



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

### **CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN**

“Sistema electrónico con aplicación IoT para el monitoreo ambiental adecuado para el estudiante universitario, con el fin de estimar factores de desconcentración dentro del aula a escala de laboratorio”

**Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero en Electrónica y Redes de Comunicación**

#### **AUTOR:**

Stalin Wladimir Realpe Godoy

#### **DIRECTOR:**

Ing. Jaime Michilena

**IBARRA – ECUADOR**

**2017**



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

## AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información.

DATOS DEL CONTACTO	
Cédula de identidad	100340395-1
Apellidos y Nombres	Realpe Godoy Stalin Wladimir
Dirección	Calle Jacinto Egas Almeida 12-82 y Rio Paute
E-mail	swrealpeg@utn.edu.ec
Teléfono móvil	0992303067
DATOS DE LA OBRA	

Título	SISTEMA ELECTRÓNICO CON APLICACIÓN IOT PARA EL MONITOREO AMBIENTAL ADECUADO PARA EL ESTUDIANTE UNIVERSITARIO, CON EL FIN DE ESTIMAR FACTORES DE DESCONCENTRACIÓN DENTRO DEL AULA A ESCALA DE LABORATORIO
Autor	Realpe Godoy Stalin Wladimir
Fecha	14 de Febrero del 2017
Programa	Pregrado
Título	Ingeniero en Electrónica y Redes de Comunicación
Director	Ing. Jaime Michilena

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Stalin Wladimir Realpe Godoy, con cedula de identidad Nro. 100340395-1, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad de material y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la ley de Educación Superior Artículo 144.

## 3. CONSTANCIAS

Yo, STALIN WLADIMIR REALPE GODOY declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de mi autoría; y que este no ha sido previamente presentado para ningún grado o

calificación profesional y que he consultado las referencias bibliográficas que se presentan en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por las leyes de propiedad intelectual, reglamentos y normatividad vigente de la Universidad Técnica del Norte.

En la ciudad de Ibarra, Febrero del 2017



Firma: .....

Nombre: Stalin Realpe

Cedula: 100340395-1



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE**  
**LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Stalin Wladimir Realpe Godoy, con cedula de identidad Nro. 100340395-1, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor del trabajo de grado con el tema: SISTEMA ELECTRÓNICO CON APLICACIÓN IOT PARA EL MONITOREO AMBIENTAL ADECUADO PARA EL ESTUDIANTE UNIVERSITARIO, CON EL FIN DE ESTIMAR FACTORES DE DESCONCENTRACIÓN DENTRO DEL AULA A ESCALA DE LABORATORIO. Que ha sido desarrollado con propósito de obtener el título de Ingeniero en Electrónica Redes de Comunicación de la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Stalin Wladimir Realpe Godoy'.

Stalin Wladimir Realpe Godoy

100340395-1

Ibarra, 14 de Febrero 2017



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CERTIFICACIÓN**

INGENIERO JAIME MICHILENA, DIRECTOR DEL PRESENTE TRABAJO DE  
TITULACIÓN CERTIFICA:

Que, el presente trabajo de Titulación “SISTEMA ELECTRÓNICO CON APLICACIÓN IOT  
PARA EL MONITOREO AMBIENTAL ADECUADO PARA EL ESTUDIANTE  
UNIVERSITARIO, CON EL FIN DE ESTIMAR FACTORES DE DESCONCENTRACIÓN  
DENTRO DEL AULA A ESCALA DE LABORATORIO” Ha sido desarrollado por el señor  
Stalin Wladimir Realpe Godoy bajo mi supervisión.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor de la verdad.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Jaime Michilena', is written over a horizontal dotted line. The signature is stylized and cursive.

Ing. Jaime Michilena

100219843-8

DIRECTOR



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**DECLARACIÓN**

Yo, STALIN WLADIMIR REALPE GODOY declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de mi autoría; y que este no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y que he consultado las referencias bibliográficas que se presentan en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por las leyes de propiedad intelectual, reglamentos y normatividad vigente de la Universidad Técnica del Norte.

En la ciudad de Ibarra, Febrero del 2017

EL AUTOR

A handwritten signature in purple ink, appearing to read 'Stalin Wladimir Realpe Godoy', written over a circular stamp or seal.

Stalin Wladimir Realpe Godoy

C.I: 100340395-1

## AGRADECIMIENTO

Al culminar el presente trabajo de tesis agradezco a Dios por haberme bendecido y ayudado a llegar al lugar donde estoy, ya que él, es el motor que mueve mi vida y hace que avance hasta en las circunstancias más adversas, permitiéndome así conquistar uno de mis más anhelados objetivos.

A mis padres y hermanos, los cuales han formado en mí buenos valores y me han sabido dar todo su apoyo de forma moral y económicamente en los estudios que he venido realizando, además me han sabido motivar día tras día a no rendirme en las metas que me he propuesto.

De igual forma agradezco a mi director de tesis, Ing. Jaime Michilena por haberme compartido su ayuda incondicional en la elaboración del presente trabajo, sabiéndome compartir su tiempo y conocimientos. Así también agradezco al Ing. Paul Rosero el cual fue mentor de este trabajo de grado y supo encaminarme de la mejor forma para culminarlo.

Agradezco a todos los docentes y personas que han estado conmigo en mi formación profesional, por compartir sus conocimientos, su amistad, apoyo y compañía en todo este proceso, ya que siempre han estado pendientes de mí, brindándome su ayuda incondicional sin pedir nada a cambio.

Para todos los antes mencionados, mis más sinceros agradecimientos y que Dios los bendiga.

## DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada a mis padres los cuales son mis primeros maestros y las personas a las que más adoro, con su apoyo y el amor incondicional que me han sabido dar, he logrado cumplir cada una de las metas que me he planteado en mi vida.

A mi madre Melva Godoy.

Por haberme apoyado constantemente, dándome palabras de aliento para que pueda seguir con mis estudios y los pueda culminar, por enseñarme a no rendirme y ser un hombre de bien.

A mi padre Guillermo Realpe.

Por la ayuda constante que me supo brindar sin importar lo que fuera, y estar pendiente de mí y toda la familia, compartiendo su amor, sabiduría y convirtiéndose en un ejemplo a seguir.

## INDICE

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE .....	II
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.....	V
CERTIFICACIÓN .....	VI
DECLARACIÓN .....	VII
AGRADECIMIENTO .....	VIII
DEDICATORIA .....	IX
INDICE .....	X
INDICE DE FIGURAS.....	XIV
INDICE DE TABLAS .....	XVI
RESUMEN .....	XVIII
ABSTRACT.....	XIX
Capítulo 1. Contextualización del Problema .....	1
1.1 Problema .....	1
1.2 Objetivos .....	3
1.3 Alcance .....	4
1.4 Justificación .....	5
Capítulo 2. Revisión Bibliográfica .....	7
2.1 Internet de las cosas (IoT).....	7

2.1.1	Aplicaciones de IoT en la educación. ....	8
2.1.2	Desafío de la IoT.....	8
2.1.3	Arquitectura IoT.....	9
2.1.4	Protocolos. ....	11
2.1.5	Machine to Machine (M2M).....	13
2.1.5.1	Plataformas de Hardware M2M.....	13
2.1.5.2	Requisitos de la Plataforma M2M. ....	14
2.1.5.3	Protocolos para Comunicaciones M2M.....	15
2.2	Red de Sensores Inalámbricos (WSN).....	16
2.2.1	Introducción. ....	16
2.2.2	Tecnologías.....	17
2.2.3	Topologías.....	17
2.2.4	Protocolos. ....	20
2.3	Software y Hardware .....	24
2.3.1	Open Hardware. ....	24
2.3.2	Open Software. ....	25
2.3.3	Herramientas al Servicio de IoT. ....	25
2.4	Temperatura .....	27
2.4.1	Reglamento de Seguridad y Salud de los trabajadores. ....	27
2.4.2	Real Decreto 486/1997. ....	28
2.4.3	Sensores. ....	28

2.5	Desconcentración.....	30
Capítulo 3. Desarrollo Experimental .....		31
3.1	Metodología .....	31
3.2	Modelo en V .....	31
3.3	Análisis .....	33
3.3.1	Situación Actual.....	34
3.3.1.1	Técnicas. ....	35
3.3.1.2	Encuesta. ....	36
3.3.2	Propósito y Ámbito del Sistema. ....	38
3.3.2.1	Definición de Acrónimos y Abreviaturas. ....	39
3.3.3	Descripción General.....	39
3.3.3.1	Funciones del Proyecto. ....	40
3.3.4	Características del Sistema. ....	40
3.3.4.1	Restricciones.....	41
3.3.4.2	Riesgos.....	41
3.4	Requerimientos .....	42
3.4.1	Requerimientos indirectos necesarios para el desarrollo del sistema. ....	43
3.4.2	Requerimientos Iniciales del Sistema. ....	44
3.4.3	Requerimientos Iniciales de Arquitectura.....	46
3.5	Recursos.....	47
3.6	Elección del Hardware y Software para el Diseño del Sistema Electrónico .....	49

3.6.1	Elección de Hardware.....	49
3.6.2	Elección de Sensores.....	50
3.6.3	Elección de Software.....	51
3.7	Hardware utilizado en el Sistema Electrónico.....	52
3.7.1	Sensor de Temperatura DS18B20.....	53
3.7.2	Módulo ESP8266.....	54
3.8	Diseño del Sistema Electrónico.....	56
3.8.1	Diagrama de bloques general.....	56
3.8.2	Nodo Central.....	57
3.8.2.1	Diagrama de bloques del Nodo Central.....	57
3.8.2.2	Diagrama de flujo del Nodo Central.....	58
3.8.3	Nodo Sensor.....	62
3.8.3.1	Diagrama de bloques de un Nodo Sensor.....	62
3.8.3.2	Diagrama de flujo del Nodo Sensor.....	63
3.8.4	Envío de datos a una Plataforma IoT.....	65
3.8.5	Esquema de conexión de los elementos electrónicos del sistema.....	65
3.8.6	Diseño del Circuito Impreso.....	68
3.9	Pruebas de funcionamiento del Sistema Electrónico.....	70
3.9.1	Ubicación del sistema electrónico.....	72
3.9.2	Validación del sistema electrónico con relación a la recolección de datos.....	73
	Capítulo 4. Pruebas y Conclusiones.....	76

4.1	Descripción del lugar y stakeholders que participan en las pruebas de atención .....	76
4.2	Test psicotécnico de búsqueda de repeticiones.....	79
4.3	Análisis de resultados de todas las evaluaciones hechas a los estudiantes .....	90
4.4	Conclusiones .....	92
4.5	Recomendaciones .....	93
BIBLIOGRAFÍA .....		95
GLOSARIO .....		99
ANEXOS .....		103

### INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	IoT Relación entre los dispositivos conectados y la población mundial.....	7
Figura 2.	Arquitectura IoT a) 3 capas b) basado en middleware c) basado en SOA d) 5 capas .....	10
Figura 3.	Topología Estrella .....	18
Figura 4.	Topología tipo Árbol .....	19
Figura 5.	Topología tipo Malla .....	20
Figura 6.	Modelo en V para el desarrollo de sistemas .....	32
Figura 7.	Estudiante dormido en el periodo de una clase. UTN, 2016. Laboratorio 3 de la FICA .....	35
Figura 8.	Polarización del sensor DS18B20 .....	53
Figura 9.	Forma de como polarizar al módulo ESP8266.....	55
Figura 10.	Diagrama de bloques general .....	57

Figura 11. Diagrama de bloques del nodo central .....	58
Figura 12. Diagrama de flujo de la lógica de programación del nodo central.....	62
Figura 13. Diagrama de bloques de los nodos sensores.....	63
Figura 14. Diagrama de flujo de la lógica de programación de los nodos sensores .....	64
Figura 15. Diagrama de bloques de envío de datos a plataforma IoT .....	65
Figura 16. Esquema de conexión de elementos electrónicos en el nodo central y en el nodo sensor .....	66
Figura 17. Conexión del módulo WiFi ESP8266 con un relé de 5 voltios.....	67
Figura 18. Diseño del circuito impreso del nodo central .....	69
Figura 19. Diseño del circuito impreso de un nodo sensor.....	69
Figura 20. Red de sensores inalámbricos utilizada para el desarrollo de la investigación .....	71
Figura 21. Pruebas de funcionamiento del sistema electrónico.....	72
Figura 22. Ubicación de los nodos que conforman la WSN dentro del aula donde se realizan las pruebas.....	73
Figura 23. Consideración de fiabilidad con relación al resultado del alfa de Cronbach .....	74
Figura 24. Estudiantes de CIERCOM realizando el test psicotécnico para determinar el nivel de atención. ....	79
Figura 25. Imagen con una muestra del test psicotécnico de búsqueda de repeticiones .....	80
Figura 26. Relación entre el porcentaje de estudiantes y la media de atención en el test N° 1 .....	82
Figura 27. Relación entre el porcentaje de estudiantes y la media de atención e el test N° 2.....	84
Figura 28. Relación entre el porcentaje de estudiantes y la media de atención e el test N° 3.....	86
Figura 29. Relación entre el porcentaje de estudiantes y la media de atención e el test N° 4.....	88
Figura 30. Relación entre el porcentaje de estudiantes y la media de atención e el test N° 5.....	90

Figura 31. Resumen de resultados de las pruebas de atención hechas a los estudiantes con diferentes rangos de temperatura .....	91
---	----

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación entre tecnologías de redes inalámbricas .....	17
Tabla 2. Tipos de sensores electrónicos de temperatura y sus rangos de medición .....	29
Tabla 3. Comparación entre algunos sensores de temperatura .....	29
Tabla 4. Definición de Acrónimos y Abreviaturas .....	39
Tabla 5. Stakeholders que participan en la investigación .....	42
Tabla 6. Requerimientos indirectos necesarios para el desarrollo del sistema .....	43
Tabla 7. Requerimientos iniciales del sistema electrónico .....	44
Tabla 8. Requerimientos Funcionales de Hardware y Software a utilizarse .....	46
Tabla 9. Recursos Humanos .....	47
Tabla 10. Recursos Económicos .....	48
Tabla 11. Recursos tecnológicos.....	48
Tabla 12. Elección de Hardware para Procesamiento de Datos .....	49
Tabla 13. Elección de Hardware para Comunicación Inalámbrica.....	50
Tabla 14. Elección de Sensores .....	50
Tabla 15. Elección de Software .....	51
Tabla 16. Elección de Plataforma IoT .....	52
Tabla 17. Características del sensor DS18B20 .....	54
Tabla 18. Características Técnicas del Módulo WiFi ESP8266 .....	55
Tabla 19. Resultado de varianzas utilizadas para calcular el alfa de Cronbach .....	75
Tabla 20. Cronograma de realización de pruebas .....	76
Tabla 21. Consideración hecha por el test acerca de la media de atención de un individuo ...	80

Tabla 22. Resultados del test de repeticiones en la semana N°1 .....	81
Tabla 23. Resultados del test de repeticiones en la semana N°2 .....	83
Tabla 24. Resultados del test de repeticiones en la semana N°3 .....	85
Tabla 25. Resultados del test de repeticiones en la semana N°4 .....	87
Tabla 26. Resultados del test de repeticiones en la semana N°5 .....	88
Tabla 27. Resumen de resultados del test de atención de acuerdo a cada temperatura de prueba .....	90

## RESUMEN

En el presente trabajo se realizó un estudio estadístico donde se determinó cuál es la temperatura a la que los estudiantes atienden mejor una clase dentro del aula y también cuales son los rangos de temperatura que causan el efecto contrario, para esto se empleó conocimientos sobre redes de sensores inalámbricos (WSN) y se complementó con el Internet de las Cosas (IoT) para manejar los datos desde la nube.

Para realizar este estudio se observó a algunos estudiantes que compartían una materia en común, a cómo reaccionan en una clase mientras están siendo sometidos a diferentes temperaturas en ciertos ciclos. En el proceso que involucra la obtención de datos, se utilizó sensores de temperatura que permitieron realizar el testeo del ambiente en diferentes partes del aula, los datos que se obtuvieron se enviaron a un nodo central que cumple la función de gateway para que los datos sean enviados a una base de datos alojados en una plataforma IoT en la Internet.

Posterior a la obtención de los datos, se realizó algunos test de atención a los estudiantes en diferentes ambientes de prueba, y de acuerdo a las mejores calificaciones en los resultados del test, se concluyó cuál era el rango de temperatura con el que la mayoría de estudiantes tenía una mejor atención en ese momento.

## ABSTRACT

The present work carried out a statistical study where it was determined the best temperature at which the students best attend a class within the classroom and also what are the temperature ranges that cause the opposite effect, for this investigation was used knowledge about wireless sensors networks (WSN) and was complemented by the Internet of Things (IoT) to handle the data from the cloud computing.

To carry out this study, was observed to some students who shared a common subject, how they react in a class while being subjected to different temperatures in certain cycles. In the process involving data collection, was used temperature sensors that were performing the test of the environment in different parts of the classroom, the data that were obtained were sent to a central node, which is an electronic device that is responsible for uploading the information to the database of the IoT platform on the Internet.

After obtaining the data, some attention tests were realized to the students in different test environments, and according to the best marks in the results of the test, it was concluded what was the temperature range with which the majority of students had better attention at that moment.

## **Capítulo 1. Contextualización del Problema**

En el Capítulo 1 se aborda el problema a investigar y se plantea objetivos en los cuales se indica cómo se dará solución a esto de manera ordenada, posteriormente se muestra hasta donde se pretende llegar con la solución dentro del alcance y se justifica la razón por la cual se realiza toda la investigación.

### **1.1 Problema**

Hoy en día, el desenvolvimiento de un estudiante se ve afectado por la falta de concentración en las aulas, esto se ve reflejado a través de las notas del periodo académico, un ejemplo de esto se registra en la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación (CIERCOM). Quizá antes esto no llamaba mucha atención a las diferentes autoridades, pero ahora para garantizar un buen nivel de educación, en la disposición transitoria vigésima de la Constitución Política del Ecuador manifiesta que se realizarán pruebas de acreditación a todas las Universidades del país, es por eso que actualmente se está tomando medidas que puedan determinar cómo mejorar la concentración y el rendimiento de un estudiante.

Uno de los problemas que se da en un ambiente académico es la inadecuada temperatura, este caso se manifiesta en el edificio de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas (FICA), el cual cuenta con elevadas temperaturas en momentos cuando incide el sol en las diferentes aulas, o cuando existe un gran número de alumnos en un lugar pequeño, haciendo que se encierre el calor y que los estudiantes presenten sofocación junto a cansancio en el momento de prestar atención en clases, esto forma desorden en el aula y hace que uno o varios compañeros no puedan capacitarse de la manera más conveniente.

El reprobar una o varias materias afecta psicológicamente y económicamente al alumno, ya que este puede llegar a presentar problemas de salud como stress, y además debe invertir nuevamente tiempo y dinero para su formación académica. Es por esto que el Estado está realizando evaluaciones a las universidades y a sus alumnos, con el fin de realizar una adecuada inversión para formar profesionales que ayuden al desarrollo del país.

A pesar de que en la actualidad se cuenta con una diversidad de recursos tecnológicos como sistemas de iluminación, riego o monitorización, no se ha tomado la iniciativa de perfeccionar ciertos aspectos que mejoren el proceso de aprendizaje, un claro ejemplo de esto es que en casi ninguna aula se puede observar un sistema de climatización que haga que los estudiantes cuenten con las condiciones adecuadas para su mejor desempeño, y mucho menos se está tomando en cuenta que ahora se puede monitorear las actividades que se están presentando en clase, haciendo uso de aplicaciones con IoT que podrían servir tanto para el control de los elementos de un aula, como también para hacer uso en el desenvolvimiento del aprendizaje.

En el pasado no se tomaba muy en cuenta la calidad de la educación, pero ahora para lograr mejorarla, es preciso realizar estudios que determinen como cambiar ciertos aspectos que son necesarios para el desarrollo de profesionales, evitando así que se cierre alguna carrera y mejorando el nivel de educación.

Basados en la descripción del problema, se plantearán algunas preguntas con las cuales se buscará orientar la investigación. Luego, escogeremos y nos concentraremos en una sola, aquella que sea la de mayor interés para propósitos investigativos.

## 1.2 Objetivos

### Objetivo General

Desarrollar un sistema electrónico con aplicación IOT para estimar los factores ambientales adecuados del estudiante universitario en el aula, a escala de laboratorio durante 8 meses en la Universidad Técnica del Norte.

### Objetivos Específicos

- Realizar una revisión sistemática de literatura para determinar las bases teóricas comprendidas en la revisión bibliográfica correspondiente al sistema.
- Definir los requerimientos de stakeholders tanto de software como de hardware bajo el estándar IEEE 29148 para determinar los materiales a usarse en el sistema.
- Analizar y determinar el hardware y software idóneo en relación a los requerimientos establecidos para el diseño y desarrollo del sistema bajo la metodología del modelo V.
- Realizar las pruebas de funcionamiento tanto del sistema electrónico como de la aplicación para la depuración de errores.
- Analizar los datos que se obtengan como resultado del monitoreo ambiental adecuado para los estudiantes universitarios con el fin de establecer estimadores de desconcentración dentro del aula.

### 1.3 Alcance

El presente proyecto pretende implementar un grupo de sensores inalámbricos que estarán comunicados hacia un nodo de monitoreo central, además de esto se contará con un equipo que permita manipular la temperatura dentro de un aula, y un dispositivo que reconozca si existe distracción por parte de los alumnos en una clase.

Los sensores inalámbricos deberán tener cobertura en toda el área del aula ya que estará realizando el monitoreo de la temperatura que está presentándose, para ello se determinará la ubicación adecuada para cada uno de estos; y estarán comunicándose a un dispositivo que tendrá la opción de conectarse a Internet, el cual se encargará de enviar estos datos a una interfaz web que permitirá analizar los datos de todos los sensores.

El equipo que permita manipular la temperatura dentro de un aula, gestionará su funcionalidad cada cierto intervalo de tiempo de acuerdo a la temática dada por el docente, para después realizar una comparación sobre el mejor resultado obtenido en las pruebas de atención con relación a la temperatura estipulada en ese momento. Las pruebas se realizarán a estudiantes que ya sean aclimatados a la región.

Los requerimientos que se utilizarán para este sistema electrónico, se los seleccionará de una lista, dependiendo de cuál ofrezca mejores características o beneficios para el desarrollo de este tema.

Cabe recalcar que este sistema electrónico no garantiza mejorar los índices de rendimiento académico, más bien pretende analizar cómo reaccionan los estudiantes a

diferentes temperaturas en un ambiente cerrado, y así poder determinar cuál sería la temperatura más idónea con la que mejor reaccionaron.

#### **1.4 Justificación**

Debido a la cantidad de estudiantes que reprueban las materias en su periodo de capacitación dentro la Universidad, se ve necesario realizar un estudio acerca del porcentaje de distracción por parte de los estudiantes, a partir de cierta temperatura dentro del aula, ya que este es uno de los factores que ha hecho que este problema este presente año tras año en diferentes instituciones.

En la actualidad existen distintos equipos tecnológicos accesibles, que pueden ser usados para hacer un monitoreo paulatino a los estudiantes de una manera más sencilla, es por eso que se propone realizar un sistema que forme parte del internet de las cosas, el cual permita obtener los datos de la monitorización de la temperatura en el aula, a través de la web.

Esta investigación pretende ayudar a determinar si a partir de una temperatura adecuada dentro del aula, los estudiantes pueden mejorar su desempeño o no, y en el caso que sí mejore el desempeño del estudiante, reducir a futuro el porcentaje de estudiantes que reprueban las materias del periodo académico, ya que ahora el Gobierno está invirtiendo en el mejoramiento del nivel de enseñanza y evaluando a las Instituciones Educativas a través del CEAACES.

A partir de un análisis de porcentajes de pruebas hechas a ciertas muestras de estudiantes, se desea obtener un diagnóstico en el cual se pueda determinar si la temperatura es un factor importante que afecta al desempeño de los alumnos en la clase, o son otros.

El Plan Nacional del Buen Vivir, en su objetivo cuatro indica que pretende mejorar la calidad de la educación en todos los niveles y modalidades, creando y fortaleciendo infraestructuras, equipamiento y tecnologías que promuevan el desarrollo de las capacidades creativas, cognitivas y de innovación, y esto es lo que se pretende con éste sistema electrónico.

## Capítulo 2. Revisión Bibliográfica

En el Capítulo 2 se realiza una breve revisión bibliográfica donde se discuten temas que pueden ser usados en el proceso de desarrollo de la investigación, de esta manera se analiza que procesos se debe tomar en cuenta al momento que se realizara el diseño.

### 2.1 Internet de las cosas (IoT)

Según la ITU-T, la definición de IoT es: “Una infraestructura global para la sociedad de la información, activa servicios avanzados mediante la interconexión de las cosas (físicas y virtuales) basado en tecnologías de la información y las comunicaciones interoperables existentes y en evolución”. (Chen, Xu, Liu, Hu, & Wang, 2014, pág. 2)

En la actualidad existen muchos dispositivos electrónicos conectados a Internet, y en los próximos años se incrementará a gran magnitud, las razones para este incremento son muchas, pero la principal es la comunicación de todo, esto incluye a personas y objetos. En la Figura 1 se indica la relación que existe por año entre la población mundial y los dispositivos conectados a Internet.

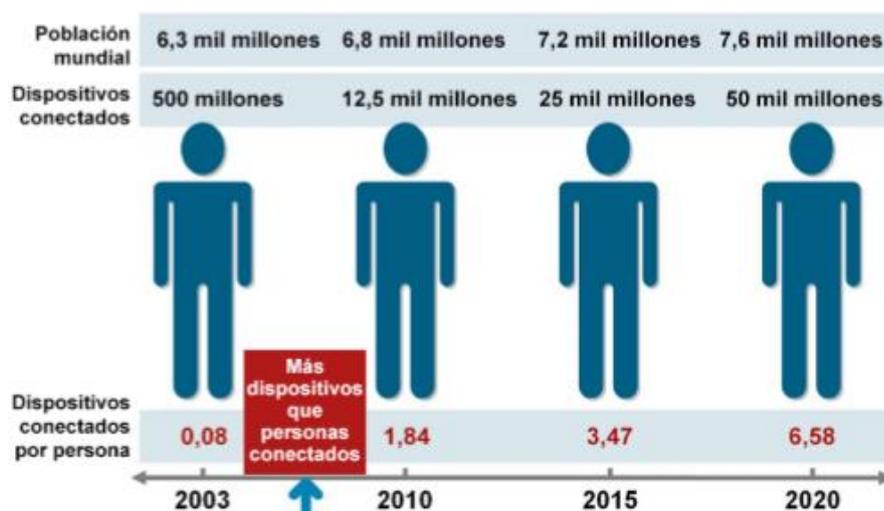


Figura 1. IoT Relación entre los dispositivos conectados y la población mundial

Fuente: (Evans, 2011, pág. 3)

### **2.1.1 Aplicaciones de IoT en la educación.**

IoT permite a los estudiantes realizar un seguimiento y análisis de sus propios datos para adoptar comportamientos más saludables. IoT puede ayudar: en actividades educativas ligadas a las matemáticas, la ciencia y la educación física, los estudiantes pueden utilizar sensores para monitorizar su actividad diaria mediante la recopilación de datos sobre la distancia que camina o corre, su ritmo cardíaco y otras funciones metabólicas. Los estudiantes utilizan los datos para motivar a los demás a adoptar estilos de vida más saludables. (Selinger, Sepulveda, & Buchan, 2013)

### **2.1.2 Desafío de la IoT.**

El Internet de las cosas como una tecnología que todavía se encuentra en desarrollo presenta algunos desafíos, unos ya han sido solucionados, mientras que otros todavía no se han logrado definir correctamente. Los siguientes desafíos clave de este modelo se enumeran a continuación:

- **Arquitectura:** La arquitectura de referencia individual no puede ser un modelo para todas las aplicaciones. La Arquitectura debería estar abierta, y siguiendo las normas, no deben restringir a los usuarios utilizar soluciones fijas, de extremo a extremo.
- **Técnico:** Existen diferentes arquitecturas y tecnologías que no son compatibles entre sí. Los dispositivos deben utilizar la inteligencia artificial para entender cómo los seres humanos procesan la información e interactuar apropiadamente dentro del contexto social y escenarios multiusuario.
- **Hardware:** Los requisitos en hardware son divergentes. Sin embargo, dos requisitos han sido esenciales: uno es el consumo de energía extremadamente bajo en modo de reposo y el otro es de ultra bajo costo.

- Privacidad y Seguridad: la seguridad de la IoT debe cubrir más objetos de gestión y los niveles de seguridad de red tradicional.
  - IoT necesita de bajo costo y soluciones técnicas orientadas a M2M para garantizar la privacidad y la seguridad.
- Desafío estándar: Las normas elaboradas por los partidos de cooperación, y modelos de información y protocolos en los estándares, estarán abiertas.
- Reto de negocio: para IoT, hay demasiadas posibilidades e incertidumbres en los modelos de negocio y escenarios de aplicación. IoT es un modelo de negocio tradicional desafiante. En la etapa inicial de desarrollo IoT, deben considerarse aspectos de negocio para reducir el riesgo de fracaso. (Chen, Xu, Liu, Hu, & Wang, 2014)

### **2.1.3 Arquitectura IoT.**

En el desarrollo de IoT se interconectarán miles de millones de dispositivos, es por eso que fue necesario realizar una arquitectura que posea capas flexibles y permita la compatibilidad entre dispositivos. Existen algunas propuestas de arquitecturas para IoT desde la más básica con tres capas, hasta otras que poseen cinco capas. En la Figura 2 se muestra algunas de las arquitecturas IoT existentes.

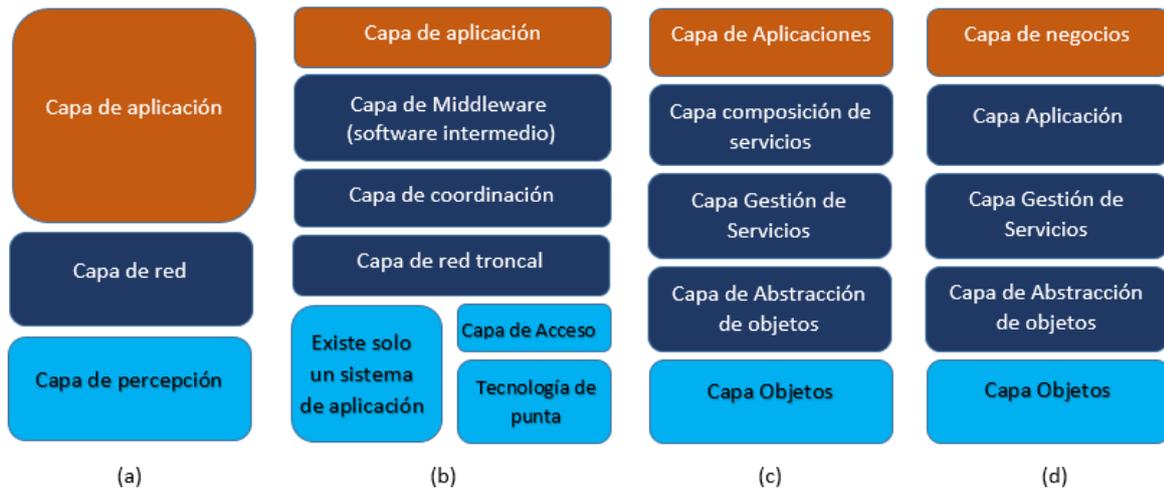


Figura 2. Arquitectura IoT a) 3 capas b) basado en middleware c) basado en SOA d) 5 capas

Fuente: (Al-Fuqaha, Guizani, Mohammadi, Aledhari, & Ayyash, 2015, pág. 2)

A continuación, se detalla la función de cada capa del modelo de 5 capas, sin embargo, esta arquitectura no se debe confundir con la de TCP/IP.

- Capa Objetos:** Esta capa abarca sensores y actuadores, para lo cual se obtiene información como humedad, temperatura, posicionamiento, velocidad, etc. Estos datos se obtienen de objetos que estén interconectados a Internet como vehículos, edificios, casas, entre otros, para que posteriormente se digitalice la información y se envíe a través de canales seguros a la capa de abstracción de objetos.
- Capa de Abstracción de Objetos:** Esta capa envía los datos a la siguiente capa a través de una comunicación LAN o WAN de forma inalámbrica a través de protocolos IEEE 802.15.4, IEEE 802.11, Bluetooth y ZigBee, o de forma cableada con los protocolos Ethernet y alimentación de línea (PLC). (Al-Fuqaha, Guizani, Mohammadi, Aledhari, & Ayyash, 2015)
- Capa Gestión de Servicios:** Esta es una capa intermedia, la cual procesa los datos que llegan de la capa abstracción de objetos y realiza la toma de decisión a efectuarse, para posteriormente ofrecer servicios a través de protocolos de una red cableada.

- d) Capa Aplicación: Crea servicios virtuales dedicados a usuarios que los necesiten. Un claro ejemplo son interfaces donde se muestren datos de diferentes sensores ubicados en algún lugar. Los protocolos usados en esta capa son MQTT, COAP, AMQP, XMPP, y DDS. (Kaur & Kaur , 2016)
- e) Capa de negocios o gestión: Se encarga de mejorar los servicios como seguridad para los usuarios, además monitoriza y gestiona las capas subyacentes. También integra aplicaciones IoT en procesos de negocios y sistemas empresariales como Gestión de relación con los clientes, Planificación de recursos empresariales y Sistema de apoyo a las empresas. (Krajcak & Tuwanut, 2015)

#### **2.1.4 Protocolos.**

Para el perfeccionamiento de IoT algunas entidades como el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE), Grupo de trabajo de Ingeniería en Internet (IETF), Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI) y el Consorcio Mundial de la red (W3C), han propuesto algunos protocolos con la intención de hacer el trabajo más fácil tanto a proveedores de servicios como programadores.

Entre los protocolos de Capa Aplicación tenemos:

- CoAP (Protocolo de Aplicación con Restricciones): Este protocolo define la transferencia de información en Internet, y se basa en un estilo de arquitectura llamado Transferencia de Estado Representacional (REST) que está por encima de las funcionalidades de HTTP. REST constituye una manera más sencilla de intercambiar datos entre clientes y servidores a través de HTTP. (Al-Fuqaha, Guizani, Mohammadi, Aledhari, & Ayyash, 2015)

A diferencia de REST, CoAP realiza el intercambio de mensajes a través del protocolo de transporte UDP en forma asíncrona, lo cual lo hace más adecuado para aplicaciones de IoT. Utiliza cuatro tipos de mensaje: confirmable, no confirmable, restablecimiento y de acuse de recibo, estos mensajes se localizan en la cabecera COAP. (Castro Heredia, 2014)

- MQTT (Message Queue Telemetry Transport): Es un protocolo de mensajería ligera que conecta a dispositivos embebidos y redes con aplicaciones y middleware. MQTT permite el transporte en TCP, y soporta tanto la publicación como suscripción de mensajes a través de tres niveles de calidad de servicio. El mecanismo de enrutamiento permite la conexión de dispositivos uno a uno, uno a muchos y muchos a muchos. Existen dos versiones de MQTT, la MQTT v3.1 y la MQTT-SN, esta última es dedicada a redes de sensores y permite realizar un mapeo UDP y añade un agente de soporte. (Hunkeler, Linh Truong, & Stanford-Clark, 2008)
- XMPP (Protocolo de presencia y mensajería extensible): Es un protocolo que permite a los usuarios realizar mensajería instantánea a través de Internet como por ejemplo chats, voz o video conferencias, no importa el sistema operativo que utilicen. Una desventaja es que no soporta QoS. Este protocolo conecta al cliente con el servidor mediante la habilitación de XML, que está formado por un fragmento de código que tiene tres elementos: mensaje, presencia y el coeficiente intelectual. Al usar XML existe una considerable sobrecarga de la red. (Jones, 2009)
- AMQP (Protocolo avanzado de cola de mensajes): Es un protocolo orientado al envío de mensajes que está basado en TCP, por lo tanto, lo hace fiable. Los mensajes pueden ser almacenados en colas de mensajes y posteriormente ser enviados a sus receptores. Cabe señalar que es compatible con el modelo de comunicaciones publicación – suscripción. Existen dos tipos de mensajes, los descubiertos y comentados, en este

formato el encabezado transmite parámetros como entrega, prioridad, tiempo de vida, y un contador de entregas. (Kaur & Kaur , 2016)

- **DDS (Servicio de Distribución de Datos):** Es un protocolo que fue desarrollado para la comunicación M2M con modelo de publicación – suscripción, que funciona en aplicaciones en tiempo real, es de alto rendimiento. Es similar al protocolo AMQP, pero se diferencian en que DDS se basa en una arquitectura broker – less y para mejorar la calidad de servicio utiliza multidifusión. Soporta 23 políticas de QoS, donde maneja criterios de seguridad, prioridad, durabilidad, fiabilidad y otros. (Al-Fuqaha, Guizani, Mohammadi, Aledhari, & Ayyash, 2015)

### **2.1.5 Machine to Machine (M2M).**

En el Internet de las cosas, una de las comunicaciones que es utilizada y muy elemental es la que se realiza de máquina a máquina, y esta comunicación se realiza entre máquinas con capacidades de computación y comunicación sin intervención humana. M2M utiliza máquinas para monitorear ciertos eventos con sensores e instruir accionamiento. Los eventos capturados se transmiten a través de redes inalámbricas o cableadas a los servidores, los cuales extraen y procesan la información recogida y controlan e instruyen a otras máquinas de forma automática. La red proporciona la conectividad de extremo a extremo entre máquinas. (Kim, Lee, Kim, & Yun, 2014)

#### ***2.1.5.1 Plataformas de Hardware M2M.***

Hay dos tipos de plataformas de hardware que se pueden conectar a las plataformas de servicios comerciales. Uno está fuera de la plataforma de productos comerciales que están relacionados con ciertas plataformas, por ejemplo, productos de consumo Cosm, ioBridge,

Nano Router, MicroStrain Sensores, y Digi routers. El segundo tipo es una plataforma de desarrollo que los usuarios puedan desarrollarse a sí mismos, tales como Arduino, mbed, o Nanode. (Kim, Lee, Kim, & Yun, 2014)

#### ***2.1.5.2 Requisitos de la Plataforma M2M.***

(Kim, Lee, Kim, & Yun, 2014), menciona los requisitos más importantes que debe poseer una plataforma para M2M:

- **Dispositivo de gestión de perfil M2M:** La plataforma debe ser capaz de buscar y modificar los dispositivos M2M registrados, y consultar una lista de los dispositivos M2M registrados. La plataforma también debe ser capaz de autenticar dispositivos de control y apoyar su gestión.
- **Administración de perfiles de usuario M2M:** La plataforma debe ser capaz de gestionar las restricciones de acceso de usuario a los dispositivos y servicios. Debe ser capaz de soportar el registro de perfil y la modificación de los servicios de usuarios, autenticación de usuario, el acceso de usuario, y la información del gestor. Debe ser capaz de determinar quién está autorizado a utilizar los dispositivos o servicios.
- **Gestión de datos M2M:** la plataforma debería ser capaz de recoger datos de los objetos o dispositivos. Los usuarios de dispositivos inteligentes deben ser capaces de acceder a la plataforma, consultar la lista de los datos recogidos, y controlar los dispositivos.
- **Acceso a aplicación Web:** Debido a la proliferación de dispositivos inteligentes, los servicios M2M deben ser proporcionados por los dispositivos móviles inteligentes.

Los usuarios deben poder acceder a los servicios M2M mediante el uso de una aplicación o la web.

- Servicios en la nube: La plataforma deberá ser capaz de almacenar los datos de los objetos y sensores. Estos datos se pueden acceder en cualquier lugar y en cualquier momento por los usuarios a través de Internet.
- Comunicaciones P2P: La plataforma debe ser capaz de soportar la comunicación directa a través de Internet sin tener que ir a través de la plataforma entre los dispositivos de usuario y objetos.
- Gestión de red de área M2M: Además de la gestión de dispositivos individuales, la plataforma debe proporcionar la funcionalidad de gestión de red para M2M.
- Gestión de conexiones: La plataforma debe ser capaz de gestionar la interoperabilidad y la conexión de los dispositivos M2M, cuando los dispositivos se encuentran a través de varias redes o métodos de comunicación.

### ***2.1.5.3 Protocolos para Comunicaciones M2M.***

Para la capa física se basa en el estándar IEEE 802.15.4 el cual trabaja en la banda ISM correspondiente a los 2,4 GHz, se pretende tener un rango de corto-medio alcance.

En la capa de acceso al medio (MAC) se adopta el estándar IEEE 802.15.4e, además se considera el estándar WiFi el cual provee compatibilidad con el protocolo IP.

Desde la perspectiva de la capa de red se habla específicamente del protocolo 6LoWPAN el cual brinda capacidades de IPv6, a través de encapsulación especial que permiten que se envíen paquetes IPv6 sobre capas de bajo consumo. El IETF ha estandarizado un nuevo protocolo de encaminamiento de bajo consumo el cual será usado en la mayoría de aplicaciones M2M, este protocolo se ha denominado RPL.

En la capa de transporte se soportan los protocolos TCP y UDP. Y para la capa aplicación se adoptará el protocolo CoAP basado en la arquitectura RESTful el cual es compatible con HTTP. (Aijaz & Aghvami, 2015)

## **2.2 Red de Sensores Inalámbricos (WSN)**

Para tener claro en que consiste una red de sensores inalámbricos, a continuación, se indicará en que consiste, como se originó, las diversas tecnologías existentes y se verá las diferentes topologías que se pueden formar junto a protocolos ya desarrollados.

### **2.2.1 Introducción.**

En las industrias a lo largo de los años han utilizado varios sistemas para la monitorización de sus productos tales como sistemas cableados formados por cables de comunicación y varios tipos de sensores; pero la instalación y mantenimiento de estos cables y sensores resultaba mucho más caro que los propios sensores.

Notoriamente el costo bajaría si se suprimían los cables de comunicación debido a la reducción de material y su instalación asociada. Esto trajo a que se investigara sobre sistemas inalámbricos y es por eso que en la actualidad ya se cuenta con información sobre Redes de Sensores Inalámbricos “WSN” y también ya se están utilizando en la mayoría de industrias.

Los avances tecnológicos en comunicaciones inalámbricas de los últimos años han hecho que los dispositivos electrónicos sean más económicos y cuenten con un bajo consumo de energía, así también se han desarrollado nuevos sensores para ser utilizados en diferentes

aplicaciones y estos brinden características de flexibilidad, alta fiabilidad y un despliegue rápido. (Gutiérrez, Durocher, Lu, Harley, & Habetler, 2006)

### 2.2.2 Tecnologías.

Para una red de sensores inalámbricos existen diferentes tecnologías, las más conocidas son ZigBee, Wifi, EnOcean, Insteon, Z-wave, X10, Bluetooth, Wavenis, etc. En la Tabla 1 se muestra un resumen comparativo entre algunas tecnologías que más se usan en una WSN.

Tabla 1. Comparación entre tecnologías de redes inalámbricas

	Tecnologías				
	ZigBee	Z-wave	Bluetooth	Wavenis	Wifi
<b>Velocidad de datos</b>	20,40,250kbps	40kbps	1000 - 3000 kbps	19.2kbps	11Mbps-300Mbps
<b>Rango (en metros)</b>	10 – 100 m	30 m (lugares abiertos)	50 m	Rango significativo	35 m (interiores), 100 m (exteriores)
<b>Área de aplicación</b>	Monitorización y control	Aplicaciones de control remoto	Sustituto de cables	Control remoto y monitoreo de datos	Redes domesticas
<b>Estándar</b>	IEEE 802.15.4	Estándar de comunicación inalámbrica	IEEE 802.15.1	Certificados ETS300-220, FCC15-247, 15-249	IEEE 802.11
<b>Seguridad</b>	Encriptación AES 128 bits	Encriptación AES 128 bits	Seguro + Bloqueo y cifrado	3DES, AES 128, RSA	WPA2

Fuente: (Sharma & Sharma, 2014, págs. 2, 3)

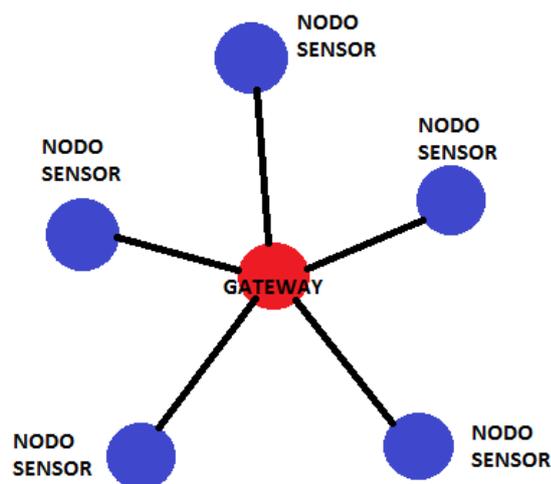
### 2.2.3 Topologías.

Topología hace referencia a cómo va ser ordenado el hardware y como se comunicarán los datos por medio de esta configuración. Las topologías son implementadas bajo ciertas circunstancias, dependiendo de la aplicación puede haber una topología que sea mejor que otra. ZigBee recoge tres topologías que pueden ser utilizadas en una WSN, y estas son estrella (STAR), árbol (TREE) y malla (MESH).

- **Topología Estrella**

Esta consiste en que todos los nodos sensores estén conectados o comunicados hacia la puerta de enlace o Gateway a tan solo un salto de este, y que ningún nodo final pueda comunicarse entre sí. Solo el Gateway es capaz de transmitir información hacia afuera de la red para su monitorización. Como ventaja esta topología presenta un gasto de energía reducido, pero también presenta algunas limitaciones como la distancia de transmisión entre la puerta de enlace y cada nodo, así también no cuenta con caminos alternativos de comunicación en caso de que algún nodo tenga obstruida la vía de enlace con el Gateway, de esta forma la información de este nodo sería perdida. En teoría este tipo de topología puede conectar hasta 65536 nodos a este tipo de red. (Fernández Martínez, y otros, 2009)

En la Figura 3 se puede apreciar como es la estructura de una topología tipo estrella en una red de sensores inalámbricos.

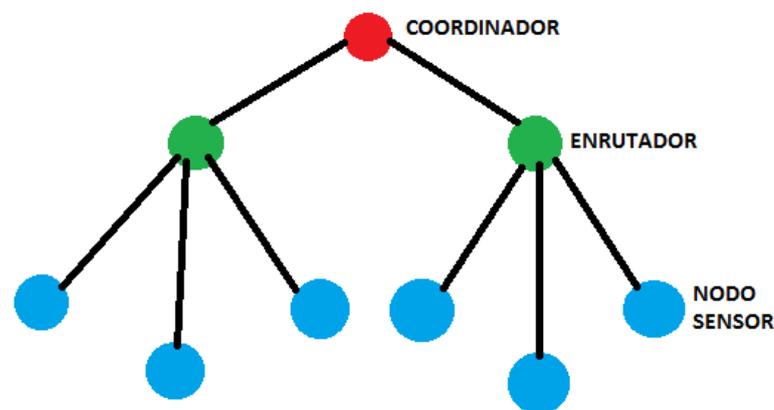


*Figura 3.* Topología Estrella

Fuente: Autoría

- **Topología Árbol**

En esta topología los nodos sensores se comunican hacia dispositivos enrutadores, los cuales enviarán sus datos hacia un nodo coordinador, tal como lo indica la Figura 4. Posee alta escalabilidad y mantiene las ventajas de la topología estrella, así mismo posee algunas limitaciones como la pérdida de una parte de la red en caso de que falle algún enrutador y tiene baja fiabilidad el algoritmo de enrutamiento, como también el costo aumenta significativamente.

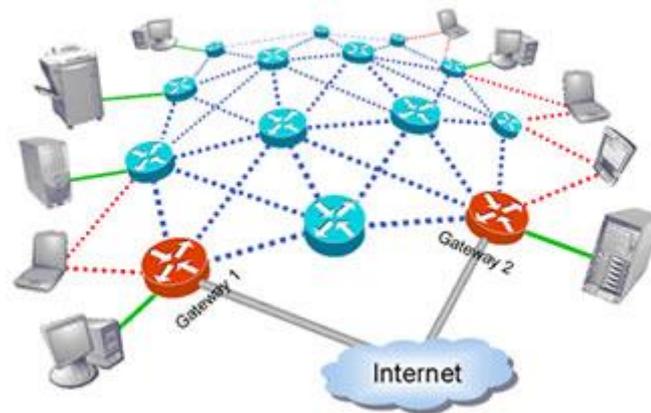


*Figura 4.* Topología tipo Árbol

Fuente: Autoría

- **Topología Malla**

Esta topología consiste en enrutar todos los nodos entre cada uno, formando así un sistema multisalto, se puede apreciar mejor en la Figura 5. Cada nodo puede recibir y enviar información hacia otros nodos, incluso a la puerta de enlace. Posee algunas ventajas como realizar una extensión posiblemente ilimitada de nodos, así también tiene alta tolerancia a fallos al poseer diversas rutas para comunicarse con la puerta de enlace, ya que no afecta al resto de nodos en caso de que un nodo falle. Como limitaciones se tiene el aumento de latencia y el incremento de colisiones. (Bernal, 2006)



*Figura 5.* Topología tipo Malla

Fuente: (Sichitiu, 2005, pág. 4)

#### **2.2.4 Protocolos.**

En una WSN se utilizan algunos protocolos para realizar la comunicación con los distintos nodos sensores, así se lograría adaptar las características que presenta una WSN e identificar sus limitaciones. A continuación, se mencionan algunos protocolos que han sido desarrollados para diferentes requerimientos de una WSN y de acuerdo a su funcionamiento.

##### **A. Protocolo IEEE 802.15.4**

IEEE 802.15.4 define a la capa física (PHY) y de control de acceso al medio (MAC) de manera sencilla, de bajo costo, baja potencia, baja calidad de servicio y baja velocidad de transferencia de datos, y se le conoce también como red inalámbrica de área personal de baja velocidad (LR-WPAN). Aunque este protocolo no fue hecho específicamente para redes de sensores inalámbricos, es el más previsto para formar una WSN realizando calibraciones en sus parámetros.

Su velocidad de transmisión es compatible con 20, 40, 100 y 250 Kbps, con un alcance que esta alrededor de 10 metros. Posee 16 canales en la banda de 2.4 GHz, 30 canales en la banda de 915 MHz y 3 canales en la banda de 868 MHz. Es compatible a la vez con operaciones estrella y peer to peer para reducidos dispositivos de plena función. Las capas de este protocolo se describen a continuación:

- **Capa Física**

Esta capa ofrece dos servicios, uno es el servicio de datos de la capa física y el otro es el servicio de gestión de la interfaz física a la entidad de gestión de la capa física. El servicio de datos permite la recepción y transmisión de unidades de datos de protocolo (PDU) a través del canal de radio, y el servicio de gestión de la interfaz física permite el transporte de comandos de gestión entre el servicio de gestión de subcapa MAC y la entidad de gestión de capa Física.

Sus funciones son activar y desactivar el transceptor de radio, indicar la calidad del enlace, la detección de energía, selección del canal, evaluación del canal libre, la transmisión y recepción de paquetes a través del medio físico.

- **Capa Control de Acceso al Medio (MAC)**

La subcapa MAC ofrece dos servicios, el servicio de datos MAC y el servicio de gestión de la interfaz MAC con su respectiva entidad de gestión. Sus funciones son la gestión de beacons, acceso al canal, la gestión de los intervalos de tiempo garantizados, validación de paquetes, reconocimiento de entrega de paquetes, asociación, disociación y mecanismos de seguridad. Es compatible con dos modos de funcionamiento seleccionados por el coordinador, uno es el no-beacon gobernado por la prevención de colisiones CSMA/CA y el otro es el beacon habilitado, donde los beacons son enviados

periódicamente por el coordinador para sincronizar los nodos asociados. (Kumar, Guenes, Al Basset, & Hussain, 2008)

## **B. Protocolo ZigBee**

Este protocolo fue realizado por ZigBee Alliance para aplicaciones con comunicaciones seguras y baja tasa de envío de datos. Mejora al protocolo 802.15.4, ya que añade nuevas capas como son la de red, de seguridad y soporte de aplicación, lo que lo hace un protocolo factible para funcionar en WSN. Combinando IEEE802.15.4 con ZigBee se logra obtener las capas superiores y de esta manera se tiene un protocolo completo para WSN.

Algunas de sus características son:

- Operación global en la banda de frecuencia de 2.4 GHz según la norma IEEE 802.15.4
- Ágil solución al operar en 16 canales en la frecuencia de 2.4 GHz
- Incorpora mecanismos de ahorro de energía para todas las clases de dispositivos
- Mecanismo de descubrimiento y emparejamiento con confirmación
- Múltiple topología en estrella y la comunicación entre la red de área personal (PAN)
- Varias opciones de transmisión, incluyendo broadcast
- Mecanismo de generación de claves de seguridad

La funcionalidad de las capas de ZigBee se detallan a continuación:

- **Capa de red**

Esta capa es responsable de la formación de redes y el encaminamiento. El enrutamiento es el proceso de selección de ruta para transmitir los mensajes hacia el nodo destino. Existen tres topologías de red que están consideradas en la norma IEEE 802.15.4 y son estrella, tipo árbol y red tipo malla.

- **Capa Aplicación**

En esta capa alberga los objetos de la aplicación. La especificación ZigBee separa la capa en tres subcapas: la capa de soporte de aplicaciones, objetos de dispositivos ZigBee y la estructura de aplicaciones que está definido por el fabricante.

Soporte de aplicación: proporciona una interfaz entre la red y las capas de aplicación a través de servicios prestados por los datos de aplicaciones y las entidades de gestión.

Objeto de dispositivos ZigBee: Sus funciones son descubrir los servicios, la seguridad y la unión. Los servicios de seguridad de objeto en dispositivos ZigBee tiene el papel para autenticar y obtener las claves necesarias para el cifrado necesario.

Objetos de Aplicación: Controlan y gestionan las capas del protocolo en los dispositivos ZigBee a través de un software que controla el hardware. Esta subcapa permite a diferentes proveedores construir y vender independientemente dispositivos ZigBee que puedan inter-operar entre sí en un perfil de aplicación dada de forma independiente.

(Somani & Patel, 2012)

### **C. Protocolo 6LoWPAN (IPv6 over Low Power Wireless Personal Area Network)**

A pesar de que se unan los protocolos 802.15.4 y ZigBee para formar un protocolo completo para una WSN, presenta un inconveniente, y es que el direccionamiento del protocolo ZigBee es incompatible con el protocolo IP para realizar una interconexión con redes externas.

El protocolo IP en la versión 6 al poseer un direccionamiento más escalable que IPv4 y otras innovaciones, tiende a ser el protocolo estándar para realizar la comunicación con las WSN, ya que no cuenta con las limitaciones que presentan los protocolos antes tratados. Un inconveniente es el incremento del tamaño de la dirección IP, es por eso que se originó 6LoWPAN, para transportar la información por redes inalámbricas de bajo consumo (LowPAN), y para lograr eso se creó una capa de adaptación, donde se codificaron las direcciones y así comprimieron las direcciones IPv6 en encabezados más pequeños hasta de 4 bytes. (García Davis, 2009)

## **2.3 Software y Hardware**

En la actualidad existen varios desarrolladores de hardware y software que no ponen restricciones legales con el uso de sus creaciones, haciendo así que sus inventos tengan licencia libre, de esta manera ponen a consideración sus ideas hacia la comunidad, de esta manera pueden llegar a perfeccionar tanto el programa como el equipo realizado y posteriormente comercializarlo en el mercado sin restricciones de uso.

### **2.3.1 Open Hardware.**

La definición de “open hardware” o hardware libre, hace referencia a cualquier dispositivo electrónico que se puede obtener con el fin de modificarlo posteriormente, y su difusión es basado en licencia libre. Hoy en día existen múltiples proyectos que utilizan open source hardware que están ganando gran espacio en el mercado comercial y no comercial, esto se debe a que presentan características como flexibilidad, interoperabilidad, es modificable, tienen gran calidad y su precio es más accesible. En la Asociación de Hardware Libre (Open

Source Hardware Association) poseen una gran base de datos de proyectos realizados como computadoras portátiles, celulares, impresoras 3D, redes de sensores inalámbricos y más. (Kochlán & Hodon, 2014)

### **2.3.2 Open Software.**

Open Source Software (OSS) fue desarrollado por comunidades de programadores que colaboran voluntariamente en Internet con código de programación para el desarrollo de software. Para que se considere a un software como código abierto debe poseer cuatro libertades:

- Libertad para utilizar el software en cualquier lugar y con cualquier intención de uso.
- Libertad para realizar un estudio del software y su código fuente, para acoplarlo a las necesidades del usuario.
- Libertad de compartir a otras personas, con el fin de colaborar a otros.
- Libertad para perfeccionar el software y compartir las mejoras. (Sarkinen, 2007)

### **2.3.3 Herramientas al Servicio de IoT.**

La Internet de las cosas ha estado dando pasos agigantados en el proceso de conectar personas, dispositivos electrónicos y entornos, de manera que estos puedan interactuar entre sí. Con el auge que tuvo la IoT, muchas empresas empezaron a desarrollar hardware y software dedicado a esto, con el propósito de hacer más sencillo la comunicación entre dispositivo y el entorno en Internet. Los diferentes programas ofertados por empresas, son mejor conocidos como Plataformas IoT, las cuales son un software que da soporte para la conexión de hardware de última generación hacia la nube informática. (Toll, 2014)

Las tareas que suelen manejar las Plataformas IoT son la visualización de datos y gestión, esto se lo puede realizar en tiempo real, permitiendo así automatizar diferentes entornos. En la actualidad ya son muchas las empresas que están ofertando servicios de almacenamiento de datos en la nube entre otros recursos para que desarrolladores puedan desplegar potentes aplicaciones de la IoT. (Santamaría, 2016)

La lista de plataformas IoT disponibles es extensa, sin embargo, existen algunas que tienen un costo y otras que son gratuitas con fácil acceso, cada una con diferentes características y diferentes beneficios. A continuación, se describe algunas de las plataformas gratuitas disponibles.

- **UBIDOTS**

Es una empresa que empezó dando servicios de ingeniería en software y hardware para el desarrollo de aplicaciones en IoT en América Latina. Su plataforma fue lanzada en 2014, desde entonces ha servido de ayuda a miles de personas para el desarrollo de diferentes proyectos, y se ha convertido en una de las plataformas más importantes de IoT en el mercado. (UBIDOTS, 2016)

- **XIVELY**

Es una división de una empresa pública llamada LogMeIn Ing., la cual se encarga de proveer servicios de control remoto; Xively ofrece una plataforma de IoT a empresas que buscan solución para sus productos conectados y la administración de sus datos.

- **CARRIOTS**

Es una plataforma IoT que permite conectar diferentes tipos de dispositivos a la Internet y permite desarrollar aplicaciones inteligentes de forma muy sencilla. Utiliza protocolos de comunicación de dos vías, haciendo posible la administración

de configuraciones de hardware de forma remota. En su versión gratuita existen algunas restricciones, sin embargo, sigue siendo una gran herramienta que ayuda al desarrollo de la IoT. (Toll, 2014)

- **THINGSPEAK**

Es una plataforma con una interfaz de programación abierta, dedicada al desarrollo de aplicaciones IoT, donde recopila, almacena, visualiza, analiza y actúa sobre los datos recogidos por dispositivos y sensores. Su código abierto permite a diferentes tipos de hardware poder utilizar esta plataforma, además cuenta con lenguajes de cálculo computacional como MATLAB. (BBVAOpen4U, 2016)

## **2.4 Temperatura**

La temperatura es una descripción del estado de un cuerpo o sistema que está siendo afectado por otro en referencia del nivel de calentamiento, a partir de esto se puede saber si un cuerpo está caliente o frío y determinar un equilibrio térmico en relación a otro cuerpo u objeto. (Andrade Gutierrez, Padilla Ortega, & Valencia Espinoza, 2010)

Se considera también como temperatura a una medida del calor o energía térmica de las partículas en una sustancia; y el calor es la energía que se transfiere de una zona de un cuerpo a otra, o entre diferentes cuerpos que se encuentran a diferente temperatura. (Cisneros Maciel & Pérez Pérez, 2008)

### **2.4.1 Reglamento de Seguridad y Salud de los trabajadores.**

En el Artículo 53, literal 5 del Reglamento de Seguridad y Salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo menciona: “(Reformado por el Art. 26 del Decreto Ejecutivo 4217, R.O. 997, 10-VIII-88) Se fijan como límites normales de temperatura °C de

bulbo seco y húmedo aquellas que en el gráfico de confort térmico indiquen una sensación confortable; se deberá condicionar los locales de trabajo dentro de tales límites, siempre que el proceso de fabricación y demás condiciones lo permitan.” (Ministerio del Trabajo - Ecuador, 2012)

Vale mencionar que en Ecuador no existen normas técnicas, donde se definan los niveles normales de temperatura para los cuales se debe trabajar en lugares cerrados y tampoco se indica cuáles son los rangos de temperatura a los que se considera frío o calor.

#### **2.4.2 Real Decreto 486/1997.**

En España existe el Real Decreto 486, elaborado el 14 de Abril de 1997, donde se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en lugares de trabajo, en los anexos de este decreto se indica las condiciones que deben tener los lugares de trabajo cerrados en relación a la temperatura. En el Anexo 3, literal 3, de este decreto dice lo siguiente:

“La temperatura de los locales donde se realicen trabajos sedentarios propios de oficinas o similares estará comprendida entre 17 y 27 °C.

La temperatura de los locales donde se realicen trabajos ligeros estará comprendida entre 14 y 25 °C.” (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales - España, 1997)

#### **2.4.3 Sensores.**

Existen diferentes tipos de sensores de temperatura de los cuales solo se hablará de aquellos que pueden ser usados en circuitos electrónicos o sistemas electrónicos que cuenten con microcontroladores. En la Tabla 2 se muestran los tipos de sensores electrónicos más usados para medir la temperatura con sus respectivos rangos de medición.

Tabla 2. Tipos de sensores electrónicos de temperatura y sus rangos de medición

SISTEMA	RANGO EN °C
Termocuplas	-200 a 2800
Sistemas de dilatación	-195 a 760
Termorresistencias	-250 a 850
Termistores	-195 a 450
Pirómetros de radiación	-40 a 4000

Fuente: (Bausà Aragonés , y otros, 2003, pág. 4)

Cada uno de estos sensores de temperatura poseen cualidades exclusivas, es por eso que son aplicados en diferentes áreas de trabajo de acuerdo a la necesidad del proceso que se pretenda realizar. Las diferentes características de estos sensores se pueden ver en la Tabla 3 donde se realiza una comparación de estos.

Tabla 3. Comparación entre algunos sensores de temperatura

	Sensores Electrónicos de Temperatura		
	Termocuplas	Termistores	Termorresistencias (RTD)
<b>Temperatura en función de</b>	Tensión eléctrica	Variación de la resistencia de un semiconductor	Variación de la resistencia de un conductor
<b>Sensibilidad</b>	Poca	Alta	Media
<b>Exactitud en medición</b>	Pequeña	Buena - Difícil de calibrar	La mejor
<b>Rango de temperatura</b>	-200 a 2800 °C	-195 a 450 °C	-250 a 850 °C
<b>Linealidad</b>	Moderada	No son lineales	Buena
<b>Auto calentamiento</b>	- No	Alto	Muy bajo
<b>Estabilidad a largo plazo</b>	Deficiente regular	- Pobre	Buena
<b>Tamaño</b>	Pequeño a grande	Pequeño a mediano	Mediano a pequeño

<b>Desventajas</b>	Requiere cables compensados adecuados para llevar la señal	Requiere aplicar formulas complejas para determinar la temperatura	Mayor costo que los otros
--------------------	--	--	---------------------------

Fuente: (Bausà Aragonés , y otros, 2003, págs. 5, 13, 22), (Aquino, 2009)

## 2.5 Desconcentración

La desconcentración o distracción es el resultado de un desplazamiento de la atención debido, por lo general, a dos factores: ausencia de interés o motivación y la fatiga por la actividad que se está realizando. La distracción es el producto de un conflicto entre dos motivaciones, una motivación consciente y una motivación inconsciente.

Por lo tanto, la desconcentración no es una falta de memoria, sino el desarrollo de una memoria en otro lugar indeterminado, una distorsión de la atención que no es bien conocida por la ciencia psicológica. (Martínez, 2007)

La manera para determinar el nivel de distracción de una persona es realizando diferentes tipos de test que utilicen la psicometría. Sin embargo, aún no se cuenta con algún equipo que pueda determinar con exactitud si una persona se encuentra desconcentrada o no, pues para saberlo se debería analizar algunos parámetros del comportamiento del cerebro humano, donde se verán tanto aptitudes mentales como psicológicas de los individuos.

## **Capítulo 3. Desarrollo Experimental**

En el Capítulo 3 se realiza un análisis de los factores que intervienen en el desarrollo de la investigación, para esto se discute el tema con las personas que son afectadas, en este caso los estudiantes, de esta manera se tendrá la idea de cómo solucionar el problema. Posterior a esto se examinará los requerimientos necesarios para poder realizar la elección del software y hardware, para esto se emplea el estándar ISO/IEC/IEEE 29148 utilizando la metodología del modelo en V.

### **3.1 Metodología**

Para poder cumplir con los objetivos planteados en esta investigación, es necesario seguir un conjunto de procedimientos, los cuales ayudaran a desarrollar este proyecto de tesis de forma ordenada, ayudando así a determinar los factores que están inmiscuidos en el problema y las diferentes necesidades para poder desarrollar una solución.

El método que está planteado para ser utilizado es el Modelo en V, el cual consentirá desarrollar el proyecto meticulosamente, e ira a la vez verificando que se dé cumplimiento a este proceso de desarrollo. En conjunto a este modelo también se utiliza el estándar ISO/IEEE 29148, el cual facilita de forma unificada el tratamiento de procesos que requieren de ingeniería.

### **3.2 Modelo en V**

El modelo en V es una técnica utilizada para la gestión de proyectos, el cual utiliza una metodología de evaluación donde describe métodos para la gestión y la elaboración de sistemas. Consiste en un proceso tipo cascada, donde se realiza validaciones y verificaciones en paralelo al proceso de desarrollo.

La “V” del modelo está compuesta por dos fases, la primera concierne al desarrollo del proyecto, la cual se encarga en descomponer las necesidades y las especificaciones necesarias para crear el sistema; la segunda fase está encargada de realizar la evaluación del proyecto.

El modelo en V puede ser tan complejo como uno lo desee, sin embargo, el fundamento es el mismo, ya que los objetivos de este modelo son minimizar los riesgos del proyecto y a la vez mejorar y garantizar la calidad de este.

En la Figura 6 se puede apreciar las dos fases que presenta este modelo, además se indica que ambas fases están divididas por niveles, los cuales tienen cierta relación al momento de realizar la validación. La descripción de cada uno de los niveles del modelo en V se detalla a continuación:

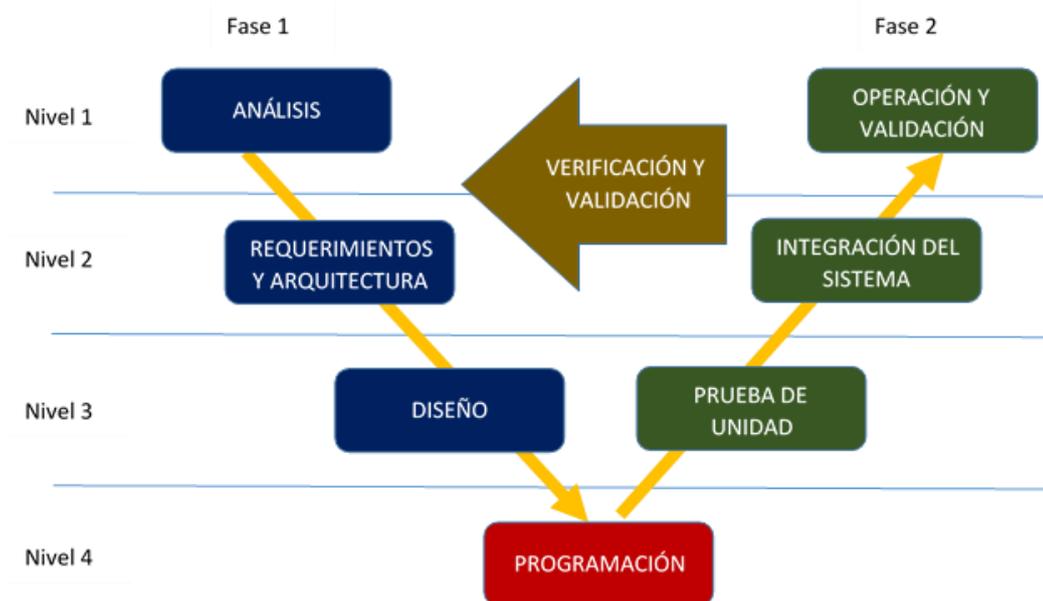


Figura 6. Modelo en V para el desarrollo de sistemas

Fuente: (Rodríguez, 2008)

El nivel 1 está encaminado al usuario, donde este define los requisitos y especificaciones que debería alcanzar el sistema. Este nivel está conformado por el inicio y el final del proyecto.

El nivel 2 determina cuales son los requerimientos funcionales necesarios para elaborar el sistema propuesto. Una vez realizado la integración del sistema se compara y se evalúa con los requerimientos iniciales planteados.

El nivel 3 abarca todo lo relacionado al software y hardware necesario para el desarrollo del sistema final, además define todos los estados que poseerá cada parte del sistema. En la fase de verificación se comprueba la funcionalidad individual de cada una de las partes del sistema.

En el nivel 4 se unen ambas fases, y en base al documento de diseño, se desarrolla una codificación para cada parte del sistema.

### **3.3 Análisis**

Para determinar cuáles son los factores que intervienen en el problema de la investigación, es necesario tener un contacto más directo con las personas afectadas, en este caso son los estudiantes, a partir de ellos se obtendrá la información necesaria acerca del problema y se podrá desarrollar un mecanismo electrónico que pueda ayudar en el proceso de este proyecto; esto se lograra haciendo uso de técnicas de investigación las cuales serán analizadas para posteriormente determinar los requerimientos que van a ser necesarios.

### **3.3.1 Situación Actual.**

La Universidad técnica del Norte es una institución de educación superior referente del norte del país, su campus universitario se encuentra ubicada en la ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura, cuenta con cinco facultades que tienen deferentes ofertas de grado, en el primer periodo académico 2016 – 2017 cuenta con 9049 estudiantes matriculados.

La investigación se realizará en la “Facultad de Ciencias Aplicadas”, y con la ayuda de estudiantes de la “Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación”, por la razón de ser estudiante afín a la carrera y por facilitarme tener una mejor relación con los stakeholders que participan en este proyecto.

Las aulas donde se imparten clases, se encuentran en buen estado, sin embargo, hay que tomar en cuenta algunas observaciones respecto al momento en que estas están siendo ocupadas. Existen aulas con diferente capacidad para albergar a varias personas, a la vez hay materias con un alto número de estudiantes que llenan estos salones de clase en su totalidad.

La ventilación de cada una de las aulas se realiza a través de pequeñas ventanas con apertura practicable; algunas de las ventanas poseen cortinas, mientras que otras carecen de ellas, haciendo así inevitable recibir los rayos del sol a ciertas horas, e incluso ocasionando que se cierre el calor dentro de estos salones.

Es necesario establecer toda la información posible con relación al problema de esta investigación la cual es analizar las diferentes temperaturas que afectan al estudiante en la atención de alguna materia dentro de un aula de clase, para de esta manera determinar si la

temperatura es un factor importante para el desenvolvimiento en el proceso de aprendizaje del estudiante.

En desarrollo de la investigación es necesario hacer uso de métodos o técnicas que permitan establecer los requisitos que serán necesarios para el desarrollo del sistema que se planea utilizar, de esta manera se determinaran variables a analizar, y el software y hardware adecuados, para así dar solución al problema.

### **3.3.1.1 Técnicas.**

Para realizar esta investigación fue necesario realizar una observación directa a los estudiantes, donde se pudo observar diferentes comportamientos en el momento de presenciar rayos de sol dentro del aula, donde algunos estuvieron incomodos y otros semi-dormidos al momento de prestar atención en clase. Un claro ejemplo de esto se puede apreciar en el lado izquierdo de la Figura 7 donde se puede observar a un estudiante prácticamente dormido.



*Figura 7.* Estudiante dormido en el periodo de una clase. UTN, 2016. Laboratorio 3 de la FICA

Fuente: Autoría

Era preciso obtener la opinión de los estudiantes con respecto al tema, por lo que se realizó encuestas con el fin de analizar los factores que intervienen y determinar los procesos necesarios para dar solución a esta investigación.

### 3.3.1.2 Encuesta.

Se elaboró una encuesta con preguntas cerradas y una sola abierta, fáciles de contestar, la cual se distribuyó hacia los estudiantes de la Carrera de Ingeniería de Electrónica y Redes de Comunicación en la Universidad Técnica del Norte. Para la obtención de resultados se tomó una muestra de estudiantes para ser encuestados, la cantidad de dicha muestra fue obtenida a partir de la siguiente formula:

$$n = \frac{N\sigma^2 Z^2}{(N - 1)e^2 + \sigma^2 Z^2}$$

Donde:

n = el tamaño de la muestra.

N = tamaño de la población.

$\sigma$  = Desviación estándar de la población, constante de 0,5

Z = Es un valor constante, se lo toma en relación al 95% de confianza equivale a 1,96

e = Límite aceptable de error muestral, suele utilizarse un valor que varía entre el 1% (0,01) y 9% (0,09), valor que queda a criterio del encuestador. (Suárez, 2011)

El tamaño de la población es de 373 estudiantes matriculados en la carrera, desde primero hasta decimo semestre, en el periodo académico Marzo – Agosto del año 2016.

$$n = \frac{373 * (0.5)^2 * (1.96)^2}{(373 - 1) * (0.09)^2 + (0.5)^2 * (1.96)^2}$$

$n = 90$  encuestas

Las preguntas realizadas en la encuesta y la respectiva tabulación de los resultados obtenidos se encuentran en el Anexo 1. A continuación, se indicarán las conclusiones obtenidas de dicha encuesta:

El promedio de horas que un estudiante pasa dentro de un aula, indica el tiempo que pasa en reposo en un ambiente cerrado, lo cual puede generar cansancio o aburrimiento a ciertas personas. Permanecer mucho tiempo en un ambiente cerrado, donde exista poca ventilación, puede generar que la temperatura del lugar aumente y el oxígeno disminuya, causando así fatiga y malestar a las personas.

La mayoría de estudiantes reciben clases en la mañana y en la tarde, periodos del día donde por lo general se presentan mayores cambios de temperatura que afectan a un ambiente cerrado como son las aulas y genera malestar a los estudiantes al momento de recibir clases.

Los estudiantes, en su opinión están conscientes que la temperatura es uno de los factores que les afecta en su proceso de aprendizaje, aparte de pasar en un lugar cerrado por mucho tiempo, la temperatura empieza a aumentar al no existir una ventilación.

La mayoría de estudiantes no se encuentran en confort dentro del aula al percibir temperaturas altas, sin embargo, un porcentaje muy significativo de estudiantes, indica que no importa la presencia de calor en el aula al momento de prestar atención en clases.

La mayoría de estudiantes afirman que trabajarían mejor dentro de clases teniendo un ambiente fresco, sin embargo, algunos estudiantes afirman que no les afecta mucho sea cual sea la temperatura que esté presente dentro del aula.

Incluso al recibir clases de una materia de interés, los estudiantes si se ven afectados por la temperatura en cierto porcentaje.

Una gran cantidad de estudiantes afirman o creen estar seguros que, si existiera una temperatura adecuada dentro del aula, podrían trabajar de una mejor manera tanto los estudiantes como el docente. Algunos estudiantes manifiestan que cuando llegan cansados a la universidad, dependiendo de la temperatura presente en el aula, les ayuda a estar despiertos o ayuda a que se duerman por momentos. Otros piensan que no depende solo de la temperatura, sino también de otros factores como la materia recibida, o bien puede ser la forma de enseñar del docente.

A partir de las respuestas obtenidas de la encuesta planteada, se puede decir que sí es viable realizar esta investigación, ya que de acuerdo a las opiniones de la mayoría de los encuestados se puede formular una hipótesis en la cual se plantee a la temperatura como un factor que ocasiona desconcentración a los estudiantes.

### **3.3.2 Propósito y Ámbito del Sistema.**

La idea propuesta es desarrollar un sistema electrónico que tenga aplicación con Internet de las Cosas, con el fin de realizar un estudio que permita determinar cuál es la temperatura adecuada dentro de un aula, y así poder establecer estimadores de desconcentración en los estudiantes.

El sistema electrónico con aplicación IoT para el monitoreo ambiental dentro de un aula, planea determinar si existe alguna temperatura en específico que ayude al estudiante en su desenvolvimiento para prestar atención a las clases recibidas, o cuales son los rangos de temperatura que causan el efecto contrario.

El estudio se realizará a un grupo de estudiantes afines a la temática dada por un docente, y los resultados servirán para analizar si hay patrones de desconcentración, mas no garantiza que los estudiantes mejoren el nivel de captación de la materia recibida.

### 3.3.2.1 *Definición de Acrónimos y Abreviaturas.*

Para acortar la escritura de algunos términos se ha utilizado una lista de acrónimos y abreviaturas en la Tabla 4, estos se mencionarán con frecuencia más adelante.

*Tabla 4. Definición de Acrónimos y Abreviaturas*

<b>Abreviatura</b>	<b>Descripción</b>
UTN	Universidad Técnica del Norte
CIERCOM	Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación
FICA	Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas
WSN	Red de sensores inalámbricos
StRS	Documento de especificación de requerimientos del Stakeholder
SyRS	Documento de especificación de requerimientos del sistema
SRSH	Documento de especificación de requerimientos de Software y Hardware

Fuente: (Barreto, 2014)

### 3.3.3 **Descripción General.**

El Sistema Electrónico permitirá alterar la temperatura dentro de un aula mientras se realiza las pruebas de esta investigación, esto se logrará haciendo uso de equipos que permitan

cambiar el clima dentro de lugares cerrados como pueden ser calefactores y ventiladores. Se deberá asignar un rango de temperaturas, una máxima y una mínima, de esta manera se monitoreará y controlará de que no se salga del rango establecido.

El sistema vendrá acompañado de una red de sensores que estarán testeando paulatinamente la temperatura del ambiente dentro del aula. Los sensores de temperatura deberán medir este parámetro con la mayor precisión posible y de forma estable, de manera que se cambiara el clima del aula después de cada tema tratado por el docente, durante este proceso los estudiantes recibirán clases de alguna materia afín entre ellos.

#### **3.3.3.1 Funciones del Proyecto.**

La investigación que se pretende realizar tendrá como función principal el análisis del comportamiento de los estudiantes al momento de prestar atención en clases, en relación a la temperatura dentro de un aula. Para este estudio es necesario que el sistema electrónico presente funciones de monitoreo de la temperatura en el lugar donde se realizaran las pruebas, y que este sistema permita mantener el rango de esta variable durante todo el periodo que se realizaran los ensayos con los estudiantes.

#### **3.3.4 Características del Sistema.**

El sistema electrónico que se utilizará para la investigación va encaminado para los estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación, donde se evaluará cómo reaccionan en su aprendizaje de acuerdo a la temperatura dentro del aula. Las personas que serán evaluadas deben estar en un mismo nivel educacional compartiendo materias en común, de esta manera se podrá dictar clases y evaluar posteriormente. Los estudiantes deberán pertenecer todos a la misma región del país, con el fin de no obtener datos

atípicos en relación a la temperatura, de esta manera se tratará con personas que ya son aclimatados a la zona, ya que no será la misma reacción de personas que ya viven en la región que con personas que vienen de otro lugar con diferente clima.

#### **3.3.4.1 Restricciones.**

- Las pruebas de la investigación se deben realizar únicamente en los horarios de clases ya asignados.
- El hardware necesario para la comunicación en la WSN deberá ser compatible para trabajar con protocolos de Internet.
- Al trabajar con una WSN se requiere fuentes de energía cercanas a cada nodo sensor, o hacer uso de baterías.
- Los sensores deben poseer mayor precisión y estabilidad, por lo que el costo será mayor y tomará un tiempo hasta que se calibren.
- Se utilizará una placa de desarrollo basada en un microcontrolador cuya programación se realizará en lenguaje C#.
- Sea cual fuera la topología en la WSN, se deberá manejar los tiempos con que se enviarán los datos, con el fin de evitar la congestión del canal de comunicación.
- El sistema podrá ser manipulado únicamente por el administrador o por el docente que ayudará a realizar las pruebas.

#### **3.3.4.2 Riesgos.**

- Congestión de datos al momento de realizar una comunicación entre todos los nodos sensores hacia el nodo central.
- Alteración del sistema al momento de recibir los datos en el nodo central y al mismo tiempo intente subir los datos a la plataforma IoT.

- La no conexión o desconexión de algún nodo sensor hacia el nodo central, eso afectaría a la recolección de todos los datos de las diferentes áreas.

### 3.4 Requerimientos

Tal como se menciona en el Capítulo 1, se pretende realizar un sistema electrónico que monitoree la temperatura ambiente dentro de un aula de clase y sea capaz de subir estos datos a una plataforma de IoT, con el fin de efectuar un estudio donde se pretende analizar cuál es la mejor temperatura para que el estudiante preste una mayor atención en clases y por ende tenga un mejor desempeño académico. En la Tabla 5 se indican los stakeholders que forman parte de la investigación, a partir de ellos se obtendrá los requerimientos necesarios para elaborar el sistema electrónico.

*Tabla 5. Stakeholders que participan en la investigación*

<b>Lista de Stakeholders</b>
<b>1.</b> Estudiantes de CIERCOM
<b>2.</b> Universidad Técnica del Norte
<b>3.</b> Ing. Jaime Michilena
<b>4.</b> Sr. Stalin Realpe
<b>5.</b> FICA

Fuente: Autoría

Los stakeholders de la lista en la tabla anterior, son primordiales ya que cada uno aportara de diferente manera al desarrollo de esta investigación.

### 3.4.1 Requerimientos indirectos necesarios para el desarrollo del sistema.

Previo a la elaboración del sistema que ayudara al desarrollo de la investigación en curso, se debe tomar ciertas consideraciones respecto a cuáles serán los requerimientos necesarios por parte de algunos stakeholders, como también los requerimientos necesarios para la operación del sistema. En la Tabla 6 se indican especificaciones que son requeridas para cubrir requisitos operacionales del sistema, como también parámetros necesarios de los individuos que ayudaran y formaran parte de esta investigación.

Tabla 6. Requerimientos indirectos necesarios para el desarrollo del sistema

StSR					
<i>REQUERIMIENTOS OPERACIONALES</i>					
#	Requerimiento	Prioridad			Relación
		Alta	Media	Baja	
StRS 1	Conexión a Internet para subir datos a plataforma IoT	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
StRS 2	Bajo consumo de energía	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
StRS 3	Comunicación Inalámbrica con otros dispositivos electrónicos	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
StRS 4	Visualización de los datos	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
StRS 5	Adquisición de datos	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
StRS 6	Capacidad para funcionar por largos periodos de tiempo	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<i>REQUERIMIENTOS DE USUARIOS</i>					
StRS 7	Estudiantes de un mismo nivel académico y que compartan las mismas materias	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
StRS 8	Estudiantes aclimatados a la región	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Fuente: Autoría

Tanto en la fase de desarrollo de sistema como en la fase de pruebas a realizar, se debe tomar en cuenta cada uno de los requerimientos planteados, y se debe respetar las prioridades de cada uno de estos.

### 3.4.2 Requerimientos Iniciales del Sistema.

Para elaborar el sistema electrónico propuesto, se debe plantear cuáles serán los requerimientos funcionales, en los cuales se indica cómo se comportará el sistema junto a sus propiedades que debe proporcionar. En la Tabla 7 se define cada función que se requiere que el sistema realice, donde también se establece cuáles serán las limitaciones en el sistema.

Tabla 7. *Requerimientos iniciales del sistema electrónico*

<b>SySR</b>					
<b><i>REQUERIMIENTO DE FUNCIONES</i></b>					
#	Requerimiento	Prioridad			Relación
		Alta	Media	Baja	
<b>SySR 1</b>	Monitoreo de temperatura	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b><i>REQUERIMIENTO DE USO</i></b>					
<b>SySR 2</b>	Manual de configuración	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>SySR 3</b>	Flexibilidad para ubicar los nodos sensores	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b><i>REQUERIMIENTO DE PERFORMANCE</i></b>					
<b>SySR 4</b>	Mayor precisión de los sensores para la lectura de los datos	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>SySR 5</b>	Mayor rango de lectura por parte de los sensores	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>SySR 6</b>	Mayor estabilidad en los sensores	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

<b>SySR 7</b>	Capacidad de conectar inalámbricamente varios nodos sensores a un nodo central	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>SySR 8</b>	Memoria suficiente para manejar varios datos	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>SySR 9</b>	Rapidez en el procesamiento de los datos	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b><i>REQUERIMIENTO DE INTERFACES</i></b>				
<b>SySR 10</b>	Compatibilidad con la capa Aplicación de TCP/IP	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>SySR 11</b>	Comunicación a través de puerto serial	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b><i>REQUERIMIENTO DE MODOS/ESTADOS</i></b>				
<b>SySR 12</b>	Modo AP	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>SySR 13</b>	Modo Estación	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>SySR 14</b>	Modo AP - Estación	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b><i>REQUERIMIENTO FÍSICOS</i></b>				
<b>SySR 15</b>	Cobertura a todo el lugar donde se realizarán las pruebas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>SySR 16</b>	Tamaño reducido	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fuente: Autoría

Cada uno de estos requerimientos planteados, son una pieza importante para realizar el diseño del sistema, como también para el manejo del mismo.

### 3.4.3 Requerimientos Iniciales de Arquitectura.

Para la funcionalidad del sistema electrónico planteado, es necesario describir todo el hardware que será necesario, como también el software necesario para que el sistema pueda funcionar adecuadamente. En la Tabla 8 se indica las cualidades necesarias que debe poseer tanto el hardware como el software que se utilizara.

Tabla 8. *Requerimientos Funcionales de Hardware y Software a utilizarse*

<b>REQUERIMIENTOS DE FUNCIONES</b>					
#	Requerimiento	Prioridad			Relación
		Alta	Media	Baja	
<b>REQUERIMIENTOS LÓGICOS</b>					
<b>SRSH 1</b>	Entadas y salidas digitales	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>SRSH 2</b>	Convertor análogo digital	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>SRSH 3</b>	Comunicación punto multipunto hacia otros dispositivos iguales	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>REQUERIMIENTOS DE DISEÑO</b>					
<b>SRSH 4</b>	Adquisición de Hardware y Software de bajo costo	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>REQUERIMIENTOS DE SOFTWARE</b>					
<b>SRSH 5</b>	Capacidad de programar a la placa de desarrollo basada en un microcontrolador	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>SRSH 6</b>	Poseer licencia gratuita para la utilización del software	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>SRSH 7</b>	Disponibilidad de librerías para sensores y plataformas IoT	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>REQUERIMIENTOS DE HARDWARE</b>					

<b>SRSH 8</b>	Placa de desarrollo basada en un microcontrolador de tamaño reducido	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>SRSH 9</b>	Capacidad de realizar lectura de sensores	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>SRSH 10</b>	Comunicación inalámbrica	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>SRSH 11</b>	Compatibilidad con protocolos de Internet	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b><i>REQUERIMIENTOS ELÉCTRICOS</i></b>				
<b>SRSH 12</b>	Tomas eléctricas de pared o uso de baterías	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fuente: Autoría

Para la adquisición de cada uno de los equipos a utilizarse en el desarrollo del proyecto, hay que tener en cuenta algunas consideraciones, las cuales servirán para el adecuado funcionamiento del sistema planteado y la elaboración de este mismo.

### 3.5 Recursos

Para el desarrollo de esta investigación, es necesario la participación de algunas personas que tendrán diferentes responsabilidades, estas se detallan en la Tabla 9, las cuales ayudarán con ideas para el desarrollo y diseño de la indagación que se realizara, además de personas que serán evaluadas con el objetivo de obtener los datos suficientes para conseguir conclusiones pertinentes a la investigación.

*Tabla 9. Recursos Humanos*

<b>HUMANOS</b>	
<b>ESTUDIANTES</b>	Elección de estudiantes de la “Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación”.
<b>TUTOR</b>	Ing. Jaime Michilena
<b>DESARROLLADOR</b>	Sr. Stalin Realpe

Fuente: Autoría

Los equipos necesarios para el sistema electrónico se detallan en la Tabla 10, donde se indica la cantidad requerida de cada componente, junto a un valor económico aproximado por cada uno y el total de estos.

*Tabla 10. Recursos Económicos*

<b>ECONÓMICOS</b>			
<b>#</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO FINAL</b>
5	Módulo Wifi	10	50
5	Sensor de temperatura	3.60	18
1	Calefactor	86	86
1	Enfriador	50	50
1	Baquelita de fibra de vidrio	4.50	4.50
3	Pulsador	0.10	0.30
5	Resistencias	0.05	0.25
2	Relé	3	6
1	Rollo de estaño	8	8
1	Cautín tipo lápiz	9	9
4	Espadines	1.50	6
<b>TOTAL</b>			<b>238.05</b>

Fuente: Autoría

Para cumplir con lo planteado es necesario trabajar con recursos tecnológicos intangibles como los de la Tabla 11, los cuales fueron tomados en cuenta por facilitar el desarrollo de la investigación que se realiza, además de esto, porque no tienen costo para el desarrollador.

*Tabla 11. Recursos tecnológicos*

<b>TECNOLÓGICOS</b>	
<b>SOFTWARE</b>	<b>COSTO</b>
MICROSOFT WORD	0
MICROSOFT EXCEL	0
FRITZING	0
IDE DE ARDUINO	0

<b>TOTAL</b>	0
--------------	---

Fuente: Autoría

### 3.6 Elección del Hardware y Software para el Diseño del Sistema Electrónico

Una vez analizado los requerimientos necesarios, se debe plantear todas las opciones de materiales y programas disponibles que puedan ayudar para el desarrollo de esta investigación. Posteriormente se debe elegir de acuerdo a una evaluación hecha a todas las opciones planteadas, donde se califica a la mejor opción que cumpla con todos los requerimientos o la mayoría de estos.

#### 3.6.1 Elección de Hardware.

Es necesario de un equipo que procese todos los datos numéricos recolectados por varios sensores y a la vez pueda cumplir con los requerimientos antes planteados. Cabe tomar en cuenta que si el dispositivo posee funciones avanzadas innecesarias que aumenten el costo de este, se optara por uno que sea más básico. En la Tabla 12 se realiza una valoración del hardware disponible que sea capaz de procesar los datos y se elegirá el que mayor puntuación tenga.

*Tabla 12. Elección de Hardware para Procesamiento de Datos*

HARDWARE	REQUERIMIENTOS				VALORACIÓN
	SRSH 8	SRSH 9	SRSH 10	SRSH 11	TOTAL
<b>Arduino Yung</b>	○	●	○	●	2
<b>Intel Galileo</b>	○	●	○	●	2
<b>Raspberry Pi</b>	○	●	○	●	2
<b>WiFi ESP8266</b>	●	●	●	●	4
●Cumple					
○ No cumple					
Elección: <b>WiFi ESP8266</b>					

Fuente: Autoría

Existen algunas tecnologías que permiten realizar una comunicación de forma inalámbrica, en la Tabla 13 se indica algunas de las tecnologías más utilizadas y disponibles en el mercado. Se elegirá la mejor opción de acuerdo a los requerimientos planteados y el lugar donde se va a utilizar.

Tabla 13. Elección de Hardware para Comunicación Inalámbrica

HARDWARE	REQUERIMIENTOS					VALORACIÓN
	StRS 1	SySR 7	SySR 10	SySR 15	SRSR 4	TOTAL
<b>RF24L01</b>	○	●	○	●	●	3
<b>Xbee S2</b>	○	●	○	●	○	2
<b>Bluetooth</b>	○	●	○	○	○	1
<b>WiFi ESP8266</b>	●	●	●	●	●	5

●Cumple  
○ No cumple

Elección: **WiFi ESP8266**

Fuente: Autoría

### 3.6.2 Elección de Sensores.

Existen diversidad de sensores de temperatura, en la Tabla 14 se encuentran los más utilizados en sistemas electrónicos. Se realizará una elección de acuerdo al sensor que presente las mejores características y cumpla con todos los requerimientos.

Tabla 14. Elección de Sensores

SENSORES	REQUERIMIENTOS				VALORACIÓN
	SySR 4	SySR5	SySR 6	SySR 16	TOTAL
<b>LM35</b>	○	●	●	○	2
<b>DS18B20</b>	●	●	●	●	4
<b>DHT22</b>	●	○	○	●	2

- 
- Cumple
  - No cumple
- 

Elección: **DS18B20**

---

Fuente: Autoría

### 3.6.3 Elección de Software.

Para realizar la elección de software se debe tomar en cuenta varios criterios en los cuales deben estar las especificaciones hechas en los requerimientos, de esta manera se elegirá desde el punto de vista funcional, tecnológico y operativo a la mejor opción que se adecue a esto. En la Tabla 15 se encuentran planteados diferentes tipos de software que se pueden adaptar al hardware antes elegido.

Tabla 15. Elección de Software

SOFTWARE	REQUERIMIENTOS					VALORACIÓN
	SySR 9	SySR 11	SRSR 5	SRSR 6	SRSR 7	TOTAL
<b>IDE de Arduino (C)</b>	●	●	●	●	●	5
<b>Fritzing (C)</b>	●	●	○	●	○	3
<b>ESPlorer (Python)</b>	●	●	●	●	○	4

- 
- Cumple
  - No cumple
- 

Elección: **Arduino**

---

Fuente: Autoría

Las plataformas IoT son parte de los programas tomados en cuenta para que se complementen con el sistema electrónico a desarrollarse; se encuentran disponibles algunas de estas en el mercado, pero cada una tiene diferentes cualidades y servicios, es por eso que en la Tabla 16 se determinara cual es la más idónea para el sistema, tomando en cuenta los requerimientos planteados anteriormente.

Tabla 16. Elección de Plataforma IoT

PLATAFORMA IOT	REQUERIMIENTOS					VALORACIÓN
	StRS 4	StRS 5	StRS 6	SRSH 6	SRSH 7	TOTAL
<b>Ubidots</b>	●	○	●	●	●	4
<b>Thingspeak</b>	●	●	●	●	●	5
<b>Carriots</b>	●	●	○	●	●	4
<b>Xively</b>	●	●	●	○	●	4
●Cumple						
○ No cumple						
Elección: <b>Thingspeak</b>						

Fuente: Autoría

Thingspeak es una plataforma IoT de uso gratuito y de código abierto, que permite el desarrollo de aplicaciones para la conexión de diferentes dispositivos electrónicos hacia la Internet. Esta plataforma además de ofrecer la visualización de los datos y su almacenamiento, permite descargar esta información en forma detallada en caso que se desee trabajar de diferentes maneras con estos datos.

### 3.7 Hardware utilizado en el Sistema Electrónico

El hardware utilizado para el monitoreo ambiental adecuado para el estudiante universitario está conformado por una red de sensores inalámbricos, los cuales están conformados por sensores de temperatura y para la comunicación inalámbrica y procesamiento de datos se utilizará los módulos WiFi ESP8266 que son placas de desarrollo de hardware, los cuales podrán comunicarse a un Access Point que tenga salida a Internet para subir los datos a una plataforma web.

La elección de los sensores y de los módulos utilizados para la comunicación inalámbrica en la WSN, se realizó acorde a las tablas de requerimientos planteadas

anteriormente. Posterior a esto, se esquematizarán diagramas donde se indicará la forma en como todos estos equipos se conectarán entre sí y cómo va a ser su funcionamiento.

### 3.7.1 Sensor de Temperatura DS18B20.

Es un dispositivo electrónico, que posee una gran exactitud al medir la temperatura, las cualidades que posee son muchas, una de estas es que se comunica de forma digital con equipos que procesaran los datos, de esta forma disminuye interferencias por señales analógicas ajenas. Utiliza el protocolo OneWire para enviar y recibir datos utilizando un solo cable, al ser complicado de entender el funcionamiento de este protocolo, se debe incluir dos librerías en el IDE de Arduino para hacer más sencillo la obtención de datos. (González A. G., 2014)

El sensor DS18B20 requiere una resistencia pull up de 4.7 K $\Omega$  para su adecuado funcionamiento, en la Figura 8 se indica cómo se debe conectar.

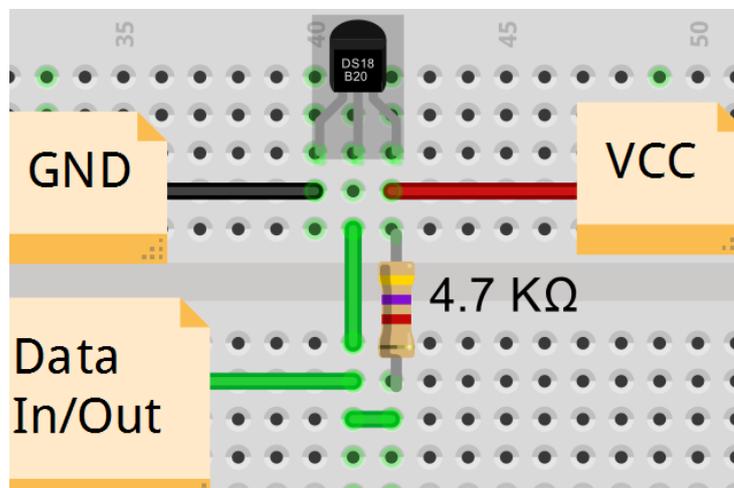


Figura 8. Polarización del sensor DS18B20

Fuente: Autoría

(González F. T., 2014) realizo pruebas comparativas de funcionamiento entre algunos sensores de temperatura, dando como resultado que el DS18B20 posee mejores cualidades al momento de realizar el censado. En la Tabla 17 se presentan las principales características de este dispositivo electrónico.

Tabla 17. Características del sensor DS18B20

<b>PARAMETRO</b>	<b>DETALLE</b>
<b>Alimentación</b>	Desde 3v a 5.5v
<b>Precisión</b>	+/-0.5°C
<b>Rango de lectura</b>	Desde -55°C hasta +125°C
<b>Resolución</b>	De 9 a 12 bits
<b>Tiempo de conversión en 10 bits</b>	187.5 ms
<b>Protocolo</b>	OneWire
<b>Tipo de salida</b>	Digital

Fuente: (SEMICONDUCTOR, s.f.)

### 3.7.2 Módulo ESP8266.

Este dispositivo es un módulo WiFi de bajo coste, diseñado desde un principio para trabajar en aplicaciones de Internet de las Cosas, maneja los protocolos TCP/IP y 802.11. Su tamaño es muy reducido, y existen múltiples versiones de este, además posee un microcontrolador que viene cargado de fábrica un firmware para ser configurado con comandos AT. Las últimas versiones de estos módulos tienen mayor número de pines con varias entradas y salidas digitales junto a un pin para realizar una conversión analógica digital. Algunas comunidades han trabajado en nuevos firmwares y softwares para poder configurar a este módulo, pero el mayor aporte fue permitir configurarlo a través del IDE de Arduino.

Cabe recalcar que para poder configurar al módulo es necesario utilizar un cable USB a TTL, de esta forma se puede grabar al microcontrolador a través de una comunicación serial, asimismo se debe colocar al pin GPIO 0 a GND mientras es grabado. En la Figura 9 se indica la manera de como conectar a este módulo.

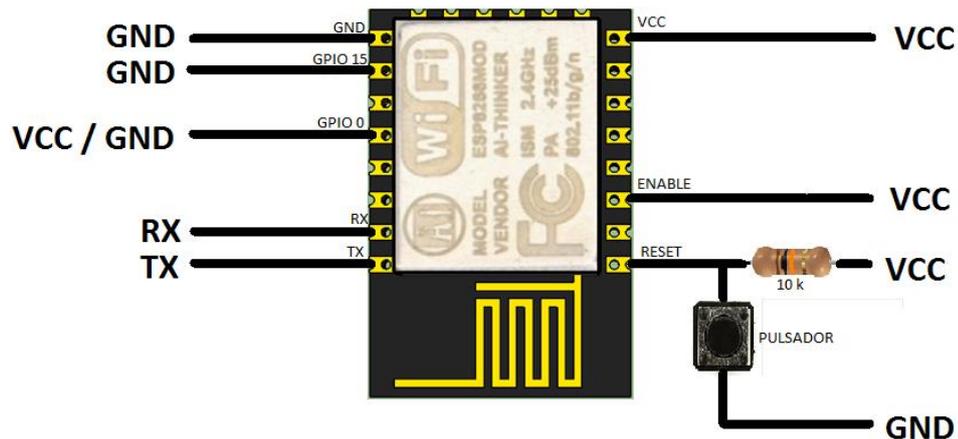


Figura 9. Forma de como polarizar al módulo ESP8266

Fuente: Autoría

Las aplicaciones de este módulo pueden ser muchas, en la Tabla 18 se indican las principales características que pueden ser utilizadas para el adecuado funcionamiento del sistema electrónico planteado.

Tabla 18. Características Técnicas del Módulo WiFi ESP8266

<b>CARACTERISTICAS TÉCNICAS</b>
Protocolos soportados 802.11b/g/n
Integra pila de protocolos TCP/IP
WiFi 2.4 GHz, compatible con WPA / WPA2
Modos de funcionamiento: STA/AP/STA+AP
Potencia de salida: +19.5dBm en modo 802.11b
Consumo en modo de baja energía: <10 uA
Procesador integrado de 32 bits, puede ser utilizado como procesador de aplicaciones
Tamaño ultra reducido (16mm x 22mm)
Convertor analógico a digital de 10-bit
Soporta variedad de antenas

---

Rango de operación  $-40^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$

---

Alimentación: 3.0~3.6V

---

Fuente: (Espressif Systems Inc, 2013)

### **3.8 Diseño del Sistema Electrónico**

Haciendo uso del Modelo en V, se ha podido realizar un análisis en donde se pudo determinar cuáles son los factores que se debe tratar en la investigación, y de acuerdo a eso se consiguió plantear todos los requerimientos necesarios para la elección de equipos y herramientas necesarias para elaborar el sistema electrónico que ayudara en el proceso de desarrollo de este proyecto.

Una vez realizado la elección de hardware y software es necesario determinar cómo ambas partes se interconectarán para su adecuado funcionamiento.

#### **3.8.1 Diagrama de bloques general.**

La manera de cómo va a ser el funcionamiento general del sistema electrónico se lo puede indicar en un diagrama de bloques, de este modo se podrá visualizar como esta interconectado y se podrá comprender de una mejor manera. En la Figura 10 se muestra la forma en que están conectadas todas las partes del sistema electrónico que ayudaran para el desarrollo de esta investigación.

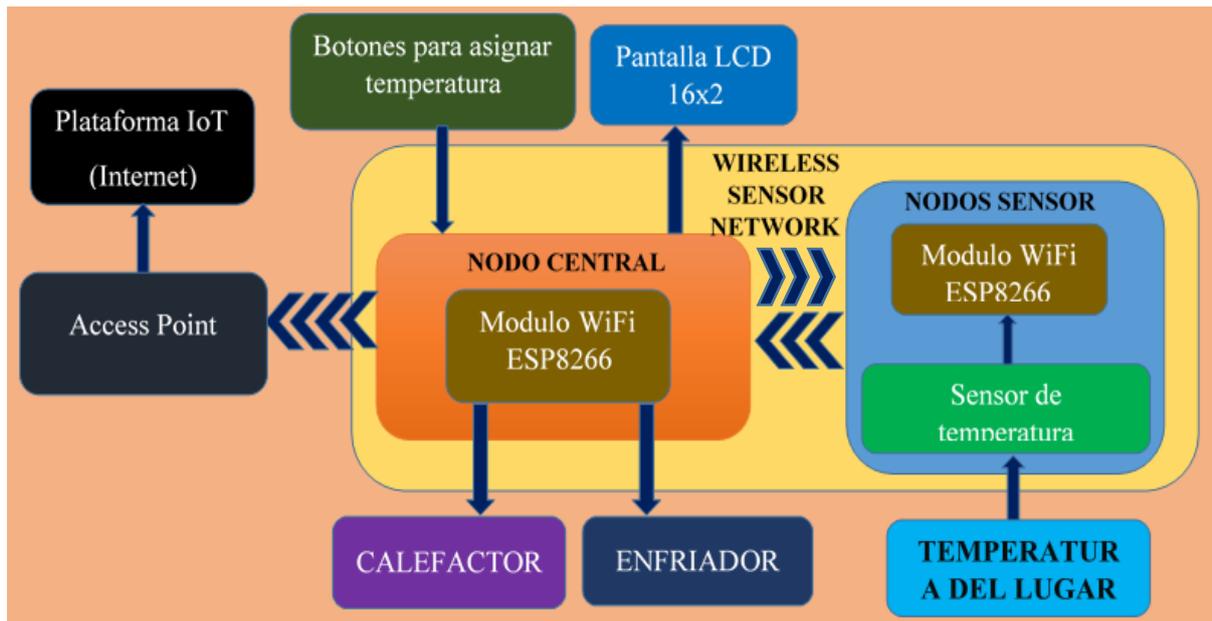


Figura 10. Diagrama de bloques general

Fuente: Autoría

### 3.8.2 Nodo Central.

Como se pudo observar en el diagrama de bloques general del sistema electrónico, éste está formado por una red de sensores inalámbricos, donde se hace uso de nodos sensores para la adquisición de datos y también de un nodo central el cual tiene la responsabilidad de procesar los datos y enviarlos hacia la plataforma IoT, es por eso que a continuación se describirá como es el funcionamiento del nodo central.

#### 3.8.2.1 Diagrama de bloques del Nodo Central.

El nodo central será el que reciba y procese todos los datos que son transmitidos desde los nodos sensores. En la Figura 11 se puede apreciar cómo se interconectan el resto de elementos utilizados en el sistema electrónico; el calefactor y enfriador que servirán para cambiar la temperatura dentro del aula de clase, serán activados conforme el nodo central lo crea necesario, y esto lo hará relacionando la temperatura actual del lugar y una temperatura ya asignada.

Se asignará una temperatura, utilizando los botones que el nodo central posee, y se visualizarán los datos en una pantalla LCD 16x2. Por último, este nodo se conectará hacia un Access Point que tenga salida a Internet para poder enviar los datos recolectados hacia una plataforma IoT.

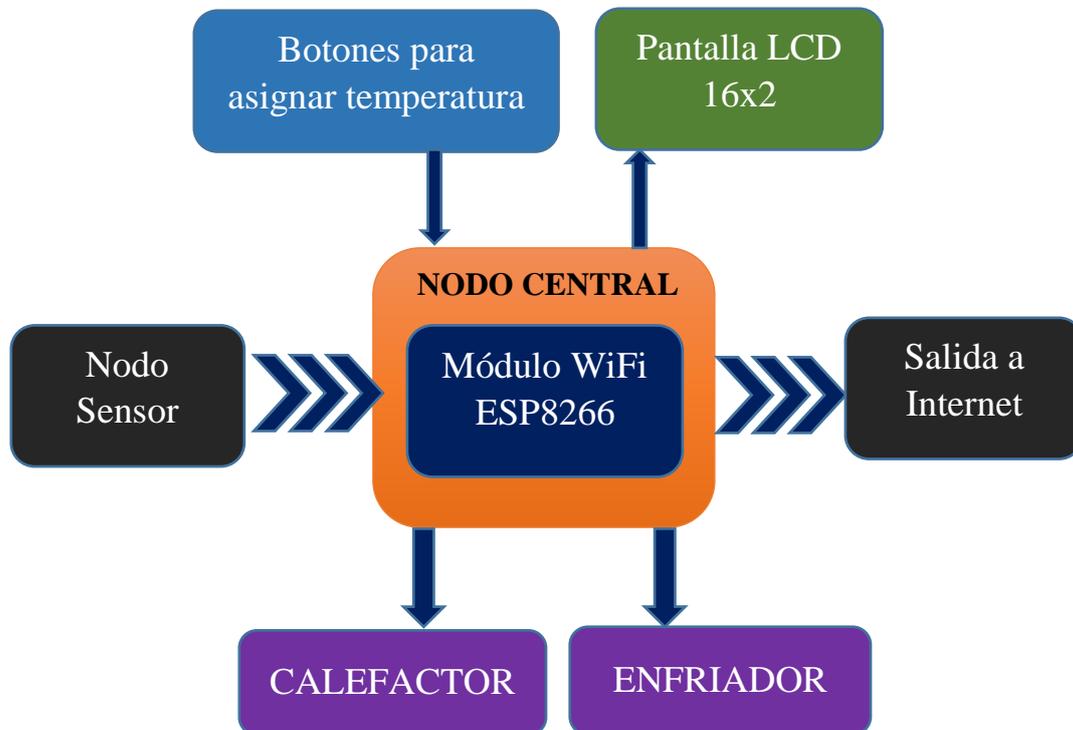


Figura 11. Diagrama de bloques del nodo central

Fuente: Autoría

### 3.8.2.2 Diagrama de flujo del Nodo Central.

Para entender la lógica de funcionamiento del nodo central se describe cada paso que este realiza como parte de la red de sensores inalámbricos. En el inicio del algoritmo se plantean variables que sirven para asignar una temperatura, esto se lo ejecuta a través del hardware implementado.

Después de realizar algunas pruebas de comunicación entre módulos WiFi para formar la WSN, se determinó que la mejor forma para la comunicación entre estos dispositivos

electrónicos sería que el dispositivo central gestione la interconexión, de esta manera se optimizan procesos, ya que así el nodo central indicaría a los nodos sensores cuando realizar una lectura de la temperatura, y cuando estos pueden enviarle la información recolectada, evitando así que se genere colisiones al momento del envío de los datos.

Para que el nodo central establezca una conexión con los otros nodos, es necesario declarar el nombre de los SSID de cada nodo sensor al que se va a conectar, junto con una contraseña para que el nodo central se pueda autenticar, ya que este último funcionara en modo estación y los otros nodos en modo de Access Point.

Una vez hecha la declaración de cada una de las direcciones a donde el nodo central se conectará, este entra a un ciclo donde solicitará los datos de cada nodo sensor de manera ordenada, para realizar esto se declara un contador de procesos, donde la conexión con cada nodo sensor es un proceso.

Realizada la conexión y autenticación con el primer nodo sensor, se procede a declarar un cliente TCP, el cual se encarga de gestionar la comunicación con un servidor web alojado en cada nodo sensor a través de un puerto TCP. Antes de recibir el dato de la temperatura, el nodo central envía un mensaje con el número de identificador de este, y únicamente así puede recibir la información solicitada para después almacenarla.

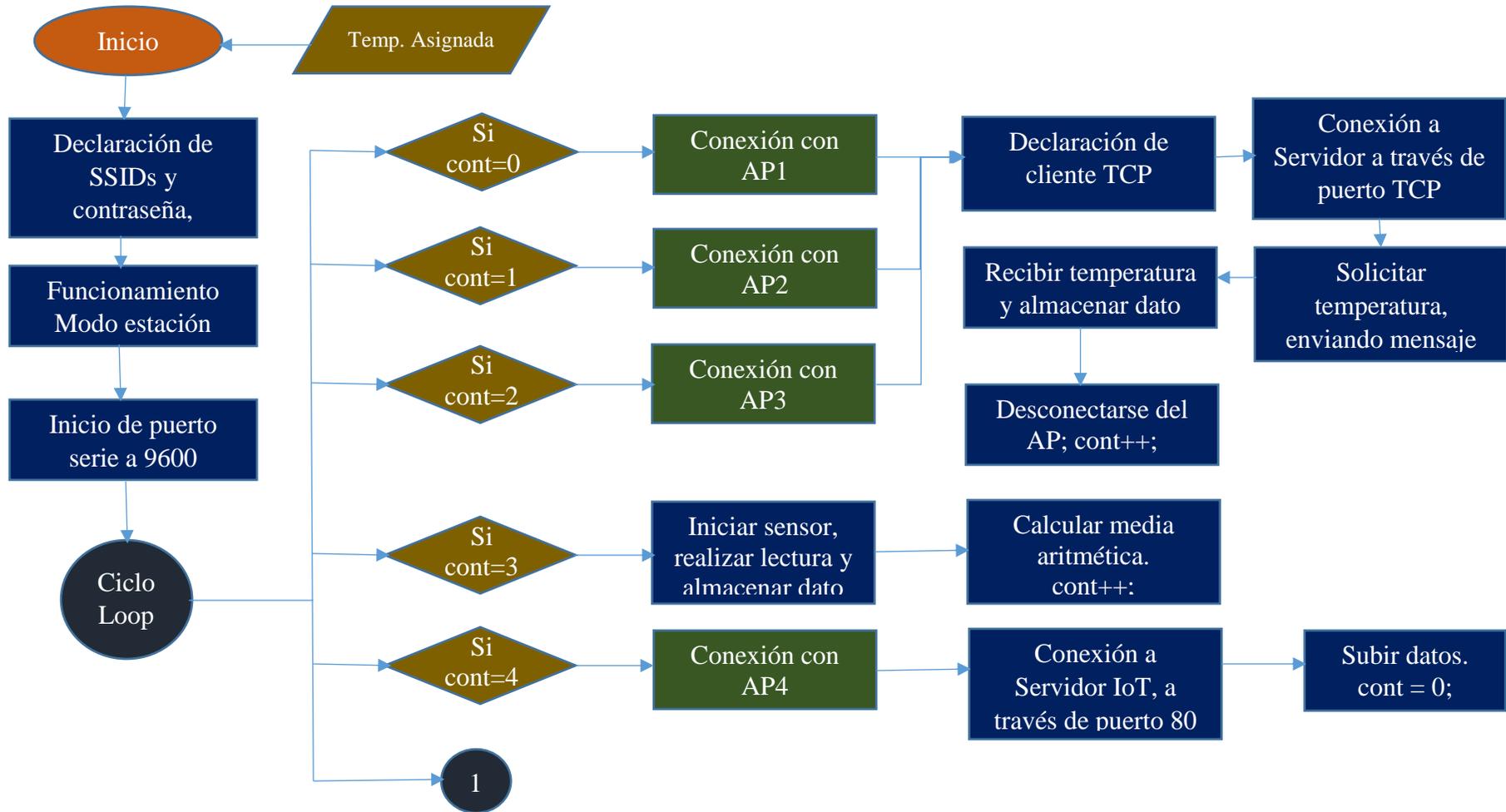
Terminado el procedimiento anterior, el contador de procesos aumentara, haciendo así que se conecte con otro nodo sensor y realice el mismo proceso. Una vez que se obtuvo los datos de todos los nodos sensores, el nodo central también realiza una lectura de la temperatura a través de un sensor incorporado en este, los datos que fueron recolectados son almacenados

temporalmente, ya que el módulo procesa toda la información y realiza una media aritmética de todos los datos.

Como uno de los procesos finales el nodo central se conecta a un Access Point con salida a Internet y envía los datos a una plataforma de IoT a través del puerto 80 del protocolo TCP/IP, en esta plataforma se podrá almacenar todos los datos de la temperatura con la hora y fecha en que se recibieron, posteriormente el contador de procesos se vuelve a encender para repetir el ciclo.

Para finalizar el proceso que realiza el nodo central, este realiza una comparación entre la media aritmética de la temperatura del lugar y la temperatura que se asignó en un inicio, de acuerdo a esto, si la temperatura del lugar es mayor a la temperatura asignada, se encenderá el enfriador, caso contrario estará apagado. Se realiza una comparación semejante a la anterior donde si la temperatura del lugar es menor a la temperatura asignada, se encenderá un calefactor, caso contrario se lo tendrá apagado.

Todo el proceso que realiza el nodo central, descrito anteriormente, está planteado en la Figura 12, ahí se puede observar como esta interconectado cada operación lógica de este.



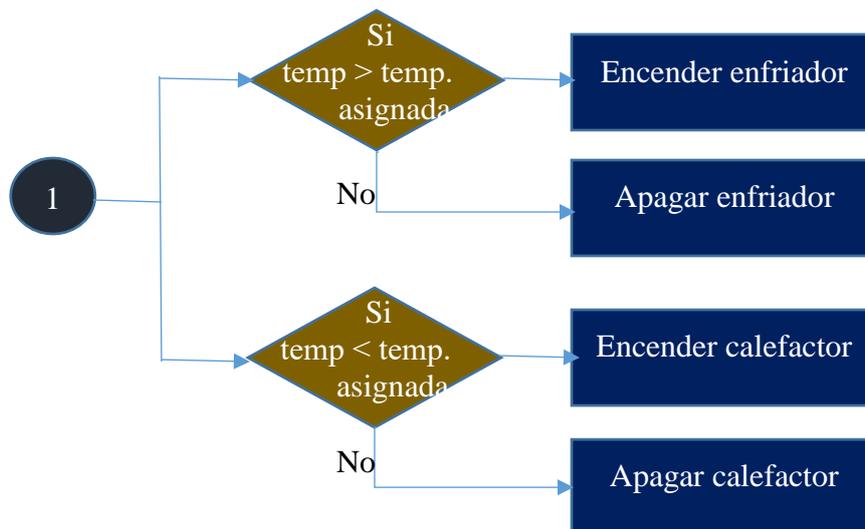


Figura 12. Diagrama de flujo de la lógica de programación del nodo central

Fuente: Autoría

### 3.8.3 Nodo Sensor.

Para que el sistema electrónico pueda recolectar datos en la WSN y posterior a eso pueda procesarlos y enviarlos a una plataforma IoT, hace uso de nodos sensores, los cuales analizan la temperatura ambiente de un lugar y después de eso, los datos obtenidos los envía hacia el nodo central para que este último realice el proceso final del sistema.

#### 3.8.3.1 Diagrama de bloques de un Nodo Sensor.

Tal como se indica en la Figura 13, los nodos sensores estarán conformados por un sensor de temperatura el cual estará midiendo este parámetro que será obtenido desde alguna ubicación dentro del aula de clases donde se realizaran las pruebas de la investigación en curso.

Los datos obtenidos desde el sensor, serán procesados en el módulo WiFi ESP8266, este también se encargará de la transmisión de este dato de forma inalámbrica hacia el nodo central.

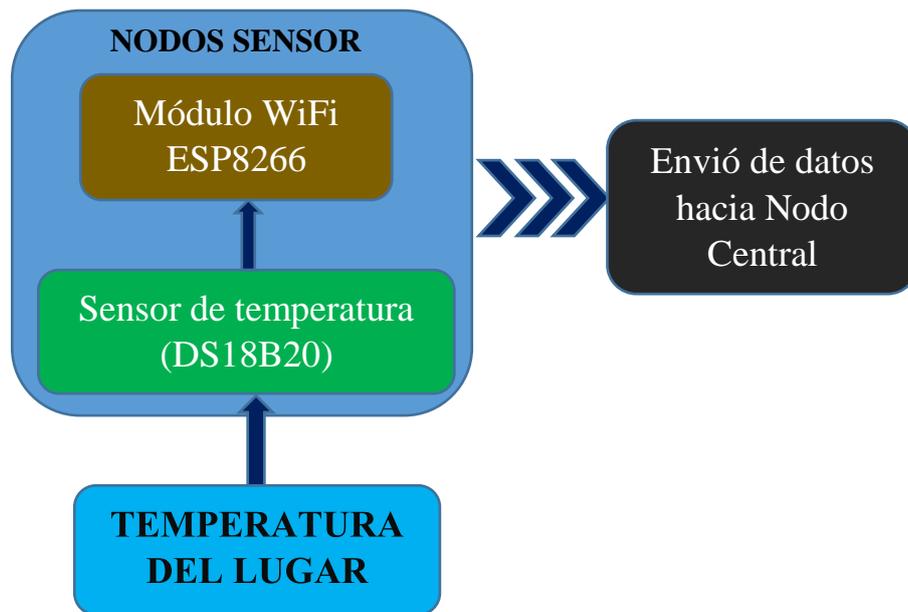


Figura 13. Diagrama de bloques de los nodos

Fuente: Autoría

### 3.8.3.2 Diagrama de flujo del Nodo Sensor.

Cada nodo sensor está conformado por un módulo WiFi que tiene conectado a él un sensor digital que mide la temperatura. Para la lógica de programación es necesario activar un protocolo que se llama OneWire el cual permite enviar y recibir datos haciendo uso de un solo cable, ya que el sensor funciona con este protocolo.

El módulo WiFi en el nodo sensor, funciona como un Access Point, es por eso que se debe configurar un nombre de SSID y una contraseña para que así el nodo central pueda vincularse a este de forma inalámbrica. Posteriormente se crea un servidor el cual responderá a través de un puerto TCP, al cliente configurado en el nodo central.

Dentro de un ciclo repetitivo, el nodo sensor estará verificando si existe algún cliente que quiera acceder al servidor, en caso de haberlo, el cliente deberá enviar un mensaje con el número de identificador del nodo central, esta será la única manera de autenticación para

acceder a la información del servidor. Si la autenticación es válida, se procede a realizar una lectura de la temperatura a través del sensor, y el dato obtenido es almacenado en un buffer junto al número de identificación del nodo sensor, para luego ser enviado en una trama de datos hacia el nodo central.

En la Figura 14, se indica a través de un diagrama de flujo los pasos que cada nodo sensor debe realizar en su lógica de programación, los cuales ya fueron mencionados en la descripción anterior, y se muestra como se relacionan cada uno de los procesos.

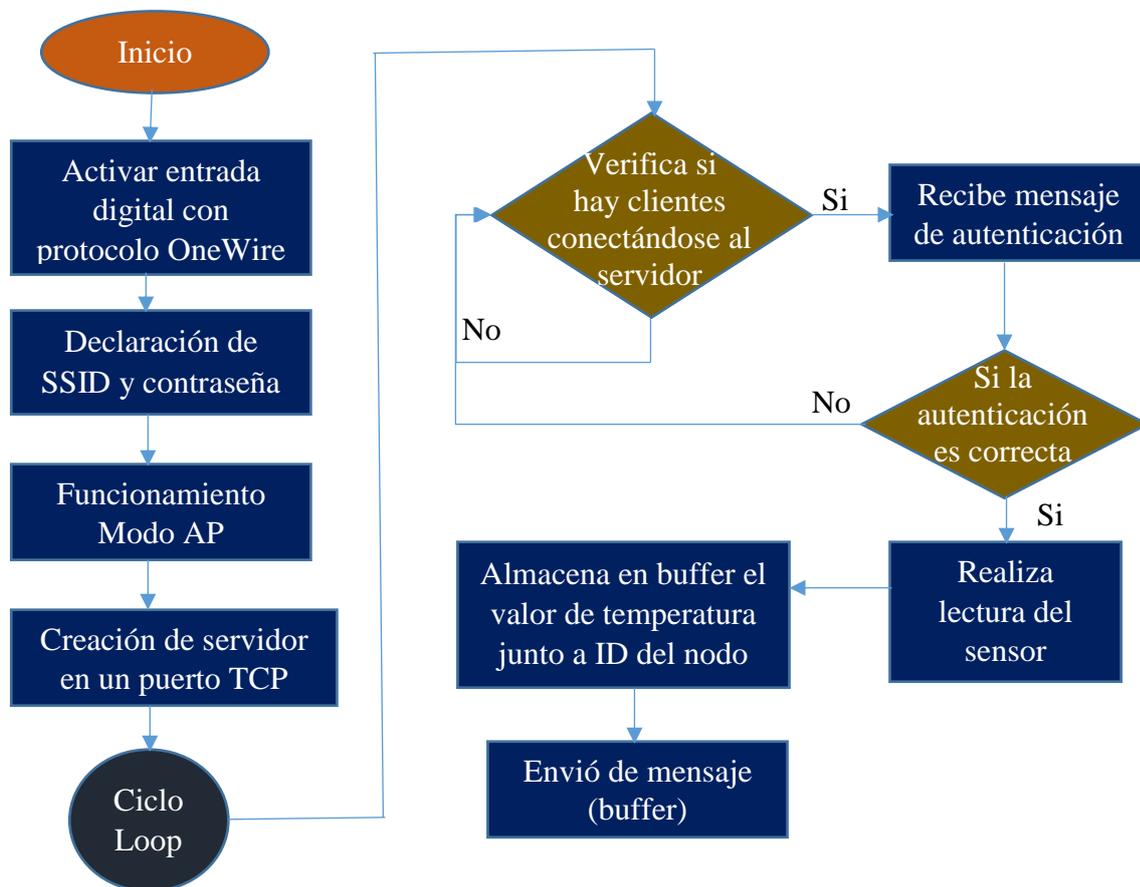


Figura 14. Diagrama de flujo de la lógica de programación de los nodos sensores

Fuente: Autoría

### 3.8.4 Envió de datos a una Plataforma IoT.

El nodo central al trabajar con protocolos TCP, se encarga de formar un paquete de datos, donde se indica la dirección a donde se debe enviar el mensaje, y para llegar hacia esa dirección es necesario realizar una conexión hacia un equipo que tenga salida a Internet, este equipo es un Access Point, el cual servirá como puerta de enlace para conectarse hacia otra red donde estará la plataforma IoT que permitirá visualizar los datos obtenidos en la red de sensores. En la Figura 15 se indica cómo deben interconectarse las partes mencionadas.

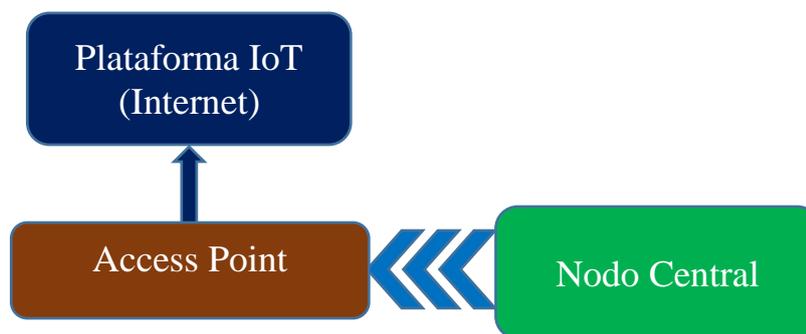


Figura 15. Diagrama de bloques de envío de datos a plataforma IoT

Fuente: Autoría

### 3.8.5 Esquema de conexión de los elementos electrónicos del sistema.

El módulo WiFi ESP8266 será el encargado de procesar los datos y almacenarlos, la alimentación de este módulo es de 3.3 voltios, por lo que requiere de un regulador de voltaje, en el caso del nodo central es necesario dos reguladores de voltaje ya que la pantalla LCD y los relés trabajan con un voltaje de 5V. El sensor de temperatura DS18B20 requiere una resistencia de 4700 ohmios de acuerdo a lo que indica la hoja de datos de este, y va conectado al pin GPIO2 del módulo WiFi, ya que este sensor es un sensor digital.

Tres botones van conectados al módulo WiFi, en el caso del nodo central, además tiene conectado una pantalla LCD con tecnología i2c para optimizar recursos. Para poder controlar la temperatura del lugar haciendo uso de un calefactor y de un enfriador es necesario utilizar relés que activen los circuitos de potencia. La activación de los relés se lo realiza haciendo uso

de optoacopladores y de un transistor, ya que el módulo WiFi trabaja con menor voltaje, además se utiliza un diodo el cual estará conectado a la bobina del relé y estará inversamente polarizado para proteger el circuito de la sobretensión que causa cuando la bobina es conmutada.

En la Figura 16 se puede apreciar de manera básica la conexión de los elementos electrónicos utilizados en el nodo central y en los nodos sensores, y en la Figura 17 se indica la manera como se debe conectar un optoacoplador, un transistor, un diodo y el relé, a las salidas digitales del módulo ESP8266.

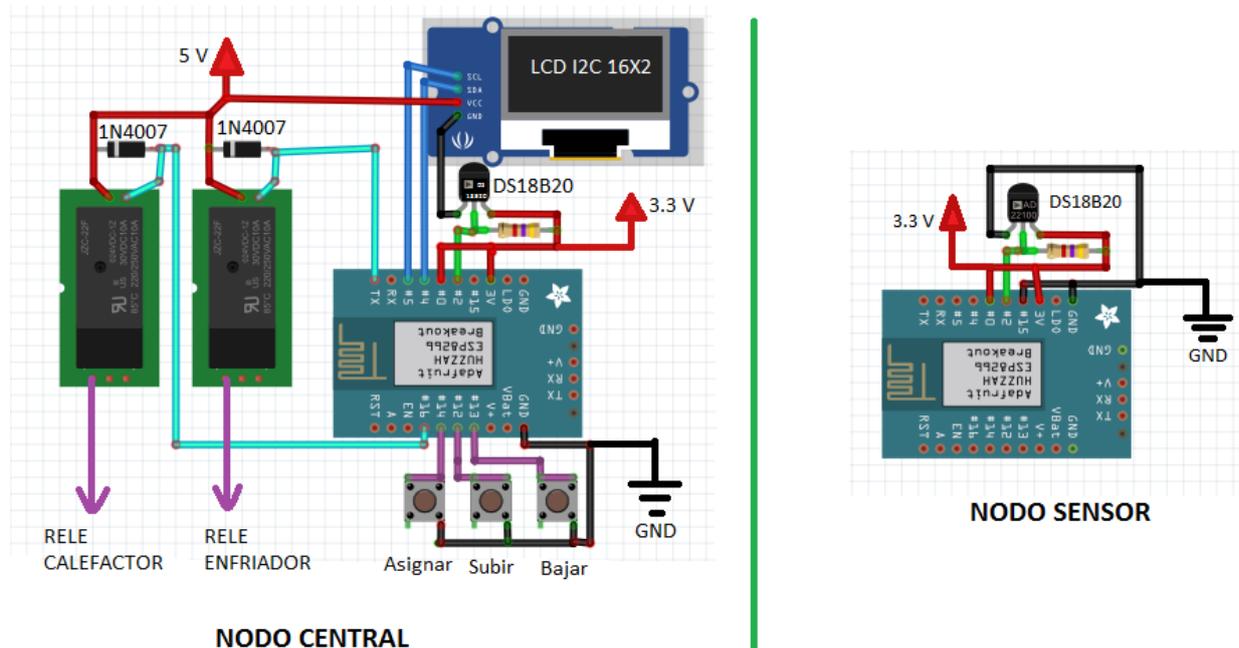


Figura 16. Esquema de conexión de elementos electrónicos en el nodo central y en el nodo sensor

Fuente: Autoría

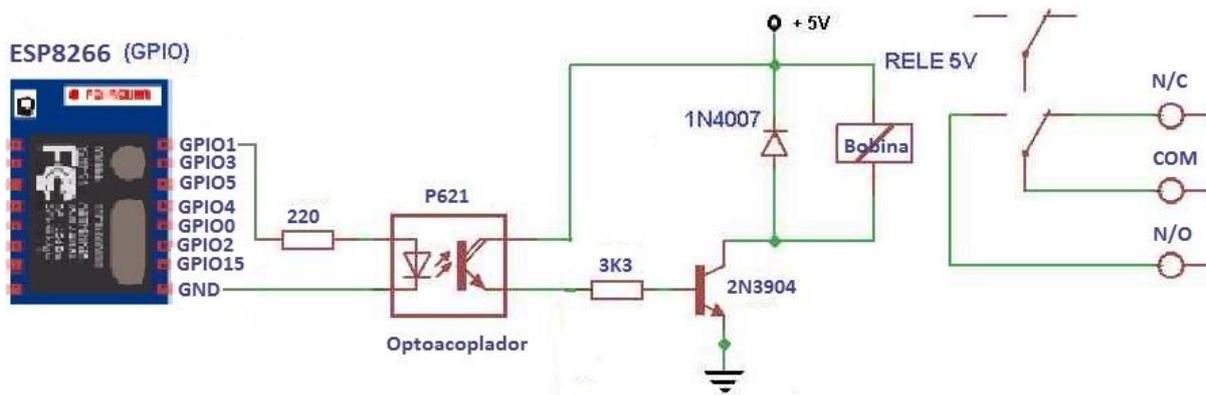


Figura 17. Conexión del módulo WiFi ESP8266 con un relé de 5 voltios

Fuente: Autoría

Para el cálculo de la resistencia  $R_b$  que conecta a la base del transistor 2N3904 es necesario aplicar la siguiente formula:

$$R_b = \frac{(V_b - V_{be}) * hFE}{I_{Rele}}$$

**$V_b$ :** es el voltaje aplicado a la base del transistor, el cual sería 5v del optoacoplador;

**$V_{be}$ :** es el voltaje entre la base y el emisor, esto se lo puede verificar en la hoja de datos del transistor;

**$hFE$ :** es la ganancia de tensión en corriente directa, se debe utilizar el valor mínimo el cual está indicado en la hoja de datos del transistor;

**$I_{rele}$ :** es la corriente de la bobina del relé, algunos cuentan con una hoja de datos donde se puede verificar este valor. (Inventable.eu, 2013)

Reemplazando los valores de la formula con los datos obtenidos en las diferentes hojas de datos tanto del transistor como del relé tenemos:

$$R_b = \frac{(5v - 0.6v) * 30}{40mA} = 3K3 \text{ ohms}$$

### **3.8.6 Diseño del Circuito Impreso.**

Los diseños de los circuitos impresos para cada uno de los nodos de la WSN fueron realizados en el software Fritzing, este programa posee diferentes librerías con una amplia gama de dispositivos electrónicos disponibles en el mercado, haciendo así que la elaboración de circuitos impresos sea fácil y flexible.

Para poder realizar el diseño es necesario tomar en cuenta todos los elementos de electrónica que formaran parte del circuito final, y su adecuada ubicación. En el caso del circuito del nodo central hay que tomar en cuenta que se trabaja con dos diferentes voltajes, uno de ellos es de 3.3 voltios para el módulo WiFi y el sensor de temperatura, y el otro voltaje es de 5 voltios para la pantalla LCD y los relés, es por esa razón que se utiliza dos reguladores de voltaje, ambos son de la familia LM 1117.

En la hoja de datos de estos reguladores plantean diferentes formas de conexión, pero existe una en la cual estos trabajan de forma estable, la cual requiere un capacitor a la entrada y otro a la salida. El condensador de la entrada sirve como bypass y la hoja de datos recomienda un capacitor de 10 micro faradios, mientras que el condensador de salida es para mantener la estabilidad del regulador, y se recomienda que sea de 10 micro faradios como mínimo, cualquier aumento de la capacitancia de salida simplemente mejorará la estabilidad.

El diseño del circuito impreso del nodo central se puede visualizar en la Figura 18, y el circuito impreso de un nodo sensor se puede observar en la Figura 19; en ambos diseños se buscó la mejor ubicación de cada elemento, con el propósito de que estos sean de tamaño reducido, para así reducir recursos y se vea más estético.

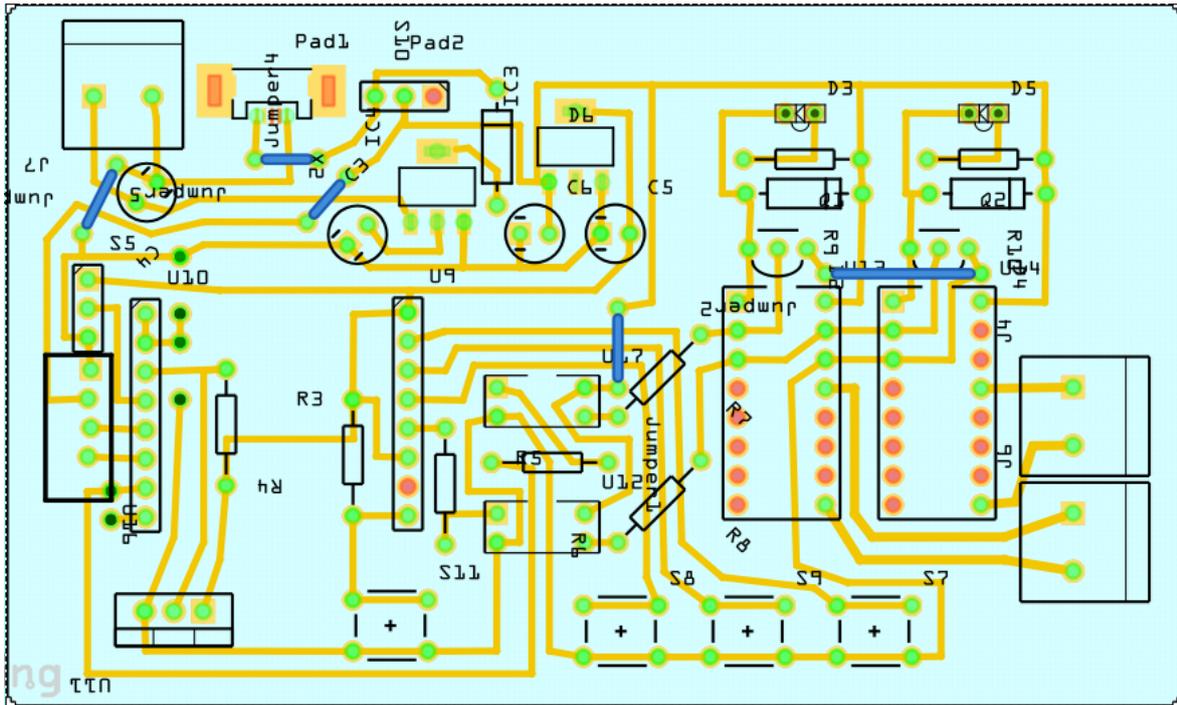


Figura 18. Diseño del circuito impreso del nodo central

Fuente: Autoría

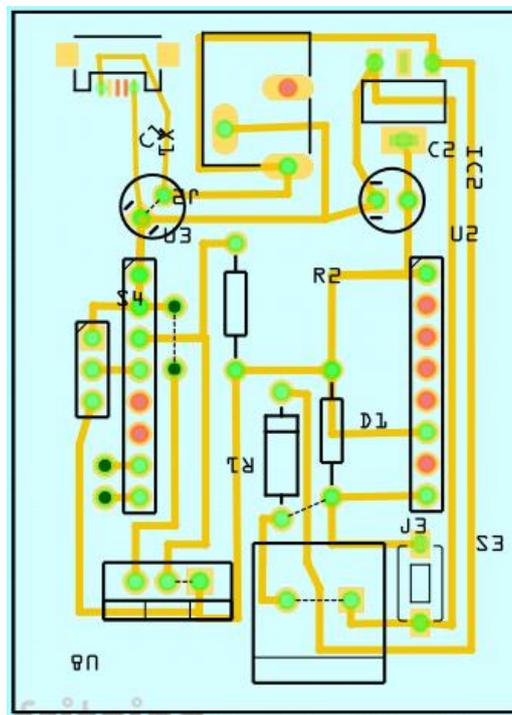


Figura 19. Diseño del circuito impreso de un nodo sensor

Fuente: Autoría

### 3.9 Pruebas de funcionamiento del Sistema Electrónico

El sistema electrónico que ayudara a la investigación, consta de una red de sensores inalámbricos, en la cual se adoptó una topología tipo árbol donde se obtuvo un mejor resultado, en las pruebas iniciales se realizó una topología tipo mesh, pero se presentaron algunos inconvenientes como saturación al recibir datos de diferentes nodos a la vez, el tiempo en que llegaban los datos era des uniforme por lo tanto no se podía realizar la media aritmética de los datos de todos los nodos sensores.

En un segundo intento se realizó la topología tipo árbol, donde se estableció al nodo central en un modo WiFi estación, de esta manera él tendría el poder de elegir a que nodo sensor conectarse y permitir que trasmita los datos que recolecta en ese momento de los sensores.

El módulo WiFi al trabajar con protocolos TCP/IP permite utilizar cualquiera de estos puertos para poder comunicarse. En la Figura 20 se muestra al sistema electrónico funcionando, en el lado izquierdo se puede observar al nodo central y a los nodos sensores que forman parte de la WSN, mientras que en el lado derecho se puede apreciar al sistema electrónico funcionando por completo. En el Anexo 8 se puede observar la forma en que el nodo central recibe los datos de la temperatura junto al número de identificador del nodo que transmite.



*Figura 20.* Red de sensores inalámbricos utilizada para el desarrollo de la investigación

Fuente: Autoría

Los nodos sensores fueron asignados en un modo WiFi AP, de esta manera el nodo central podría conectarse a estos. Una vez recolectados todos los datos en un orden determinado, el nodo central subirá los datos de cada sensor y también el dato de la media aritmética a la plataforma IoT Thingspeak. En la Figura 21 se muestra la evaluación del sistema, se puede apreciar que los datos de cada sensor son subidos a la plataforma de forma ordenada.

Si la temperatura a la que se pretendía realizar las pruebas era diferente a la media aritmética obtenida de todos los nodos sensores, el sistema procedía a activar el calefactor o enfriador de acuerdo a lo que fue asignado en un inicio.

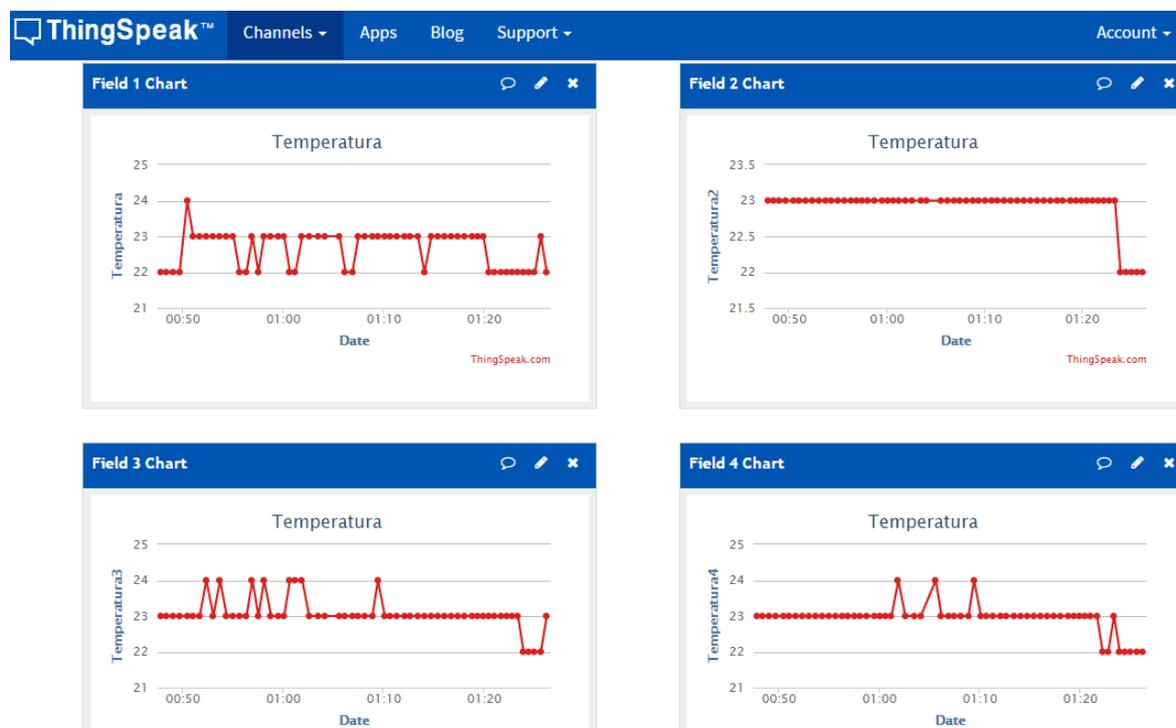


Figura 21. Pruebas de funcionamiento del sistema electrónico

Fuente: ThingSpeak. <https://thingspeak.com/channels/125020>

El Sistema Electrónico diseñado, funciona correctamente y cumple las expectativas deseadas, por lo tanto, se encuentra apto para ayudar a realizar las pruebas de atención a los estudiantes de CIERCOM.

### 3.9.1 Ubicación del sistema electrónico.

La ubicación de cada uno de los nodos que conforman la WSN, fueron distribuidos en los extremos del área de trabajo donde permanecen los estudiantes durante todo el periodo de clases, en la Figura 22 se puede apreciar la posición que se asignó a cada uno de los nodos.

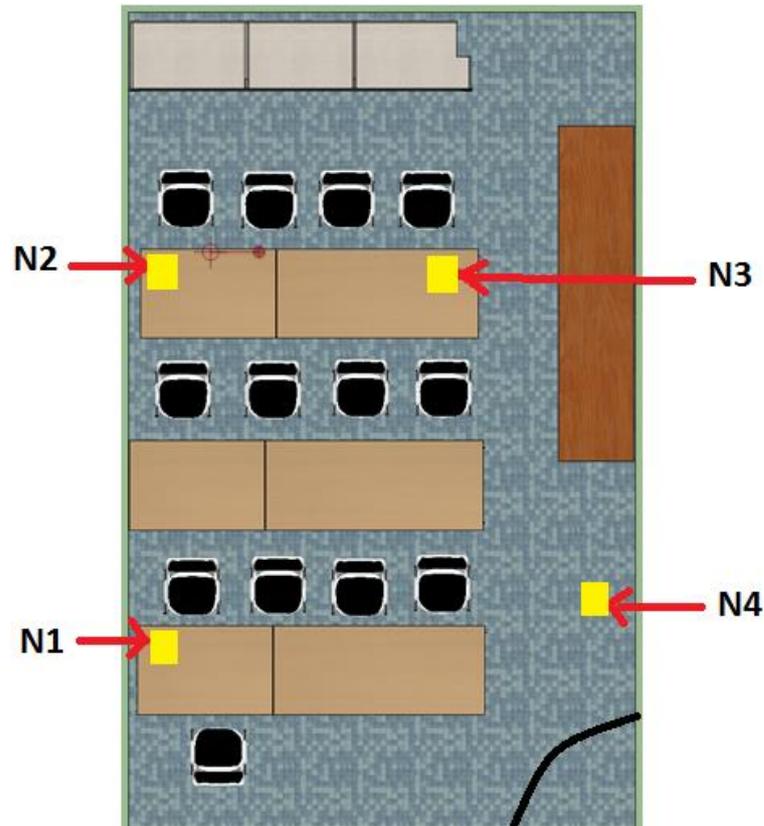


Figura 22. Ubicación de los nodos que conforman la WSN dentro del aula donde se realizan las pruebas

Fuente: Autoría

Vale mencionar que la altura a la que se encuentran todos los nodos es de 75 centímetros sobre el piso, ya que esa es la altura intermedia en la cual permanecen sentados los estudiantes durante todo el periodo en que reciben clases. El nodo 4, el cual aparte de medir la temperatura se encarga de controlarla haciendo uso de equipos de climatización, se encuentra a un costado del aula, ya que en ese lugar existe tomas eléctricas de 110 voltios para conectar los equipos que permitirán aclimatar el aula.

### 3.9.2 Validación del sistema electrónico con relación a la recolección de datos.

Para determinar una medida referente a la fiabilidad del sistema electrónico diseñado, se utilizó un método que se llama “El alfa de Cronbach”, el cual es un índice cuyo valor varía entre 0 y 1, donde los valores más altos de este índice indican mayor consistencia, si su valor supera el 0.8 se habla de fiabilidad, por el contrario, si el mecanismo no supera el 0.8 se habla

de inconsistencia y probablemente inestable. La consideración hecha por el alfa de Cronbach respecto a la fiabilidad de un equipo se muestra en la Figura 23.

## Alfa de Cronbach



Figura 23. Consideración de fiabilidad con relación al resultado del alfa de Cronbach

Fuente: (BIOESTADISTICO, 2014)

Una forma de calcular el alfa de Cronbach es por medio de la varianza de los ítems evaluados por el sistema, para lo cual se utiliza la siguiente ecuación:

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left| 1 - \frac{\sum Vi}{Vt} \right|$$

Donde:

$\alpha$  = Alfa de Cronbach

K = Número de ítems

$V_i$  = Varianza de cada ítem

$V_t$  = Varianza del total (Leal, 2014)

Se probó el sistema con 4 nodos sensores, con los cuales se recolecto varios datos durante las pruebas de funcionamiento, en el Anexo 9 se puede verificar una de las matrices de datos; posteriormente se realizó el cálculo de la varianza con los datos obtenidos por los nodos de la WSN de manera individual y total, en la Tabla 19 se indica las diferentes varianzas necesarias para calcular el alfa de Cronbach.

Tabla 19. Resultado de varianzas utilizadas para calcular el alfa de Cronbach

Ítems	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Varianza en suma de Ítems (Vt)
<b>Varianza</b>	0.63476274	1.00174755	1.32148138	0.79143702	
	$\sum V_i = 3.75$				$V_t = 10.6184299$

Fuente: Autoría

Del análisis de los datos recolectados por el sistema se tiene:

$K = \text{número de ítems} = 4$

$\sum V_i = \text{Sumatoria de varianzas de los ítems} = 3.75$

$V_t = \text{Varianza del total} = 10.6184299$

$$\alpha = \frac{4}{4 - 1} \left| 1 - \frac{3.75}{10.6184299} \right|$$

$$\alpha = 0.86$$

El resultado proporcionado por el método de varianza de ítems en el alfa de Cronbach es superior a 0.8, por lo que se puede decir que el sistema electrónico presenta una fiabilidad alta en la recolección de datos. Mientras más cerca de 1 este el alfa de Cronbach, más alto es el nivel de confiabilidad.

## Capítulo 4. Pruebas y Conclusiones

Este capítulo revisa las pruebas que se realizaron a los estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación, desarrolladas en diferentes horarios en los que recibían clases, para eso se trabajó junto al sistema electrónico diseñado y se hizo uso de test psicotécnicos, los cuales permiten determinar algunos parámetros enfocados en la atención. Posteriormente se analiza los datos obtenidos para poder concluir acerca del mejor resultado logrado en todas las pruebas ejecutadas.

### 4.1 Descripción del lugar y stakeholders que participan en las pruebas de atención

Las pruebas para determinar cuál es la mejor temperatura donde los estudiantes prestan mayor atención en un periodo de clases dentro de un aula, se desarrollaron en el laboratorio de fibra óptica que está ubicado en el primer piso de la FICA, el cual posee unas dimensiones de 4,50 metros de ancho por 7,30 metros de largo y 3,40 metros de altura.

Las pruebas fueron realizadas a 12 estudiantes de CIERCOM, con edades entre 22 y 24 años, y se contó con la colaboración del docente a cargo del laboratorio de fibra óptica, Ingeniero Paúl Rosero. Los horarios en los que fueron realizadas las pruebas se comprenden entre las 7 de la mañana a 1 de la tarde, y a partir de 3 a 5 de la tarde, en los periodos académico Abril – Julio del año 2016 y Septiembre 2016 – Febrero 2017, en la Tabla 20 se indica el cronograma de la realización de pruebas.

*Tabla 20. Cronograma de realización de pruebas*

<b>CRONOGRAMA DE PRUEBAS</b>			
<b>TIPO DE PRUEBA</b>	<b>SUJETOS DE PRUEBA</b>	<b>RESULTADOS ESPERADOS</b>	<b>DURACIÓN</b>

Lectura de varianza de temperaturas dentro de un aula en la FICA		Se espera obtener un rango de temperaturas promedio que normalmente se encuentran presentes dentro de un aula de la FICA, este rango será comprendido en el periodo en que sale el sol hasta que se oculta. De acuerdo al resultado obtenido se realizarán las pruebas de atención.	3 semanas, dentro del horario en que sale y se oculta el sol.
Test psicotécnico N° 1 con rango de temperatura N° 1	Estudiantes de CIERCOM	De acuerdo a la temperatura dentro del aula, se busca identificar la reacción de los estudiantes, respecto a la prueba de psicotécnica para determinar el porcentaje de atención por parte de ellos.	3 semanas, en horario de clases
Test psicotécnico N° 2 con rango de temperatura N° 2	Estudiantes de CIERCOM	Al cambiar la temperatura de trabajo dentro del aula, se espera obtener efectos diferentes en los resultados del test psicotécnico	3 semanas, en horario de clases
Test psicotécnico N° 3 con rango de temperatura N° 3	Estudiantes de CIERCOM	Se espera obtener efectos diferentes en los resultados del test psicotécnico	3 semanas, en horario de clases
Test psicotécnico N° 4 con rango de temperatura N° 4	Estudiantes de CIERCOM	Se espera obtener efectos diferentes en los resultados del test psicotécnico	3 semanas, en horario de clases

---

Test psicotécnico	Estudiantes de	Se espera obtener efectos	3 semanas, en
N° 5 con rango de temperatura N° 5	CIERCOM	diferentes en los resultados del test psicotécnico	horario de clases

---

Fuente: Autoría

La temperatura a la cual se someterá a los estudiantes durante las pruebas de investigación, varía entre 18 y 29 grados centígrados, ya que esta fue la varianza de temperatura con mayor frecuencia que se obtuvo dentro de un aula de la FICA, esta varianza se la obtuvo a través de lecturas hechas por el dispositivo electrónico diseñado en un periodo de 3 semanas que fueron previas a la realización de los test de atención, y dentro del horario en que sale y se oculta el sol.

El test que ayudará a determinar parámetros de atención por parte de estudiantes, es tomado de una aplicación web llamada “PsicoActiva”, la cual posee gran prestigio, ya que sus test son elaborados por profesionales con experiencia en el campo de la psicología. Se puede acceder a esta aplicación a través de la siguiente dirección: “<https://www.psicoactiva.com/>”; y cuenta con diferentes tipos de test psicotécnicos que verifican la forma en que se desenvuelve el estudiante y la rapidez con que lo hace. En la Figura 24 se muestra el momento en que los estudiantes realizan el test planteado.



*Figura 24.* Estudiantes de CIERCOM realizando el test psicotécnico para determinar el nivel de atención.

Fuente: Autoría

#### **4.2 Test psicotécnico de búsqueda de repeticiones**

El test de búsqueda de repeticiones evalúa la atención sostenida de una persona, y cuenta con algunas matrices de letras; la prueba consiste en seleccionar filas y columnas que tengan una letra que se repita, un ejemplo de esto se puede ver en la Figura 25, la cual indica solo un fragmento del test, mientras que en el Anexo 10 se puede visualizar a uno completamente junto a los resultados generados por este. La evaluación consta de 18 matrices y de un tiempo límite de 2 minutos con 57 segundos para terminarla, al vencer este tiempo la aplicación genera resultados porcentuales acerca de la fiabilidad con la que se realizó el test, y una puntuación global.

La fiabilidad se consigue de acuerdo al número de matrices que se logró contestar y al número de matrices contestadas acertadamente, eso se realiza con el fin de ver cuán integro es el resultado por parte del estudiante, y la puntuación global del test se obtiene tomando en cuenta solo las respuestas correctas de las matrices contestadas.

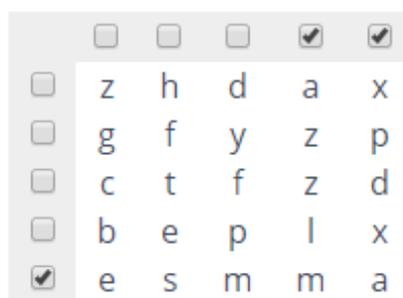


Figura 25. Imagen con una muestra del test psicotécnico de búsqueda de repeticiones

Fuente: (PsicoActiva, 2013)

Esta evaluación requiere de gran concentración, ya que las diferentes letras dentro de la matriz, ocasionan distracción al individuo que la está realizando, además de esto, al tener en cuenta que existe un tiempo límite para desarrollar todo el test, genera inquietud en el estudiante. Cada vez que se acceda a este test, se obtendrá uno distinto, y se evaluara una vez por semana a los 12 estudiantes, siendo sometidos estos a un rango de temperatura diferente durante cada la clase.

La prueba de atención, de acuerdo a los resultados obtenidos, indica si una persona se encuentra dentro de una media de atención razonable, esta observación la realiza de acuerdo al porcentaje obtenido de la puntuación global del individuo de prueba. En la Tabla 21 se muestra la consideración que realiza el test de acuerdo a la puntuación global.

Tabla 21. Consideración hecha por el test acerca de la media de atención de un individuo

Porcentaje de la puntuación global	Consideración
0% a 39%	Por debajo de la media de atención
40% a 59 %	Dentro de la media de atención
60% a 80%	Encima de la media de atención
81% a 100%	Muy por encima de la media de atención

Fuente: (PsicoActiva, 2013)

### Prueba de atención N°1.

En la realización de la primera prueba pruebas de la investigación, los estudiantes fueron sometidos a un rango de temperaturas entre 27 y 29 grados centígrados durante todo el tiempo que fue dada la clase, para ello se fijó un valor de temperatura en el dispositivo electrónico diseñado, el cual activa un calefactor que se encarga de aumentar la temperatura hasta llegar a dicho valor. Minutos antes de finalizar la clase se procedió a realizar el test psicotécnico. Los resultados obtenidos se encuentran en la Tabla 22, posteriormente se realiza un análisis de los resultados.

*Tabla 22. Resultados del test de repeticiones en la semana N°1*

<b>RESULTADOS DEL TEST PSICOTECNICO EN LA SEMANA #1</b>					
<b>Fecha de inicio</b>	<b>Temperatura °C</b>	<b>Sujeto de pruebas</b>	<b>Fiabilidad %</b>	<b>Puntuación %</b>	<b>Observación</b>
2/05/2016	27 a 29	Estudiante 1	85	61	Encima de la media
		Estudiante 2	75	50	Dentro la media
		Estudiante 3	82	55	Dentro la media
		Estudiante 4	83	56	Dentro la media
		Estudiante 5	85	61	Encima de la media
		Estudiante 6	77	55	Dentro la media
		Estudiante 7	80	66	Encima de la media
		Estudiante 8	100	61	Encima de la media
		Estudiante 9	100	50	Dentro la media
		Estudiante 10	80	45	Dentro la media
		Estudiante 11	91	56	Dentro la media

Estudiante	82	50	Dentro la media
12			
<b>PROMEDIO TOTAL</b>	85	55.5	

Fuente: Autoría

La Tabla 22 indica los resultados de parámetros en fiabilidad y puntuación individual, como también de todo el grupo con respecto al test, donde se da a entender que la fiabilidad de todo el grupo es de un 85% y la puntuación global determinante para la atención es de 55.5%. También se toma en cuenta el porcentaje de las consideraciones hechas en la Tabla 21 donde se relaciona a la media de atención de acuerdo a la puntuación de cada estudiante, es por eso que en la Figura 26 se realiza un diagrama de barras que muestran lo descrito.

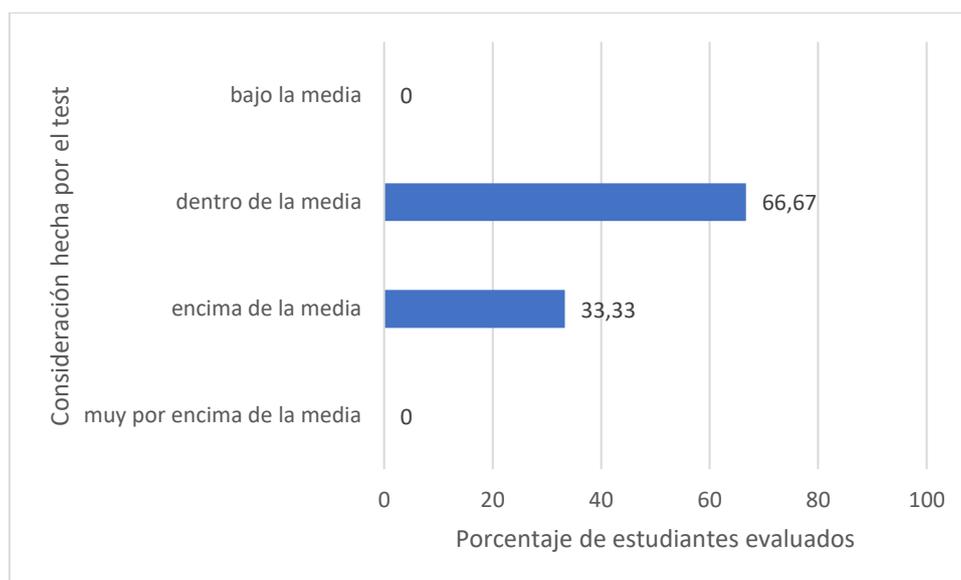


Figura 26. Relación entre el porcentaje de estudiantes y la media de atención en el test N° 1

Fuente: Autoría

De los resultados de la prueba de atención número 1 se puede concluir que el 66.67% de todos los estudiantes se encuentran dentro de la media de atención, y esto se puede

considerar como algo normal, mientras que un 33.33% se encuentran sobre la media de atención.

### **Prueba de atención N° 2.**

Para la segunda prueba psicotécnica que ayuda a determinar la atención por parte de los estudiantes, se realizó el mismo procedimiento que en la primera, con la única diferencia que fue cambiado el rango de temperaturas a la que fueron sometidos los estudiantes durante el periodo de clase. El rango de temperaturas con el que se trabajó, estuvo entre 25 y 27 grados centígrados. Los resultados de esta segunda prueba se encuentran en la Tabla 23.

*Tabla 23. Resultados del test de repeticiones en la semana N°2*

<b>RESULTADOS DEL TEST PSICOTECNICO EN LA SEMANA #2</b>					
<b>Fecha de inicio</b>	<b>Temperatura °C</b>	<b>Sujeto de pruebas</b>	<b>Fiabilidad %</b>	<b>Puntuación %</b>	<b>Observación</b>
30/05/2016	25 a 27	Estudiante 1	88	44	Encima de la media
		Estudiante 2	69	56	Encima de la media
		Estudiante 3	54	39	Dentro la media
		Estudiante 4	74	52	Encima de la media
		Estudiante 5	71	55	Dentro la media
		Estudiante 6	82	50	Dentro la media
		Estudiante 7	80	66	Por encima de la media
		Estudiante 8	87	72	Dentro la media
		Estudiante 9	84	56	Dentro la media
		Estudiante 10	72	58	Muy por encima de la media
		Estudiante 11	75	50	Dentro la media
		Estudiante 12	100	44	Dentro la media

<b>PROMEDIO TOTAL</b>	78	53.5
-----------------------	----	------

Fuente: Autoría

Los resultados de la segunda prueba hecha a los estudiantes, indican que, a nivel de todo el grupo, la fiabilidad en las respuestas es de un 78%, y la puntuación global en atención varía un poco con relación a los resultados de la prueba anterior, ya que se obtuvo un 53.5%. Los porcentajes con relación a la media de atención se encuentran en la Figura 27.

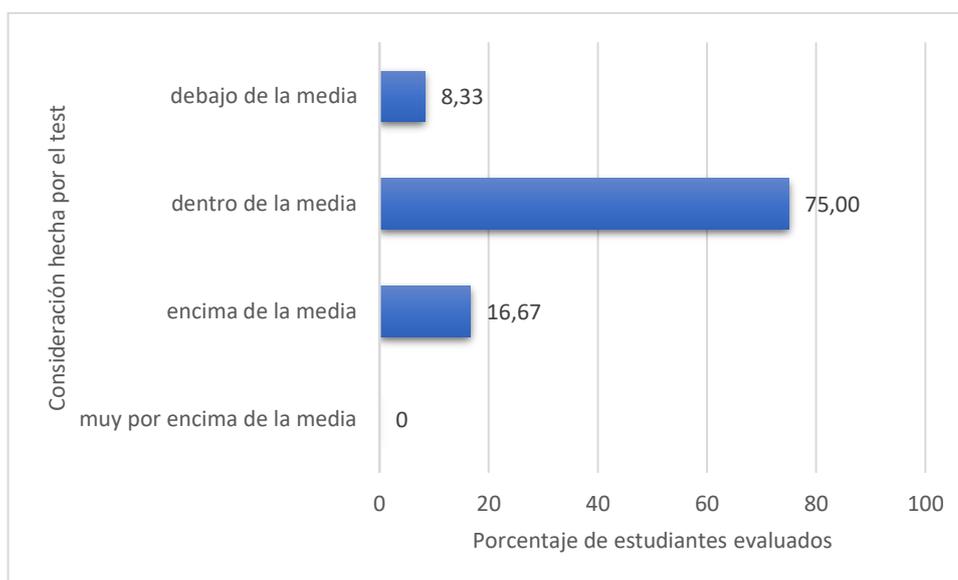


Figura 27. Relación entre el porcentaje de estudiantes y la media de atención e el test N° 2

Fuente: Autoría

Los resultados de la segunda prueba indican que a pesar de disminuir el porcentaje de estudiantes que se encuentran encima de la media de atención con relación a la prueba número uno, el 75% de estos, que vienen a ser la mayoría de alumnos evaluados, aún se encuentran dentro de la media de atención. Un 16.67% de estudiantes, se mantienen sobre la media de atención, y un 8.33% estuvo por debajo de esta.

### Prueba de atención N° 3

En la evaluación número 3, donde se realizó las pruebas de investigación para determinar la atención en los estudiantes, se trabajó en la clase con un rango de temperaturas

entre 22 y 24 grados centígrados. En la Tabla 24 se encuentran los resultados obtenidos de los test hechos a los estudiantes.

*Tabla 24. Resultados del test de repeticiones en la semana N°3*

<b>RESULTADOS DEL TEST PSICOTECNICO EN LA SEMANA #3</b>					
<b>Fecha</b>	<b>Temperatura °C</b>	<b>Sujeto de pruebas</b>	<b>Fiabilidad %</b>	<b>Puntuación %</b>	<b>Observación</b>
27/06/2016	22 a 24	Estudiante 1	69	50	Dentro la media
		Estudiante 2	100	61	Encima de la media
		Estudiante 3	77	55	Dentro la media
		Estudiante 4	92	66	Encima de la media
		Estudiante 5	85	61	Encima de la media
		Estudiante 6	77	55	Dentro la media
		Estudiante 7	79	62	Por encima de la media
		Estudiante 8	61	61	Por encima de la media
		Estudiante 9	100	72	Por encima de la media
		Estudiante 10	93	73	Por encima de la media
		Estudiante 11	86	67	Por encima de la media
		Estudiante 12	100	83	Muy por encima de la media
<b>PROMEDIO TOTAL</b>			84.92	63.83	

Fuente: Autoría

El porcentaje de la puntuación global de todo el grupo de alumnos en el test de repeticiones es de 63.83%, y con respecto al promedio de resultados anteriores, se puede ver

un aumento considerable en el nivel de atención, y esto podría deberse a la temperatura en la que estuvieron trabajando los estudiantes. A continuación, en la Figura 28 se muestran los resultados con relación a la media de atención.

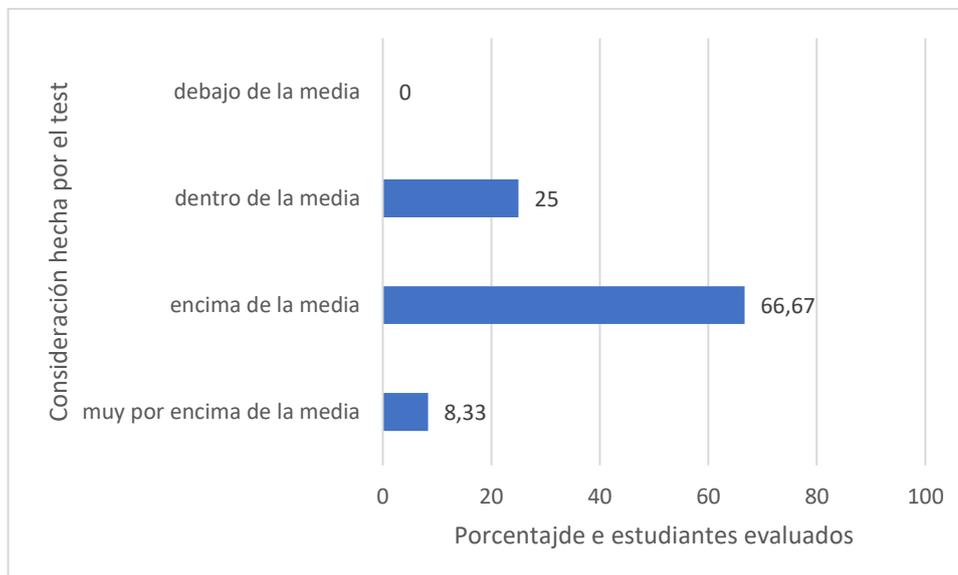


Figura 28. Relación entre el porcentaje de estudiantes y la media de atención e el test N° 3

Fuente: Autoría

Los resultados de la evaluación número 3 del test de repeticiones indica que un 66.67% de estudiantes obtuvo una buena puntuación y se encuentran sobre la media de atención. Un 25% de los estudiantes se encuentran dentro de la media de atención y un 8.33% se encuentra muy por encima de esta, siendo así estos resultados algo muy favorable.

#### **Prueba de atención N°4**

Las evaluaciones de todas las pruebas de investigación son realizadas con el mismo procedimiento, pero en cada ocasión se disminuye el rango de temperaturas, en el caso de la prueba de atención número 4 se trabajaron con temperaturas entre 21 y 23 grados centígrados; en la Tabla 25 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 25. Resultados del test de repeticiones en la semana N°4

<b>RESULTADOS DEL TEST PSICOTECNICO EN LA SEMANA #4</b>					
<b>Fecha de inicio</b>	<b>Temperatura °C</b>	<b>Sujeto de pruebas</b>	<b>Fiabilidad %</b>	<b>Puntuación %</b>	<b>Observación</b>
12/09/2016	21 a 23	Estudiante 1	100	72	Encima de la media
		Estudiante 2	93	73	Encima de la media
		Estudiante 3	77	55	Dentro la media
		Estudiante 4	86	67	Encima de la media
		Estudiante 5	79	61	Encima de la media
		Estudiante 6	73	61	Encima de la media
		Estudiante 7	88	78	Encima de la media
		Estudiante 8	79	62	Encima de la media
		Estudiante 9	87	73	Encima de la media
		Estudiante 10	93	77	Encima de la media
		Estudiante 11	86	67	Encima de la media
		Estudiante 12	81	71	Encima de la media
<b>PROMEDIO TOTAL</b>			85.17	68.08	

Fuente: Autoría

La puntuación global promedio de todos los estudiantes evaluados con el test psicotécnico es de un 68.08%, y la fiabilidad promedio de las respuestas por parte de los alumnos es de un 85.17%. En la Figura 29 se indica el porcentaje de estudiantes que se encuentran dentro de la media de atención, o alrededor de esta.

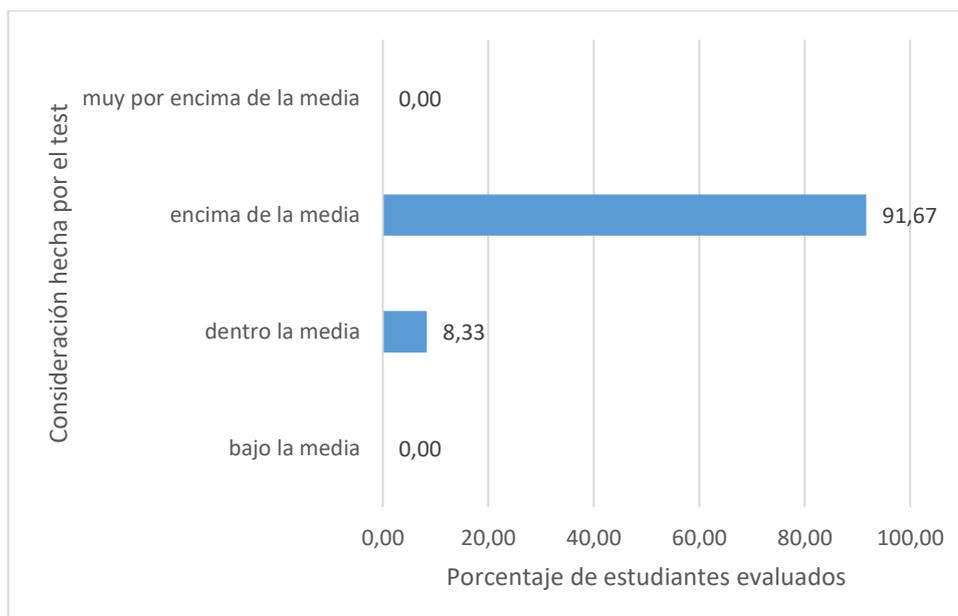


Figura 29. Relación entre el porcentaje de estudiantes y la media de atención e el test N° 4

Fuente: Autoría.

El porcentaje de estudiantes que se encuentran sobre la media de atención es de un 91.67%, es la cifra más alta en relación a las respuestas de los test anteriores, y un 8.33% de los alumnos se encuentran dentro de la media de atención.

### Prueba de atención N° 5

Tomando en cuenta la temperatura más baja presentada normalmente dentro de un aula en la FICA, se procedió a evaluar a los estudiantes después de ser sometidos en un rango de temperaturas entre 18 y 20 grados centígrados durante toda la clase, los resultados se muestran en la Tabla 26.

Tabla 26. Resultados del test de repeticiones en la semana N°5

<b>RESULTADOS DEL TEST PSICOTECNICO EN LA SEMANA #5</b>					
<b>Fecha de inicio</b>	<b>Temperatura °C</b>	<b>Sujeto de pruebas</b>	<b>Fiabilidad %</b>	<b>Puntuación %</b>	<b>Observación</b>

10/10/2016	18 a 20	Estudiante 1	92	62	Encima de la media
		Estudiante 2	86	67	Encima de la media
		Estudiante 3	64	50	Dentro la media
		Estudiante 4	92	66	Encima de la media
		Estudiante 5	92	62	Encima de la media
		Estudiante 6	77	55	Encima de la media
		Estudiante 7	83	56	Encima de la media
		Estudiante 8	85	61	Encima de la media
		Estudiante 9	100	56	Encima de la media
		Estudiante 10	93	77	Encima de la media
		Estudiante 11	85	61	Encima de la media
		Estudiante 12	62	45	Encima de la media
<b>PROMEDIO TOTAL</b>			84.25	59.83	

Fuente: Autoría

Los resultados obtenidos tras trabajar con un rango de temperatura entre 18 y 20 grados centígrados fue desfavorable en relación a los resultados de los test número 3 y 4, ya que conforme se iba reduciendo los rangos de temperatura fue aumentando el promedio de la puntuación global de todos los estudiantes. El promedio total de la puntuación de los estudiantes en el test, es de un 59.83%, y la fiabilidad de repuesta por parte de los alumnos es de 84.25%, que es muy aceptable. La relación entre el porcentaje de estudiantes y la media de atención en el periodo de prueba número 5 se muestra en la Figura 30.

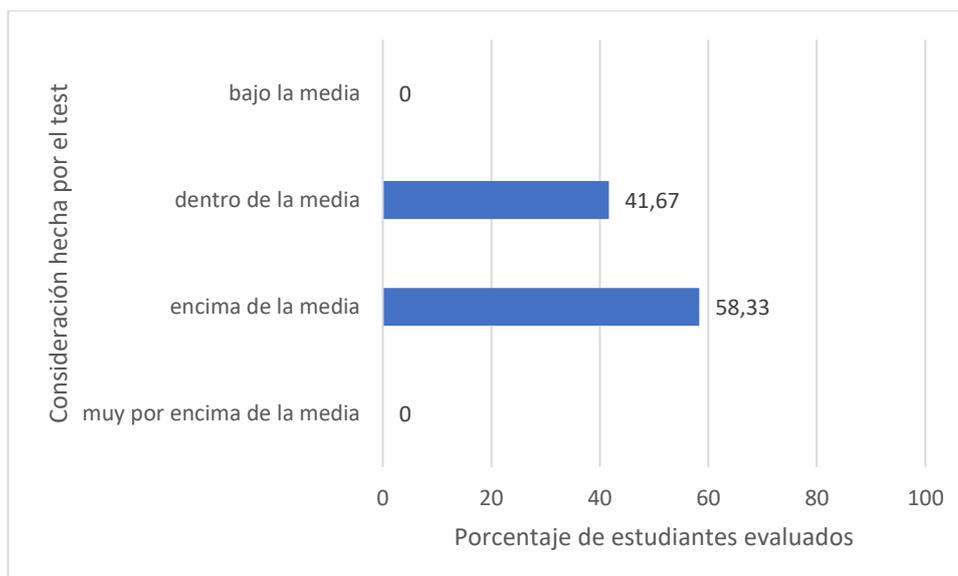


Figura 30. Relación entre el porcentaje de estudiantes y la media de atención e el test N° 5

Fuente: Autoría

A pesar que el 58.33% de estudiantes se encuentren sobre la media de atención de acuerdo a los resultados obtenidos en la puntuación global del test número 5, en la evaluación número 4 se obtuvo mejores resultados, dando a entender que al trabajar dentro de un rango de temperaturas entre 21 y 23 grados centígrados se tiende a tener una mejor atención.

#### 4.3 Análisis de resultados de todas las evaluaciones hechas a los estudiantes

Para dar un criterio final acerca de los resultados obtenidos en las pruebas de atención hechas a los estudiantes, se reúne en la Tabla 27 los porcentajes de la puntuación global promedio y fiabilidad de todo el grupo, cada resultado va acorde a cada rango de temperatura con el que se trabajó.

Tabla 27. Resumen de resultados del test de atención de acuerdo a cada temperatura de prueba

Temperatura (°C)	Fiabilidad (%)	Puntuación (%)
27 a 29	85	55.5
25 a 27	78	53.5

<b>22 a 24</b>	84.92	63.83
<b>21 a 23</b>	85.17	68.08
<b>18 a 20</b>	84.25	59.83

Fuente: Autoría

También se cuenta con un diagrama de barras en la Figura 31, donde se indican los porcentajes de estudiantes que se encuentran dentro la consideración hecha por el test psicotécnico, con relación a la media de atención normal de una persona, posteriormente se concluye en base a los resultados.

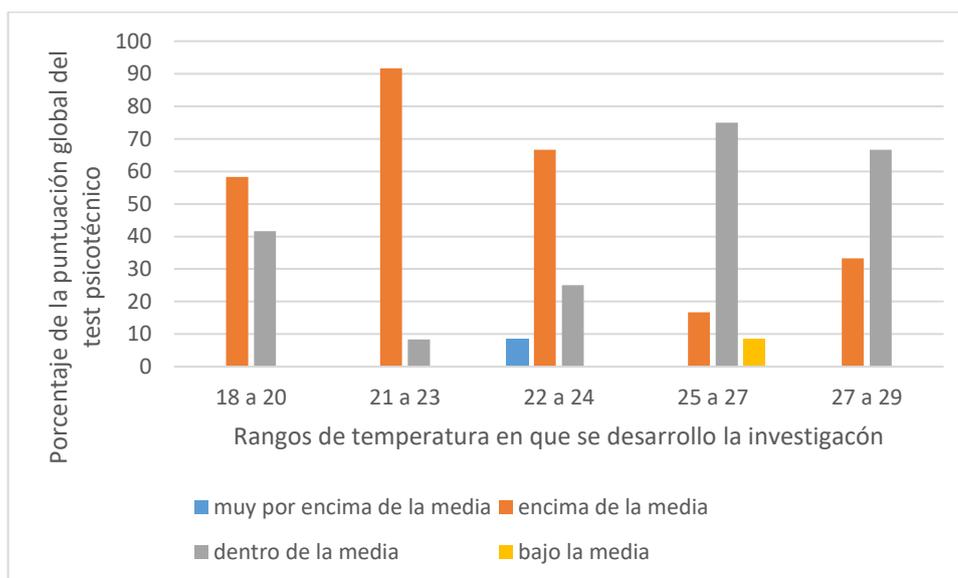


Figura 31. Resumen de resultados de las pruebas de atención hechas a los estudiantes con diferentes rangos de temperatura

Fuente: Autoría

De acuerdo a los resultados generales de las pruebas que ayudan a determinar la atención, se concluye que la temperatura con la que mejor trabajan los estudiantes dentro de un aula de clases, se encuentra dentro del rango de temperatura que comprende los 21 y 23 grados centígrados.

Por otro lado, se puede decir que los estudiantes tienen a desconcentrarse más, dentro de un rango de temperatura entre 25 y 29 grados centígrados. La fiabilidad de respuesta por parte de los alumnos en cada test psicotécnico realizado fue bastante aceptable, y es semejante en la mayoría de los casos, sin embargo, en el rango de temperatura de 25 a 27 grados centígrados fue menor al resto de resultados.

#### **4.4 Conclusiones**

Se desarrolló el sistema electrónico con aplicación IoT que ayudo a estimar factores ambientales adecuados para el estudiante universitario en el aula a escala de laboratorio, y que funciona de acuerdo a los parámetros del diseño.

No se puede medir exactamente la desconcentración en un estudiante, debido a que el proyecto se enfoca a trabajar únicamente con la temperatura, y en lo que se refiere a desconcentración intervienen otros parámetros, como pueden ser la falta de luminosidad en las aulas, ruidos externos, falta de interés, entre otros, los cuales pueden llegar a alterar los resultados en los test de atención.

De acuerdo a los test realizados, la temperatura con la cual los estudiantes mostraron una mejor atención dentro del aula oscilaba en un rango entre 21 y 23 grados centígrados, por otro lado, la temperatura con la que mostraron mayor desconcentración se encuentra en un rango entre 25 y 29 grados centígrados.

La temperatura dentro de un aula podría mejorar el confort térmico de los estudiantes, pero no es determinante, ya que este confort es diferente en cada persona, y depende de

múltiples componentes que pueden ser: la vestimenta, la postura, número de individuos dentro del lugar y otros.

La norma IEEE 29148 fue parte fundamental como ayuda para determinar a través de los stakeholders, los requerimientos del sistema electrónico, y así mismo para la elección de hardware y software adecuados.

De acuerdo a las características técnicas proporcionadas por los fabricantes de cada uno de los elementos electrónicos utilizados en el sistema, se puede decir que el dispositivo puede trabajar adecuadamente en un rango de temperatura entre -10 y +125 grados centígrados.

Como medida de seguridad en la WSN se configuro un método de autenticación en el cual hacen un intercambio de claves mediante el número de identificador del nodo central con el identificador del nodo sensor, con lo que, si un dispositivo ajeno intenta hacerse pasar por uno de los nodos, no podrá obtener ni generar datos en la red de sensores.

El alfa de Cronbach permitió comprobar si el sistema electrónico realizado se encarga de la recolección de datos de una forma estable y consistente, determinando así una fiabilidad alta a través de un índice de consistencia superior a 0,8.

#### **4.5 Recomendaciones**

Si se desea mejorar el rendimiento de los estudiantes al momento de prestar atención, las instituciones de educación superior, deberían implementar equipos para aclimatar el aula donde se recibe clases.

La temperatura es solo uno de los factores que puede afectar a la desconcentración, es por eso que se debería compaginar con otras investigaciones donde se parta desde otras variables, de esa manera se podrían obtener más indicadores de desconcentración o formas de captar mejor la atención de los estudiantes.

En una WSN se puede optimizar el funcionamiento y el intercambio de información, utilizando el protocolo de acceso múltiple por detección de portadora y prevención de colisiones “CSMA/CA”, de esta manera se evitará saturar al nodo central al momento de la recepción de datos enviados por los nodos sensores.

Es aconsejable utilizar sensores con salida de datos digital, de esta forma es menos propenso a tener interferencias de señales ajenas.

Para futuras aplicaciones donde se haga uso de una red de sensores inalámbricos, se recomienda realizar un análisis sistemático con respecto a la seguridad en esta, de acuerdo a eso se podrá garantizar la fiabilidad con respecto al manejo de datos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aijaz, A., & Aghvami, H. (2015). Cognitive Machine-to-Machine Communications for Internet-of-Things: A Protocol Stack Perspective. *IEEE INTERNET OF THINGS JOURNAL, VOL. 2, NO. 2, 3*.
- Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., & Ayyash, M. (2015). Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications. *IEEE COMMUNICATION SURVEYS & TUTORIALS, 17(4), 2, 7, 8, 9, 10*. Recuperado el 18 de Abril de 2016
- Alwakeel, S., Alhalabi, B., Aggoune, H., & Alwakeel, M. (2015). A Machine Learning Based WSN System for Autism Activity Recognition . *IEEE 14th International Conference on Machine Learning and Applications, 1*.
- Andrade Gutierrez, J., Padilla Ortega, A., & Valencia Espinoza, C. (28 de Febrero de 2010). *Calor y Temperatura OAXACA*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/calorotemperatura/justificacion>
- Aquino, C. (Noviembre de 2009). *Guia de comparación De los Sensores de Temperatura*. Recuperado el 18 de Abril de 2016, de <http://dircasa-calora.blogspot.com/2009/11/temperature-sensor-comparison-guide.html#.VxZqhajhDIU>
- Barreto, F. (13 de Mayo de 2014). *IEEE 29148*. Recuperado el 18 de Marzo de 2014, de <https://prezi.com/8mki1yjihkdp/ieee-29148/>
- Bausà Aragonés , J., García Gómez, C., Zaragozaí Zaragozaí , B., Gil Martínez , A., Moreno Campos, D., & Galiana Llinares, A. (Abril de 2003). *SENSORES DE TEMPERATURA*. Obtenido de [http://server-die.alc.upv.es/asignaturas/LSED/2003-04/0.Sens\\_Temp/ARCHIVOS/SensoresTemperatura.pdf](http://server-die.alc.upv.es/asignaturas/LSED/2003-04/0.Sens_Temp/ARCHIVOS/SensoresTemperatura.pdf)
- BBVAOpen4U. (21 de Marzo de 2016). *APIs para el Internet de las Cosas: ThingSpeak, Pachube y Fitbit*. Obtenido de <https://bbvaopen4u.com/es/actualidad/apis-para-el-internet-de-las-cosas-thingspeak-pachube-y-fitbit>
- Bernal, I. (6 de Abril de 2006). *Comunicaciones Inalámbricas ZigBee*. Obtenido de <http://clusterfie.epn.edu.ec/ibernal/html/CURSOS/Marzo07Agosto07/Actualizacion/ZigBeeNov06.pdf>
- BIOESTADISTICO (Dirección). (2014). *Alfa de Cronbach* [Película]. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=scCL458Eqyw>
- Castro Heredia, J. (Septiembre de 2014). *Uso del protocolo CoAP para la implementación de una aplicación domótica con redes de sensores inalámbricas*. Recuperado el 18 de Abril de 2016, de <http://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/4163/pfc5908.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chen, S., Xu, H., Liu, D., Hu, B., & Wang, H. (2014). A Vision of IoT: Applications, Challenges, and Opportunities With China Perspective. *IEEE INTERNET OF THINGS JOURNAL, VOL. 1 NO. 4, 2, 8, 9*.

- Cisneros Maciel, M., & Pérez Pérez, M. (2008). *Física II*. México, México: EMSAD. Recuperado el 16 de Abril de 2016, de <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbnxjYWxvcm90ZW1wZXJhdHVyYXxneDo0YTJhNzE5MGY5MzQ4ZmZi>
- Espressif Systems Inc. (2013). *ESPRESSIF SMART CONNECTIVITY PLATFORM: ESP8266*. Recuperado el 18 de Marzo de 2016, de [https://nurdspace.nl/images/e/e0/ESP8266\\_Specifications\\_English.pdf](https://nurdspace.nl/images/e/e0/ESP8266_Specifications_English.pdf)
- Evans, D. (Abril de 2011). *Internet de las Cosas Cómo la proxima evolución de Internet lo cambia todo*. Obtenido de Cisco IBSG: [http://www.systemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-09-27\\_11-59-17110814.pdf](http://www.systemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-09-27_11-59-17110814.pdf)
- Fernández Martínez, R., Ordieres Meré, J., Martínez, F. J., Gonzáles Marcos, A., Alba, F., Lostado Lorza, R., & Pernía Espinoza, A. V. (2009). Redes inalámbricas de sensores: teoría y aplicación práctica. *Universidad de la Rioja*, 24.
- García Davis, E. (23 de Julio de 2009). *Implementación de Protocolos de Transporte en Redes de Sensores*. Obtenido de <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/7480/PFM-ERNESTOGARCIADAVIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- González, A. G. (9 de Enero de 2014). *Aprendiendo a utilizar el sensor de temperatura DS18B20*. Recuperado el 17 de Julio de 2016, de <http://panamahitek.com/aprendiendo-utilizar-el-sensor-de-temperatura-ds18b20/>
- González, F. T. (26 de Febrero de 2014). *Sensores de temperatura: ¿cuál es el más preciso?* Recuperado el 12 de Junio de 2016, de <http://panamahitek.com/sensores-de-temperatura-cual-es-el-mas-preciso/>
- Gutiérrez, J., Durocher, D., Lu, B., Harley, R., & Habetler, T. (2006). Applying Wireless Sensor Networks in Industrial Plant Energy Evaluation and Planning Systems. *IEEE IAS PULP AND PAPER INDUSTRY CONFERENCE IN APPLETON*, 1.
- Hunkeler, U., Linh Truong, H., & Stanford-Clark, A. (2008). MQTT-S — A publish/subscribe protocol for Wireless Sensor Networks. *Communication Systems Software and Middleware and Workshops*, 791 - 798.
- Inventable.eu. (Noviembre de 2013). *COMO CONTROLAR UN RELÉ CON UN TRANSISTOR*. Obtenido de <https://www.inventable.eu/controlar-rele-con-transistor/>
- Jones, M. T. (18 de Septiembre de 2009). *Meet the Extensible Messaging and Presence Protocol (XMPP)*. Obtenido de <http://www.ibm.com/developerworks/library/x-xmppintro/>
- Kaur, J., & Kaur, K. (2016). Availing Internet of Things in Industrial Decision Making -A Survey. *International Conference on Electrical, Electronics, and Optimization Techniques (ICEEOT)*, 1, 2. Obtenido de <http://iceeot.org/papers/OR0693.pdf>

- Kim, J., Lee, J., Kim, J., & Yun, J. (2014). M2M Service Platforms: Survey, Issues, and Enabling Technologies. *IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS & TUTORIALS, VOL. 16, NO. 1*, 1, 4, 6, 7.
- Kochlán, M., & Hodon, M. (Septiembre de 2014). Open Hardware Modular Educational Robotic Platform - Yrobot. *Proceedings of the RAAD*, 1.
- Krajcak, S., & Tuwanut, P. (2015). A SURVEY ON IOT ARCHITECTURES, PROTOCOLS, APPLICATIONS, SECURITY, PRIVACY, REAL-WORLD IMPLEMENTATION AND FUTURE TRENDS. *Proceedings of ICCT*, 27.
- Kumar, P., Guenes, M., Al Basset, A., & Hussain, I. (2008). Enhancing IEEE 802.15.4 for Low-latency, Bandwidth, and Energy Critical WSN Applications. *IEEE-ICET International Conference on Emerging Technologies*, 1-2.
- Leal, S. P. (27 de Julio de 2014). *COEFICIENTE ALFA DE CRONBACH*. Obtenido de <http://asesoriatesis1960.blogspot.com/2014/07/coeficiente-alfa-de-cronbach.html>
- Martínez, Y. (1 de Junio de 2007). *Tendencias 21. Tendencias Científicas*. Recuperado el 10 de Marzo de 2016, de [http://www.tendencias21.net/Crean-el-primer-indicador-cientifico-de-la-distraccion\\_a1597.html](http://www.tendencias21.net/Crean-el-primer-indicador-cientifico-de-la-distraccion_a1597.html)
- Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales - España. (23 de Abril de 1997). *Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo*. Obtenido de [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-1997-8669](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-1997-8669)
- Ministerio del Trabajo - Ecuador. (Diciembre de 2012). *REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD DE LOS TRABAJADORES Y MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO*. Recuperado el 24 de Enero de 2016
- PsicoActiva. (2013). *Test psicotécnico de búsqueda de repeticiones*. Obtenido de <https://www.psicoactiva.com/tests/buscar-repeticiones.htm?nivel=1>
- Rodríguez, J. (28 de Septiembre de 2008). *Metodología de desarrollo de software. El Modelo en V o de Cuatro Niveles*. Obtenido de <http://www.iiia.csic.es/udt/es/blog/jrodriguez/2008/metodologia-desarrollo-sotware-modelo-en-v-o-cuatro-niveles>
- Santamaría, F. (11 de Julio de 2016). *¿Cuál es la importancia de las plataformas IoT en el mercado tecnológico?* Obtenido de <http://reportedigital.com/iot/plataformas-iot-mercado-tecnologico/>
- Sarkinen, J. (Julio de 2007). *An Open Source(d) Controller*. Recuperado el 17 de Abril de 2016, de <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=4448885>
- Selinger, M., Sepulveda, A., & Buchan, J. (2013). Education and the Internet of Everything. *CISCO Education IoE Whitepaper*, 12.
- SEMICONDUCTOR, D. (s.f.). *DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer Datasheet*. Obtenido de <http://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temp/DS18B20.pdf>

- Sharma, H., & Sharma, S. (8 de Marzo de 2014). A Review of sensor networks: Technologies and applications. *Proceedings of 2014 RA ECS UIET Panjab University Chandigarh*(06), 2, 3. Recuperado el 17 de Abril de 2016, de <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6799579>
- Sichitiu, M. (2005). *Wireless Mesh Networks Challenges and Opportunities*. Recuperado el 18 de Abril de 2016, de <http://www.ece.ncsu.edu/wireless/MadeInWALAN/wmnTutorial.pdf>
- Somani, N. A., & Patel, Y. (2012). ZIGBEE: A LOW POWER WIRELESS TECHNOLOGY FOR INDUSTRIAL APPLICATIONS . *International Journal of Control Theory and Computer Modelling (IJCTCM) Vol.2, No.3*, 2, 5, 6.
- Suárez, M. (2011). *Interaprendizaje de Estadística Básica*. Ibarra: Gráficas Planeta.
- Toll, W. (14 de Julio de 2014). *Top 49 Tools For The Internet of Things*. Obtenido de <https://blog.profitbricks.com/top-49-tools-internet-of-things/>
- UBIDOTS. (2016). *INTERNET DE LAS COSAS EXPERIENCIA A SU SERVICIO*. Obtenido de Sobre nosotros: <https://ubidots.com/about>

## GLOSARIO

6LoWPAN (IPv6 over Low power Wireless Personal Area Network): es un estándar que hace posible el uso de IPv6 sobre redes basadas en el estándar IEEE 802.15.4.

AMQP (Advanced Message Queuing Protocol): Es un protocolo de estándar abierto para la capa de aplicaciones de un sistema de comunicación.

Bluetooth: Tecnología de ondas de radio de corto alcance que posibilita la transmisión de voz y datos entre distintos dispositivos.

CEAACES: Consejo de Evaluación, Acreditación y Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior.

CIERCOM: Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación.

CoAP: Es un protocolo usado en dispositivos electrónicos, que permite una comunicación sobre Internet.

CSMA/CA: es un protocolo que permite un acceso múltiple por detección de portadora y prevención de colisiones al momento de transmitir información.

DDS (Servicio de Distribución de Datos): es un protocolo que permite el intercambio de datos entre diferentes aplicaciones.

ESP8266: Es un módulo WiFi que fue creado para trabajar en IoT.

FICA: Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

Fritzing: Es un programa con licencia libre que permite la automatización de diseño electrónico y crea esquemas de circuitos impresos para su posterior fabricación.

IEEE 29148: Es una norma internacional que proporciona un tratamiento unificado de los procesos y productos.

IEEE 802.11: Es un estándar que define las características de una red de área local inalámbrica, estableciendo los niveles inferiores del modelo OSI.

IEEE 802.15.4: Es un estándar que define el nivel físico y el control de acceso al medio de redes inalámbricas de área personal con tasas bajas de transmisión de datos.

M2M (Machine to Machine): consiste en el intercambio de información o comunicación en formato de datos entre dos máquinas remotas.

Middleware: es un software que asiste a una aplicación para interactuar con otras aplicaciones.

Modelo en V: Es un procedimiento utilizado para el desarrollo de productos, el cual verifica y valida cada paso realizado.

Modo AP: El módulo WiFi ESP8266 trabaja como un Access Point.

Modo Estación: El módulo WiFi se puede conectar a un access-point o router.

MQTT (Message Queue Telemetry Transport): Es un protocolo usado para la comunicación Machine to Machine (M2M) en la Internet de las cosas.

PDU: Unidad de datos de protocolo

PLC: Controlador Lógico Programable

REST: Es un tipo de arquitectura de desarrollo web que se apoya totalmente en el estándar HTTP.

Stakeholder: Es un término que agrupa a personas, entidades, entre otros actores claves que participan y son afectados por las decisiones de una empresa.

TCP (Protocolo de Control de Transmisión): Es uno de los principales protocolos de la capa transporte del modelo TCP/IP.

UDP (User Datagram Protocol): Es un protocolo de la capa transporte basado en el intercambio de datagramas.

WiFi (Wireless Fidelity): Es un mecanismo de conexión de dispositivos electrónicos de forma inalámbrica.

WSN: Es una red de sensores inalámbricos.

XMPP: Es un protocolo abierto que es usado en sistemas de mensajería instantánea.

ZigBee: Conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación usado en radiodifusión digital de datos, buscando ahorrar lo máximo posible en energía.

## ANEXOS

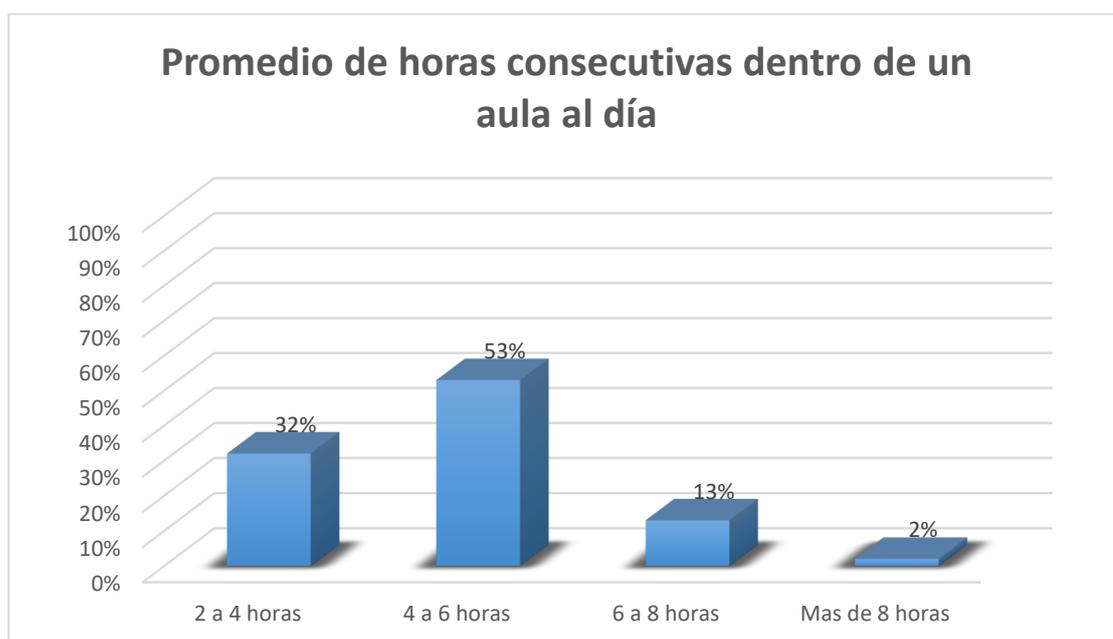
## Anexo 1. Encuesta realizada a estudiantes de CIERCOM y tabulación de resultados.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**ENCUESTA**

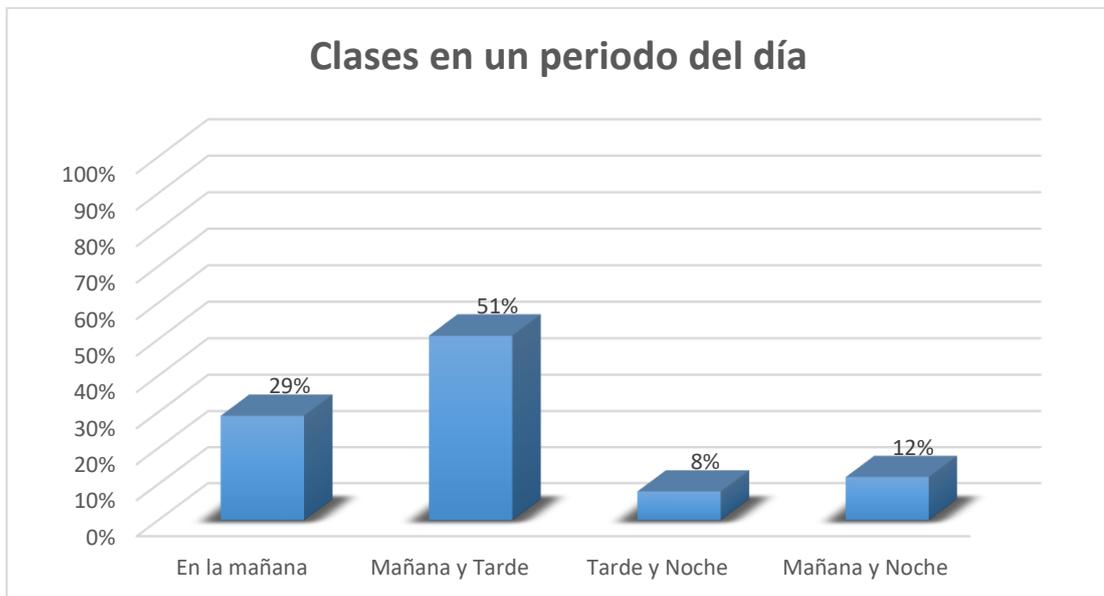
Sírvase a leer detenidamente las preguntas planteadas en esta encuesta y responda de acuerdo a su conocimiento u opinión. Si alguna pregunta no entiende acérquese a preguntar al encuestador.

- **En su horario de clases, ¿Cuál es el promedio de horas consecutivas que pasa dentro de un aula al día?**
  - a. De 2 a 4 horas
  - b. De 4 a 6 horas
  - c. De 6 a 8 horas
  - d. Más de 8 horas

**Resultado:**

- **¿En qué periodo del día tiene usted clases?**
  - a. En la mañana
  - b. En la mañana y en la tarde
  - c. En la tarde y la noche
  - d. En la mañana y en la noche

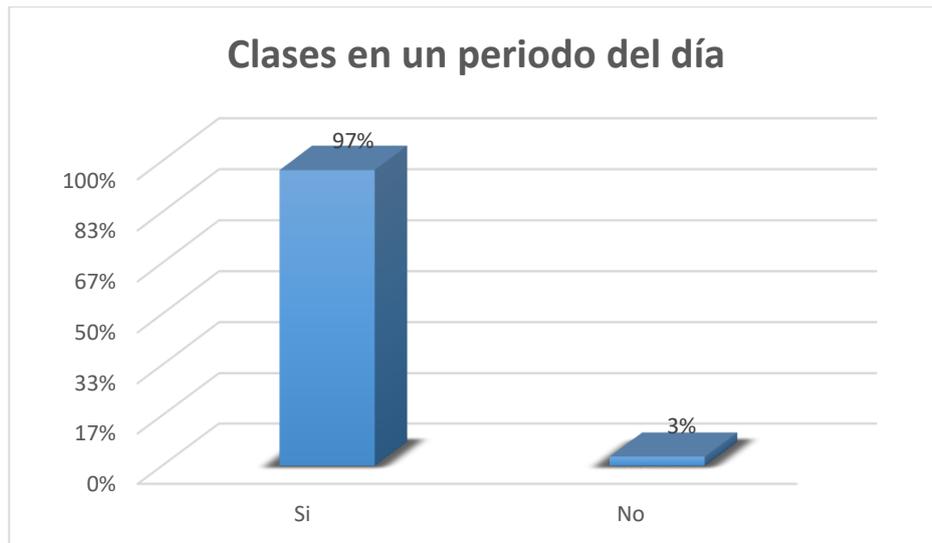
**Resultado:**



- **¿Cree usted que la temperatura en el aula afecta en su proceso de aprendizaje?**

Si

No

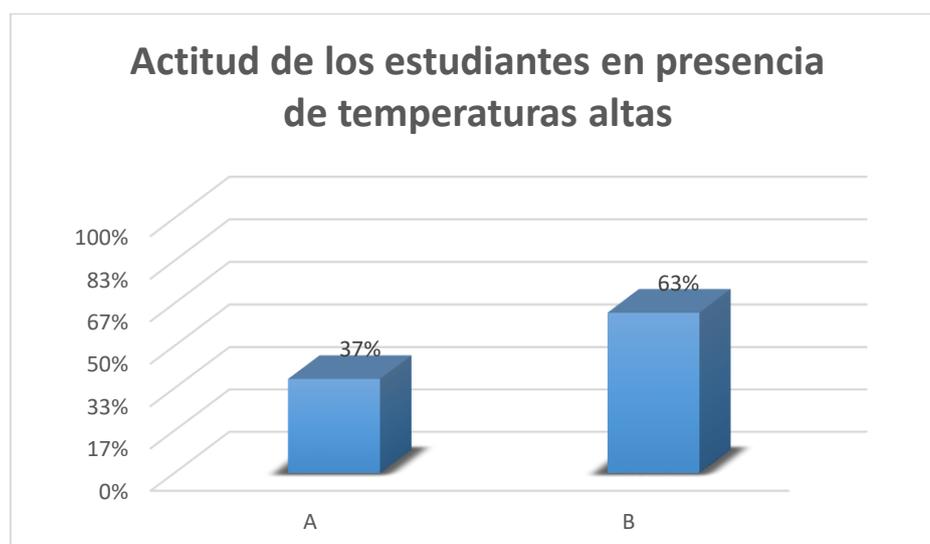


- **¿Cómo se siente usted dentro del aula al recibir clases presenciando una temperatura alta?**

A

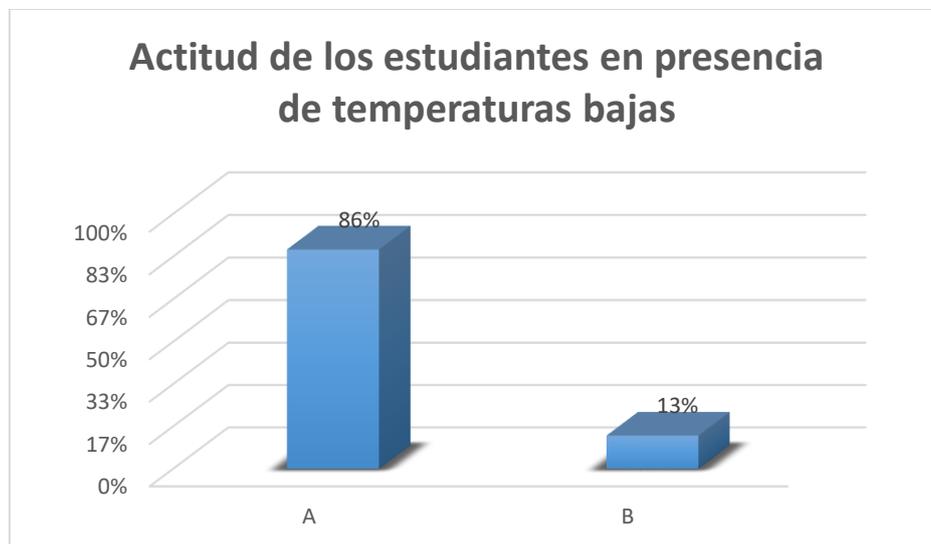
B

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enérgico</li> <li>• Presta atención en clases</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cansado</li> <li>• No presta atención en clases</li> </ul>
---	---

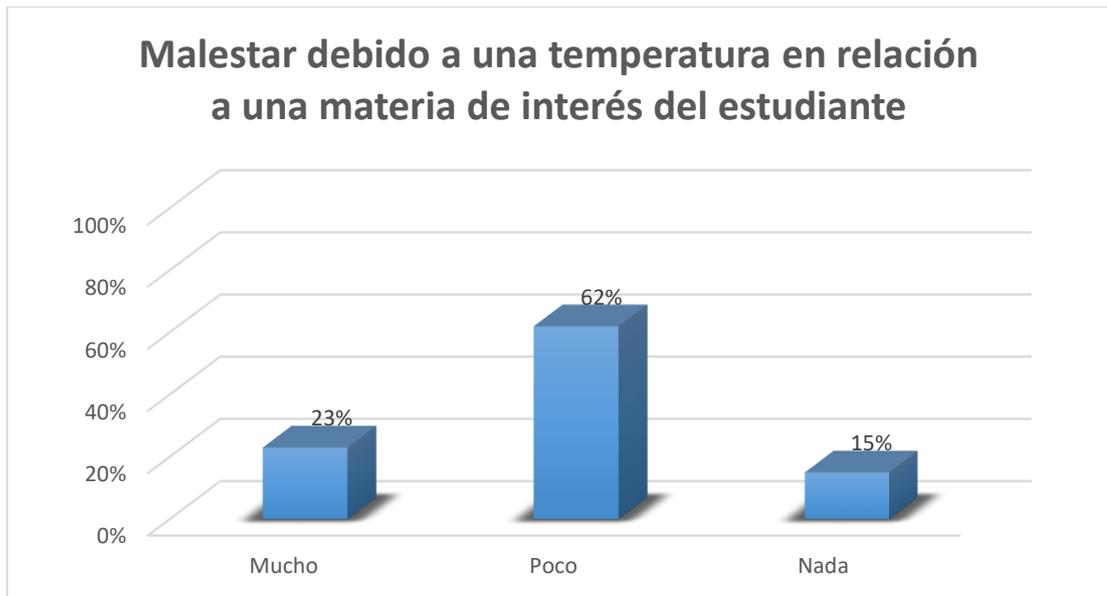


- **¿Cómo se siente usted dentro del aula al recibir clases presenciando una temperatura baja?**

A <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enérgico</li> <li>• Presta atención en clases</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cansado</li> <li>• No presta atención en clases</li> </ul>



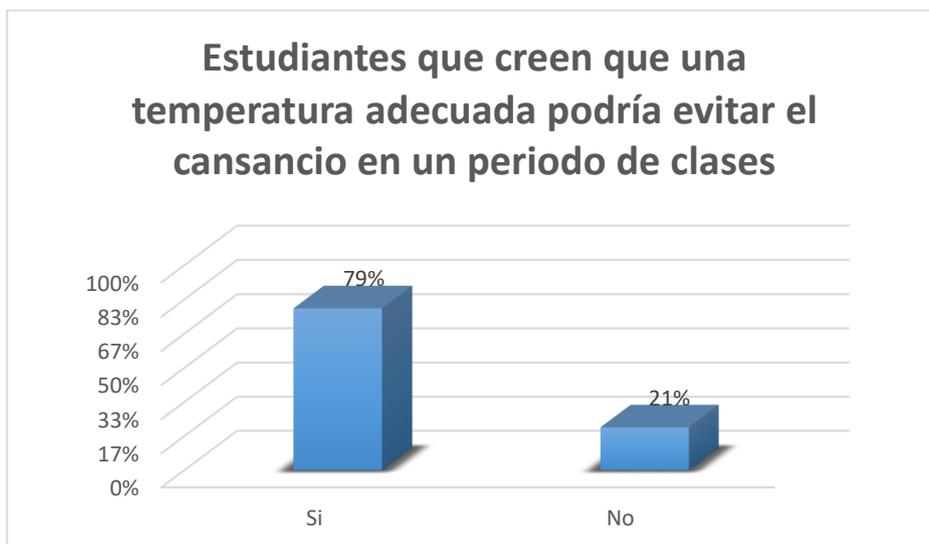
- **Si usted recibe clases de una materia de su interés, ¿Qué tanto afectaría la temperatura a su aprendizaje?**
  - Mucho
  - Poco
  - Nada



- **Cuando usted ha dormido pocas horas y asiste posteriormente a clases, ¿Cree usted que una temperatura adecuada podría ayudar a evitar cansancio al momento de prestar atención en clases?**

Si, ¿Por qué?

No, ¿Por qué?



## Anexo 2. Datasheet del transistor 2N3904

**2N3903, 2N3904**

2N3903 is a Preferred Device

**General Purpose Transistors**

NPN Silicon



ON Semiconductor™

<http://onsemi.com>**MAXIMUM RATINGS**

Rating	Symbol	Value	Unit
Collector–Emitter Voltage	$V_{CE0}$	40	Vdc
Collector–Base Voltage	$V_{CB0}$	60	Vdc
Emitter–Base Voltage	$V_{EB0}$	6.0	Vdc
Collector Current – Continuous	$I_C$	200	mA <sub>dc</sub>
Total Device Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above $25^\circ\text{C}$	$P_D$	625 5.0	mW mW/ $^\circ\text{C}$
Total Device Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above $25^\circ\text{C}$	$P_D$	1.5 12	Watts mW/ $^\circ\text{C}$
Operating and Storage Junction Temperature Range	$T_J, T_{stg}$	-55 to +150	$^\circ\text{C}$

**THERMAL CHARACTERISTICS** (Note 1.)

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	200	$^\circ\text{C}/\text{W}$
Thermal Resistance, Junction to Case	$R_{\theta JC}$	83.3	$^\circ\text{C}/\text{W}$

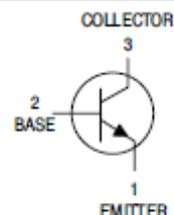
1. Indicates Data in addition to JEDEC Requirements.

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** ( $T_A = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted)

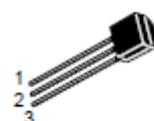
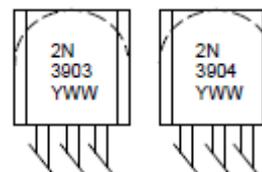
Characteristic	Symbol	Min	Max	Unit
<b>OFF CHARACTERISTICS</b>				
Collector–Emitter Breakdown Voltage (Note 2.) ( $I_C = 1.0 \text{ mA}_{dc}, I_B = 0$ )	$V_{(BR)CEO}$	40	–	Vdc
Collector–Base Breakdown Voltage ( $I_C = 10 \mu\text{A}_{dc}, I_E = 0$ )	$V_{(BR)CBO}$	60	–	Vdc
Emitter–Base Breakdown Voltage ( $I_E = 10 \mu\text{A}_{dc}, I_C = 0$ )	$V_{(BR)EBO}$	6.0	–	Vdc
Base Cutoff Current ( $V_{CE} = 30 \text{ Vdc}, V_{EB} = 3.0 \text{ Vdc}$ )	$I_{BL}$	–	50	nA <sub>dc</sub>
Collector Cutoff Current ( $V_{CE} = 30 \text{ Vdc}, V_{EB} = 3.0 \text{ Vdc}$ )	$I_{CEX}$	–	50	nA <sub>dc</sub>

**ON CHARACTERISTICS**

DC Current Gain (Note 2.) ( $I_C = 0.1 \text{ mA}_{dc}, V_{CE} = 1.0 \text{ Vdc}$ )	2N3903	$h_{FE}$	20	–	–
	2N3904		40	–	
( $I_C = 1.0 \text{ mA}_{dc}, V_{CE} = 1.0 \text{ Vdc}$ )	2N3903	35	–		
	2N3904	70	–		
( $I_C = 10 \text{ mA}_{dc}, V_{CE} = 1.0 \text{ Vdc}$ )	2N3903	50	150		
	2N3904	100	300		
( $I_C = 50 \text{ mA}_{dc}, V_{CE} = 1.0 \text{ Vdc}$ )	2N3903	30	–		
	2N3904	60	–		
( $I_C = 100 \text{ mA}_{dc}, V_{CE} = 1.0 \text{ Vdc}$ )	2N3903	15	–		
	2N3904	30	–		
Collector–Emitter Saturation Voltage (Note 2.) ( $I_C = 10 \text{ mA}_{dc}, I_B = 1.0 \text{ mA}_{dc}$ ) ( $I_C = 50 \text{ mA}_{dc}, I_B = 5.0 \text{ mA}_{dc}$ )		$V_{CE(sat)}$	– –	0.2 0.3	Vdc
Base–Emitter Saturation Voltage (Note 2.) ( $I_C = 10 \text{ mA}_{dc}, I_B = 1.0 \text{ mA}_{dc}$ ) ( $I_C = 50 \text{ mA}_{dc}, I_B = 5.0 \text{ mA}_{dc}$ )		$V_{BE(sat)}$	0.65 –	0.85 0.95	Vdc



STYLE 1

TO-92  
CASE 29  
STYLE 1**MARKING DIAGRAMS**Y = Year  
WW = Work Week

**SMALL-SIGNAL CHARACTERISTICS**

Current-Gain – Bandwidth Product ( $I_C = 10 \text{ mA}$ , $V_{CE} = 20 \text{ V}$ , $f = 100 \text{ MHz}$ )	2N3903 2N3904	$f_T$	250 300	– –	MHz
Output Capacitance ( $V_{CB} = 5.0 \text{ V}$ , $I_E = 0$ , $f = 1.0 \text{ MHz}$ )		$C_{obo}$	–	4.0	pF
Input Capacitance ( $V_{EB} = 0.5 \text{ V}$ , $I_C = 0$ , $f = 1.0 \text{ MHz}$ )		$C_{ibo}$	–	8.0	pF
Input Impedance ( $I_C = 1.0 \text{ mA}$ , $V_{CE} = 10 \text{ V}$ , $f = 1.0 \text{ kHz}$ )	2N3903 2N3904	$h_{ie}$	1.0 1.0	8.0 10	k $\Omega$
Voltage Feedback Ratio ( $I_C = 1.0 \text{ mA}$ , $V_{CE} = 10 \text{ V}$ , $f = 1.0 \text{ kHz}$ )	2N3903 2N3904	$h_{re}$	0.1 0.5	5.0 8.0	$\times 10^{-4}$
Small-Signal Current Gain ( $I_C = 1.0 \text{ mA}$ , $V_{CE} = 10 \text{ V}$ , $f = 1.0 \text{ kHz}$ )	2N3903 2N3904	$h_{fe}$	50 100	200 400	–
Output Admittance ( $I_C = 1.0 \text{ mA}$ , $V_{CE} = 10 \text{ V}$ , $f = 1.0 \text{ kHz}$ )		$h_{oe}$	1.0	40	$\mu\text{mhos}$
Noise Figure ( $I_C = 100 \mu\text{A}$ , $V_{CE} = 5.0 \text{ V}$ , $R_S = 1.0 \text{ k } \Omega$ , $f = 1.0 \text{ kHz}$ )	2N3903 2N3904	NF	– –	6.0 5.0	dB

**SWITCHING CHARACTERISTICS**

Delay Time	$(V_{CC} = 3.0 \text{ V}$ , $V_{BE} = 0.5 \text{ V}$ , $I_C = 10 \text{ mA}$ , $I_{B1} = 1.0 \text{ mA}$ )	2N3903 2N3904	$t_d$	–	35	ns
Rise Time			$t_r$	–	35	ns
Storage Time	$(V_{CC} = 3.0 \text{ V}$ , $I_C = 10 \text{ mA}$ , $I_{B1} = I_{B2} = 1.0 \text{ mA}$ )	2N3903 2N3904	$t_s$	–	175	ns
Fall Time			$t_f$	–	50	ns

**Anexo 3. Datasheet del relé de 5v.**
 **SUN HOLD**
**TDS SERIES**

ORDER CODE  
**TDS-24-02-D**

D: 0.45W  
E: 0.36W  
L: 0.2W  
W: 0.15W

03: DC 3V  
05: DC 5V  
06: DC 6V  
09: DC 9V  
12: DC 12V  
24: DC 24V  
48: DC 48V

02: 2A

COIL VOLTAGE

TYPE



**Main Features:**

- 2pole Relay suitable for single circuit.
- Plastic epoxy resin sealed type for washing procedure.
- Small size and lightweight can provide high density PCB mounting.
- DIL pitch terminal.

**COIL RATING (at 20°C)**

	NOMINAL VOLTAGE (VDC)	COIL RESISTANCE ( $\Omega$ ) ( $\pm 10\%$ )	POWER CONSUMPT -ION (W)	NOMINAL CURRENT (mA) ( $\pm 10\%$ )	PULL IN VOLTAGE (VDC)	DROP OUT VOLTAGE (VDC)	MAX. ALLOWABLE VOLTAGE (VDC)
D	3V	20 $\Omega$	0.45W	150.0mA	75% MAX.	10% MIN.	150%
	5V	56 $\Omega$		89.2mA			
	6V	80 $\Omega$		75.0mA			
	9V	180 $\Omega$		50.0mA			
	12V	320 $\Omega$		37.5mA			
	24V	1280 $\Omega$		18.8mA			
	48V	5000 $\Omega$		0.46W			

	NOMINAL VOLTAGE (VDC)	COIL RESISTANCE ( $\Omega$ )( $\pm 10\%$ )	POWER CONSUMPT -ION(W)	NOMINAL CURRENT (mA)( $\pm 10\%$ )	PULL IN VOLTAGE (VDC)	DROP OUT VOLTAGE (VDC)	MAX. ALLOWABLE VOLTAGE (VDC)
I	3V	25 $\Omega$	0.36W	120.0mA	75% MAX.	10% MIN.	150%
	5V	70 $\Omega$		71.4mA			
	6V	100 $\Omega$		60.0mA			
	9V	220 $\Omega$		40.9mA			
	12V	400 $\Omega$		30.0mA			
	24V	1600 $\Omega$		15.0mA			

	NOMINAL VOLTAGE (VDC)	COIL RESISTANCE ( $\Omega$ )( $\pm 10\%$ )	POWER CONSUMPT -ION(W)	NOMINAL CURRENT (mA)( $\pm 10\%$ )	PULL IN VOLTAGE (VDC)	DROP OUT VOLTAGE (VDC)	MAX. ALLOWABLE VOLTAGE (VDC)
L	3V	45 $\Omega$	0.2W	66.7mA	75% MAX.	10% MIN.	150%
	5V	125 $\Omega$		40.0mA			
	6V	180 $\Omega$		33.3mA			
	9V	405 $\Omega$		22.2mA			
	12V	720 $\Omega$		16.7mA			
	24V	2600 $\Omega$		8.6mA			

	NOMINAL VOLTAGE (VDC)	COIL RESISTANCE ( $\Omega$ )( $\pm 10\%$ )	POWER CONSUMPT -ION(W)	NOMINAL CURRENT (mA)( $\pm 10\%$ )	PULL IN VOLTAGE (VDC)	DROP OUT VOLTAGE (VDC)	MAX. ALLOWABLE VOLTAGE (VDC)
W	3V	60 $\Omega$	0.15W	50.0mA	75% MAX.	10% MIN.	150%
	5V	167 $\Omega$		29.9mA			
	6V	240 $\Omega$		25.0mA			
	9V	540 $\Omega$		16.7mA			
	12V	960 $\Omega$		12.5mA			
	24V	3840 $\Omega$		6.3mA			

## CONTACT RATING

Item	Type	2A
Rated Carrying Current		DC24V 2A AC120V 1A
Max. Allowable Current		2A
Max. Allowable Voltage		AC 150V DC 28V
Max. Current (continual)		2A
Contact Material		Ag alloy

## Anexo 4. Datasheet del regulador de voltaje LM1117

## LM1117/LM1117I

### 800mA Low-Dropout Linear Regulator

#### General Description

The LM1117 is a series of low dropout voltage regulators with a dropout of 1.2V at 800mA of load current. It has the same pin-out as National Semiconductor's industry standard LM317.

The LM1117 is available in an adjustable version, which can set the output voltage from 1.25V to 13.8V with only two external resistors. In addition, it is also available in five fixed voltages, 1.8V, 2.5V, 2.85V, 3.3V, and 5V.

The LM1117 offers current limiting and thermal shutdown. Its circuit includes a zener trimmed bandgap reference to assure output voltage accuracy to within  $\pm 1\%$ .

The LM1117 series is available in SOT-223, TO-220, and TO-252 D-PAK packages. A minimum of 10 $\mu$ F tantalum capacitor is required at the output to improve the transient response and stability.

#### Features

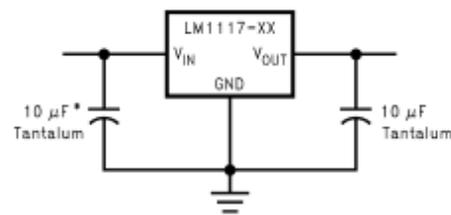
- Available in 1.8V, 2.5V, 2.85V, 3.3V, 5V, and Adjustable Versions
- Space Saving SOT-223 Package
- Current Limiting and Thermal Protection
- Output Current 800mA
- Line Regulation 0.2% (Max)
- Load Regulation 0.4% (Max)
- Temperature Range
  - LM1117 0°C to 125°C
  - LM1117I -40°C to 125°C

#### Applications

- 2.85V Model for SCSI-2 Active Termination
- Post Regulator for Switching DC/DC Converter
- High Efficiency Linear Regulators
- Battery Charger
- Battery Powered Instrumentation

#### Typical Application

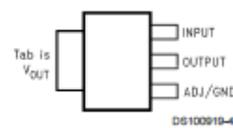
## Fixed Output Regulator



\* Required if the regulator is located far from the power supply filter.  
DS100019-26

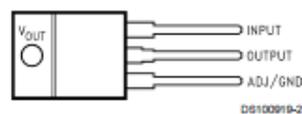
## Connection Diagrams

## SOT-223



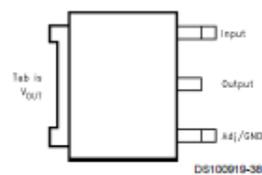
## Top View

## TO-220



## Top View

## TO-252



## Top View

## LM1117 Electrical Characteristics

Typicals and limits appearing in normal type apply for  $T_J = 25^\circ\text{C}$ . Limits appearing in **Boldface** type apply over the entire junction temperature range for operation,  $0^\circ\text{C}$  to  $125^\circ\text{C}$ .

Symbol	Parameter	Conditions	Min (Note 5)	Typ (Note 4)	Max (Note 5)	Units
$V_{REF}$	Reference Voltage	LM1117-ADJ $I_{OUT} = 10\text{mA}$ , $V_{IN}-V_{OUT} = 2\text{V}$ , $T_J = 25^\circ\text{C}$	1.238	1.250	1.262	V
		$10\text{mA} \leq I_{OUT} \leq 800\text{mA}$ , $1.4\text{V} \leq V_{IN}-V_{OUT} \leq 10\text{V}$	<b>1.225</b>	1.250	<b>1.270</b>	V
$V_{OUT}$	Output Voltage	LM1117-1.8 $I_{OUT} = 10\text{mA}$ , $V_{IN} = 3.8\text{V}$ , $T_J = 25^\circ\text{C}$	1.782	1.800	1.818	V
		$0 \leq I_{OUT} \leq 800\text{mA}$ , $3.2\text{V} \leq V_{IN} \leq 10\text{V}$	<b>1.746</b>	1.800	<b>1.854</b>	V
		LM1117-2.5 $I_{OUT} = 10\text{mA}$ , $V_{IN} = 4.5\text{V}$ , $T_J = 25^\circ\text{C}$	2.475	2.500	2.525	V
		$0 \leq I_{OUT} \leq 800\text{mA}$ , $3.9\text{V} \leq V_{IN} \leq 10\text{V}$	<b>2.450</b>	2.500	<b>2.550</b>	V
		LM1117-2.85 $I_{OUT} = 10\text{mA}$ , $V_{IN} = 4.85\text{V}$ , $T_J = 25^\circ\text{C}$	2.820	2.850	2.880	V
		$0 \leq I_{OUT} \leq 800\text{mA}$ , $4.25\text{V} \leq V_{IN} \leq 10\text{V}$	<b>2.790</b>	2.850	<b>2.910</b>	V
		$0 \leq I_{OUT} \leq 500\text{mA}$ , $V_{IN} = 4.10\text{V}$	<b>2.790</b>	2.850	<b>2.910</b>	V
LM1117-3.3 $I_{OUT} = 10\text{mA}$ , $V_{IN} = 5\text{V}$ , $T_J = 25^\circ\text{C}$	3.267	3.300	3.333	V		
	$0 \leq I_{OUT} \leq 800\text{mA}$ , $4.75\text{V} \leq V_{IN} \leq 10\text{V}$	<b>3.235</b>	3.300	<b>3.365</b>	V	
LM1117-5.0 $I_{OUT} = 10\text{mA}$ , $V_{IN} = 7\text{V}$ , $T_J = 25^\circ\text{C}$	4.950	5.000	5.050	V		
	$0 \leq I_{OUT} \leq 800\text{mA}$ , $6.5\text{V} \leq V_{IN} \leq 12\text{V}$	<b>4.900</b>	5.000	<b>5.100</b>	V	

$\Delta V_{OUT}$	Line Regulation (Note 6)	LM1117-ADJ $I_{OUT} = 10\text{mA}$ , $1.5\text{V} \leq V_{IN} - V_{OUT} \leq 13.75\text{V}$		0.035	<b>0.2</b>	%
		LM1117-1.8 $I_{OUT} = 0\text{mA}$ , $3.2\text{V} \leq V_{IN} \leq 10\text{V}$		1	<b>6</b>	mV
		LM1117-2.5 $I_{OUT} = 0\text{mA}$ , $3.9\text{V} \leq V_{IN} \leq 10\text{V}$		1	<b>6</b>	mV
		LM1117-2.85 $I_{OUT} = 0\text{mA}$ , $4.25\text{V} \leq V_{IN} \leq 10\text{V}$		1	<b>6</b>	mV
		LM1117-3.3 $I_{OUT} = 0\text{mA}$ , $4.75\text{V} \leq V_{IN} \leq 15\text{V}$		1	<b>6</b>	mV
		LM1117-5.0 $I_{OUT} = 0\text{mA}$ , $6.5\text{V} \leq V_{IN} \leq 15\text{V}$		1	<b>10</b>	mV

### LM1117 Electrical Characteristics (Continued)

Typicals and limits appearing in normal type apply for  $T_J = 25^\circ\text{C}$ . Limits appearing in **Boldface** type apply over the entire junction temperature range for operation,  $0^\circ\text{C}$  to  $125^\circ\text{C}$ .

Symbol	Parameter	Conditions	Min (Note 5)	Typ (Note 4)	Max (Note 5)	Units
$\Delta V_{OUT}$	Load Regulation (Note 6)	LM1117-ADJ $V_{IN} - V_{OUT} = 3\text{V}$ , $10 \leq I_{OUT} \leq 800\text{mA}$		0.2	<b>0.4</b>	%
		LM1117-1.8 $V_{IN} = 3.2\text{V}$ , $0 \leq I_{OUT} \leq 800\text{mA}$		1	<b>10</b>	mV
		LM1117-2.5 $V_{IN} = 3.9\text{V}$ , $0 \leq I_{OUT} \leq 800\text{mA}$		1	<b>10</b>	mV
		LM1117-2.85 $V_{IN} = 4.25\text{V}$ , $0 \leq I_{OUT} \leq 800\text{mA}$		1	<b>10</b>	mV
		LM1117-3.3 $V_{IN} = 4.75\text{V}$ , $0 \leq I_{OUT} \leq 800\text{mA}$		1	<b>10</b>	mV
		LM1117-5.0 $V_{IN} = 6.5\text{V}$ , $0 \leq I_{OUT} \leq 800\text{mA}$		1	<b>15</b>	mV
$V_{IN} - V_{OUT}$	Dropout Voltage (Note 7)	$I_{OUT} = 100\text{mA}$		1.10	<b>1.20</b>	V
		$I_{OUT} = 500\text{mA}$		1.15	<b>1.25</b>	V
		$I_{OUT} = 800\text{mA}$		1.20	<b>1.30</b>	V
$I_{LIMIT}$	Current Limit	$V_{IN} - V_{OUT} = 5\text{V}$ , $T_J = 25^\circ\text{C}$	800	1200	1500	mA
	Minimum Load Current (Note 8)	LM1117-ADJ $V_{IN} = 15\text{V}$		1.7	<b>5</b>	mA

## Anexo 5. Datasheet de sensor de temperatura DS18B20

### DS18B20

### Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer

#### General Description

The DS18B20 digital thermometer provides 9-bit to 12-bit Celsius temperature measurements and has an alarm function with nonvolatile user-programmable upper and lower trigger points. The DS18B20 communicates over a 1-Wire bus that by definition requires only one data line (and ground) for communication with a central microprocessor. In addition, the DS18B20 can derive power directly from the data line ("parasite power"), eliminating the need for an external power supply.

Each DS18B20 has a unique 64-bit serial code, which allows multiple DS18B20s to function on the same 1-Wire bus. Thus, it is simple to use one microprocessor to control many DS18B20s distributed over a large area. Applications that can benefit from this feature include HVAC environmental controls, temperature monitoring systems inside buildings, equipment, or machinery, and process monitoring and control systems.

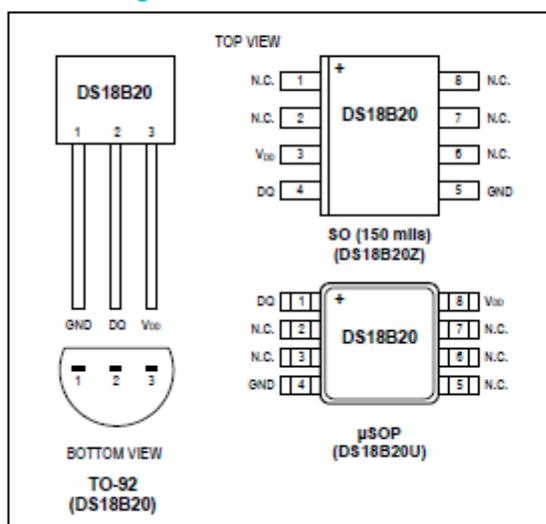
#### Applications

- Thermostatic Controls
- Industrial Systems
- Consumer Products
- Thermometers
- Thermally Sensitive Systems

#### Benefits and Features

- Unique 1-Wire® Interface Requires Only One Port Pin for Communication
- Reduce Component Count with Integrated Temperature Sensor and EEPROM
  - Measures Temperatures from -55°C to +125°C (-67°F to +257°F)
  - ±0.5°C Accuracy from -10°C to +85°C
  - Programmable Resolution from 9 Bits to 12 Bits
  - No External Components Required
- Parasitic Power Mode Requires Only 2 Pins for Operation (DQ and GND)
- Simplifies Distributed Temperature-Sensing Applications with Multidrop Capability
  - Each Device Has a Unique 64-Bit Serial Code Stored in On-Board ROM
- Flexible User-Definable Nonvolatile (NV) Alarm Settings with Alarm Search Command Identifies Devices with Temperatures Outside Programmed Limits
- Available in 8-Pin SO (150 mils), 8-Pin μSOP, and 3-Pin TO-92 Packages

#### Pin Configurations



*Ordering Information appears at end of data sheet.*

*1-Wire is a registered trademark of Maxim Integrated Products, Inc.*

## Absolute Maximum Ratings

Voltage Range on Any Pin Relative to Ground.....-0.5V to +6.0V  
 Operating Temperature Range.....-55°C to +125°C

Storage Temperature Range.....-55°C to +125°C  
 Solder Temperature.....Refer to the IPC/JEDEC  
 J-STD-020 Specification.

*These are stress ratings only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods of time may affect reliability.*

## DC Electrical Characteristics

(-55°C to +125°C;  $V_{DD} = 3.0V$  to  $5.5V$ )

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
Supply Voltage	$V_{DD}$	Local power (Note 1)	+3.0		+5.5	V	
Pullup Supply Voltage	$V_{PU}$	Parasite power	(Notes 1, 2)	+3.0		+5.5	V
		Local power		+3.0		$V_{DD}$	
Thermometer Error	$t_{ERR}$	-10°C to +85°C	(Note 3)			±0.5	°C
		-55°C to +125°C				±2	
Input Logic-Low	$V_{IL}$	(Notes 1, 4, 5)	-0.3		+0.8	V	
Input Logic-High	$V_{IH}$	Local power	(Notes 1, 6)	+2.2	The lower of 5.5 or $V_{DD} + 0.3$		V
		Parasite power		+3.0			
Sink Current	$I_L$	$V_{IO} = 0.4V$	4.0			mA	
Standby Current	$I_{DDS}$	(Notes 7, 8)		750	1000	nA	
Active Current	$I_{DD}$	$V_{DD} = 5V$ (Note 9)		1	1.5	mA	
DQ Input Current	$I_{DQ}$	(Note 10)		5		µA	
Drift		(Note 11)		±0.2		°C	

**Note 1:** All voltages are referenced to ground.

**Note 2:** The Pullup Supply Voltage specification assumes that the pullup device is ideal, and therefore the high level of the pullup is equal to  $V_{PU}$ . In order to meet the  $V_{IH}$  spec of the DS18B20, the actual supply rail for the strong pullup transistor must include margin for the voltage drop across the transistor when it is turned on; thus:  $V_{PU\_ACTUAL} = V_{PU\_IDEAL} + V_{TRANSISTOR}$ .

**Note 3:** See typical performance curve in [Figure 1](#).

**Note 4:** Logic-low voltages are specified at a sink current of 4mA.

**Note 5:** To guarantee a presence pulse under low voltage parasitic power conditions,  $V_{ILMAX}$  may have to be reduced to as low as 0.5V.

**Note 6:** Logic-high voltages are specified at a source current of 1mA.

**Note 7:** Standby current specified up to +70°C. Standby current typically is 3µA at +125°C.

**Note 8:** To minimize  $I_{DD}$ , DQ should be within the following ranges:  $GND \leq DQ \leq GND + 0.3V$  or  $V_{DD} - 0.3V \leq DQ \leq V_{DD}$ .

**Note 9:** Active current refers to supply current during active temperature conversions or EEPROM writes.

**Note 10:** DQ line is high ("high-Z" state).

**Note 11:** Drift data is based on a 1000-hour stress test at +125°C with  $V_{DD} = 5.5V$ .

## Anexo 6. Código de configuración del nodo central en el IDE de Arduino

```
#include <ESP8266WiFi.h> //libreria para programar directamente en el modulo wifi

int temp; //variable donde se almacenara la temperatura de algun nodo sensor
int nodo; //variable donde se almacena el numero del nodo que envia el mensaje

const char* ssid = "TESIS"; //este es el nombre del AP que realizaremos
const char* password = "estudiosos"; //contrasenia para que se conecten otros dispositivos

const char* ssid1 = "STALIN"; //ssid de la red que nos conectaremos en el modo estacion para subir los datos a Internet
const char* password1 = "19511951"; //contrasenia del AP al que nos conectamos para subir los datos a Internet
const char* server1 = "api.thingspeak.com"; //servidor de la plataforma IoT en Internet
String apiKey = "JY6BF8K4P0BUIIBA"; //apiKey que nos da Thinspeak

WiFiServer server(23); //puerto que utilizaremos para comunicarnos con los nodos sensores

int i = 0; //contador de veces que lee el dato del nodo 1
int temp1; //almacenara la temperatura del nodol
int j = 0; //contador de veces que lee el dato del nodo 2
int temp2; //almacenara la temperatura del nodo2
int k = 0; //contador de veces que lee el dato del nodo 3
int temp3; //almacenara la temperatura del nodo3

WiFiClient cliente2;
```

```

void setup() {
  Serial.begin(9600);           //iniciamos el puerto serial para ver los datos en la PC con un TTL
  delay(10);

  WiFi.mode(WIFI_AP_STA);     //indicamos que el modulo trabajara como AP y Stacion, osea modo 3
  WiFi.softAP(ssid, password); //inicializamos el modo AP con el ssid y contrasenia definidos anteriormente

  IPAddress myIP = WiFi.softAPIP(); //Obtenemos la IP del modo AP que se asigno a nuestro modulo
  Serial.print("AP IP address: "); //impresion de dialogo por el puerto serial
  Serial.println(myIP);         //impresion por el puerto serial de la IP del AP

  server.begin();              // Iniciamos el servidor
}

void loop() {
  WiFiClient client = server.available(); //creamos nuestro cliente y comprobamos si hay algo disponible
  if (!client)                     //si no hay un cliente sigue esperando
    return;

  //while (!client.available())
  // delay(1);

  //Ahora vamos a leer el mensaje del cliente a un String y vaciamos el cliente:
  String req = client.readStringUntil('\r'); //lee el mensaje

  temp = atoi(&req[0]); //extraemos el valor numero 0 del vector request y lo transformamos a un valor entero
  nodo = atoi(&req[5]); //extraemos el valor numero 5 del vector request y lo transformamos a un valor entero

  Serial.println("Nuevo cliente");
  Serial.print(temp); //imprimimos la temperatura separado de una coma con el id del nodo que envia el mensaje
  Serial.print(" , ");
  Serial.println(nodo);

  if (nodo == 220882) {
    i++;
    if (i == 1)
      temp1 = temp;
  }

  if (nodo == 507040) {
    j++;
    if (j == 1)
      temp2 = temp;
  }

  if (nodo == 16299647) {
    k++;
    if (k == 1)
      temp3 = temp;
  }
}

```

```

client.flush(); //vaciamos el buffer del cliente para recibir un nuevo mensaje

client.print("Recibido \r"); // Enviar un mensaje de recibido al cliente
delay(100);

if (temp1 && temp2 && temp3 > 0) {
  WiFi.begin(ssid1, password1); //si ya tenemos los datos reunidos nos conectamos al AP
  cliente2.connect(server1, 80); //nos conectamos a la plataforma IoT

  String postStr = apiKey;
  postStr += "&field1=";
  postStr += String(temp1);
  postStr += "&field2=";
  postStr += String(temp2);
  postStr += "&field3=";
  postStr += String(temp3);
  postStr += "\r\n\r\n";

  cliente2.print("POST /update HTTP/1.1\n");
  cliente2.print("Host: api.thingspeak.com\n");
  cliente2.print("Connection: close\n");
  cliente2.print("X-THINGSPEAKAPIKEY: " + apiKey + "\n");
  cliente2.print("Content-Type: application/x-www-form-urlencoded\n");
  cliente2.print("Content-Length: ");
  cliente2.print(postStr.length());
  cliente2.print("\n\n");

  cliente2.print(postStr);

  cliente2.stop();
  ESP.reset();
  delay(5000); //thingspeak necesita 15segundos como minimo de delay entre cada update
}
}

```

## Anexo 7. Código de configuración de los nodos sensores

```

#include <ESP8266WiFi.h> //libreria para programar directamente al modulo WiFi como una placa mas de arduino
#include <WiFiClient.h> //libreria con las funciones de cliente, no hace falta declararla xq la anterior la contiene
#include <OneWire.h> //libreria para el sensor de temperatura
#include <DallasTemperature.h> //libreria para el sensor de temperatura

// Crea un objeto OneWire para comunicar con dispositivos OneWire (no solo Dallas DS18B20)
OneWire ds(2); // conectado al pin gpio 2 (Es necesario una resistencia de 4.7K)
// Crea un objeto de la clase DallasTemperature
DallasTemperature sensors(&ds);

const char* ssid = "TESIS"; //nombre del ssid del AP al cual nos vamos a conectar
const char* password = "estudiosos"; //contraseña del AP al que nos conectaremos

void setup() {

  Serial.begin(9600); //iniciamos el puerto serial para conectarnos con nuestra PC por medio de un TTL
  delay(10);
  WiFi.mode(WIFI_STA); //definimos al modulo wifi a que trabaje en modo Estacion
  delay(100);

  sensors.begin(); // Inicialización del sensor Dallas DS18B20
  WiFi.begin(ssid, password); //Inicializamos la conexión desde esta estación hacia el AP con ese SSID y esa contraseña
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) { //espera por una conexión wifi
    delay(500); // Es necesaria una espera hasta conectar
  }
  Serial.println(WiFi.localIP()); // Imprime la IP que nos asigna el AP al cual nos conectamos
}

```

```

}

void loop() {
  int celsius; // variable que obtendra el valor de la temperatura

  sensors.requestTemperatures(); // Solicita las temperaturas
  celsius += sensors.getTempCByIndex(0); // Añade el valor de la temperatura a la variable celsius

  char request[20]; //creamos un buffer donde se almacenara el valor de la temperatura
  sprintf(request, "%d , %d \r", celsius , ESP.getChipId()); //esta funcion permite convertir algunas diferentes tipos de variables
  //en este caso se almacena el valor de la temperatura en el buffer request declarado anteriormente
  const int port = 23; //puerto por donde enviaremos el mensaje y por donde va a recibir los datos el servidor
  const char* host = "192.168.4.1"; // ip or dns del servidor
  WiFiClient Cclient; //Creas nuestro cliente
  Cclient.connect(host, port); //conectamos nuestro cliente a la ip del servidor y al puerto asignados anteriormente
  Cclient.print(request); //enviamos nuestro mensaje al servidor
  //Serial.println(request);

  String req = Cclient.readStringUntil('\r'); //lee el mensaje
  if (Cclient.readStringUntil('\r') {
    Serial.println(req);
    //ESP.restart();
    //Cclient.stop(); //en la libreria mesh pone al final esta linea y luego desconecta el wifi
    WiFi.disconnect();

    if (Cclient.connected() != 1 || WiFi.status() != WL_CONNECTED)
    {
      ESP.reset();
    }
  }
}

```

## Anexo 8. Recepción de datos en el nodo central.

```

received: Temperatura: 22 #52 from Mesh_Node15101938.
received: Temperatura: 21 #32 from Mesh_Node507040.
received: Temperatura: 21 #33 from Mesh_Node507040.
received: Temperatura: 22 #79 from Mesh_Node8485139.
received: Temperatura: 22 #53 from Mesh_Node15101938.
received: Temperatura: 22 #34 from Mesh_Node507040.
received: Temperatura: 22 #35 from Mesh_Node507040.
received: Temperatura: 22 #36 from Mesh_Node507040.
received: Temperatura: 22 #81 from Mesh_Node8485139.
received: Temperatura: 22 #37 from Mesh_Node507040.
received: Temperatura: 22 #82 from Mesh_Node8485139.
received: Temperatura: 21 #38 from Mesh_Node507040.
received: Temperatura: 22 #56 from Mesh_Node15101938.
received: Temperatura: 22 #39 from Mesh_Node507040.
received: Temperatura: 22 #83 from Mesh_Node8485139.
received: Temperatura: 22 #40 from Mesh_Node507040.
received: Temperatura: 22 #57 from Mesh_Node15101938.
received: Temperatura: 22 #42 from Mesh_Node507040.
received: Temperatura: 22 #58 from Mesh_Node15101938.
received: Temperatura: 22 #85 from Mesh_Node8485139.
received: Temperatura: 22 #43 from Mesh_Node507040.
received: Temperatura: 22 #44 from Mesh_Node507040.
received: Temperatura: 22 #45 from Mesh_Node507040.
received: Temperatura: 22 #46 from Mesh_Node507040.
received: Temperatura: 22 #60 from Mesh_Node15101938.

```

**Anexo 9. Matriz de datos de una prueba de funcionamiento del sistema.**

<b>created_at</b>	<b>entry_id</b>	<b>Nodo 1</b>	<b>Nodo 2</b>	<b>Nodo 3</b>	<b>Nodo 4</b>	<b>Suma</b>
2016-05-02 06:50:28 UTC	1	24	24	23	25	24
2016-05-02 06:51:11 UTC	2	24	24	24	26	25
2016-05-02 06:51:55 UTC	3	25	24	24	27	25
2016-05-02 06:52:38 UTC	4	25	25	24	27	25
2016-05-02 06:53:15 UTC	5	25	25	24	27	25
2016-05-02 06:53:52 UTC	6	25	25	25	27	26
2016-05-02 06:54:24 UTC	7	26	25	25	28	26
2016-05-02 06:55:03 UTC	8	26	25	25	28	26
2016-05-02 06:55:44 UTC	9	26	26	25	28	26
2016-05-02 06:56:23 UTC	10	26	26	26	28	27
2016-05-02 06:57:00 UTC	11	26	26	26	28	27
2016-05-02 06:57:38 UTC	12	27	26	26	28	27
2016-05-02 06:58:12 UTC	13	27	27	26	29	27
2016-05-02 06:58:52 UTC	14	27	27	26	29	27
2016-05-02 06:59:34 UTC	15	27	27	27	29	28
2016-05-02 07:00:15 UTC	16	27	28	27	29	28
2016-05-02 07:00:59 UTC	17	28	28	27	30	28
2016-05-02 07:01:42 UTC	18	28	28	28	30	29
2016-05-02 07:02:17 UTC	19	27	28	29	30	29
2016-05-02 07:03:01 UTC	20	28	28	28	30	29
2016-05-02 07:03:49 UTC	21	28	28	28	29	28
2016-05-02 07:04:16 UTC	22	28	29	29	30	29
2016-05-02 07:04:51 UTC	23	28	28	29	29	29
2016-05-02 07:05:27 UTC	24	29	28	29	30	29
2016-05-02 07:06:08 UTC	25	28	27	28	29	28
2016-05-02 07:06:53 UTC	26	28	28	29	29	29
2016-05-02 07:07:29 UTC	27	28	28	29	29	29
2016-05-02 07:08:10 UTC	28	28	28	29	29	29
2016-05-02 07:08:52 UTC	29	28	28	29	30	29
2016-05-02 07:09:32 UTC	30	28	28	29	30	29
2016-05-02 07:10:11 UTC	31	28	29	29	29	29
2016-05-02 07:10:53 UTC	32	27	29	29	28	28
2016-05-02 07:11:35 UTC	33	27	29	28	28	28
2016-05-02 07:12:18 UTC	34	27	29	28	28	28
2016-05-02 07:12:59 UTC	35	27	29	28	28	28
2016-05-02 07:13:41 UTC	36	27	29	28	28	28
2016-05-02 07:14:56 UTC	37	27	29	28	28	28
2016-05-02 07:15:35 UTC	38	27	29	28	28	28
2016-05-02 07:16:10 UTC	39	27	29	28	28	28
2016-05-02 07:16:49 UTC	40	27	28	28	28	28
2016-05-02 07:17:29 UTC	41	27	28	28	29	28
2016-05-02 07:18:11 UTC	42	27	28	29	29	28

2016-05-02 07:18:56 UTC	43	27	28	29	29	28
2016-05-02 07:19:32 UTC	44	28	28	29	29	29
2016-05-02 07:20:13 UTC	45	28	28	29	29	29
2016-05-02 07:20:59 UTC	46	28	28	29	30	29
2016-05-02 07:21:42 UTC	47	28	28	29	30	29
2016-05-02 07:22:17 UTC	48	28	28	29	30	29
2016-05-02 07:23:01 UTC	49	28	28	29	30	29
2016-05-02 07:23:49 UTC	50	28	28	29	30	29
2016-05-02 07:24:16 UTC	51	28	28	29	30	29
2016-05-02 07:24:51 UTC	52	28	28	29	30	29
2016-05-02 07:25:27 UTC	53	28	28	29	30	29
2016-05-02 07:26:08 UTC	54	28	28	29	29	29
2016-05-02 07:26:53 UTC	55	28	29	29	29	29
2016-05-02 07:27:29 UTC	56	28	29	29	29	29
2016-05-02 07:28:10 UTC	57	28	29	28	29	29
2016-05-02 07:28:52 UTC	58	28	29	28	29	29
2016-05-02 07:29:32 UTC	59	28	29	28	28	28
2016-05-02 07:30:11 UTC	60	27	29	28	28	28
2016-05-02 07:30:53 UTC	61	27	29	28	28	28
2016-05-02 07:31:35 UTC	62	27	29	28	28	28
2016-05-02 07:32:18 UTC	63	27	28	28	28	28
2016-05-02 07:32:59 UTC	64	28	28	28	28	28
2016-05-02 07:33:41 UTC	65	28	28	28	29	28
2016-05-02 07:34:56 UTC	66	28	28	28	29	28
2016-05-02 07:35:35 UTC	67	28	28	28	29	28
2016-05-02 07:36:10 UTC	68	27	28	28	28	28
2016-05-02 07:36:49 UTC	69	27	28	28	28	28
2016-05-02 07:37:29 UTC	70	27	27	28	28	28
2016-05-02 07:38:11 UTC	71	27	27	28	29	28
2016-05-02 07:38:56 UTC	72	27	28	28	29	28
2016-05-02 07:39:32 UTC	73	27	28	28	29	28
2016-05-02 07:40:13 UTC	74	27	28	29	29	28
2016-05-02 07:40:59 UTC	75	27	28	29	29	28
2016-05-02 07:41:55 UTC	76	27	28	29	30	29
2016-05-02 07:42:38 UTC	77	27	28	29	30	29
2016-05-02 07:43:15 UTC	78	27	28	29	30	29
2016-05-02 07:43:52 UTC	79	28	28	29	30	29
2016-05-02 07:44:24 UTC	80	28	28	29	30	29
2016-05-02 07:45:03 UTC	81	28	28	29	30	29
2016-05-02 07:45:44 UTC	82	28	28	28	30	29
2016-05-02 07:46:23 UTC	83	28	28	28	29	28
2016-05-02 07:47:00 UTC	84	28	29	29	30	29
2016-05-02 07:47:38 UTC	85	28	28	29	29	29
2016-05-02 07:48:12 UTC	86	29	28	29	30	29

2016-05-02 07:48:52 UTC	87	28	27	28	29	28
2016-05-02 07:49:34 UTC	88	28	28	29	29	29
2016-05-02 07:50:15 UTC	89	28	28	29	29	29
2016-05-02 07:50:59 UTC	90	28	28	29	29	29
2016-05-02 07:51:42 UTC	91	28	28	29	30	29
2016-05-02 07:52:17 UTC	92	28	28	29	30	29
2016-05-02 07:53:01 UTC	93	28	29	29	29	29
2016-05-02 07:53:49 UTC	94	27	29	29	28	28
2016-05-02 07:54:16 UTC	95	27	29	28	28	28
2016-05-02 07:54:51 UTC	96	27	29	28	28	28
2016-05-02 07:55:27 UTC	97	27	29	28	28	28
2016-05-02 07:56:08 UTC	98	27	29	28	28	28
2016-05-02 07:56:53 UTC	99	27	29	28	28	28
2016-05-02 07:57:29 UTC	100	27	29	28	28	28
2016-05-02 07:58:10 UTC	101	27	29	28	28	28
2016-05-02 07:58:52 UTC	102	27	28	28	28	28
2016-05-02 07:59:32 UTC	103	27	28	28	29	28
2016-05-02 08:00:11 UTC	104	27	28	29	29	28
2016-05-02 08:00:53 UTC	105	27	28	29	29	28
2016-05-02 08:01:35 UTC	106	28	28	29	29	29
2016-05-02 08:02:18 UTC	107	28	28	29	29	29
2016-05-02 08:02:59 UTC	108	28	28	29	30	29
2016-05-02 08:03:41 UTC	109	28	28	29	30	29
2016-05-02 08:04:56 UTC	110	28	28	29	30	29
2016-05-02 08:05:35 UTC	111	28	28	29	30	29
2016-05-02 08:06:10 UTC	112	28	28	29	30	29
2016-05-02 08:06:49 UTC	113	28	28	29	30	29
2016-05-02 08:07:29 UTC	114	28	28	29	30	29
2016-05-02 08:08:11 UTC	115	28	28	29	30	29
2016-05-02 08:08:56 UTC	116	28	28	29	29	29
2016-05-02 08:09:32 UTC	117	28	29	29	29	29
2016-05-02 08:10:13 UTC	118	28	29	29	29	29
2016-05-02 08:10:59 UTC	119	28	29	28	29	29
2016-05-02 08:11:42 UTC	120	28	29	28	29	29
2016-05-02 08:12:17 UTC	121	28	29	28	28	28
2016-05-02 08:13:01 UTC	122	27	29	28	28	28
2016-05-02 08:13:49 UTC	123	27	29	28	28	28
2016-05-02 08:14:16 UTC	124	27	29	28	28	28
2016-05-02 08:14:51 UTC	125	28	29	29	29	29
2016-05-02 08:15:27 UTC	126	28	28	29	29	29
2016-05-02 08:16:08 UTC	127	29	28	29	30	29
2016-05-02 08:16:53 UTC	128	28	27	28	29	28
2016-05-02 08:17:29 UTC	129	28	28	29	29	29
2016-05-02 08:18:10 UTC	130	28	28	29	29	29

2016-05-02 08:18:52 UTC	131	28	28	29	29	29
2016-05-02 08:19:32 UTC	132	28	28	29	30	29
2016-05-02 08:20:11 UTC	133	28	28	29	30	29
2016-05-02 08:20:53 UTC	134	28	29	29	29	29
2016-05-02 08:21:35 UTC	135	27	29	29	28	28
2016-05-02 08:22:18 UTC	136	27	29	28	28	28
2016-05-02 08:22:59 UTC	137	27	29	28	28	28
2016-05-02 08:23:41 UTC	138	27	29	28	28	28
2016-05-02 08:24:56 UTC	139	27	29	28	28	28
2016-05-02 08:25:35 UTC	140	27	29	28	28	28
2016-05-02 08:26:10 UTC	141	27	29	28	28	28
2016-05-02 08:26:49 UTC	142	27	29	28	28	28
2016-05-02 08:27:29 UTC	143	27	28	28	28	28
2016-05-02 08:28:11 UTC	144	27	28	28	29	28
2016-05-02 08:28:56 UTC	145	27	28	29	29	28
2016-05-02 08:29:32 UTC	146	27	28	29	29	28
2016-05-02 08:30:13 UTC	147	28	28	29	29	29
2016-05-02 08:30:59 UTC	148	28	28	29	29	29
2016-05-02 08:31:55 UTC	149	27	28	29	29	28
2016-05-02 08:32:38 UTC	150	28	28	29	29	29
2016-05-02 08:33:15 UTC	151	28	28	29	29	29
2016-05-02 08:33:52 UTC	152	28	28	29	30	29
2016-05-02 08:34:24 UTC	153	28	28	29	30	29
2016-05-02 08:35:03 UTC	154	28	28	29	30	29
2016-05-02 08:35:44 UTC	155	28	28	29	30	29
2016-05-02 08:36:23 UTC	156	28	28	29	30	29
2016-05-02 08:37:00 UTC	157	28	28	29	30	29
2016-05-02 08:37:38 UTC	158	28	28	29	30	29
2016-05-02 08:38:12 UTC	159	28	28	29	30	29
2016-05-02 08:38:52 UTC	160	28	28	29	29	29
2016-05-02 08:39:34 UTC	161	28	29	29	29	29
2016-05-02 08:40:15 UTC	162	28	29	29	29	29
2016-05-02 08:40:59 UTC	163	28	29	28	29	29
2016-05-02 08:41:42 UTC	164	28	29	28	29	29
2016-05-02 08:42:17 UTC	165	28	29	28	28	28
2016-05-02 08:43:01 UTC	166	27	29	28	28	28
2016-05-02 08:43:49 UTC	167	27	29	28	28	28
2016-05-02 08:44:16 UTC	168	27	29	28	28	28
2016-05-02 08:44:51 UTC	169	28	29	29	29	29
2016-05-02 08:45:27 UTC	170	28	28	29	29	29
2016-05-02 08:46:08 UTC	171	29	28	29	30	29
2016-05-02 08:46:53 UTC	172	28	27	28	29	28
2016-05-02 08:47:29 UTC	173	28	28	29	29	29

## Anexo 10. Prueba psicotécnica de búsqueda de repeticiones y sus resultados.

<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	b	z	l	o
<input type="checkbox"/>	m	c	n	a
<input type="checkbox"/>	y	o	s	v
<input checked="" type="checkbox"/>	p	t	t	v

Solución

<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	m	r	p	v
<input type="checkbox"/>	i	m	d	j
<input checked="" type="checkbox"/>	l	n	n	e
<input type="checkbox"/>	k	p	m	n

Solución

<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	j	v	b	f
<input checked="" type="checkbox"/>	w	l	y	w
<input type="checkbox"/>	x	m	i	u
<input type="checkbox"/>	k	x	o	t

Solución

<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	s	y	f	r
<input type="checkbox"/>	k	a	e	j
<input type="checkbox"/>	v	l	s	g
<input type="checkbox"/>	e	l	g	r

Solución

<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	d	n	v	x
<input type="checkbox"/>	b	g	t	q
<input type="checkbox"/>	i	g	z	l
<input type="checkbox"/>	r	s	o	k

Solución

<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	h	k	c	b
<input type="checkbox"/>	i	b	r	y
<input type="checkbox"/>	r	h	r	l
<input type="checkbox"/>	n	j	y	e

Solución

<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	s	c	m	u
<input type="checkbox"/>	g	f	o	x
<input checked="" type="checkbox"/>	i	i	v	d
<input checked="" type="checkbox"/>	d	j	j	v

Solución

<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	b	j	x	b
<input checked="" type="checkbox"/>	f	y	h	y
<input checked="" type="checkbox"/>	z	p	z	n
<input checked="" type="checkbox"/>	z	z	q	m

Solución

<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	i	w	y	y
<input type="checkbox"/>	x	k	g	v
<input checked="" type="checkbox"/>	o	o	o	j
<input type="checkbox"/>	v	m	t	s

Solución

<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	e	t	u	a
<input checked="" type="checkbox"/>	f	q	y	f
<input type="checkbox"/>	b	q	v	m
<input checked="" type="checkbox"/>	k	y	y	j

Solución

<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	a	m	i	v
<input type="checkbox"/>	o	r	s	h
<input checked="" type="checkbox"/>	u	w	w	r
<input type="checkbox"/>	a	s	p	h

Solución

<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	n	g	j	b
<input type="checkbox"/>	h	g	c	l
<input type="checkbox"/>	q	p	n	d
<input type="checkbox"/>	g	f	x	p

Solución

<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	n	q	l	q
<input type="checkbox"/>	p	l	w	i
<input checked="" type="checkbox"/>	h	y	y	c
<input checked="" type="checkbox"/>	k	m	i	i

Solución

<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	q	y	v	l
<input type="checkbox"/>	g	p	m	u
<input type="checkbox"/>	l	t	n	m
<input type="checkbox"/>	f	e	r	m

Solución

<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	q	c	m	j
<input type="checkbox"/>	b	r	p	s
<input type="checkbox"/>	f	a	y	o
<input checked="" type="checkbox"/>	r	j	r	d

Solución

<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	h	n	s	l
<input checked="" type="checkbox"/>	r	i	r	q
<input type="checkbox"/>	h	t	l	i
<input checked="" type="checkbox"/>	e	w	w	j

Solución

<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	n	a	y	h
<input type="checkbox"/>	n	x	n	z
<input type="checkbox"/>	d	o	k	h
<input type="checkbox"/>	u	y	g	w

Solución

<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	f	b	f	v
<input type="checkbox"/>	r	i	r	r
<input type="checkbox"/>	b	n	h	p
<input type="checkbox"/>	s	i	i	m

Solución

Total enunciados: 18

Tiempo empleado: 2:57

Total de enunciados respondidos: 14

Total de enunciados respondidos correctamente en su totalidad: 13

Total de enunciados respondidos con algún error: 1

Total enunciados no contestados: 4

El porcentaje de aciertos determina la fiabilidad en las respuestas. **Tu fiabilidad es del 93%**El porcentaje de respuestas determina la rapidez en la respuesta. **Tu rapidez es del 78%**El resultado final combina ambas valoraciones para ofrecer una puntuación global del test. **Tu puntuación global es del 73%**

Cada enunciado tiene 4 filas y 4 columnas por lo que en total hay 288 respuestas posibles.

Has tenido un total de 31 aciertos de 42 casillas que había que marcar, un **74% de acierto**.

Has tenido un total de 11 errores.

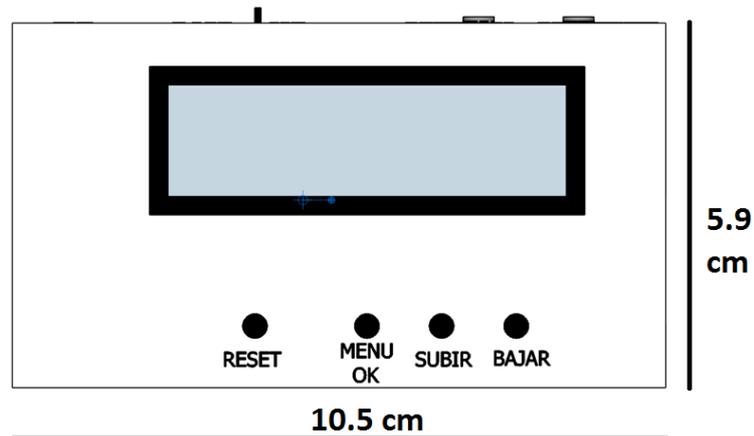
Felicidades, estás por encima de la media.

Pulsa el botón para ver tus respuestas. Los fallos se marcan con el símbolo **x**. Puedes ver la respuesta correcta a cada pregunta pulsando el botón "Solución" que aparece bajo cada una.

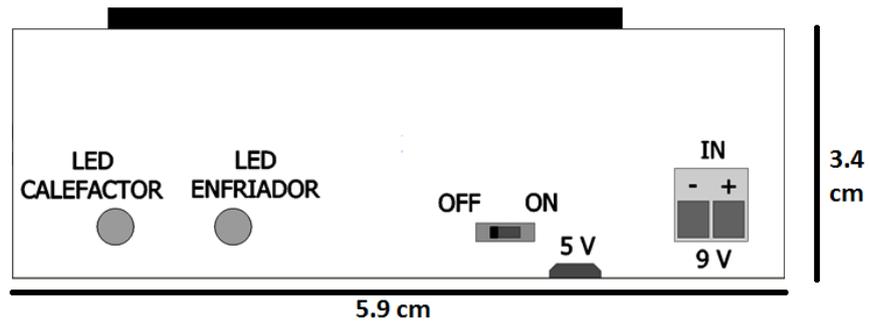
## Anexo 11. Manual de usuario para funcionamiento del dispositivo electrónico

### MANUAL DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA ELECTRÓNICO CONFORMADO POR UNA RED DE SESNORES INALÁMBRICOS

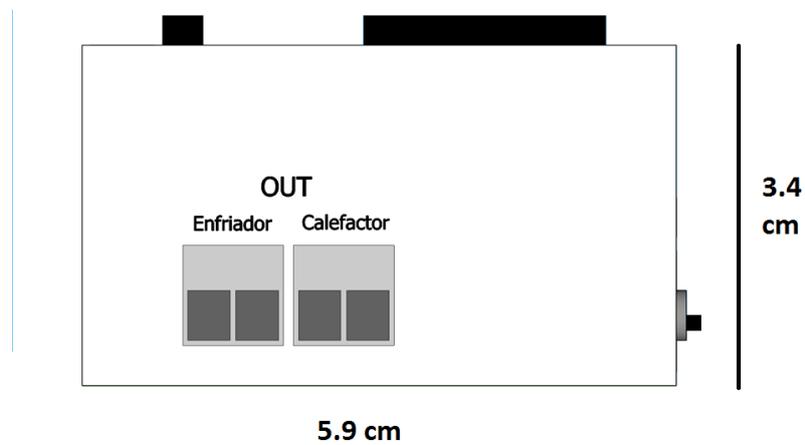
#### Nodo Central



**NODO CENTRAL - VISTA FRONTAL**

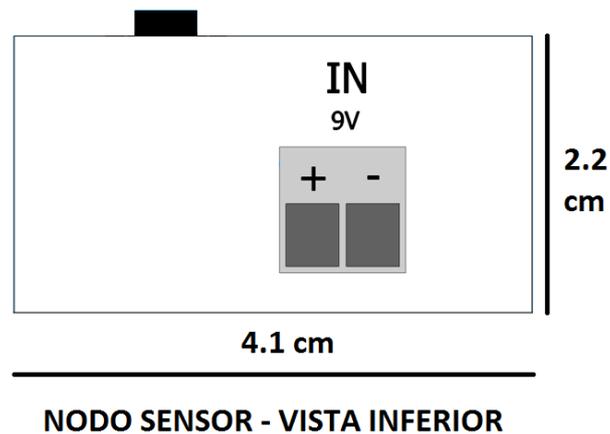
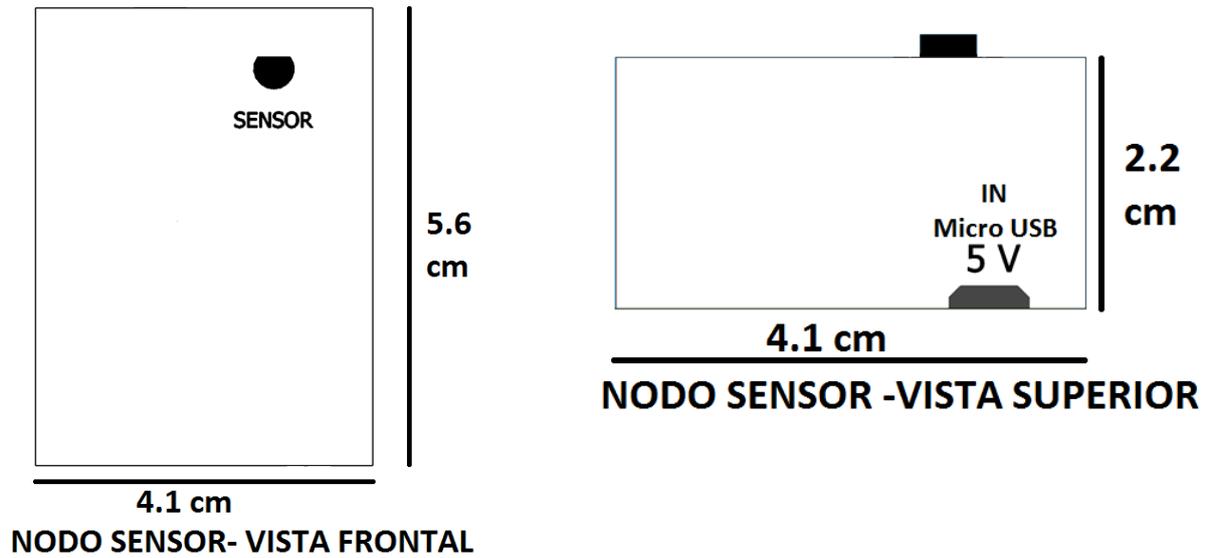


**NODO CENTRAL - VISTA SUPERIOR**



**NODO CENTRAL - VISTA LATERAL DERECHO**

## Nodo Sensor



## Parámetros de Operación del Sistema Electrónico

Parámetro	Min	Max	Unidad
Voltaje de Entrada en bornera	7.5	9	V
Voltaje de Entrada en Micro USB	4.5	5	V
Corriente de Entrada	500	1500	mA
Temperatura de Operación	-10	125	°C

## Indicaciones para funcionamiento del sistema electrónico

Energice cada uno de los nodos de la red de sensores inalámbricos; cada nodo tiene 2 formas de ser alimentado, una de ellas es a través de un cargador que posea un plug micro USB al igual que los cargadores de celulares modernos, este plug se encuentra alojado en la parte superior de cada nodo; otra forma de alimentación se la puede realizar conectando una batería de 9 voltios en la bornera que está marcada como entrada de alimentación.

Conecte los dispositivos de climatización a los conectores del nodo central que se encuentran al lado derecho de este.

Una vez conectadas todas las alimentaciones de los nodos, proceda a cambiar en el nodo central el estado del switch que se encuentra en la parte superior, de estado OFF a estado ON, posteriormente se mostrara en la pantalla LCD un mensaje el cual indica que hay que seleccionar una de las dos opciones del siguiente menú:

▶ LEER TEMP.  
ASIGNAR TEMP.

La primera opción del menú “LEER TEMP”, únicamente permite conocer la temperatura del lugar por medio de lecturas periódicas (40 y 60 segundos), para ejecutar esta elección presione el botón “MENU OK” en la parte frontal del nodo central.

La segunda opción del menú “ASIGNAR TEMP.” permite controlar la temperatura del lugar por medio de la activación de los dispositivos de climatización. Para la selección de esta opción presione el botón “BAJAR”, la cual indicara que se ha seleccionado por medio del cambio de posición de la flecha en la izquierda de la pantalla:

LEER TEMP.  
▶ ASIGNAR TEMP.

Una vez seleccionada la segunda opción del menú, presione el botón “MENU OK” para acceder a esta función, y en la pantalla LCD le indicara un nuevo mensaje:

FIJE TEMP.  
19 °C

En la pantalla se indica un valor de temperatura, el cual se lo puede cambiar haciendo uso de los botones “SUBIR” o “BAJAR”, para aumentar o disminuir la temperatura respectivamente. Después de tomar una decisión por el valor de temperatura a fijarse, se debe presionar

nuevamente el botón “MENU OK”, el cual se encargará de ejecutar la acción. El sistema electrónico tomará lecturas de temperatura de cada nodo y mostrará la temperatura de todo el lugar, para luego comparar con el valor asignado, y posteriormente accionar los dispositivos de climatización en caso de ser necesario.

Si se desea cambiar la opción del menú para el funcionamiento del sistema electrónico, presione el botón “MENU OK” y se mostrara nuevamente el menú.

Para apagar el dispositivo, cambie el estado del switch de “ON” a “OFF” en el nodo central.