se pueden clasificar como pasivos o activos. En los sensores pasivos, la potencia necesaria para la salida es proporcionada por el propio fenómeno físico detectado (tal como un termómetro), mientras que la salida los sensores activos requieren una fuente de alimentación externa (tal como un strain gage). Además, los sensores se clasifican como analógicos o digitales basados en el tipo de señal de salida. Analógicamente los sensors produce señales continuas.

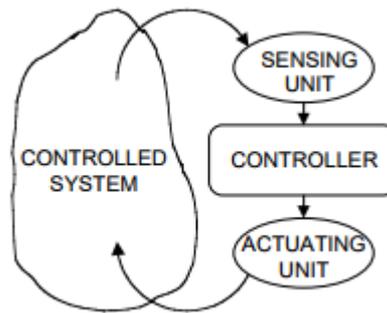


FIGURA 2. 5: Típico sistema mecatrónico  
 Fuente: (M. Anjanappa, 2002)

**Los actuadores** son básicamente el músculo detrás de un sistema mecatrónico que acepta un comando de control (principalmente en forma de una señal eléctrica) y produce un cambio en el sistema físico generando fuerza, Movimiento, calor, flujo, etc. Normalmente, los actuadores se utilizan conjuntamente con la fuente de alimentación y mecanismo de acoplamiento, la unidad de alimentación suministra CA o CC a la Tensión y corriente. El mecanismo de acoplamiento actúa como la interfaz entre el actuador y el sistema. Mecanismos típicos incluyen cremallera y piñón, transmisión por engranaje, accionamiento por correa, tornillo sinfín y tuerca, pistón, y los vínculos. (M. Anjanappa, 2002)

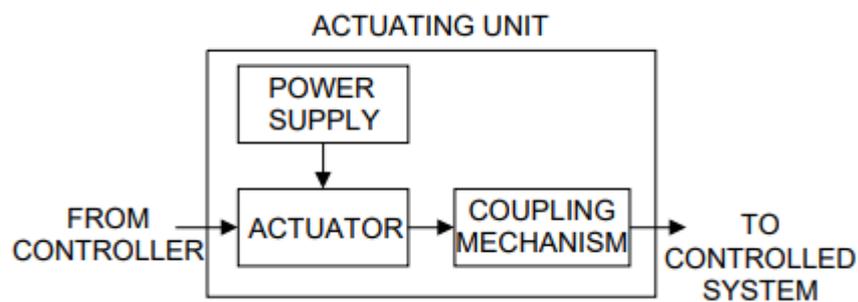


FIGURA 2. 6: Unidad de accionamiento típica  
 Fuente: (M. Anjanappa, 2002)

## CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA UTILIZADA Y PROPUESTA DE ESTUDIO

### 3.1. Dispositivos utilizados

Para la realización del sistema para monitorear de forma remota las condiciones ambientales de un invernadero fue necesario utilizar los siguientes dispositivos:

#### 3.1.1. Tarjeta Arduino Mega 2560

La tarjeta Arduino Mega 2560 que se muestra en la figura 3.1, es una placa microcontroladora basada en el ATmega2560. Cuenta con 54 pines digitales de entrada / salida (de los cuales 15 se pueden utilizar como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UART (puertos serie de hardware), un oscilador de cristal de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP, y un botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para soportar el microcontrolador; simplemente se conecta a un ordenador con un cable USB o con un adaptador de CA a CC o batería para empezar. La placa Mega 2560 es compatible con la mayoría de los módulos diseñados para el mega uno .El arduino mega 2560 es una actualización que sustituye al Arduino 2560.

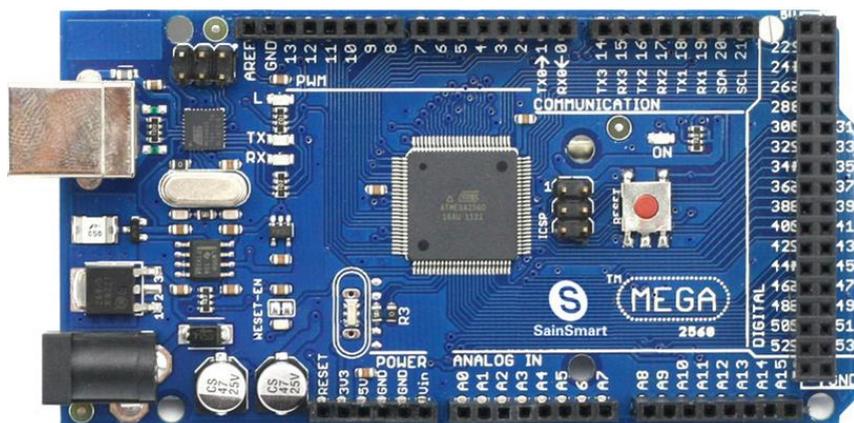


FIGURA 3. 1: Arduino 2560

Fuente: (Arduino, 2016)

### 3.1.2. Especificaciones técnicas Arduino Mega 2560

A continuación en la siguiente tabla 3.1. Se presenta las especificaciones técnicas de la tarjeta arduino mega 2560.

TABLA 3. 1: Especificaciones técnicas de la tarjeta arduino mega 2560  
Fuente: (Arduino, 2016)

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 15 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	20 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Length	101.52 mm
Width	53.3 mm
Weight	37 g

### 3.1.3. Esquema Electrónico de la tarjeta arduino 2560

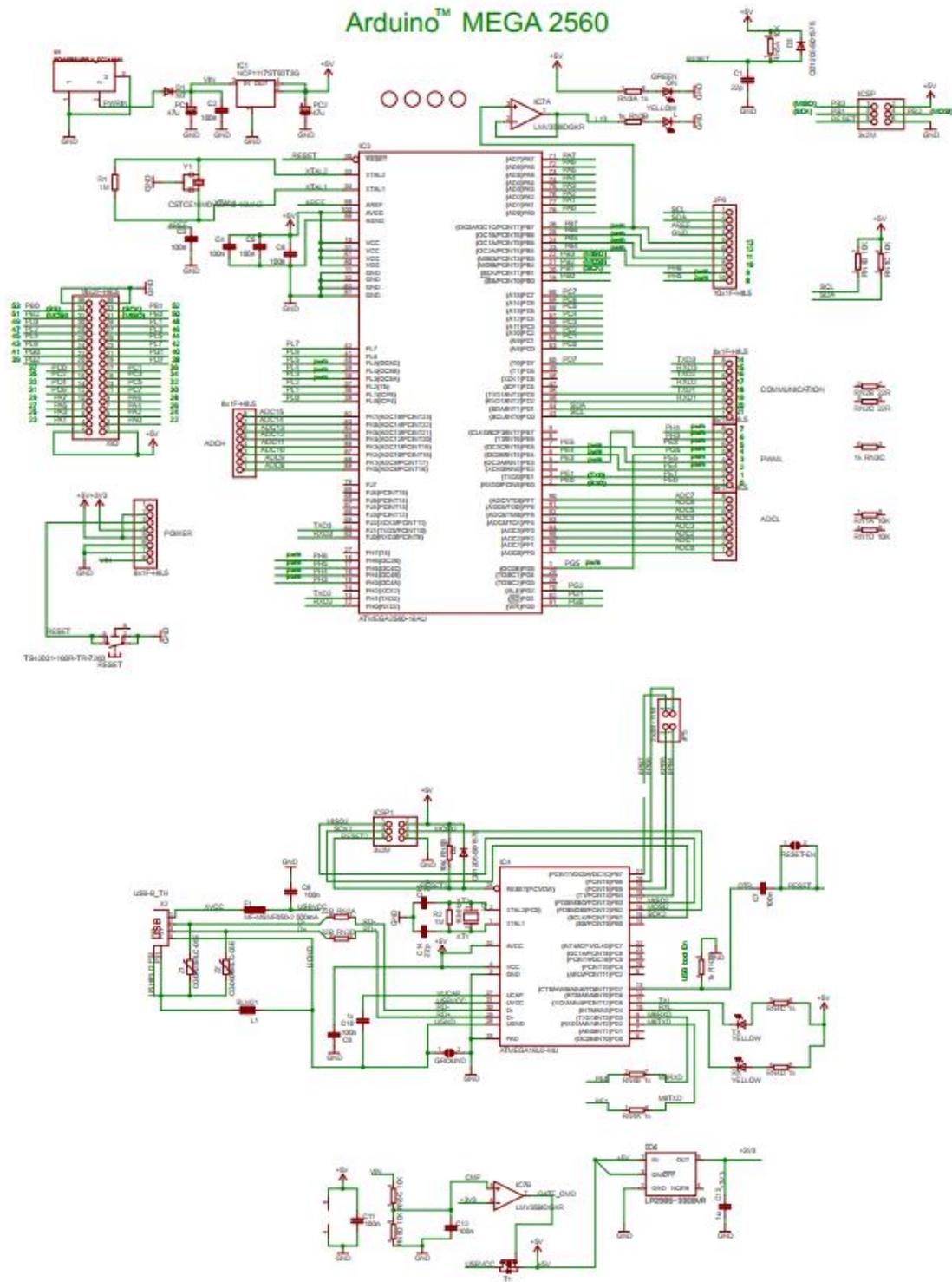


FIGURA 3. 2: Esquema electrónico de la tarjeta arduino 2560  
Fuente: (Arduino, 2016)

### **3.1.4. Módulos adicionales usados y sus conexiones eléctricas**

#### **Módulo wifi esp8266**

El módulo wifi ESP8266 posee una solución completa y autónoma de redes Wi-Fi, lo que permite alojar la aplicación o descargar todas las funciones de red Wi-Fi, es capaz de arrancar directamente desde un flash externo. Tiene caché integrado para mejorar el rendimiento del sistema en aplicaciones, y para minimizar los requerimientos de memoria. Como adaptador Wi-Fi, se puede agregar para acceso inalámbrico para cualquier diseño basado en microcontroladores con conectividad simple a través de la interfaz UART o Interfaz puente AHB.

Las capacidades de procesamiento y almacenamiento de ESP8266 permiten su integración con los sensores y otros dispositivos específicos de la aplicación a través de sus GPIOs con un mínimo desarrollo inicial y carga mínima durante el tiempo de ejecución. Con su alto grado de integración en el chip, que incluye la conmutación de antena, las sofisticadas funciones a nivel de sistema incluyen la conmutación rápida del modo de VoIP, polarización adaptativa de radio para el funcionamiento de baja potencia, procesamiento de señales avanzadas y características de coexistencia de radio para celulares comunes, Bluetooth, DDR, LVDS y mitigación de la interferencia del LCD.

Las características son las siguientes:

- 802.11 b/g/n protocol
- Wi-Fi Direct (P2P), soft-AP
- Integrated TCP/IP protocol stack
- Integrated TR switch, balun, LNA, power amplifier and matching network
- Integrated PLL, regulators, and power management units
- +19.5dBm output power in 802.11b mode

- Integrated temperature sensor
- Supports antenna diversity
- Power down leakage current of  $< 10\mu\text{A}$
- Integrated low power 32-bit CPU could be used as application processor
- SDIO 2.0, SPI, UART
- STBC, 1x1 MIMO, 2x1 MIMO
- A-MPDU & A-MSDU aggregation &  $0.4\mu\text{s}$  guard interval
- Wake up and transmit packets in  $< 2\text{ms}$
- Standby power consumption of  $< 1.0\text{mW}$  (DTIM3)

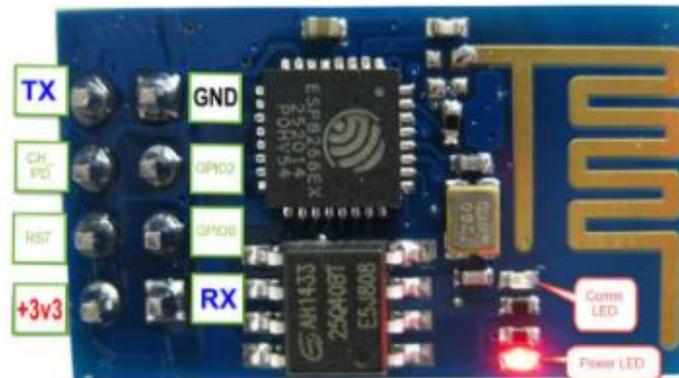


FIGURA 3. 3: Módulo wifi esp8266  
Fuente: (Arduino, 2016)

## Módulo GSM/GPRS

Una de las formas de conectar un Arduino al exterior es con un módulo Ethernet y wifi, pero es posible que alguna vez se requiera utilizar la comunicación y no se tiene acceso a ninguna red de datos, o simplemente no se quiera depender de ellas. El módulo GSM/GPRS es muy útil para que trabaje con una estación meteorológica.

Para este tipo de objetivo se puede utilizar este módulo GSM/GPRS con una tarjeta SIM, de forma que se pueda comunicar con él como si se tratase de un teléfono móvil, es que esta tarjeta basada en el módulo SIM900 permite enviar y recibir llamadas y SMS y conectarse a Internet, transformando el Arduino en un teléfono móvil.

EL GSM (*Global System for Mobile Communications*) es el sistema de comunicaciones que más se utiliza en teléfonos móviles y es un estándar en Europa. La primera funcionalidad de esta tecnología es la transmisión de voz, pero también permite la transmisión de datos (SMS, Internet), eso sí, a una velocidad muy baja de 9kb/s. (Hurtado y Martínez, 2010)

El GPRS (*General Packet Radio Service*) es una extensión del GSM basada en la transmisión por paquetes que ofrece un servicio más eficiente para las comunicaciones de datos, especialmente en el caso del acceso a Internet. La velocidad máxima (en teoría) del GPRS es de 171kb/s, aunque en la práctica es bastante más pequeña. (Hurtado y Martínez, 2010).

En la figura 3.4 se observa el módulo GSM/GPRS que está basada en una tarjeta sim900, se configura y se controla via UART y se utilizan los comandos AT.



FIGURA 3. 4: módulo GSM/GPRS  
Fuente: Arduino 2016

Para conectar el módulo GSM/GPRS al módulo principal Arduino se manejan dos opciones, y para las dos se requiere de una fuente de alimentación externa, ya que con conectar el Arduino por USB será suficiente para encender el módulo, pero no así para alimentar de corriente o energizar la tarjeta. Si se conecta la alimentación externa al shield GPRS y alimentamos el Arduino con el USB o una fuente externa, sólo se debe unir los pines 7 y 8 para la comunicación serie y el GND entre ambas tarjetas.

Si se utiliza un Arduino Mega, la conexión sería de los pines 7 y 8 del GPRS a los pines 10 y 11 del Mega. De la misma manera en la programación también habría que cambiar la instrucción en la que se define la instancia Software Serial que se crea y se la pone en los pines 10 y 11 tal cual se observa la figura 3.5

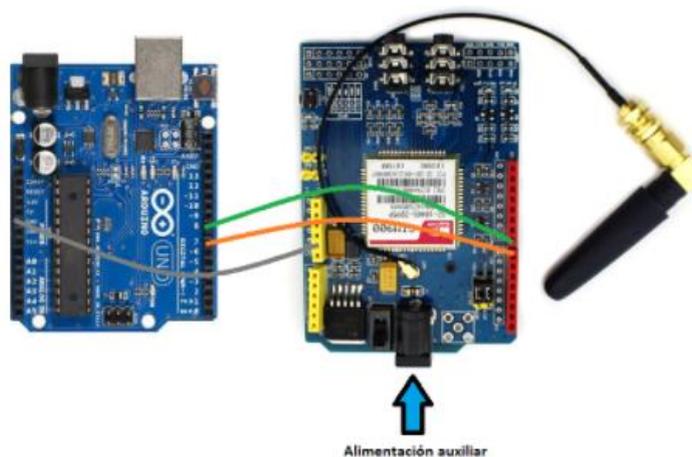


FIGURA 3. 5: Conexión del módulo GSM/GPRS a la tarjeta Arduino  
Fuente: Arduino 2016

### **3.1.5. Sensores**

#### **Anemómetro**

Un anemómetro es un dispositivo que sirve para medir la velocidad del viento, y es un instrumento utilizado normalmente en una estación meteorológica común. El término se deriva de la palabra griega anemos, que significa viento. La primera descripción conocida de un anemómetro fue dado por León Battista Alberti alrededor de 1450. Son también muy fáciles de utilizar en un proyecto, los anemómetros se pueden dividir en dos clases: los que miden la velocidad del viento, y los que miden la presión del viento; pero como allí es una conexión estrecha entre la presión y la velocidad, un anemómetro diseñado para uno dará información sobre ambos (Pindado, Cubas, & Sorribes-Palmer, 2014).

En la siguiente figura se observa un anemómetro de taza que es un tipo simple de anemómetro utilizado en el proyecto, inventado (1846) por el Dr. John Thomas Romney Robinson, del Observatorio de Armagh. Consta de dos copas hemisféricas montadas cada una en un extremo de cada brazo horizontales, que a su vez fueron montados en ángulos iguales entre sí en una eje vertical. El flujo de aire que pasa por las copas en cualquier dirección horizontal de una manera es proporcional a la velocidad del viento, por lo tanto, contando las vueltas de los vasos durante un período de tiempo establecido produce la velocidad del viento promedio para una amplia gama de velocidades. En un anemómetro con dos tazas es fácil ver que desde las tazas se arreglan simétricamente en el extremo de los brazos, el viento siempre tiene el hueco de una taza que se le presenta y está soplando en la parte posterior de la taza en el extremo opuesto de la cruz. (saylor academic, 2016).



FIGURA 3. 6: Anemómetro  
Fuente: (saylor academic, 2016).

En la siguiente figura 3.7 se observa el diagrama de cableado para conectar el anemómetro en una tarjeta Arduino en el cual se muestra dos conexiones con el Arduino. El circuito de velocidad del viento está conectado a un pin digital (Pin 2 en este caso) y el circuito de dirección del viento está conectado a un pin analógico (Analog Pin 4).

El circuito de velocidad del viento es un interruptor que se activa una vez que giren las ventosas. En esta conexión se está usando una resistencia de 4.7 K . Esto enviara la línea 2 a 5V cuando el interruptor está abierto. Si no se utiliza la resistencia el voltaje del circuito podría flotar y causar disparos falsos en la entrada. Cuando el interruptor de mercurio en las ventosas se cierra, entonces la línea 2 se enviará a GND durante un corto período de tiempo mientras el imán pasa el interruptor. Se utiliza este pulso en el pin 2 del Arduino para detectar cada vez que las ventosas pasan por una revolución.

El anemómetro tipo copa utilizado mide la velocidad del viento cerrando un contacto con un imán que pasa por un interruptor. Una velocidad del viento de 1.492 MPH (2.4 km / h) hace que el interruptor se cierre una vez por segundo.

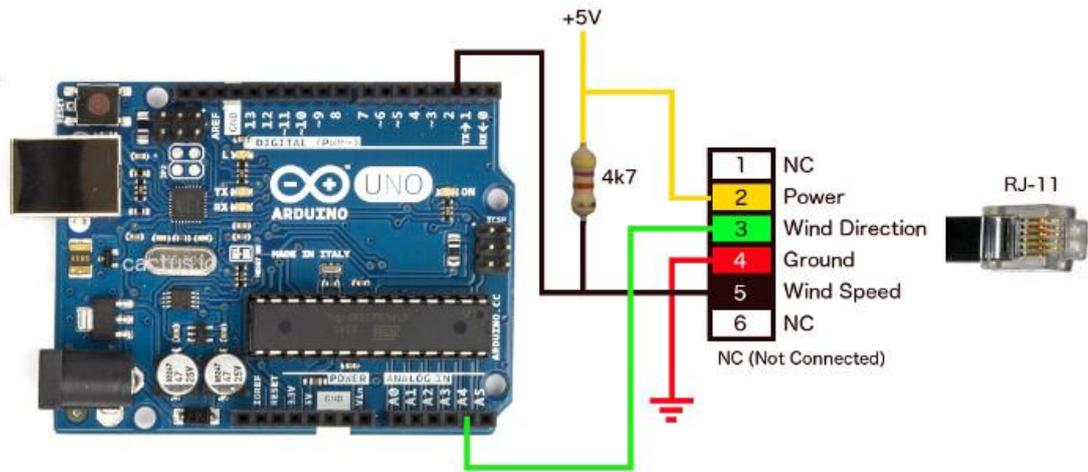


FIGURA 3. 7: Diagrama de cableado para conectar el anemómetro en una tarjeta Arduino  
Fuente: (Cactus, 2016)

### Pluviómetro

(La Anunciata Ikerketa Mintegia, 2017). Un pluviómetro es un instrumento que mide la cantidad de agua precipitada en un determinado lugar. Los milímetros (mm) son equivalentes a los litros por metro cuadrado. El pluviómetro recoge el agua atmosférica en sus diversos estados. El total se denomina precipitación. Para los estados sólidos, las mediciones se llevan a cabo una vez alcanzado el estado líquido. (Strangeways, 2010)

(La Anunciata Ikerketa Mintegia, 2017) El primer pluviómetro fue inventado en Corea en 1441 durante el reinado del rey Sejong el grande, aunque otras fuentes atribuyen el invento a Jang Yeong Sil, un científico que trabaja para el rey. (Strangeways, 2010) Esos pluviómetros consistían de un recipiente de tamaño regulado más una regla de tamaño regulado para tomar las medidas. Los pluviómetros era enviados a todos los lugares del reino Sejong y las medidas eran más usadas para planear la agricultura y así ajustar el nivel de impuesto, las diferentes partes del país. Como Corea era propensa a sequías, las bajas precipitaciones significaban que los agricultores no podían permitir sembrar mucho, en caso contrario una precipitación alta traería consigo buenos cultivos y así los agricultores pagaban impuestos más altos. El primer pluviómetro automatizado fue

inventado en Inglaterra en 1.662 por Christopher Wron empleado un diseño de un balde inclinado, cuando el balde se llana, caía haciendo un hueco en un papel. (Strangeways, 2010)

El Pluviómetro usado en el proyecto figura 3.8 posee un tipo de cubo de vaciado automático. Cada 0,011 " (0.2794 mm) de lluvia causa un cierre momentáneo del contacto que se puede grabar con un contador digital o una entrada de interrupción del microcontrolador. El interruptor del manómetro está conectado a los dos conductores centrales del conectado con RJ11.



FIGURA 3. 8: Pluviómetro usado en el proyecto  
Fuente: (saylor academic, 2016).

En la figura 3.9 se observa la conexión del circuito en la placa arduino a la cual se debe conectar el pin digital # 2 de Arduino a un extremo de la resistencia el otro extremo de la resistencia a tierra (GND). Se conecta un extremo de la toma RJ11 al pin digital # 2 de Arduino y el otro extremo de la toma RJ11 al conector +5V de Arduino (5V).

El circuito está completo. Los cables de puente y la placa son para hacer las conexiones más fáciles. Para completar el proyecto, se conecta el Arduino al PC mediante el cable USB y se carga el esquema que se proporciona más adelante.

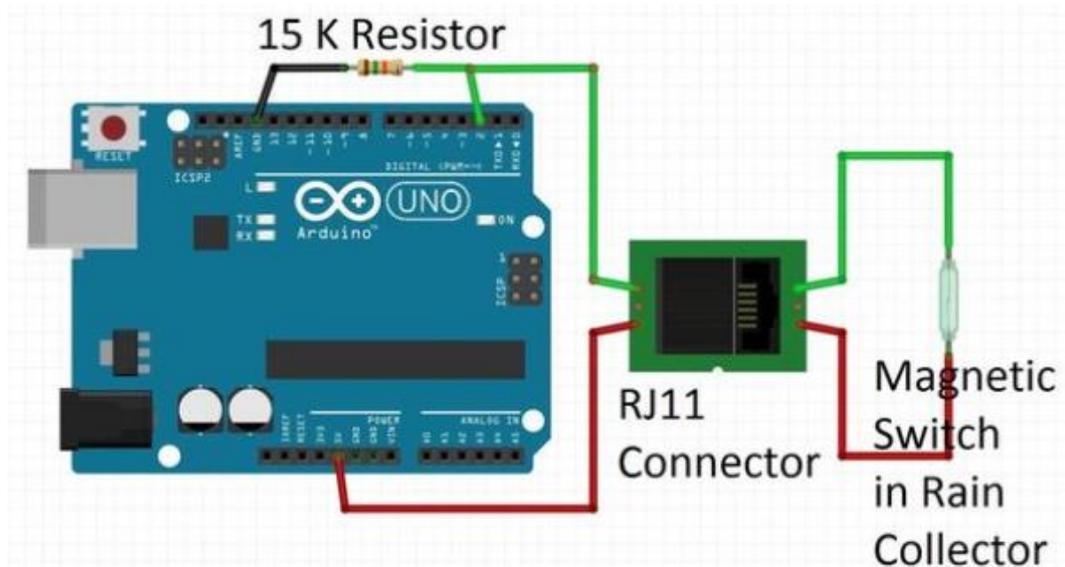


FIGURA 3. 9: Diagrama de cableado para conectar el flujímetro en una tarjeta Arduino  
Fuente: (Instructables, 2016)

### Sensor de dirección de viento

El sensor de dirección de viento está compuesto de la veleta que informa de la dirección del viento figura 3.10, como una tensión que se produce por la combinación de resistencias en el interior del sensor. El imán de la aleta puede cerrar dos interruptores a la vez, lo que permite hasta 16 diferentes posiciones.



FIGURA 3. 10: sensor de dirección de viento  
Fuente: (saylor academic, 2016).

La aleta de viento es el más complicado de los tres sensores. Tiene ocho interruptores, cada uno conectado a una resistencia diferente como se muestra en el circuito de la figura 3.11. Las paletas pueden cerrar dos interruptores a la vez, permitiendo hasta 16 posiciones a ser indicadas. Se puede usar una resistencia externa como divisor de voltaje, produciendo una salida de voltaje que se convierte de señal analógico a digital. La disposición del interruptor y de la resistencia se muestra en el diagrama. Los valores de resistencia para todos los 16 posibles se indican en la tabla.

Los valores de resistencia para posiciones mostradas en el diagrama son el resultado de dos resistencias conectadas en paralelo cuando el imán de la paleta activa dos conmutadores simultáneamente.

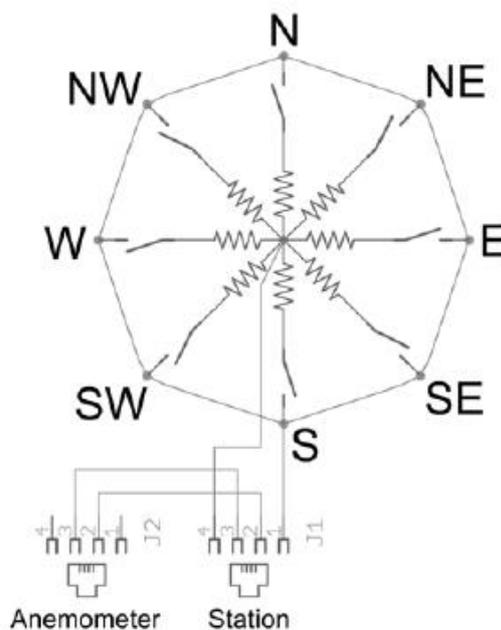


FIGURA 3. 11 Circuito eléctrico de la aleta de viento  
Fuente: Argent Data systems

TABLA 3. 2: Tabla de valores de las resistencias  
Fuente: Argent Data systems

Direction (Degrees)	Resistance (Ohms)	Voltage (V=5v, R=10k)
0	33k	3.84v
22.5	6.57k	1.98v
45	8.2k	2.25v
67.5	891	0.41v
90	1k	0.45v
112.5	688	0.32v
135	2.2k	0.90v
157.5	1.41k	0.62v
180	3.9k	1.40v
202.5	3.14k	1.19v
225	16k	3.08v
247.5	14.12k	2.93v
270	120k	4.62v
292.5	42.12k	4.04v
315	64.9k	4.78v
337.5	21.88k	3.43v

### **3.2. Significado y alcance**

Monitorear las condiciones ambientales de un invernadero permite que cualquier tipo de planta se cultive todo el año. Elimina el riesgo de que el invernadero no se condicione ambientalmente con lo que adicionalmente se minimiza los costos de mano de obra en el mantenimiento.

Este proyecto describe el diseño de un sistema de monitoreo usando Arduino. Los proyectos agrícolas, incluso los que se ubican en las zonas urbanas, carecen de acompañamiento tecnológico mientras que el sector agrícola crece alto. Este sistema de monitoreo mide parámetros dentro del invernadero utilizando sensores, tecnología GSM y wifi para proporcionar la información actualizada. El desarrollo y configuración del sistema es rentable, ya que optimizará los recursos en el invernadero. El módulo prototipo completo es de bajo costo, operación de baja potencia, por lo tanto, fácilmente para todo el mundo.

### 3.3. Diagrama en bloque

El diagrama en bloque del proyecto figura 3.12 está compuesto de cuatro partes importantes que son los sensores, el receptor y transmisor de señal celular GPRS y WiFi , la pantalla de visualización y el módulo principal arduino 2650.

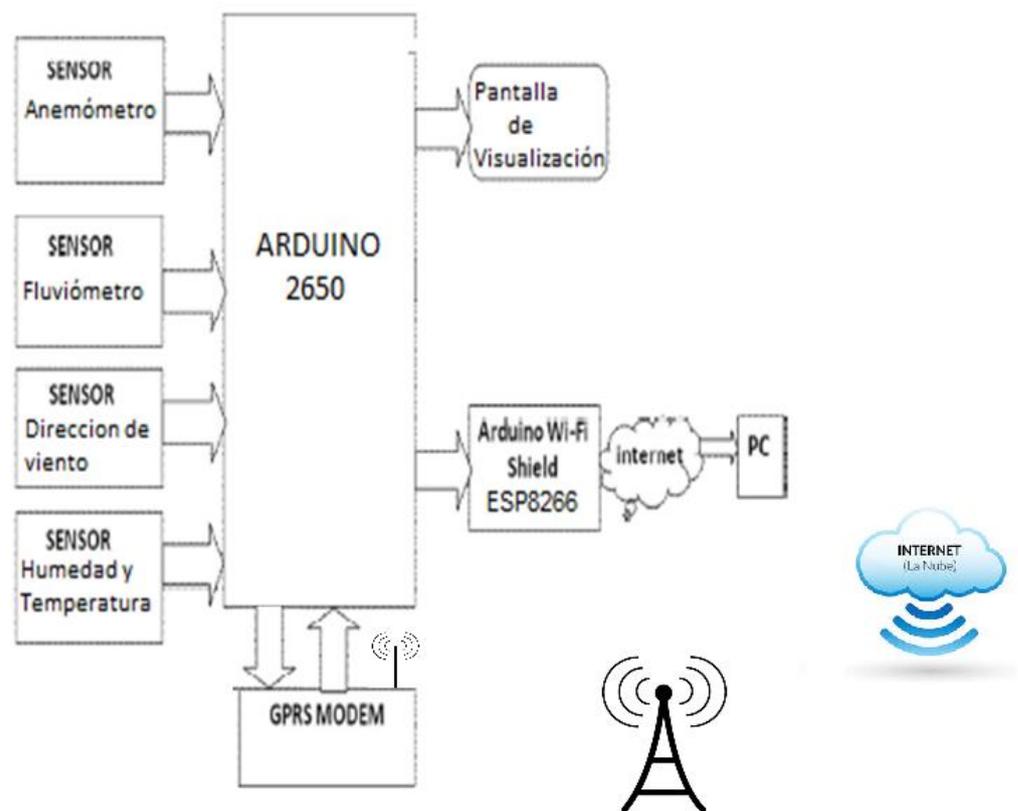


FIGURA 3. 12: Diagrama en bloque del sistema embebido, para el monitoreo remoto de las condiciones ambientales en un invernadero

Fuente: Israel Pizarro

### 3.4. Diagrama de flujo

En la figura 3.13 se observa el diagrama de flujo del proyecto en el cual su funcionamiento procede de la siguiente manera:

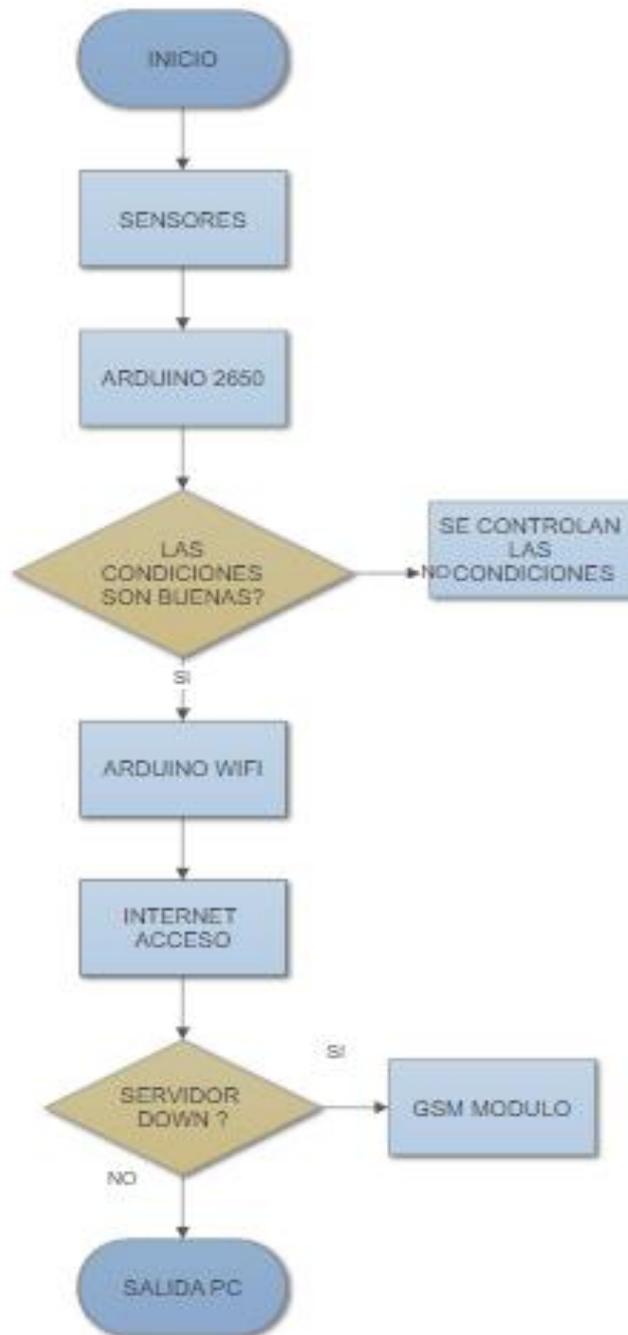


FIGURA 3. 13: Diagrama de flujo  
Fuente: Israel Pizarro

El inicio o la entrada es la Información que se receipta del clima, es la que se encuentra en el ambiente, luego es leída los datos mediante los sensores: Veleta, anemómetro, Pluviómetro, sensor de temperatura y demás sensores, esta Información que es leída por los distintos sensores es procesada y convertida en datos por el arduino, La información es enviada por el arduino mediante una conexión a internet con el sistema de “Módulo Wi-Fi ESP8266 o Tarjeta Shield Ethernet”, si esto falla o el servidor esta caída entra a funcionar la tarjeta GSM para enviar un mensaje de alerta al usuario, finalmente la información será mostrada en los diferentes terminales o página Web, La información enviada por el arduino es recibida en una página Web o dirección Web como también podrá ser recibida y alojada en un servidor en la nube, de allí enviada a los diferente terminales.

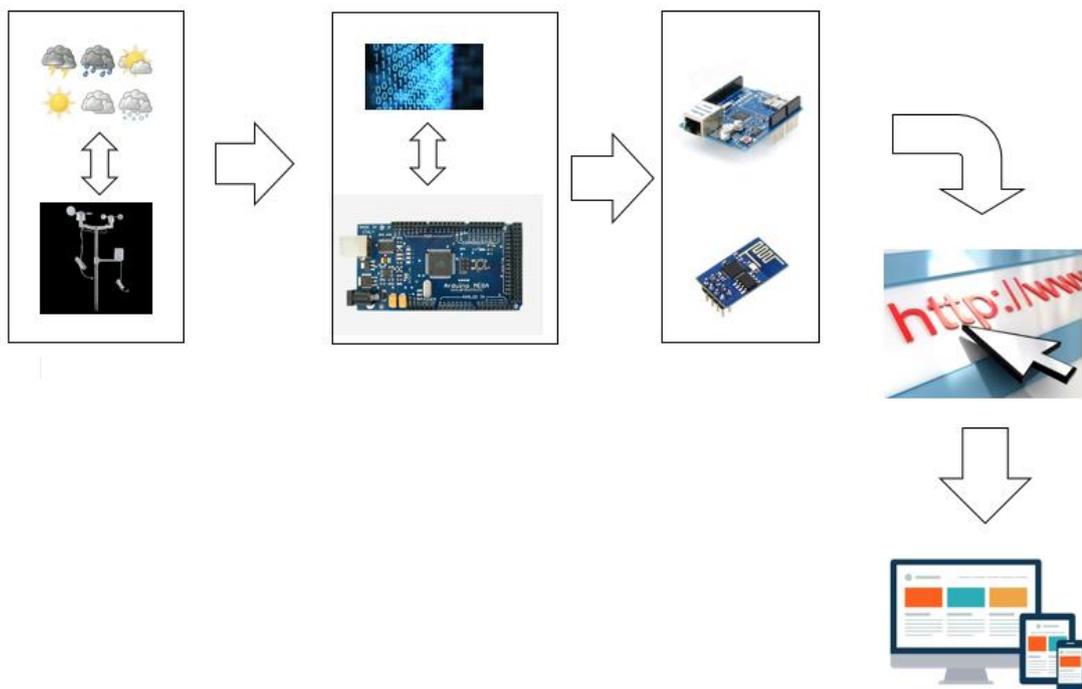


FIGURA 3. 14: Diagrama de flujo graficado  
Fuente: Israel Pizarro

### 3.5. Planos de conexión y funcionamiento

En la figura 3.15 se observa las conexiones de los diferentes dispositivos integrados a la tarjeta arduino mega 2560 y que serán montados sobre una maqueta prototipo.

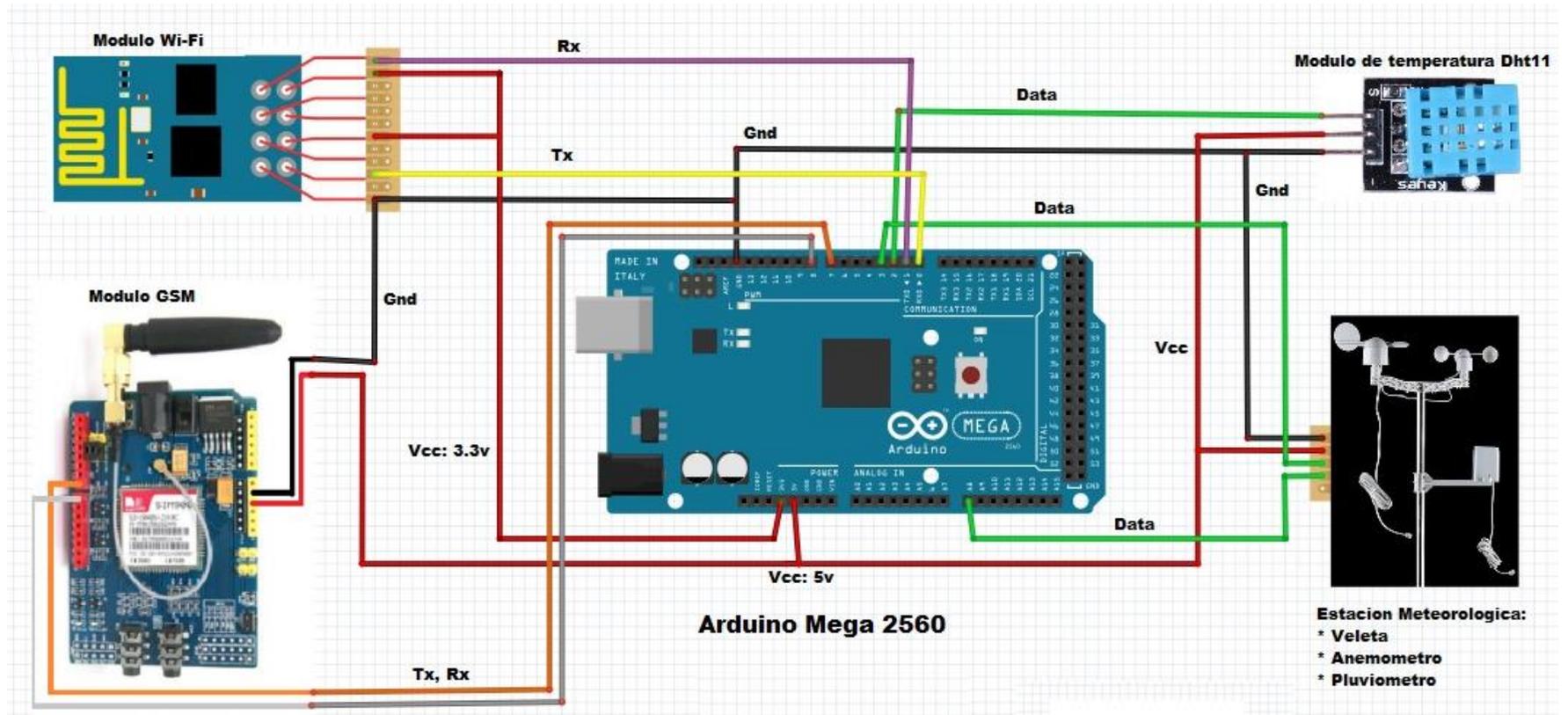


FIGURA 3. 15: Plano de conexión y funcionamiento  
Fuente: Israel Pizarro

### 3.6. Implementación de software

#### Arduino Mega 2560 en Windows

Para configurar el arduino Mega 2560 por primera vez en la computadora se debe primero descargar el program IDE de arduino esta es la base para la programación es el entorno del desarrollo, luego se ejecuta el programa, seguidamente se conecta la tarjeta con un cable usb al puerto usb del computador, este cargará automáticamente los archivos manejadores, en el caso de no realizarlo ingresar a la siguiente dirección:

Inicio > Panel de Control > Administrador de Dispositivos.

Ahí encontrara un dispositivo con señal de alerta, se le da click para actualizarlo y listo.

En el programa de arduino llamado IDE se escoge el dispositivo arduino mega 2560 conectado desde la dirección herramientas > Tarjeta > y se escoge el dispositivo.

Luego se ubican en puerto serial debajo del menú tarjeta y se escoge el puerto serial tres, con lo que estaría listo para funcionar.

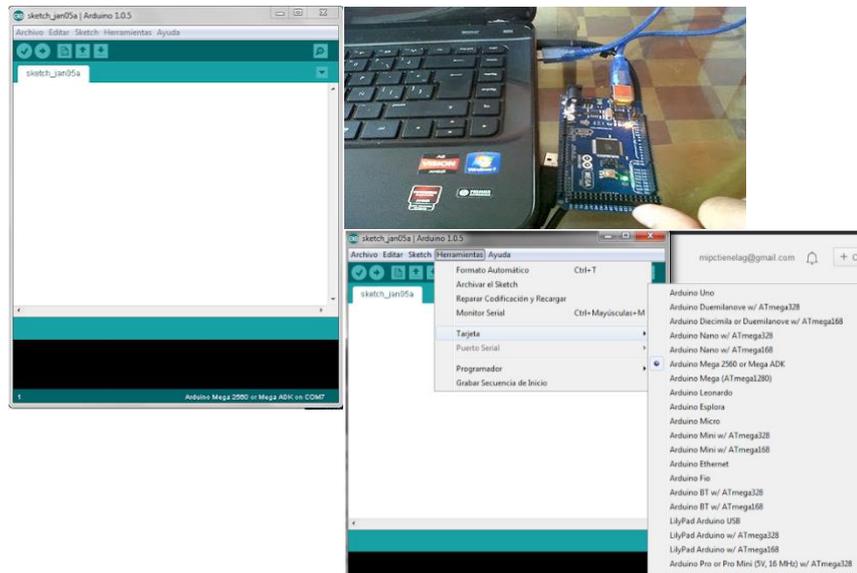


FIGURA 3. 16: Configuración del programa IDE y reconocimiento de la tarjeta arduino mega 2560

Fuente: Israel Pizarro

## Módulo wifi esp8266

Para este módulo se utiliza la librería serie para configurarlo a una velocidad de comunicación de 115200

```
#include <SoftwareSerial.h>

SoftwareSerial BT1(3, 2); // RX | TX
```

```
void setup()

{ Serial.begin(115200);

  BT1.begin(115200);

}

void loop()

{ String B= "." ;

  if (BT1.available())

    { char c = BT1.read() ;

      Serial.print(c);

    }

  if (Serial.available())

    { char c = Serial.read();

      BT1.print(c);

    }

}
```

## Modulo módulo GSM/GPRS configuración

Se incluye la librería SoftwareSerial.h y se configura la comunicación por los pines 7 y 8 (10 y 11 para el Arduino Mega).

```
#include <SoftwareSerial.h>

SoftwareSerial SIM900(7, 8); // 10 y 11 para el Arduino Mega. Configura el puerto serie para el SIM900.
```

Se debe configurar una velocidad de comunicación de 19200 khz y se utiliza el pin de la tarjeta para desbloquearla utilizando comando AT

```
void setup()
{
    //digitalWrite(9, HIGH); // Descomentar para activar la alimentación de la tarjeta por
Software
    //delay(1000);
    //digitalWrite(9, LOW);
    delay (5000); //Nos damos un tiempo para encender el GPRS y la alimentación de la
tarjeta
    SIM900.begin(19200); //Configura velocidad del puerto serie para el SIM900
    Serial.begin(19200); //Configura velocidad del puerto serie del Arduino
    Serial.println("OK");
    delay (1000);
    SIM900.println("AT+CPIN=\\"XXXX\\"); //Comando AT para introducir el PIN de la tarjeta
    delay(25000); //Tiempo para que encuentre una RED
}
```

Se crea una función para llamar, colgar llamadas y enviar mensajes sms.

**void llamar()**

```

{
  Serial.println("Realizando llamada...");

  SIM900.println("ATDXXXXXXXXX;"); //Comando AT para realizar una llamada
  delay(30000); // Espera 30 segundos mientras realiza la llamada
  SIM900.println("ATH"); // Cuelga la llamada
  delay(1000);
  Serial.println("Llamada finalizada");
}

void mensaje_sms()
{
  Serial.println("Enviando SMS...");

  SIM900.print("AT+CMGF=1\r"); //Configura el modo texto para enviar o recibir mensajes
  delay(1000);

  SIM900.println("AT+CMGS=\"XXXXXXXXXX\"); //Numero al que vamos a enviar el
mensaje
  delay(1000);

  SIM900.println("SMS enviado desde un Arduino. Saludos de Promotec."); // Texto del
SMS
  delay(100);
  SIM900.println((char)26); //Comando de finalización ^Z
  delay(100);
  SIM900.println();
  delay(5000); // Esperamos un tiempo para que envíe el SMS
  Serial.println("SMS enviado");
}

```

## Anemómetro configuración

```
1 #include <math.h>
2
3 #define WindSensorPin (2) // The pin location of the anemometer sensor
4
5 volatile unsigned long Rotations; // cup rotation counter used in interrupt routine
6 volatile unsigned long ContactBounceTime; // Timer to avoid contact bounce in interrupt routine
7
8 float WindSpeed; // speed miles per hour
9
10 void setup() {
11     Serial.begin(9600);
12
13     pinMode(WindSensorPin, INPUT);
14     attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(WindSensorPin), isr_rotation, FALLING);
15
16     Serial.println("Davis Wind Speed Test");
17     Serial.println("Rotations\tMPH");
18 }
19
20 void loop() {
21
22     Rotations = 0; // Set Rotations count to 0 ready for calculations
23
24     sei(); // Enables interrupts
25     delay (3000); // Wait 3 seconds to average
26     cli(); // Disable interrupts
27
28     // convert to mp/h using the formula V=P(2.25/T)
29     // V = P(2.25/3) = P * 0.75
30
31     WindSpeed = Rotations * 0.75;
32
33     Serial.print(Rotations); Serial.print("\t\t");
34     Serial.println(WindSpeed);
35 }
36
37 // This is the function that the interrupt calls to increment the rotation count
38 void isr_rotation () {
39
40     if ((millis() - ContactBounceTime) > 15 ) { // debounce the switch contact.
41         Rotations++;
42         ContactBounceTime = millis();
43     }
44 }
```

## Pluviómetro configuración

Este código del pluviómetro realiza tres actividades, cuenta la cantidad de cubetas para recoger las precipitaciones líquidas, controla el tiempo y calcula la cantidad de lluvia, despeja la lluvia del día y la noche.

```
if(bucketPositionA==false && digitalRead(RainPin) == HIGH){
    ...
    ...
}

if(now.minute()==0 && first == true){
    hourlyRain = dailyRain - dailyRain_till_LastHour;
    .....
    .....

if(now.hour() == 0){
    dailyRain = 0;
    .....
```

## **CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **4.1. Conclusiones**

Con el prototipo del proyecto realizado se ha simulado las condiciones ambientales en el interior de un invernadero por lo que el objetivo trazado se ha llevado a cabo inicialmente, con lo que el objetivo más importante del proyecto que es el Diseño prototipo de un sistema embebido, que sea capaz de monitorear remotamente las condiciones ambientales en un invernadero también se han cumplido.

Se conoce que un invernadero es un lugar que está cerrado y accesible para las personas y que está destinado para la horticultura están compuestos por cubiertas de vidrio o plástico transparentes que permiten el “control” de la temperatura y la humedad y que podrían favorecer al desarrollo de las plantas, esto por sí solo no es posible sin el apoyo en función del proyecto tecnológico expuesto ya que con este se puede medir las diferentes variables climáticas e impedir por ejemplo las excesivas temperaturas dentro del invernadero, controlarlas, principalmente en los primeros días de la planta donde se espera el desarrollo del racimo floral con lo que se garantiza frutos saludables.

El prototipo diseñado está fabricado para una implementación real con el objetivo de incorporar nuevas funciones y mejorar las existentes, se pueden incorporar nuevas variables de medición como por ejemplo presión atmosférica.

En este proyecto prototipo embebido las interferencias no representa un problema en el esquema con los equipos utilizados, sin embargo se deben realizar otras pruebas más minuciosas que ayuden a verificar si existe ruido o latencia en el canal de datos.

El proyecto cuenta con módulos inalámbricos que elude el conectar cables para la transferencia de información y se comprobó que la

comunicación es segura y estable hasta unos cinco metros de distancia con obstáculos para conectarse a una red de datos inalámbrica, con respecto a una red celular pues no tiene limitaciones de conexión siempre y cuando se tenga señal celular en este caso de claro por el sector.

#### **4.2. Recomendaciones:**

Se recomienda utilizar equipos para protección eléctrica, filtros y seguridades para los enlaces, para que los datos de transferencia no se afecten.

Como líneas futuras se puede integrar una cámara de video vigilancia para visualizar o interactuar con este dispositivo desde una aplicación móvil.

Se recomienda incorporar sistemas de control, para obtener un sistema integral realimentado que permita automatizar el invernadero en algunas funciones importantes como por ejemplo el control de riego con lo que se garantiza tener la humedad precisa.

Se recomienda un plan de capacitación para las personas que estén a cargo del invernadero, cuando entre en funcionamiento y producción, ya que no están familiarizados con este tipo de procesos con el objetivo de obtener mayores beneficios con la utilización de esta tecnología.

## BIBLIOGRAFIA

- Tutorials Point. (2015). *https://www.tutorialspoint.com*. Obtenido de [https://www.tutorialspoint.com/embedded\\_systems/embedded\\_systems\\_tutorial.pdf](https://www.tutorialspoint.com/embedded_systems/embedded_systems_tutorial.pdf)
- Anoro, J. M. (2010-2011). *tecnologia industrial II*. IES Santa Maria.
- Arduino. (2016). *www.arduino.cc*. Obtenido de [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc)
- Arriarán, S. s. (2015). *Todo sobre sistemas embebidos*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).
- Banzi, M. (2011). *Getting Started with Arduino*. Published by Make:Books, an imprint of Maker Media.
- Brown, J. (23 de agosto de 2011). *Machine 2 Machine - Internet of Things - Real World Internet*. Obtenido de slideshare: <http://www.slideshare.net/jackebrown/machine-2-machine-internet-of-things-real-world-internet-8996257>
- Cactus. (2016). *http://cactus.io*. Obtenido de <http://cactus.io/projects/weather/arduino-weather-station-davis-anemometer>
- Cardona, A. (3 de 10 de 2016). *SERTRANS*. Obtenido de <http://www.sertrans.es/trasporte-terrestre/el-transporte-de-alimentos-y-la-cadena-de-frio-2/>
- Chacón, R. C. (2014). *Control domótico de temperatura mediante Arduino UNO*. Cataluña: UOC Universidad Abierta de Cataluña.
- Chen, M., Wan, J., & Li, F. (28 de febrero de 2012). *Machine-to-Machine Communications: Architectures, Standards and Applications*. Obtenido de

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.725.8748&rep=rep1&type=pdf>

Creus., A. (2011). El ejemplo de control de la temperatura ambiente en función de la temperatura exterior. En A. Creus., *Instrumentación Industrial*. (págs. pag 528-9 pag. 491). Atecyr.: Transfer function en PlanetMath.

Dictionary, C. (2 de 5 de 2016). *Cambridge University Press*. Obtenido de Cambridge University Press:

<http://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/embedded-system>

Dominguez, A. C. (2003). *Sistema de control de Temperatura a través de Arduino y la tecnología GPRS/GSM*. Madrid: UPM Universidad Politécnica de Madrid.

Dominguez, A. C. (2003). *Sistema para el control de la temperatura basado en la plataforma Arduino y la tecnología GPRS/GSM*. Madrid: UPM Universidad Politécnica de Madrid.

Emilio, D. P. (2015). *Embedded Systems Design for high-speed data acquisition*.

Obtenido de Springer: <http://www.springer.com/la/book/9783319068640>

Fischmeister, S. (2015). *Introduction to Programming Embedded Systems*.

Pennsylvania: Department of Computer and Information Science

UNIVERSITY OF PENNSYLVANIA.

Francisco Rodríguez Díaz, M. B. (2005). *Control y robótica en agricultura*. Almería:

Universidad Almería.

Gruber, V., Schaeffer, L., Restivo, M. T., & Castelan, J. (2012). DATA

ACQUISITION SYSTEM AND REMOTE MONITORING BASED IN

CELLULAR NETWORK FOR MANAGMENT OF BRAKE PAD WASTE

AND WIND POWER TOWER VIBRATION.

- Hamblen, J. O. (2007). *INTRODUCTION TO EMBEDDED SYSTEMS USING WINDOWS EMBEDDED CE* . Georgia Institute of Technology and James O. Hamblen .
- Ieshuelin. (01 de 05 de 2010). <http://ieshuelin.com/>. Recuperado el 5 de enero de 2017, de <http://ieshuelin.com/>:  
<http://ieshuelin.com/huelinwp/download/Tecnologia/Tecnologia%20industria%201/3-SISTEMAS-DE-CONTROL-AUTOMATICO.pdf>
- INEN. (2016). *Servicio Ecuatoriano de normalización* . Obtenido de <http://www.normalizacion.gob.ec/>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización . (2014). <http://www.normalizacion.gob.ec/>. Obtenido de [http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/02/nte\\_inen\\_2917.pdf](http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/02/nte_inen_2917.pdf)
- Instructables. (2016). <http://www.instructables.com>. Obtenido de <http://www.instructables.com/id/Arduino-Rain-Gauge-Calibration/>
- Jain, P. (03 de 01 de 2012). *engineersgarage*. Obtenido de engineersgarage: <http://www.engineersgarage.com/articles/embedded-systems>
- Kamal, R. (2014). *Embedded Systems: Architecture, Programming and Design* . McGraw Hill Education.
- Kuo, B. C. (2012). *Sistemas de Control Automático*. Mexico: Pearson Educación.,
- La Anunciata Ikerketa Mintegia. (2017). <http://www.laanunciataikerketa.com/>. Obtenido de <http://www.laanunciataikerketa.com/trabajos/eguraldia/pluviometro.pdf>
- Lee, E. A., & Seshia, S. A. (2011). *Introduction to Embedded Systems - A Cyber-Physical Systems Approach*. LeeSeshia.org.
- M. Anjanappa, K. D. (2002). *Sensors and Actuators*. CRC Press LLC.

Ministerio de Salud Pública. (22 de Julio de 1998). <http://instituciones.msp.gob.ec/>.

Obtenido de

[http://instituciones.msp.gob.ec/dps/santo\\_domingo/images/stories/reglamento\\_de\\_alimentos.pdf](http://instituciones.msp.gob.ec/dps/santo_domingo/images/stories/reglamento_de_alimentos.pdf)

Miñarro, B. Ú. (2009). <http://ocw.um.es>. Obtenido de

<http://ocw.um.es/ingenierias/sistemas-embebidos/material-de-clase-1/ssee-t02.pdf>

Murray, K. J. (2008). *Feedback Systems: An Introduction for Scientists and Engineers*. Princeton University Press.: ISBN 0691135762.

Navarro, M. Á. (2012). *Arduino based acquisition system for control applications*. Cataluña: Universidad Politecnica de Cataluña.

Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura FAO. (s.f.). *Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas*. Depósitos documentos de la FAO.

Pindado, S., Cubas, J., & Sorribes-Palmer, F. (2014). The Cup Anemometer, a Fundamental Meteorological Instrument for the Wind Energy Industry. Research at the IDR/UPM Institute . *Sensors*, 18-52.

Queclink soluciones inalámbricas. (2014). <http://www.queclink.com/es/GV300>.

Rouse, M., R. R., S. S., & A. E. (Diciembre de 2016). *internetofthingsagenda*.

Obtenido de internetofthingsagenda:

<http://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/embedded-system>

S., William. (1996). *The Control Handbook*. New York: CRC Press. ISBN 978-0-849-38570-4.

Santillán Meneses, G. E., & Haro Cuadrado, D. L. (2016). *Tesis - Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones*. Obtenido de Repositorio Digital de la

Universidad Nacional de Chimborazo:

<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/574>

saylor academic. (2016). *saylor academic*. Obtenido de

<https://www.saylor.org/site/wp-content/uploads/2011/04/Anemometer.pdf>

Servicios al Exportador siicex. (2015). *Guia de requisitos de acceso de Alimentos a los Estados Unidos*. Lima: Prom Perú.

SIICEX Sistema Integrado de Información de Comercio. (2015). *SIICEX*. Obtenido de

<http://www.siicex.gob.pe/siicex/documentosportal/1025163015radB52B3.pdf>

Strangeways, I. (2010). A History of rain gauges. *TerraData*.

UNED departamento de ingeniería eléctrica, electrónica y de control. (2009).

<http://www.ieec.uned.es>. Obtenido de

[http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion\\_de\\_referencia\\_ISE5\\_3\\_1.pdf](http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE5_3_1.pdf)

## **ANEXOS**

**ANEXO A - FOTOGRAFIA DEL PROTOTIPO DEL SISTEMA EMBEBIDO**





## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **ISRAEL JOSUE, PIZARRO LINDAO** con C.C: #0924615354 autor del Trabajo de Titulación: **DISEÑO DE UN SISTEMA EMBEBIDO PARA EL MONITOREO REMOTO DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES EN UN INVERNADERO** previo a la obtención del título de **INGENIERO ELECTRONICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 7 de septiembre de 2017

f. \_\_\_\_\_

Nombre: ISRAEL JOSUE, PIZARRO LINDAO

C.C: 0924615354

## **REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

### **FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN**

<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	Diseño de un sistema embebido para el monitoreo remoto de las condiciones ambientales en un invernadero		
<b>AUTOR(ES)</b>	Israel Josue Pizarro Lindao		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Ing Miguel Armando Heras Sanchez, M. Sc.		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería Electrónica en control y automatismo		
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero en Telecomunicaciones		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	7 de septiembre del 2017	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	74
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Electrónica y automatización industrial		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Sistema embebido, arduino, datos meteorológicos.		
<b>RESUMEN/ABSTRACT</b> (150-250 palabras): Este trabajo llamado Diseño de un sistema embebido, para el monitoreo remoto de las condiciones ambientales en un invernadero fue considerado oportuno realizarlo ya que en la actualidad el calentamiento global está generando cambios inesperados en el clima que perjudica a los cultivos, de tal forma que este proyecto tiene como objetivo principal diseñar un prototipo de sistema embebido que ayude a capturar datos meteorológicos y los muestre a través de una plataforma web y dispositivos móviles, que indique e informe las condiciones ambientales actuales para la toma de decisiones en el invernadero ya sea de forma automatizada o manual, entre los principales enfoques teóricos están los sistemas embebidos definición, estructura y características, la plataforma arduino su hardware y software, los sistemas de comunicación utilizados, sensores y actuadores, la metodología usada es investigativa exploratoria ya que se aborda el comportamiento de las comunicaciones, entre las conclusiones se ha obtenido los objetivos esto es que los datos climáticos son capturados y mostrados en una plataforma web, también se puede indicar que se ha aprendido el lenguaje de programación arduino y c++ y finalmente se puede concluir que los módulos inalámbricos usados evitan la acumulación de cables para la transferencia de datos.			
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono</b> +593-99-973-5434	E-mail: israelpizarrol@hotmail.com	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE</b>	<b>Nombre: Miguel Armando Heras Sanchez</b>		
	<b>Teléfono: 0997479664</b>		
	<b>E-mail: miguelheras_ie@hotmail.es</b>		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			