



FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

DISEÑO DE UNA RED WSN PARA EL MONITOREO ÓPTIMO DE  
PERSONAS EN EL HOSPITAL EUGENIO ESPEJO DE QUITO

Trabajo de titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos  
para optar por el título de Tecnólogo en Redes y Telecomunicaciones

Profesor guía

Ing. Patricio Rodrigo Arellano Vargas

Autor

Mauricio Esteban Tumbaco Gualoto

Año

2017

## DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

Declaro haber dirigido este trabajo, diseño de una red WSN para el monitoreo óptimo de personas en el hospital Eugenio Espejo de Quito, a través de reuniones periódicas con el estudiante, Mauricio Esteban Tumbaco Gualoto, en el semestre 2017-3, 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.

---

Ing. Patricio Rodrigo Arellano Vargas

C.I. 1706996442

## DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

Declaro haber revisado este trabajo, diseño de una red WSN para el monitoreo óptimo de personas en el hospital Eugenio Espejo de Quito, del estudiante Mauricio Esteban Tumbaco Gualoto, en el semestre 2017-3, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.

---

Ing. Fabian Wladimiro Basantes Moreno

C.I. 1709767667

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

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

---

Mauricio Esteban Tumbaco Gualoto

CI.172372775-4

## AGRADECIMIENTOS

A todas las personas que me dieron su mano cuando más lo necesitaba en especial a todos mis amigos, son muy importantes en este momento.

## DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios por todas sus bendiciones, a mi familia que me apoyó desde el inicio en toda mi carrera y en especial al Ing. Patricio Arellano por su paciencia y guía en este proyecto y tesis.

## RESUMEN

Las redes inalámbricas son un área de desarrollo para distintos tipos de trabajo, en este caso se piensa en nuevas formas de ayudar al ser humano y simplificar sus labores.

La investigación que debe llevar este tema es muy compleja y extensa ya que tanto el área y las aplicaciones en los cuales se puede trabajar con las mismas son muy amplias, estas áreas tienen un desarrollo significativo por su facilidad y bajo costo en comparación con otros dispositivos.

Nuestra área fue la medicina, que en el país va evolucionando a paso lento en su desarrollo o mejora, el proyecto simplifica algunas funciones que son repetitivas y que por ese proceso se pueden volver caóticas con datos falsos o mal archivados.

La facilidad de las redes para tener servidores gratuitos y sin límites de almacenamiento hacen que el trabajo de archivar o guardar los mismos pueda ser más rápido, ya que eso es una actividad necesaria en un hospital o centro médico.

Además, el proyecto fue hecho pensando en el medio ambiente al reemplazar el papel que se usa a diario por un registro normal y veloz, como en cualquier página web.

## **ABSTRACT**

Wireless networks are a development area for types of work, in this case we think of new ways to help the human being and simplify their work.

The research that must carry out this subject is very complex and extensive, that both the area and the applications in which it is possible to work with the same ones are very broad, these areas have a significant development by its facility and low cost in comparison with other devices.

Our area was medicine, which in the country evolving at a slower pace in its development or improvement, the project simplifies some functions that are repetitive and that by that process can fall back into situations with false or poorly archived data.

The ease of networking to access them and no storage limits that require the work of archiving or storing objects may be faster, as that is a necessary activity in a hospital or medical center.

In addition, the project is made with the environment in mind to replace the paper that is used in a newspaper by a normal and fast record, as in any web page.



## INDICE

Capítulo I.....	4
1.1 Signos vitales .....	4
1.2 Temperatura.....	5
Capítulo II.....	7
2.1 Diseño del dispositivo.....	7
2.1.1 Elementos electrónicos .....	8
2.2 Arduino .....	8
2.3 Arduino Mega .....	9
2.4 Alimentación.....	10
2.5 Programación .....	10
2.6 Sensor cardiaco.....	11
2.6.1 Módulo Esp 8266.....	11
2.7 Wifi .....	12
2.8 ThingSpeak.....	14
Capítulo III.....	15
3.1 Diseño.....	15
3.2 Configuración wifi .....	16
3.3 Configuración Arduino .....	18
Capítulo IV .....	21
4.1 Pruebas .....	21
4.2 Ritmo cardiaco.....	22
4.3 Medidor de Temperatura .....	24
5 Capítulo V.....	27
5.1 Conclusiones .....	27
5.2 Recomendaciones .....	28
REFERENCIAS .....	30
ANEXOS.....	32

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sensor LM35 de temperatura. Tomado de electrónica T-bem .....	7
Figura 2. Logo Arduino, tomada de página oficial de Arduino .....	8
Figura 3. Datasheet Arduino Mega, tomada de Arduino store .....	9
Figura 4. Sensor cardíaco compatible con Arduino Mega, de Td robótica .....	10
Figura 5. Modulo Wifi, tomada de TD robótica online.....	11
Figura 6. Logo Wifi, adaptada de wifi-alliance .....	12
Figura 7. Logo de la empresa de servidores, tomada de ThingSpeak. ....	13
Figura 8. Adaptación de sensor de temperatura .....	15
Figura 9. Sensor de pulso adaptado al dedo humano.....	16
Figura 10. Módulo Arduino terminado .....	17
Figura 11. Programación Arduino, tomada de IDE Arduino Oficial.....	20
Figura 12. Ingreso plataforma virtual, tomada de página oficial mathlabs.....	21
Figura 13. Primera prueba de Frecuencia Cardíaca, tomada de ThingSpeak. 22	
Figura 14. Segunda prueba de Frecuencia Cardíaca tomada de ThingSpeak 23	
Figura 15. Tercera prueba de Frecuencia Cardíaca, tomada de ThingSpeak. 23	
Figura 16. Primera prueba de Temperatura, tomada de ThingSpeak .....	24
Figura 17. Segunda prueba de Temperatura, tomada de ThingSpeak .....	25
Figura 18. Tercera prueba de Temperatura, tomada de ThingSpeak .....	25
Figura 19. Medidor de signos para pruebas.....	26

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tomado de mediclabs. ....	5
Tabla 2 Tomado de medlineplus.....	6

## Glosario

**Alimentación:** es el proceso por el cual la energía provee la fuente necesaria para el funcionamiento del dispositivo y sus elementos.

**Bluetooth:** es una forma de transmisión para redes inalámbricas de tipo área personal y trabaja mediante la banda de los 2.4 GHZ.

**Board:** placa o tarjeta electrónica impresa en la cual se conectan los dispositivos o componentes necesarios.

**Datasheet:** es una ficha u hoja de información que resume las características de un sistema o elemento.

**ECG/EKG:** es la representación gráfica de la acción eléctrica del corazón en tiempo real.

**Micro Controlador:** es un elemento electrónico que tiene como núcleo un mini cerebro de computadora con entradas y salidas de conexión.

**Network:** es una red que une, comparte y conecta distintos dispositivos y servicios.

**Router:** es un dispositivo que administra el tráfico de información por una red de computadoras.

**WSN: (Wireless Sensor Network)** Redes de sensores inalámbricos.

**Wireless:** es una comunicación inalámbrica, por medio de ondas electromagnéticas.

## Introducción

Las redes WSN están constituidas por varios dispositivos, autónomos, y distribuidos dependiendo de la necesidad, con la finalidad de que nos ayuden con el monitoreo de algo o alguna actividad específica mediante la obtención de información del entorno. La comunicación de esta red se realiza por wifi y supervisados en mayor parte por dispositivos inalámbricos, esto por comodidad, por tanto, las redes WSN son la opción a futuro más prometedora para el desarrollo de la tecnología.

La gran manipulación de este tipo de redes se da porque su área de aplicación es extensa como por ejemplo agricultura, biología, medicina, minería, seguridad, además de la posibilidad de dar acceso y control a lugares en los cuales los humanos no pueden permanecer mucho tiempo o tienen negado su ingreso.

Los factores que apoyan la acción de este tipo de redes son:

- Tiempo de vida
- Cobertura
- Costos
- Seguridad

Los sensores se diferencian entre sí por el tipo de información que reciben entre ellas la temperatura, sonido, vibración, movimientos, además que pueden ser fijo o móviles, e incluso llegar a terrenos muy extremos y cálculos imposibles para humanos como el área militar.

“Los sensores de posición detectan la fortaleza del campo magnético para determinar alineación, posición lineal y angular de un vehículo de guerra”  
([www.arrow.com](http://www.arrow.com), 2016)

## Objetivos

El objetivo de este proyecto es el desarrollo de una red inalámbrica de sensores para el monitoreo de personas en estado crítico o bajo mucha vigilancia, La misma estará compuesta de sensores tanto de temperatura como de pulso cardiaco.

La recepción de estos datos se procesará de manera inalámbrica y mediante wifi, todo se almacenará en una plataforma de libre acceso, y solo con la necesidad de registrarse, la misma monitorea los datos y los almacena, esta plataforma puede procesar los pacientes que se requieran y mantener un control cada 30 segundos y mostrar una gráfica del progreso.

La red podrá ser revisada por los galenos en cualquier parte del mundo y a la hora necesaria, su ventaja principal es la portabilidad tanto de revisión como en que dispositivos usarla.

Como finalidad el dispositivo esta creado para mejorar la calidad de servicio y atención de las personas en cualquier estado, mejorando la atención y remodelando varias áreas como archivo, catapultando una optimización en el uso de datos e información para cualquier tratamiento o procedimiento quirúrgico.

# Capítulo I

## 1.1 Signos vitales

Los signos vitales son indicadores fisiológicos del estado de una persona, que se usan en gran parte en el área de la salud por médicos, estos signos son importantes para el desarrollo de una teoría sobre enfermedades o condiciones adversas.

“Expresan de manera inmediata los cambios funcionales que suceden en el organismo, cambios que de otra manera no podrían ser cualificados ni cuantificados”. (Aguayo, pág. 1)

Los signos vitales son evaluados sobre medidas ya establecidas y que se diferencian por la edad del individuo a tratar, generalmente se los toma como referencia sobre un estado de salud para futuras intervenciones o tratamientos detallados.

Los cuatro principales signos vitales son:

- Frecuencia cardíaca, que se mide por el pulso, en latidos/minuto.
- Frecuencia respiratoria.
- Tensión (presión) arterial.
- Temperatura.

El proyecto aborda el estudio de frecuencia cardíaca y temperatura corporal, los cuales serán detallados a continuación:

### Frecuencia cardíaca

La frecuencia es un indicador que nos muestra el número de latidos que produce el corazón por minuto, esto sucede porque el corazón envía sangre desde las venas hasta el sistema arterial.

## Tabla 1

### Valor de pulsaciones

<b>HOMBRES:</b> VALORES DE REFERENCIA PULSACIONES EN REPOSO POR MINUTO				
EDAD (AÑOS)	INADECUADO (PPM)	NORMAL (PPM)	BUENO (PPM)	EXCELENTE (PPM)
20 - 29	86 o más	70 - 84	62 - 68	60 o menos
30 - 39	86 o más	72 - 84	64 - 70	62 o menos
40 - 49	90 o más	74 - 88	66 - 72	64 o menos
50 o más	90 o más	76 - 88	68 - 74	66 o menos

<b>MUJERES:</b> VALORES DE REFERENCIA PULSACIONES EN REPOSO POR MINUTO				
EDAD (AÑOS)	INADECUADO (PPM)	NORMAL (PPM)	BUENO (PPM)	EXCELENTE (PPM)
20 - 29	96 o más	78 - 94	72 - 76	70 o menos
30 - 39	98 o más	80 - 96	72 - 78	70 o menos
40 - 49	100 o más	80 - 98	74 - 78	72 o menos
50 o más	104 o más	84 - 102	76 - 82	74 o menos

Tomado de medicslabs.

## 1.2 Temperatura

La temperatura es un indicador del cuerpo humano y es un equilibrio entre el calor y el frío, el cual varía dependiendo de algunos factores como, alimentación, estrés, cambios de ánimo y la edad del paciente, las mediciones correctas se realizan entre las 6 AM y 6 PM, véase en Anexo 1.

Existen 3 métodos de toma de temperatura, el proyecto contempla el método axilar, esta manera es la más adecuada para ancianos y bebés, evitando problemas bucales o personas con problemas respiratorios.



Tabla 2

LUGAR	VALOR NORMAL	RANGO NORMAL	TIEMPO MINIMO
Axilar - Inguinal	36,5 °C	36,2 - 36,8 °C	5'- 7' (Min.)
Oral	37, °C	36,7 - 37,3 °C	3'- 5' (Min.)
Oidal	37,3 °C	37, - 37,9 °C	1" (Seg.)
Rectal - Vaginal	37,5 °C	37,2 - 37,8 °C	1'- 3' (Min.)
Frontal	37, °C	36, - 38, °C	15" (Seg.)

Tomado de medlineplus.

Los médicos reconocen que existe algunos signos adicionales según algunas investigaciones, estos son el dolor, la altimetría de pulso y a reacción de las pupilas de los ojos, son condiciones que enfrentan a los médicos entre si son reales o solo síntomas de una enfermedad.

Estos signos son monitoreados por diferentes medidores según se necesiten en el lugar de salud, pueden ser de mediciones normales o mezcladas, como los pulsioxímetros que muestra gráficos más adecuados, dependiendo el área se puede determinar los dispositivos que se necesiten, entre los más comunes están:

- Monitores de tipo ECG y EKG
- Monitores de presión
- Pulsioxímetro
- Sensores de temperatura
- Monitores generales

## Capítulo II

### 2.1 Diseño del dispositivo

En este tramo del documento se hará una explicación de que diseño se usara para el desarrollo del proyecto, y nos muestra los componentes electrónicos que se utilizaron para la creación de este dispositivo, referencias, y modo de construcción y método de envío de datos.

La tecnología a usarse evita el papeleo y muestra un control general tiempo, además de un almacenamiento de datos para revisión desde cualquier dispositivo y en cualquier lugar.

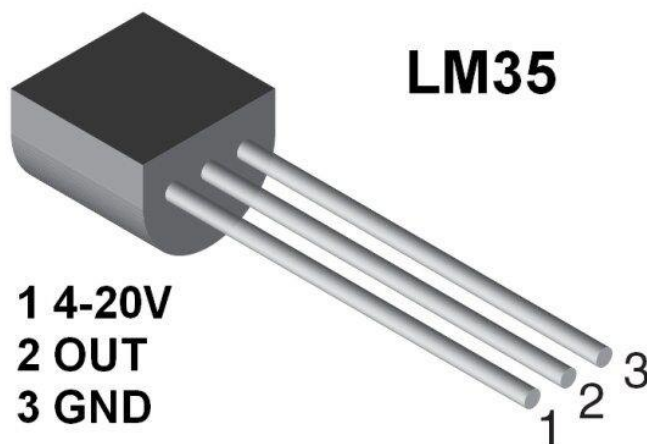


Figura 1. Sensor LM35 de temperatura. Tomado de electrónica T-bem

### 2.1.1 Elementos electrónicos

Este dispositivo es un sensor de temperatura analógico que tiene una calibración más/menos 1 grado centígrado, la medición que proporciona va desde los -55 grados C hasta los 150 grados C.

Es un elemento apto para dispositivos con aplicaciones o páginas remotas, ya que se puede conectar a un conversor analógico/digital y tratar la medida además de almacenarla en un controlador compatible.

#### Características

Medición en grados centígrados

Costo bajo

Baja impedancia



Figura 2. Logo Arduino. Tomado de página oficial de Arduino

## 2.2 Arduino

Este dispositivo es una board que se creó con especificaciones básicas de los microcontroladores Atmega328, contiene 14 pines de entrada y salida, con una

función PWN en cuatro de ellos, su conexión es de tipo USB hembra, más un Jack para la fuente de poder y un botón reset.

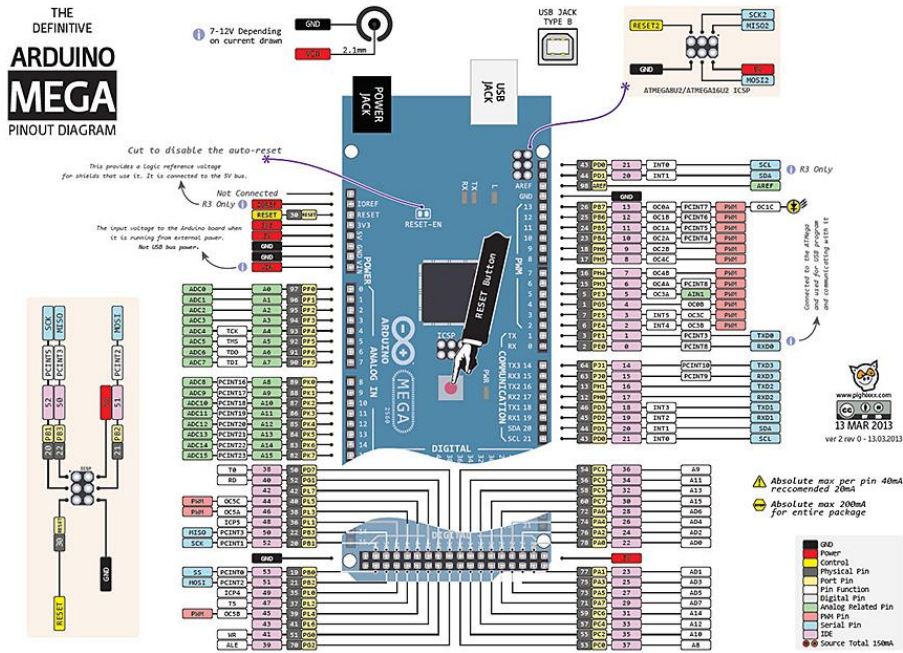


Figura 3. Datasheet Arduino Mega. Tomada de Arduino store

### 2.3 Arduino Mega

Características

54 pines digitales.

16 pines digitales

Controlador ATmega2560

Voltaje: 5V

Memoria flash 256 KB

## 2.4 Alimentación

Los Arduino Mega pueden ser alimentados a través de una conexión USB o con una fuente de energía externa, AC-DC, además de baterías en rango de 7V hasta máximo 12V.

## 2.5 Programación

Los Arduino tiene una plataforma y ambiente propia de programación, esta se descarga de la página oficial de Arduino, se selecciona la opción Arduino Mega en herramientas o de acuerdo al tipo de microcontrolador que se use. Tienen un programa de arranque precargado y con una memoria tipo flash, esto quiere decir que se guardara cualquier cambio y funcionara de esa manera almacenado. La ventaja de este dispositivo es que abarca más funciones y compatibilidad con diferentes elementos de conexión, dando de baja a su anterior versión un Arduino uno, véase en Anexo 2.



Figura 4. Sensor cardíaco compatible con Arduino Mega. Tomado de Td robótica online

## 2.6 Sensor cardiaco

Este sensor de pulso es un elemento de Plug and Play compatible con Arduino, es de tipo óptico, contiene un filtro para el ruido lo que hace un dispositivo confiable.

Está constituida por un led emisor y un sensor receptor, la cantidad de luz reflejada por el dedo cuando pasa la sangre activa el sensor que nos da la medición necesitada.

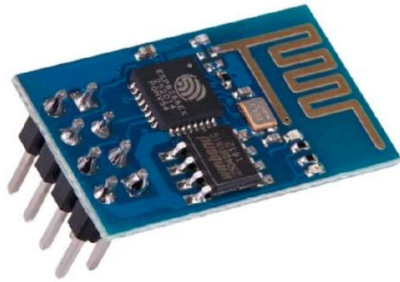


Figura 5. Modulo Wifi. Tomado de TD robótica online

### 2.6.1 Módulo Esp 8266

El dispositivo ESP8266 tiene 16 pines GPIO, tiene un bajo consumo de energía, y compatible con Arduino, por tanto, su finalidad es dar conexión a cualquier microcontrolador a una red, luego que lo programamos para que se conecte a nuestro WIFI, el módulo es capaz de enviar información que le remitimos vía la puerta serie a una dirección IP y puerto que deseemos.

Características

Protocolos soportados: 802.11 b/g/n

Wi-Fi Direct (P2p), Soft Access Point

PLL, reguladores y unidades de manejo de energía integrados

Potencia de salida: +19.5dBm en modo 802.11b

Wi-Fi 2.4 GHz, soporta WPA/WPA2

Tamaño ultra reducido (11.5mm x 11.5mm)

Convertor analógico a digital de 10-bit



Figura 6. Logo Wifi. tomado de wifi-alliance

## 2.7 Wifi

Es la tecnología inalámbrica más conocida de este tiempo, que interconecta internet con diferentes tipos de dispositivos, (tabletas, pc, smartphones, celulares), funciona mediante el uso de radiofrecuencias y en algunos casos infrarrojos.

Wifi es la abreviación de Wireless Fidelity, en español fidelidad sin cables, y es la solución tecnológica que tiene estándares para sus diferentes usos, y son basados en el IEEE 802.11, asegurando una conexión entre los equipos que funcionen bajo esta normativa.

La conexión inalámbrica es necesaria para desaparecer los cables ya que aparte de molestos es una tecnología cara, necesita de un router conectado a internet y dotado de una antena para que se distribuya esta señal de manera inalámbrica de un radio específico de alcance.

## Características

Reducción de cableado por tanto provoca una fácil instalación.

Al utilizar un medio no guiado podemos llegar a lugares que un cableado no puede permanecer o arribar.

Permite conectarse de un punto de acceso próximo hacia internet.

Máximo alcance en compatibilidad de dispositivos.

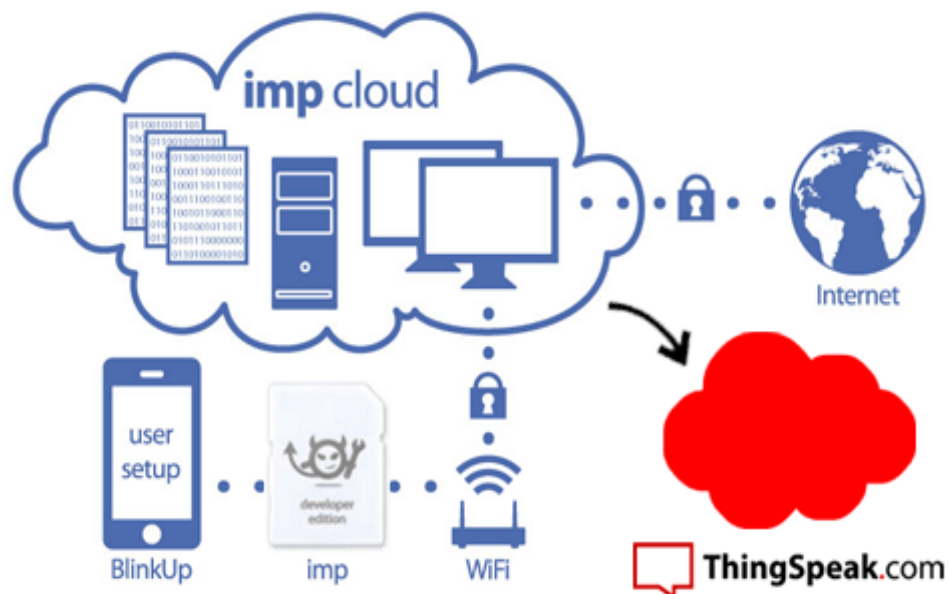


Figura 7. Logo de la empresa de servidores gratuitos. Tomado de la página oficial de ThingSpeak.



## 2.8 ThingSpeak

Esta solución es la encargada de tipo libre y abierta para la interconexión de productos y servicios del área conocida en la tecnología como el internet de las cosas.

Es una API específica para el manejo de datos, esto quiere decir que su trabajo primario es recopilar, almacenar, analizar y visualizar la información arrojada por los sensores usados, además, el almacenamiento de la información que proporcionen los dispositivos se realiza mediante una API para almacenar y recuperar datos usando HTTP sobre internet o vía una red de Área Local

Con esta plataforma se reúne la información que dan los sensores y se almacena en un servidor privado, esto funciona con un usuario y contraseña, que, aplicándolo al proyecto en sí, se asignaría un usuario al número de cama del paciente.

El punto fuerte de esta API es que es de código abierto, por tanto, podemos descargarla y utilizarla en nuestros proyectos como necesitemos. El tiempo de actualización de la misma es de 15 segundos, esta aplicación es desarrollada en colaboración con *Mathworks*, por tanto, los resultados se visualizan en Matlab, y en sus especificaciones se visualiza su compatibilidad con Arduino, véase en Anexo 3.

## Capítulo III

### 3.1 Diseño

El proyecto inicia con la obtención de cada dispositivo que se mencionó antes.

El Sensor LM35 se conectó de una manera en la cual se posiciona en la axila del paciente.

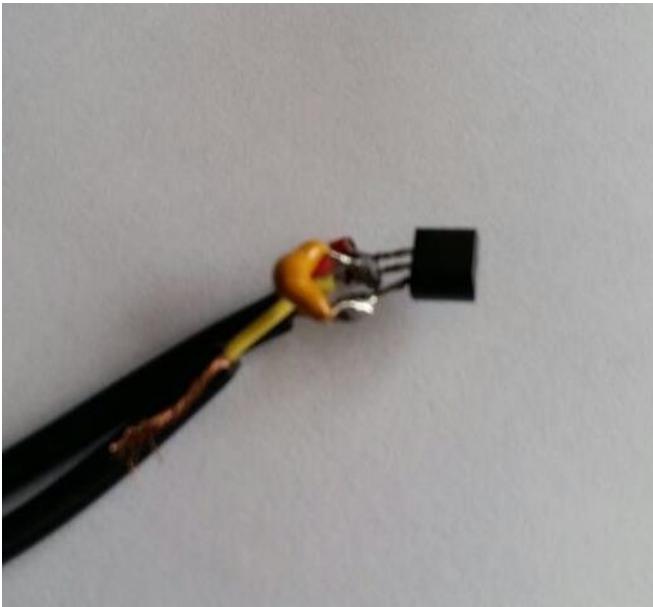


Figura 8. Adaptación de sensor de temperatura

El sensor de pulso cardiaco se lo adecuó junto a un tubo plástico para mayor estabilidad del dedo.

Nuestro modulo wifi solo debe ser configurado para reconocer la red seleccionada, y que pueda trabajar enlazado.



Figura 9. Sensor de pulso adaptado al dedo humano

### 3.2 Configuración wifi

Para cambiar velocidad AT+CIOBAUD=9600

Versión AT+GMR

Modo de trabajo AT+CWMODE?

Grabar en modo 3 AT+CWMODE=3

Buscar wifi AT+CWLAP

Conectar a red wifi 7.

AT+CWJAP="Claro\_HERRERA0007716776","EDUARD81776856482223"

Para que soporte múltiples conexiones AT+CIPMUX=1

Que funcione como servidor por puerto 80 AT+CIPSERVER=1,80

Ver qué dirección IP asignó AT+CIFSR

Abrir navegador y digitar dirección "192.168.0.5:80" debe salir datos en monitor serial

En la dirección del navegador podemos enviar datos con "192.168.0.5:80/holamundo"

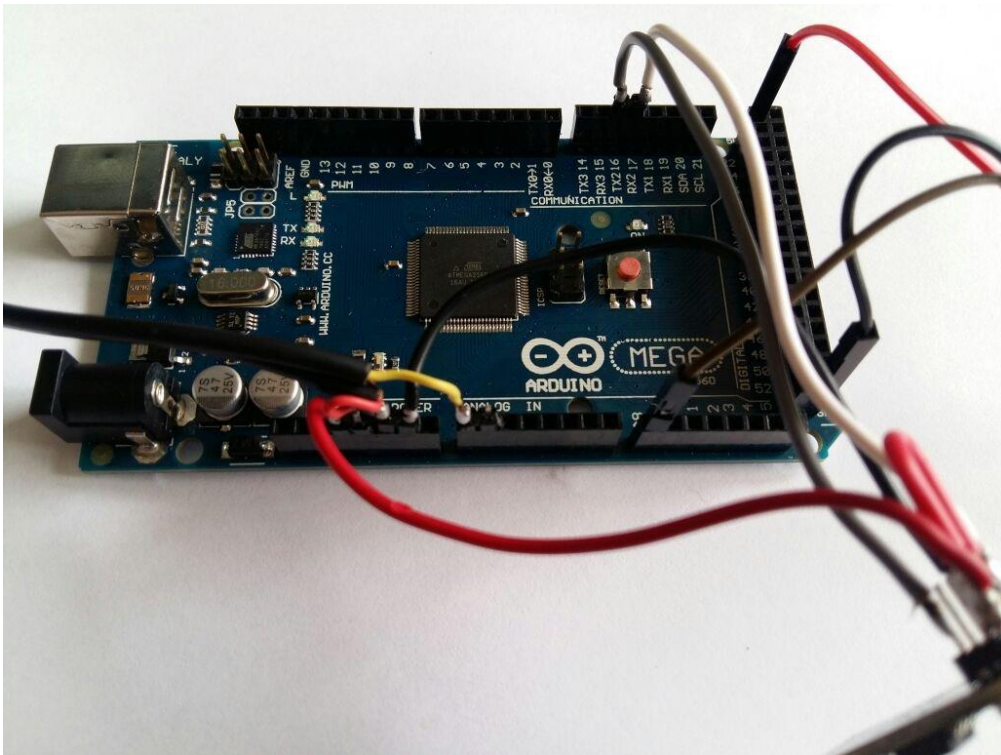


Figura 10. Módulo Arduino terminado

El dispositivo tiene una alimentación eléctrica que va desde cualquier conexión de pared o similares, al tener en cuenta casos adversos como cortes de luz, en principio el dispositivo se creó basado en que no existen errores o problemas de ese tipo en áreas complicadas como terapia intensiva, lugar más adecuado para su funcionamiento. Este problema es una falencia notoria en el dispositivo, ya que quedaría muerto en ese caso extremo o si se lo implementa en áreas no tan supervisadas.

La solución para este tipo de problemas es la colocación de una batería interna propia del dispositivo, y así añadir una ventaja más de este tipo de conexiones que menciona que las baterías son de larga duración, esto haría que el dispositivo se vuelva más universal porque no necesitaría estar atado a un enchufe o destinado a pacientes en estado crítico, podría maximizarse su disponibilidad, así como su aplicación.

Las baterías de este tipo siguen siendo de bajo costo manteniendo su otra ventaja que es su bajo costo, la modificación correcta y necesaria sería la estructura del dispositivo para adaptarla a una nueva fuente de energía.

### **3.3 Configuración Arduino**

La configuración de este dispositivo se lleva a cabo con los conocimientos adquiridos en las clases de programación y basados en esa lógica se puede realizar el siguiente procedimiento.

“Las conexiones para cada orden son ejecutadas en base a algoritmos, “un algoritmo es una secuencia ordenada de pasos libres de ambigüedades que tienen una solución en un tiempo determinado” (Granizo, 2000, pág. 1)

```

|//Modificado para placa arduino MEGA Y modulo wifi negro

#include <SoftwareSerial.h>
#include <stdlib.h>

//on/off sensor 1
int sensor1=6;
int sensor2=7;

int sensor1State=0;
int sensor2State=0;

// Variables
int PulseSensorPurplePin = A8;          // Pulse Sensor PURPLE WIRE connected to ANALOG PIN 0
int LED13 = 13;    // The on-board Arduion LED
int Signal;          // holds the incoming raw data. Signal value can range from 0-1024
int Threshold = 550;      // Determine which Signal to "count as a beat", and which to ignore.
int dato=0;
int BPM;
int dat=0;

// replace with your channel's thingspeak API key
String apiKey = "BGVOJ20L305WZJX0";

SoftwareSerial serial2(17,16);//Declaramos el pin 17 rx y 16 tx

int i=1;
const int sensorPin= A0;

// this runs once
void setup() {
  // initialize the sensor at 7th pin as an input.
  pinMode(sensor1,INPUT);
  pinMode(sensor2,INPUT);

  // enable debug serial
  Serial.begin(9600);
  // enable software serial
  Serial2.begin(115200);//Iniciamos el puerto serie del gps

  // reset ESP8266
  //Serial2.println("AT+RST");
  pinMode(LED13,OUTPUT);
}

// the loop
void loop() {
  //reading the state of sensor1
  //sensor1State = digitalRead(sensor1);
  //sensor2State = digitalRead(sensor2);
  temperatura();

  cardiaco();

  String state1=String(sensor1State);
  String state2=String(sensor2State);

```

```

// TCP connection
String cmd = "AT+CIPSTART=\"TCP\", \"";
cmd += "184.106.153.149"; // api.thingspeak.com
cmd += "\",80";
Serial2.println(cmd);
Serial.println(cmd);

if(Serial2.find("Error")){
  Serial.println("AT+CIPSTART error");
  // prepare GET string
  String getStr = "GET /update?api_key=";
  getStr += apiKey;
  /*if(i==0)
  {
    Serial.println("1");
    getStr += "sfield1=";
    getStr += String(state1);
    i++;
  }
  else if(i==1)
  {Serial.println("2");
  getStr += "sfield2=";
  getStr += String(state2);
  i++;
  }
  else if(i==2)
  {
    Serial.println("3");
    getStr += "sfield3=";
    getStr += String(state3);
    i++;
  }
  else if(i==3)
  {
    Serial.println("4");
    getStr += "sfield4=";
    getStr += String(state4);
    i=0;
  }
  */
  getStr += "sfield1=";
  getStr += String(state1);
  getStr += "sfield2=";
  getStr += String(state2);

  getStr += "\r\n\r\n";

  // send data length
  cmd = "AT+CIPSEND=";
  cmd += String(getStr.length());
  Serial2.println(cmd);
  Serial.println(cmd);

  if(Serial2.find(">")){
    Serial2.print(getStr);
    Serial.print(getStr);
  }
  else{
    // alert user
    Serial.println("AT+CIPCLOSE");
  }

  // thingspeak needs 15 sec delay between updates
  delay(16000);
}

void temperatura(){
  int value = analogRead(sensorPin);
  float millivolts = (value / 1023.0) * 5000;
  float celsius = millivolts / 10;
  Serial.print(celsius);
  Serial.println(" C");
  sensor2State = celsius;
}

void cardiaco(){
  Signal = analogRead(PulseSensorPurplePin); // Read the PulseSensor's value.
                                              // Assign this value to the "Signal" variable.

  Serial.println(Signal); // Send the Signal value to Serial Plotter.

  if(Signal > Threshold){ // If the signal is above "550", then "turn-on" Arduino's on-Board LED.
    digitalWrite(LED13,HIGH);
    dato=1;
  } else {
    digitalWrite(LED13,LOW); // Else, the signal must be below "550", so "turn-off" this LED.
    dato=0;
  }
}

delay(10);

```

Figura 11. Programación Arduino. Tomado de IDE Arduino Oficial

## Capítulo IV

### 4.1 Pruebas

Al finalizar la configuración del dispositivo procedemos a verificar su funcionamiento, primero a ingresar a la plataforma que nos permitirá la verificación de estos datos.

The screenshot shows the ThingSpeak web interface. At the top, there is a navigation bar with the ThingSpeak logo and links for Channels, Apps, Community, Support, How to Buy, Account, and Sign Out. A green notification bar indicates "Signed in successfully." Below this, the "My Channels" section features a "New Channel" button and a table with one channel entry. The channel is named "Medidor de estado de paciente" and was created on 2017-07-03, with the last update on 2017-07-13 20:15. Below the channel name are buttons for Private, Public, Settings, Sharing, API Keys, and Data Import / Export. To the right, the "Help" section provides instructions on how to collect data and create channels, along with a link to learn more about channels. Below the help section is an "Examples" section with a list of links to various hardware examples: Arduino, Arduino MKR1000, ESP8266, Raspberry Pi, and Netduino Plus.

Name	Created	Updated At
Medidor de estado de paciente <small>Private Public Settings Sharing API Keys Data Import / Export</small>	2017-07-03	2017-07-13 20:15

Figura 12. Ingreso plataforma virtual. Tomado de página oficial mathlabs

Las pruebas de pulso cardiaco las mediremos desde un inicio con el dispositivo desconectado para probar la medición en cero.



## 4.2 Ritmo cardiaco

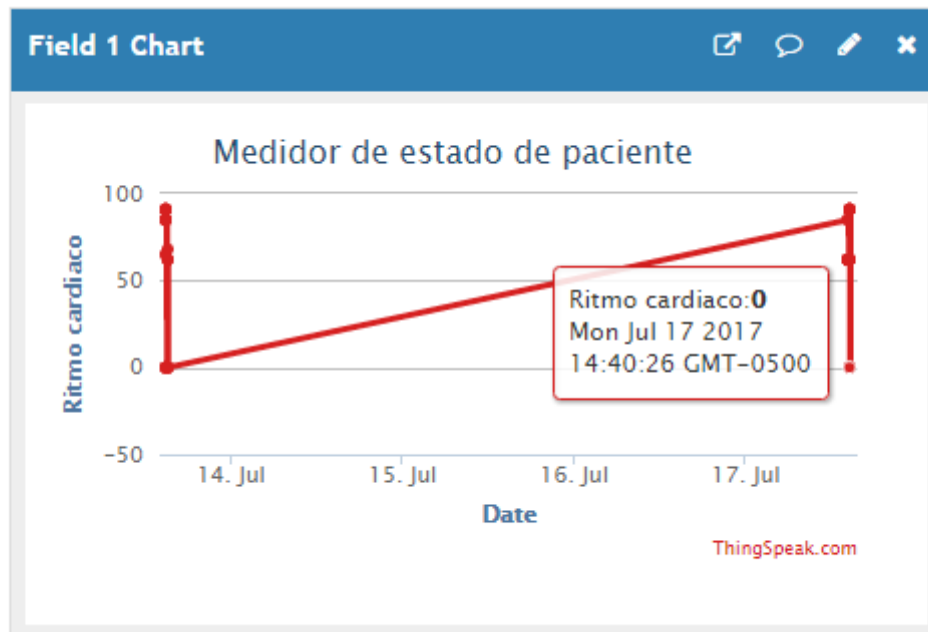


Figura 13. Primera prueba de Frecuencia Cardiaca. Tomado del modo pruebas ThingSpeak

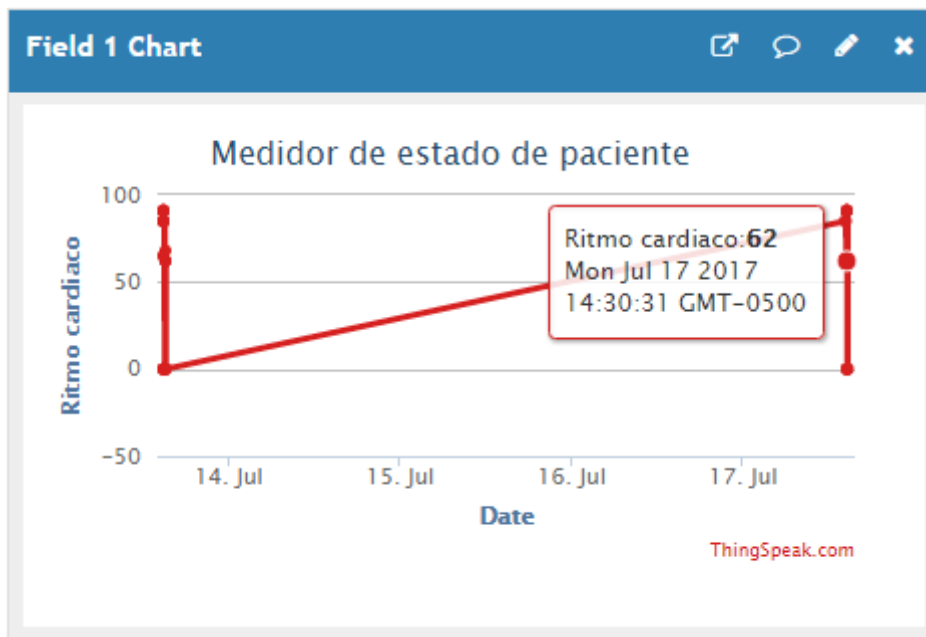


Figura 14. Segunda prueba de Frecuencia Cardiaca. Tomado del modo pruebas ThingSpeak

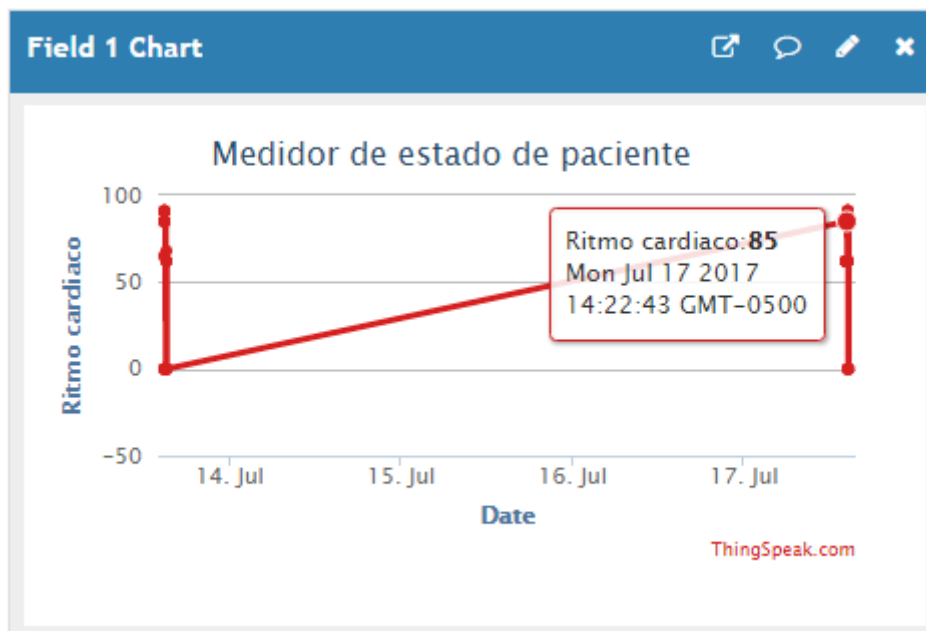


Figura 15. Tercera prueba de Frecuencia Cardiaca. Tomado del modo pruebas ThingSpeak

### 4.3 Medidor de Temperatura

En este caso el medidor iniciara desde una medida de temperatura ambiente y cambiando según el paciente.

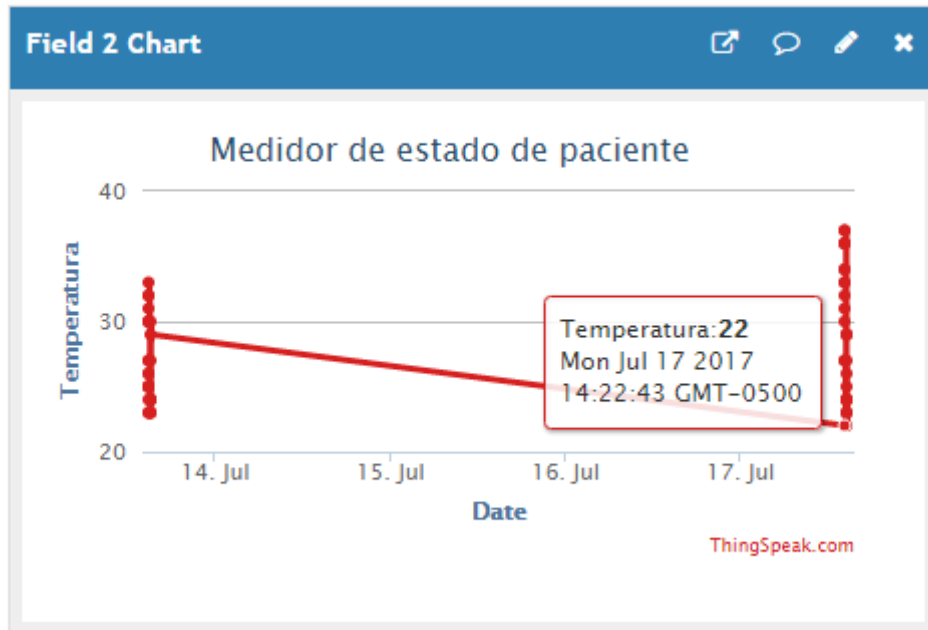


Figura 16. Primera prueba de Temperatura. Tomado del modo pruebas ThingSpeak

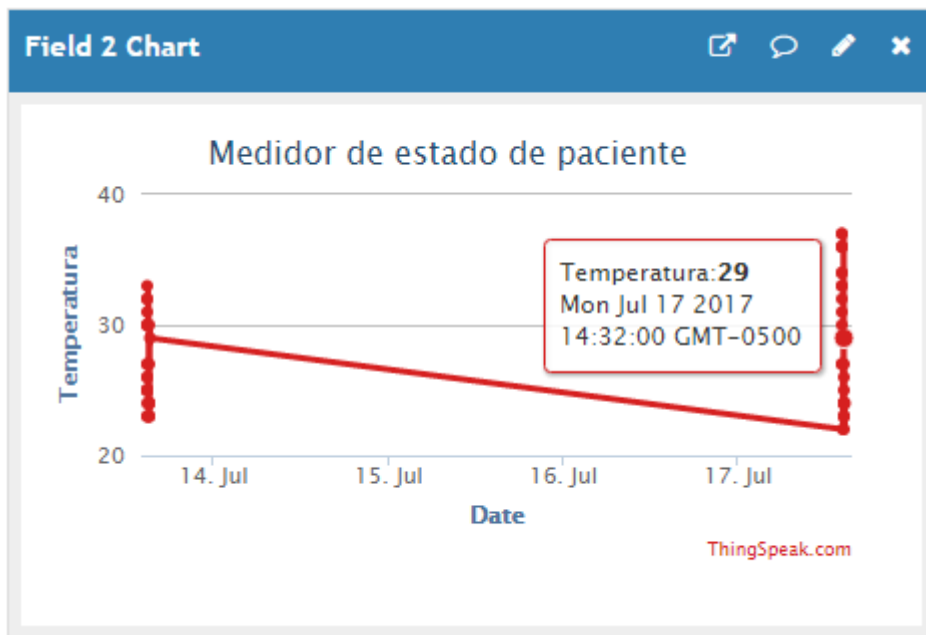


Figura 17. Segunda prueba de Temperatura. Tomado del modo pruebas ThingSpeak

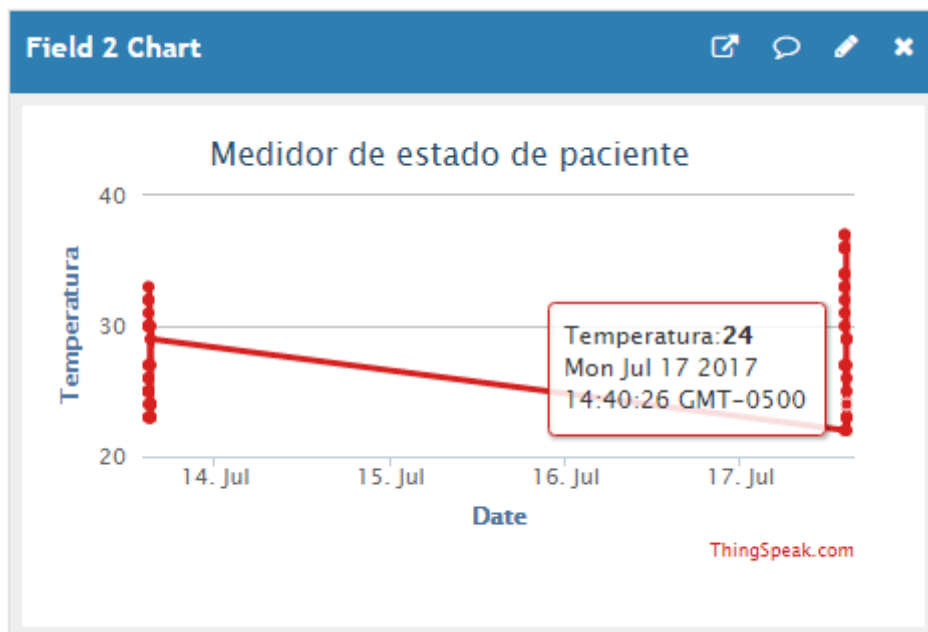


Figura 18. Tercera prueba de Temperatura. Tomado del modo pruebas ThingSpeak

El proyecto está basado en datos generales de diferentes medios de salud, y probado con medidores de signos vitales que se usan en hospitales para el control cada cierto tiempo, evaluando el dispositivo el mayor problema que podría tener en su funcionamiento es un daño en el dispositivo de haz de luz, además tiene otra medida de alerta que es la gráfica del software la cual mostraría una línea muerta como se conoce en medicina, algo que un ser humano con latidos de corazón normales no podría mostrar de ninguna manera.



Figura 19. Medidor de signos para pruebas.

## 5 Capítulo V

### 5.1 Conclusiones

- Las redes WSN pueden ser ocupadas en varios campos de trabajo, como una forma de evolución de trabajo, por este motivo son de vanguardia y trabajo a futuro, mantenido su lazo fuerte que es el precio.
- La utilización de sensores inalámbricos son la mejor opción cuando se trata de trabajos no comunes donde elementos como una pc o computadores no pueden trabajar ni recibir datos, como alturas o profundidades del mar.
- Las redes WSN son sensores inalámbricos que pueden llevar a cabo muchas tareas de control y evaluación por tanto son la mejor recomendación para mejorar cualquier trabajo físico por uno inalámbrico.
- Se realizó un gran trabajo de investigación de este tipo de dispositivos inalámbricos llegando a reconocer sus falencias y ventajas, y con el conocimiento de las mismas se pudo dar una solución al problema general.
- El uso de la plataforma *Labmaths* permitió una visualización más amigable a la vista de los resultados generales que el dispositivo marcaba en cada medida, pudiendo detectar anomalías o reportar datos preocupantes del paciente.
- Este proyecto demostró que la tecnología puede ser una ayuda muy importante en la medicina, dando datos exactos y comparables entre sí, por tanto, la información no pasa por errores humanos como una información errónea por mala letra.
- Los dispositivos electrónicos fueron elegidos por la facilidad de transmisión que se necesitaba y la comodidad tanto para pacientes como médicos, evitando papeles y molestias en diferentes horas del día.
- El proyecto ayuda al medio ambiente reemplazando archivos de papel y registros diarios por un servidor virtual que daría información a cualquier

hora del día sin importar en qué lugar se encuentre el galeno ese momento.

## 5.2 Recomendaciones

- Se recomienda una investigación en el campo de la alimentación del elemento ya que el dispositivo tendría una evolución al tener una batería extra en su interior, pudiendo monitorear a un paciente que no este delicado o en mala condición, eliminando una conexión eléctrica fija.
- Se recomienda el uso de un Arduino Mega para las conexiones con los dispositivos wifi de Módulo Esp 8266 ya que la actualización del programa de este modelo no es compatible con un Arduino de menor categoría.
- El uso de plataformas virtuales con compatibilidad de Arduino mejoró y facilitaron la visualización que resultados, ya que usar un programa en Ubuntu o Windows es más complicado y laborioso, sin contar que el ambiente visual es poco amigable.
- El trabajo con materiales Arduino facilito el desarrollo del proyecto ya que es más fácil trabajar con ellos porque tienen los todos los componentes necesarios incluidos que en una placa de electrónica tradicional que se tiene que armar y diseñar, abaratando costos.
- Se recomienda el uso de sensores de pulso de tipo haz de luz, ya que procesan mejor los datos, suprimiendo errores de los dispositivos generales que usan la presión para dar información.
- La conexión de wifi debe ser estable, por lo tanto, se recomienda tener un enlace fiable, ya que podría retrasar los datos o ponerlos en espera hasta que la conexión sea segura, incumpliendo la principal función del dispositivo que es monitoreo seguro.
- La tecnología WSN se ha estancado en su diseño y se ha reducido a solo sensores para agricultura y temperatura, por tanto, lo más viable es la investigación de mejoras en la implementación de sus componentes

para tener prototipos de proyectos más pequeños y con mejor diseño estético.

- El uso de *ThinkSpeak* facilito cualquier visualización de datos e información, pero falta mucho trabajo en estas plataformas, ya que hay sensores y elementos wifi que no trabajan de manera correcta, por tanto, se recomienda la investigación en una plataforma general y libre para este tipo de proyectos.
- El desarrollo de este proyecto fue de mucha atención en la interconexión de puertos Arduino por tanto se recomienda el uso de cables largos, sujetarlos a cada puerto y diferenciarlos por colores para mayor facilidad al recordar la función de cada uno de los mismos.
- La mayor dificultad del proyecto fue el acoplamiento del módulo wifi y su funcionalidad, ya que al programarlo y actualizarlo bloquea funciones de conexión con un router o dispositivos que den señal de internet, por tanto, se recomienda el uso de módulos de mayor valor, ya que son más completos y se pueden acoplar a un numero de dispositivos más extenso.



## REFERENCIAS

- Eduardo Sosa, D. G. (3 de junio de 2013). *www.academia.edu*. Recuperado de [http://www.academia.edu/10202961/Generando\\_Entornos\\_de\\_Investigaci%C3%B3n\\_y\\_Desarrollo\\_utilizando\\_Redess\\_Inal%C3%A1mbricas\\_de\\_Sensores\\_WSN\\_](http://www.academia.edu/10202961/Generando_Entornos_de_Investigaci%C3%B3n_y_Desarrollo_utilizando_Redess_Inal%C3%A1mbricas_de_Sensores_WSN_)
- Godoy, P. (12 de Abril de 2012). *Universidad de Mendoza* . Recuperado de Facultad de Microelectronica: <http://www.um.edu.ar/en/sensor/informacion/institutos/instituto-microelectronica/publicaciones.html>
- Huidobro, J. M. (22 de Octubre de 2014). *Zona Movilidad*. Recuperado de <https://www.zonamovilidad.es/noticia/6731/reportajes/redes-de-sensores-inalambricos.html>
- lacono, L. (8 de junio de 2011). *Simposio Argentino de sistemas de Mendoza* . Recuperado de <http://www.sase.com.ar/2011/tutoriales/protocolos-para-redes-de-sensores-inalambricos-wsn/>
- Informatica Redes*. (16 de Julio de 2012). Recuperado de Redes WSN: <http://informaticaredes2012.blogspot.com/>
- Montes, G. (8 de Abril de 2013). *Redesdesensoreswsn*. Recuperado de <http://redesdesensoreswsn.blogspot.com/2012/07/redes-de-sensores-inalambricas-wsn-upt.html>
- Porras, T. (25 de Marzo de 2015). *Prezzi*. Recuperado de Redes de sensores sin cable : <https://prezi.com/z2t1urx-db6g/redes-de-sensores-sin-cable/>
- Quispe, L. (19 de mayo de 2012). *Slide Share*. Recuperado de Redes Sensores Inalambricos : <https://es.slideshare.net/Mache007/redes-de-sensores-inalmbricos-12993693>
- Rodrigues Eduardo, C. D. (12 de Diciembre de 2014). *Sistema de bibliotecas Pontifica Universidad Católica Argentina* . Recuperado de <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/greenstone/cgi-bin/library.cgi?a=d&c=Revistas&d=redes-sensores-inalambricos-monitoreo>

*SoftCrits*. (7 de Septiembre de 2015). Recuperado de <http://www.softcrits.es/redes-de-sensores-inalambricos/>

Sosa, (10 de Octubre de 2013). *SEDICI*. Recuperado de Repositorio institucional

de la UNLP: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/31681>

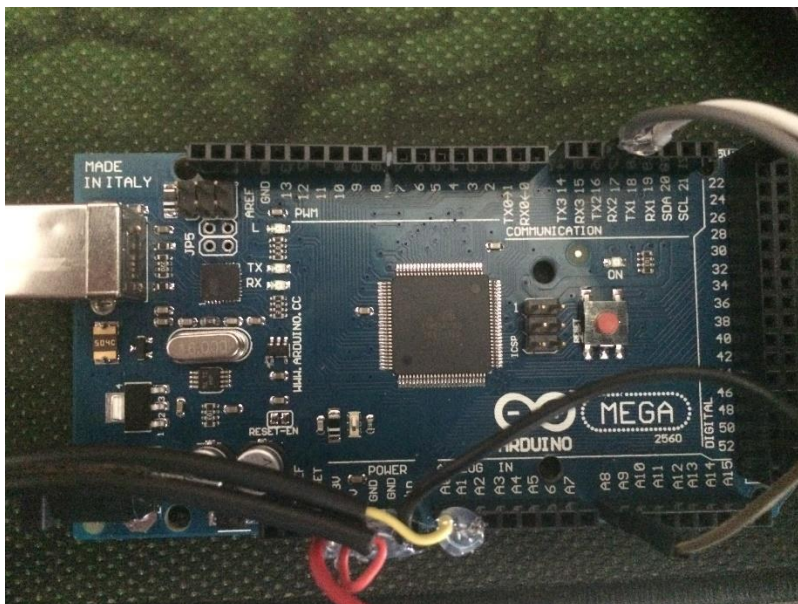
Valenzuela, F. (24 de Octubre de 2012). *Redes wsn slideshare* . Recuperado de <https://es.slideshare.net/franciscovalenzu/redes-de-sensores-inalmbricos-wsn>

## **ANEXOS**

Anexo 1 Tabla de medición por fecha y tiempo, adaptada de página oficial Cruz Roja

Medición	Temperatura °C	Hora de medición
1	38,5	20110429094523
2	39,2	20110429104523
3	39,7	20110429114523
4	40	20110429124523
5	39,6	20110429134523
6	39	20110429144523
7	38,3	20110429154523
8	37,5	20110429164523
9	37,2	20110429174523
10	37	20110429184523
11	37	20110429194523
12	37	20110429204523

Anexo 2 Primera prueba Arduino Uno



## Anexo 3 Registro en Thingspeak, tomada de ThingSpeak registro.

Thank you for signing up for ThingSpeak!



support@thingspeak.com  
lun 03/07/2017 10:28  
Para: maurogem12@hotmail.com

Responder | v



Thank you for signing up for ThingSpeak!

With [ThingSpeak](#) you can collect, analyze, and act on your IoT data.

Check out what others have done with ThingSpeak:

- [Collect and analyze energy data](#)
- [Building the Internet of Things with the ESP8266 Wi-Fi Module and ThingSpeak](#)
- [Analyze data from a weather station](#)
- [Forecast wind-driven tide levels with an ultrasonic tide gage](#)

Try these resources to get started:

- [Get Started with ThingSpeak](#)
- [Examples](#)
- [Documentation](#)

