

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO EN TIEMPO REAL
DEL ÍNDICE DE RADIACIÓN ULTRAVIOLETA, TEMPERATURA Y
HUMEDAD RELATIVA PARA LA REGIÓN PUNO**

TESIS

PRESENTADA POR:

JULIO CESAR CHURATA CHOQUE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PUNO – PERÚ

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
SISTEMAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO EN TIEMPO REAL DEL ÍNDICE
DE RADIACIÓN ULTRAVIOLETA, TEMPERATURA Y HUMEDAD
RELATIVA PARA LA REGIÓN PUNO**

TESIS PRESENTADA POR:

JULIO CESAR CHURATA CHOQUE

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO



APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE

:

Dr. MIDWAR ELIAS VALENCIA VILCA

PRIMER MIEMBRO

:

Mg. MARCO ANTONIO RAMOS GONZALEZ

SEGUNDO MIEMBRO

:

M.Sc. DAVID SALINAS MENDOZA

DIRECTOR / ASESOR

:

Dr. IVAN DELGADO HUAYTA

Área : Telecomunicaciones

Tema : Sistemas de Información

FECHA DE SUSTENTACIÓN 26 DE SETIEMBRE DE 2019

Dedicatoria

A mis padres, por ser el soporte incondicional; a mis hermanas, por un refugio en momentos de flaqueza; a mis sobrinos, por las infinitas muestras de cariño y amor incondicional; a mis amigos, por tener siempre una palabra de motivación y aliento y a mis docentes, quienes con sus exigencias han contribuido al logro de mis objetivos.

Agradecimiento

A todas las personas que me apoyaron y creyeron en la realización de esta tesis.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	12
ABSTRACT.....	14
CAPÍTULO I	16
I INTRODUCCIÓN.....	16
1.1 Planteamiento del problema de investigación	17
1.2 Formulación del problema	18
1.3 Hipótesis de la investigación	18
1.3.1 Hipótesis general.....	18
1.3.2 Hipótesis específicas.....	18
1.4 Justificación del problema	19
1.4.1 Justificación social	20
1.4.2 Justificación tecnológica.....	20
1.4.3 Justificación económica.....	20
1.5 Objetivos de la investigación.....	20
1.5.1 Objetivo general.....	20
1.5.2 Objetivos específicos	20
CAPÍTULO II.....	21
II REVISIÓN DE LITERATURA.....	21
2.1 Antecedentes de la investigación	21
2.2 Marco teórico	23
2.2.1 Sistema de tiempo real.....	23
2.2.2 Radiación UV	24
2.2.3 Índice de radiación ultravioleta.....	25
2.2.4 Gases de efecto invernadero	27
2.2.5 Temperatura	29
2.2.6 Humedad relativa.....	29
2.2.7 Historial climatológico	30
2.2.8 Sistema electrónico de adquisición de datos.....	30
2.2.9 SENAMHI	30
2.2.10 Arduino UNO	31
2.2.11 Arduino Ethernet Shield	32

2.2.12	Sensor DHT11 y DHT22	33
2.2.13	Sensor UV GUVA-S12D.....	35
2.2.14	CentOS Linux	35
2.2.15	Apache	36
2.2.16	Base de datos	36
2.2.17	PHP y MySQL.....	36
2.2.18	Sistema web interactivo	37
2.2.19	JavaScript.....	37
2.2.20	HTML5 y CSS	38
2.2.21	DBDesigner 4	38
CAPÍTULO III.....		39
III MATERIALES Y MÉTODOS		39
3.1	Tipo y diseño de investigación	39
3.1.1	Tipo de investigación.....	39
3.1.2	Diseño de investigación	39
3.2	Población y muestra de la investigación.....	39
3.2.1	Población	40
3.2.2	Muestra	41
3.3	Ubicación y descripción de la población	42
3.4	Material experimental	42
3.5	Técnicas e instrumentos para recolectar información.....	42
3.6	Técnicas para el procesamiento y análisis de datos	42
3.7	Procedimiento del experimento	43
3.7.1	Prueba de sensor de radiación ultravioleta con Arduino UNO.....	43
3.7.2	Prueba de sensor de temperatura y humedad relativa con Arduino UNO	46
3.7.3	Prueba de Arduino Ethernet Shield con Arduino UNO.....	48
3.7.4	Instalación de servidor con software	50
3.7.5	Diseño de PCB en software Eagle	58
3.7.6	Diseño y creación de base de datos en MySQL.....	61
3.7.7	Prueba de conexión entre Arduino UNO y servidor con datos obtenidos de los sensores	63
3.7.8	Desarrollo de sistema de monitoreo en los lenguajes PHP, JavaScript, HTML, CSS	64

3.7.9	Prueba de prototipo	68
3.8	Plan de tratamiento de los datos	68
3.9	Diseño estadístico	69
3.10	Operacionalización de variable	70
CAPÍTULO IV		71
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN		71
4.1	Resultados de los experimentos	71
4.1.1	Experimento 1: Resultados de la medición del índice de radiación ultravioleta	71
4.1.2	Experimento 2: Resultados de la medición de la temperatura	72
4.1.3	Experimento 3: Resultados de la medición de la humedad relativa	72
4.2	Resultados experimentales de medición del sistema de monitoreo en tiempo real	73
4.2.1	Experimento 1: Prueba de diferencia de medias del índice de radiación ultravioleta	73
4.2.2	Experimento 2: Prueba de diferencias de medias de la temperatura	75
4.2.3	Experimento 3: Prueba de diferencia de medias de la humedad relativa	76
4.3	Análisis estadístico y discusión de resultados.	77
4.3.1	Sistema de hipótesis	77
4.3.2	Experimento 1: Prueba de Hipótesis Estadística para la variable diferencia significativa entre la medición del índice de radiación ultravioleta realizada por el sistema de monitoreo en tiempo real y SENAMHI.	79
4.3.3	Experimento 2: Prueba de Hipótesis Estadística para la variable diferencia significativa entre la medición de la temperatura realizada por el sistema de monitoreo en tiempo real y SENAMHI.	82
4.3.4	Experimento 3: Prueba de Hipótesis Estadística para la variable diferencia significativa entre la medición de la humedad relativa realizada por el sistema de monitoreo en tiempo real y SENAMHI.	84
CONCLUSIONES		88
RECOMENDACIONES		90
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		91
ANEXOS		94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Luz solar atraviesa la atmosfera y alcanza la superficie terrestre.	26
Figura 2.2: Sistema de protección solar recomendado, con mensajes sencillos y fáciles de recordar.	27
Figura 2.3: Retroceso del Glaciar Broggi 1932-2007, Cordillera Blanca Ancash.	28
Figura 2.4: Retroceso Glaciar Yanamarey, Cordillera Blanca Ancash.	29
Figura 2.5: Arduino UNO ejecutando script de ejemplo Blink.	32
Figura 2.6: Mini CNC con Arduino UNO.	32
Figura 2.7: Arduino Ethernet Shield V1.	33
Figura 2.8: El de la izquierda es el DHT11 y el de la derecha es el DHT22.	34
Figura 2.9: Diagrama del módulo del circuito del sensor UV GUVA-S12SD.	35
Figura 2.10: Porcentaje de los sitios web que usan varios lenguajes de programación de lado servidor; un sitio web puede usar más de un lenguaje de programación de lado servidor.	37
Figura 3.1: Mapa Carta Geológica Nacional Escala 1:100 000.	40
Figura 3.2: Carta Geológica Nacional a escalas 1:100 000 y 1:50 000 de las Franjas 1,2,3 y 4.	41
Figura 3.3: Diagrama de flujos de prueba del sensor de radiación UV con el Arduino UNO.	44
Figura 3.4: Prueba de funcionamiento del sensor GUVA-S12SD con el Arduino UNO.	44
Figura 3.5: Arduino UNO leyendo valores de Índice UV del sensor GUVA-S12SD.	45
Figura 3.6: Valores de Índice UV para sensor GUVA-S12SD.	45
Figura 3.7: Diagrama de flujos de prueba del sensor de temperatura y humedad relativa con el Arduino UNO utilizando la librería DHT.h.	46
Figura 3.8: Prueba de funcionamiento del sensor DHT22 con el Arduino UNO.	47
Figura 3.9: Arduino UNO leyendo valores de humedad relativa y temperatura del sensor DHT22.	47
Figura 3.10: Diagrama de flujo del Arduino Ethernet Shield en modo servidor.	48
Figura 3.11: Conexión de Ethernet Shield al Arduino UNO y prueba de funcionamiento.	49

Figura 3.12: Prueba de Ethernet Shield con Arduino UNO con código de ejemplo WebServer. 49

Figura 3.13: Interface web que retorna cuando se accede desde un navegador web a la dirección 192.168.1.177 del servidor Web. 50

Figura 3.14: Diagrama de flujo instalación servidor CentOS Linux con software. 51

Figura 3.15: Página para descargar el sistema operativo CentOS. 52

Figura 3.16: Pantalla antes de iniciar con la instalación del sistema operativo CentOS Linux. 52

Figura 3.17: Pantalla de bienvenida del instalador del CentOS Linux 7. 53

Figura 3.18: Pantalla del resumen de instalación del sistema operativo CentOS Linux. 53

Figura 3.19: Pantalla para seleccionar el destino de la instalación del CentOS Linux... 54

Figura 3.20: Pantalla para selección de software a instalar. 54

Figura 3.21: Pantalla que muestra que la instalación ha terminado y se puede empezar a utilizar. 55

Figura 3.22: Pantalla para iniciar sesión, CentOS Linux ya está listo para utilizarse. ... 55

Figura 3.23: Descarga de MySQL para CentOS Linux. 56

Figura 3.24: Comando para instalación de Apache, MySQL y PHP en CentOS Linux. 56

Figura 3.25: Configuración de firewall de CentOS para que acepte conexiones para Apache y MySQL. 57

Figura 3.26: Servidor Apache Web instalado y en funcionamiento en CentOS Linux.. 58

Figura 3.27: Servidor MySQL instalado y en funcionamiento en CentOS Linux. 58

Figura 3.28: Diagrama de flujo diseño y creación de PCB. 59

Figura 3.29: Diagrama del esquemático del circuito para los sensores DHT22 y GUVAS12SD. 60

Figura 3.30: PCB del circuito para los sensores DHT22 y GUVAS12SD. 60

Figura 3.31: PCB de circuito impreso para los sensores DHT22 y GUVAS12SD. 61

Figura 3.32: Prototipo final realizando adquisición de datos de los sensores. 61

Figura 3.33: Diseño de base de datos MySQL en el software DBDesigner 4. 62

Figura 3.34: Administración de base de datos en MySQL desde consola. 62

Figura 3.35: Prueba de funcionamiento de sensor DHT22, sensor GUVA-S12SD, Ethernet Shield y Arduino UNO.....	63
Figura 3.36: Arduino UNO leyendo valores de temperatura y humedad relativa del sensor DHT22 y valores de Índice UV del sensor GUVA-S12SD.....	63
Figura 3.37: Prueba de envío de información a servidor con Ethernet Shield.	64
Figura 3.38: Código del programa que permite recibir y guardar la información recibida del Arduino UNO.....	65
Figura 3.39: Código del programa del historial del Índice UV.	65
Figura 3.40: Interface web de inicio del sistema.	66
Figura 3.41: Interface web para crear/agregar nuevas estaciones de monitoreo.	66
Figura 3.42: Interface web que muestra todas las estaciones de monitoreo.	67
Figura 3.43: Interface web que permite mostrar en un gráfico la variación del Índice UV en un determinado periodo de fechas.	67
Figura 3.44: Adquisición de datos en la ciudad Puno.....	68
Figura 4.1: Datos del índice de radiación ultravioleta obtenidos por el sistema.	71
Figura 4.2: Datos de la temperatura obtenidos por el sistema.	72
Figura 4.3: Datos de la humedad obtenidos por el sistema.	72
Figura 4.4: Contrastación de datos del índice de radiación ultravioleta del sistema y de SENAMHI.	79
Figura 4.5: Contrastación de datos de la temperatura del sistema y de SENAMHI.	82
Figura 4.6: Contrastación de datos de la humedad relativa del sistema y de SENAMHI.	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Parámetros de la muestra.	41
Tabla 3.2: Parámetro de la prueba.	68
Tabla 3.3: Cuadro de operacionalización de variable independiente y dependiente.	70
Tabla 4.1: Parámetros del muestreo.	71
Tabla 4.2: Media, varianza y tamaño de la muestra de las mediciones del índice de radiación ultravioleta del sistema y SENAMHI.	74
Tabla 4.3: Media, varianza y tamaño de la muestra de las mediciones de la temperatura del sistema y SENAMHI.	75
Tabla 4.4: Media, varianza y tamaño de la muestra de las mediciones de la humedad relativa del sistema y SENAMHI.	76

RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo registrar en tiempo real los valores del índice de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa con el fin de contar con un historial climatológico. Se implementó un sistema de adquisición de datos con la tarjeta Arduino UNO, el Arduino Ethernet Shield, los sensores de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa, que está conectado con el servidor CentOS Linux. Los datos se obtienen con una frecuencia de 3 muestras de 1 minuto y se almacenan en una base de datos de MySQL diseñada con el programa DBDesigner. Una vez almacenado los datos, el tratamiento de ésta, permite diseñar tablas detalladas, gráficos y un mapa interactivo haciendo uso de Google Maps API (Application Programming Interface). Las interfaces web fueron desarrolladas en los lenguajes PHP (Hypertext Preprocessor), JavaScript, HTML (HyperText Markup Language) y CSS (Cascading Style Sheets). Luego de realizar la contrastación y el análisis estadístico aplicando la prueba T de Student a los datos se obtuvo como resultado $t_{i,0} = 0.141$ para el índice de radiación ultravioleta, $t_{t,0} = 0.572$ para la temperatura y $t_{h,0} = -0.548$ para la humedad relativa con $\alpha = 0.05$ de nivel de significancia y $\nu = 94$ grados de libertad, siendo los valores críticos $\pm z_{0.025,94} = \pm 1.9855$ por lo que $t_{i,0}$, $t_{t,0}$ y $t_{h,0}$ se encuentran en la región de aceptación, al ser $|t_{i,0}| < z_{0.025,94}$, $|t_{t,0}| < z_{0.025,94}$ y $|t_{h,0}| < z_{0.025,94}$. Se ha llegado a la conclusión con un nivel de confianza del 95% de que “No existe una diferencia significativa mayor al 10% entre las mediciones del índice de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa realizadas por el sistema de monitoreo en tiempo real y las mediciones del índice de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa realizadas por el SENAMHI”. Por lo tanto, es posible la realización del sistema de monitoreo en tiempo real para la medición

del índice de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa para así contar con un historial climatológico para la región Puno.

Palabras clave: Índice de radiación ultravioleta, Temperatura, Humedad relativa, Historial climatológico.

ABSTRACT

This project aims to record in real time the values of the index of ultraviolet radiation, temperature and relative humidity in order to have a weather history. A data acquisition system was implemented with the Arduino UNO board, the Arduino Ethernet Shield, ultraviolet radiation, temperature and relative humidity sensors, which is connected to the CentOS Linux server. The data is obtained with a frequency of 3 samples of 1 minute and stored in a MySQL database designed with the DBDesigner program. Once the data has been stored, its processing allows the design of detailed tables, graphs and an interactive map using the Google Maps API (Application Programming Interface). Web interfaces were developed in PHP (Hypertext Preprocessor), JavaScript, HTML (HyperText Markup Language) and CSS (Cascading Style Sheets). After performing the contrast and statistical analysis by applying the Student's T test to the data, the result was $t_{i,0} = 0.141$ for the ultraviolet radiation index, $t_{t,0} = 0.572$ for the temperature and $t_{h,0} = -0.548$ for the relative humidity with $\alpha = 0.05$ level of significance and $\nu = 94$ degrees of freedom of, being the critical values $\pm z_{0.025,94} = \pm 1.9855$ so $t_{i,0}$, $t_{t,0}$ and $t_{h,0}$ are in the region of acceptance, being $|t_{i,0}| < z_{0.025,94}$, $|t_{t,0}| < z_{0.025,94}$ and $|t_{h,0}| < z_{0.025,94}$. It has been concluded with a 95% confidence level that “There is no significant difference greater than 10% between the measurements of the ultraviolet radiation index, temperature and relative humidity made by the real-time monitoring system and the radiation index measurements ultraviolet, temperature and relative humidity carried out by SENAMHI”. Therefore, it is possible to carry out the real-time monitoring system for measuring the index of ultraviolet radiation, temperature and relative humidity in order to have a weather history for the Puno region.

Keywords: Ultraviolet radiation index, Temperature, Relative Humidity, Climatological Database.

CAPÍTULO I

I INTRODUCCIÓN

Cada vez es más frecuente escuchar por diferentes medios que se viene produciendo cambios climatológicos debido al uso de combustibles fósiles como el carbón, petróleo y gases haciendo que se liberen grandes cantidades de gases como el CO₂ (dióxido de carbono) a la atmosfera, es así que, los rayos solares que llegan a la tierra no retornan al espacio y se produce un aumento en la temperatura del medio ambiente, fenómeno que es conocido como Calentamiento Global; también el uso de compuestos químicos como el cloro y brumo han ocasionado un debilitamiento en la capa de O₃ (Ozono), capa que sirve como un escudo protector que absorbe hasta un 99% de la radiación ultravioleta. Con su reducción se ha producido un aumento de enfermedades relacionadas con el cáncer de piel.

Es así, que con este trabajo se busca diseñar un sistema de monitoreo en tiempo real del índice de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa para la región Puno, para así contar con un historial climatológico.

La presente investigación fue organizada en capítulos, de la siguiente manera:

En el **Capítulo I** se aborda el planteamiento y formulación del problema de investigación, las hipótesis, la justificación y los objetivos de la investigación.

En el **Capítulo II** se describe en el marco teórico, antecedentes de la investigación, sustento teórico y la operacionalización de variables.

En el **Capítulo III** se describe el diseño metodológico de investigación, el tipo y el diseño de investigación, los materiales y los procedimientos del experimento.

En el **Capítulo IV** se realiza el análisis e interpretación de los resultados de investigación.

Por último, se presenta las conclusiones y recomendaciones del proyecto de investigación.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En la actualidad, hay una preocupación extendida de que la capa de O₃ (Ozono) se esté reduciendo derivada del uso de compuestos químicos como el cloro y brumo. Dicha reducción permite que grandes cantidades de rayos UV (Ultravioleta) lleguen a la superficie de la tierra, lo que puede provocar enfermedades como son cáncer de piel (con mayor frecuencia en poblaciones de piel clara), fotoenvejecimiento (producto de una sobre exposición a los rayos solares), cataratas e inhibición del sistema inmunitario (Organization & Protection, 2002; Sánchez-Saldaña, 2009; Schmidt, 2013). También se está produciendo un cambio climático ya que se está incrementando la temperatura de la tierra debido del uso de combustibles fósiles como el carbón, petróleo y gas, liberándose a la atmósfera grandes cantidades de gases como el CO₂ (Dióxido de Carbono) que no permite que los rayos del sol salgan al espacio cuando éstos rebotan de la superficie (Guzmán Luna, Quevedo Nolasco, Tijerina Chávez, & Castro Popoca, 2015) produciéndose lo que se conoce como Calentamiento Global que desde la revolución industrial éste se ha ido incrementando de manera exagerada lo cual está teniendo efectos severos como la desglaciación de los nevados de la Cordillera de los Andes, sequías como la del lago Poopó en Bolivia, etc., no se debe olvidar que los glaciares constituyen las reservas sólidas de agua dulce y muchas de ellas dan origen a lagunas las cuales son utilizadas para el consumo y actividades productivas.

Todos estos efectos negativos hizo necesario que se tenga que monitorear para tomar ciertas acciones sobre los efectos del calentamiento global y la radiación UV, es por ello que se vio la necesidad de diseñar un sistema de adquisición de datos electrónico que realice mediciones en tiempo real del índice de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa, asimismo que el sistema de adquisición de datos envíe la información obtenida de los sensores al servidor, a su vez, el servidor almacene la información en una

base de datos, de tal forma contar con un historial climatológico que se muestre a través de un sistema web interactivo, y que las mediciones del índice de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa realizadas por el sistema de monitoreo en tiempo real no tenga una diferencia significativa respecto de las mediciones realizadas por el SENAMHI.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Se puede diseñar un sistema de monitoreo en tiempo real del índice de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa que no tenga una diferencia significativa respecto de las mediciones realizadas por el SENAMHI?

1.3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 HIPÓTESIS GENERAL

No existe una diferencia significativa mayor al 10% entre las mediciones del índice de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa realizadas por el sistema de monitoreo en tiempo real y las mediciones del índice de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa realizadas por el SENAMHI.

1.3.2 HIPÓTESIS ESPECIFICAS

- No existe una diferencia significativa mayor al 10% entre las mediciones del índice de radiación ultravioleta realizadas por el sistema de monitoreo en tiempo real y las mediciones del índice de radiación ultravioleta realizadas por el SENAMHI.
- No existe una diferencia significativa mayor al 10% entre las mediciones de la temperatura realizadas por el sistema de monitoreo en tiempo real y las mediciones de la temperatura realizadas por el SENAMHI.
- No existe una diferencia significativa mayor al 10% entre las mediciones de la humedad relativa realizadas por el sistema de monitoreo en tiempo real y las mediciones de la humedad relativa realizadas por el SENAMHI.

1.4 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El presente proyecto de investigación se enfocará en diseñar un sistema de monitoreo en tiempo real del índice de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa que debido a los cambios y efectos de la radiación ultravioleta y del calentamiento global que inciden de forma directa en el entorno, desarrollo y actividades del ser humano. Así, el presente proyecto de investigación permitirá mostrar las variaciones del índice de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa registradas en el historial climatológico a través de un sistema web interactivo, además de ayudar a la concientización de la población sobre los efectos del calentamiento global y la radiación ultravioleta, y su relación con enfermedades como el cáncer de piel (con mayor frecuencia en poblaciones de piel clara), fotoenvejecimiento (producto de una sobre exposición a los rayos solares), cataratas, inhibición del sistema inmunitario, estrés térmico o un frío extremo (hipotermia) además del aumento de la mortalidad por enfermedades cardiacas y respiratorias; Otra consecuencia del calentamiento global es el aumento del riesgo de inundaciones lo que podría causar desplazamientos de población, e inundaciones que pueden aumentar el riesgo de infecciones transmitidas por el agua. Así mismo los desplazamientos de la población pueden aumentar las tensiones y el riesgo de conflictos entre poblaciones.

En la actualidad, el SENAMHI cuenta con estaciones convencionales con recepción de datos en tiempo real; pero sólo para horas establecidas como 07, 13, 19h (SENAMHI - Puno, s. f.). Por consiguiente, no existe un mecanismo de monitoreo constante, por esta razón se hace relevante la implementación de este proyecto.

1.4.1 JUSTIFICACIÓN SOCIAL

La implementación del proyecto de investigación permitirá a la población de Puno, conocer cuál es el índice de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa para así prever acciones de prevención.

1.4.2 JUSTIFICACIÓN TECNOLÓGICA

La implementación del proyecto de investigación permite monitorear varias estaciones remotas superando las barreras de tiempo y distancias.

1.4.3 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

La implementación del sistema de monitoreo en tiempo real tiene un costo menor a otros sistemas de monitoreo existentes en el mercado.

1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema que permita monitorear en tiempo real las variaciones del índice de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa para la creación de un historial climatológico, haciendo uso de herramientas como HTML (HyperText Markup Language) mostrando resultados intuitivos que no tengan una diferencia significativa respecto de las mediciones realizadas por el SENAMHI.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Implementar un sistema electrónico para la adquisición de datos.
- Diseñar una base de datos en MySQL para almacenar los valores del índice de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa.
- Desarrollar un sistema web interactivo haciendo uso de los lenguajes PHP (Hypertext Preprocessor), JavaScript, HTML (HyperText Markup Language) y CSS (Cascading Style Sheets).

CAPÍTULO II

II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

El desarrollo de sistemas que permitan la recopilación de valores físicos como la humedad relativa, temperatura, calidad de aire, etc. con tarjetas Arduino son cada vez más frecuentes por su versatilidad al momento de trabajar con ellos, ya que permiten obtener valores de sensores analógicos como digitales, además que se pueden interconectar con otros dispositivos para el intercambio de información ampliando las capacidades con lo cual también permite el almacenamiento de la información recopilada (en un gestor de base de datos, MySQL) como la creación de sistemas que permitan mostrar la información almacenada. Se ha monitoreado el comportamiento periódico de la data recolectada y gestionado las redes de sensores desplegadas; se ha monitoreado adecuadamente las redes de sensores, el enlace de transmisión que se realizó desde el Gateway hasta el servidor; se ha procesado en tiempo real los datos recolectados de los sensores de temperatura, CO₂, pH de agua los mismos que se visualizaron en una página web (Asqui, Abelardo, & Yury, 2016).

El objetivo de este trabajo fue desarrollar un sistema de adquisición de datos meteorológicos en tiempo real utilizando un controlador lógico programable (PLC) como una alternativa dentro de las estaciones meteorológicas comerciales. Para censar la temperatura del aire, humedad relativa, radiación solar, precipitación, velocidad y dirección del viento, se usaron sensores comerciales, durante 2013, para probar la estación, en la estación meteorológica del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. El sistema se compone de un PLC (modelo CX1020, marca Beckhoff), una Laptop donde se instaló una aplicación de monitoreo en tiempo real que se desarrolló en Visual Basic 2010 Express y la base de datos en MySQL para almacenar la información, que se puede

usar para fines diversos. La interacción entre el PLC y la aplicación de monitoreo se realizó mediante comunicación inalámbrica Wi-Fi. El sistema de adquisición de datos meteorológicos que se desarrolló censa y registra de manera correcta la lectura de los elementos meteorológicos: temperatura, humedad, radiación, precipitación, velocidad y dirección del viento, por lo que constituye una alternativa a una estación meteorológica. La estructura modular del hardware del sistema ayuda a un fácil reemplazo de componentes en caso de daño; asimismo, la capacidad de procesamiento permite no solo realizar funciones de adquisición, sino que posee la capacidad de realizar otras funciones como control de riego, cálculo de evapotranspiración (Guzmán Luna et al., 2015).

El prototipo desarrollado en este trabajo es un sistema de monitoreo remoto enlazado a una estación agro meteorológica en la cual se mide en tiempo real las variables climáticas temperatura ambiental, humedad relativa y velocidad del viento. Los datos de las variables son procesados por una tarjeta Arduino Uno y transmitidos mediante un sistema modular de transmisión por radiofrecuencia Xbee a una estación principal de supervisión en donde se encuentra también un módulo Xbee que recibe y transmite la información vía comunicación serial hacia el software CLIMATIC 1.0 desarrollado en software LabVIEW, el software almacena la información en una base de datos estructurado en Microsoft Access para su análisis posterior. El sistema integral fue evaluado una vez instalados todos los componentes de donde se determinó un buen funcionamiento como se demuestra en la prueba de hipótesis, alcanzando valores del porcentaje de eficacia en la medición de 94.88% para la variable temperatura ambiental, 96.96% para la humedad relativa y 92.90% para la velocidad del viento, además durante el periodo de muestreo que comprendió desde el 03-03-2014 al 18-03-2014 muestreados en el valle de pampas de 06:01:00 am a 06:00:00 am se obtuvieron como resultados luego del análisis estadístico mediante el software SPSS 20.0 que la temperatura ambiental

promedio se reportó en 11.41 °C, la humedad relativa en 67.33% y la velocidad del viento en 2.44m/s (Macavilca, José, Ccoillar, & Josue, 2015).

En la industria se requieren equipos de adquisición y registro para recopilar datos de diferentes parámetros físicos, como temperatura, humedad, presión, flujo, nivel, distancia, entre otros. Con la evolución de los equipos de adquisición de datos, la precisión ha aumentado; en el mercado podemos encontrar equipos desde 30 dólares hasta unos miles de dólares, dependiendo de las funciones y especificaciones de calidad mencionadas. La función data logger es independiente de la computadora, en este caso se usó una memoria EEPROM 26LC256 para almacenar los datos, esta memoria se comunica con el microcontrolador usando el protocolo de comunicación serial síncrona 12C, el microcontrolador usado es el PIC16F876A como registrador en serie con la EEPROM externa, es decir, adquiere las señales analógicas de temperatura, distancia y humedad; las convierte a datos digitales y guarda estos en la memoria externa. En este proyecto se lograron reproducir con éxito todas las etapas de los sistemas de adquisición y registro de datos, desde los sensores hasta el almacenamiento de la data en una EEPROM y en un archivo de Microsoft Excel (Giraldo Mendoza, 2013)

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 SISTEMA DE TIEMPO REAL

Un sistema de tiempo real es un sistema informático que Interacciona repetidamente con su entorno físico, que responde a los estímulos que recibe del mismo dentro de un plazo de tiempo determinado.

Tareas de tiempo real

Las actividades de un sistema de tiempo real se llaman Tareas y tienen varios tipos de propiedades:

- Funcionales: qué hacen.

- Temporales: cuándo lo hacen.
- Fiabilidad, seguridad.

El comportamiento temporal de las tareas se especifica mediante sus atributos temporales:

- Cuándo se ejecutan: esquema de activación.
- Qué plazo tienen para ejecutar cada acción.

Tipos de requisitos temporales

Tiempo real estricto (*hard real-time*): Todas las acciones deben terminar dentro del plazo especificado.

Por ejemplo: control de frenado.

Tiempo real flexible (*soft real-time*): Se pueden perder plazos de vez en cuando y el valor de la respuesta decrece con el tiempo.

Por ejemplo: adquisición de datos.

Tiempo real firme (*firm real-time*): Se pueden perder plazos ocasionalmente y una respuesta tardía no tiene valor.

Por ejemplo: sistemas multimedia.

Para que el funcionamiento del sistema sea correcto no basta con que las acciones sean correctas, sino que tienen que ejecutarse dentro del intervalo de tiempo especificado (Juan Carlos Contreras Márquez, 2017).

2.2.2 RADIACIÓN UV

Todos estamos expuestos a la radiación UV (ultravioleta) procedente del sol y de numerosas fuentes artificiales utilizadas en la industria, el comercio y durante el tiempo libre. El sol emite luz, calor y radiación UV.

La región UV abarca el intervalo de longitudes de onda de 100 a 400 nm y se divide en las tres bandas siguientes:

- UVA (315–400 nm)
- UVB (280–315 nm)
- UVC (100–280 nm)

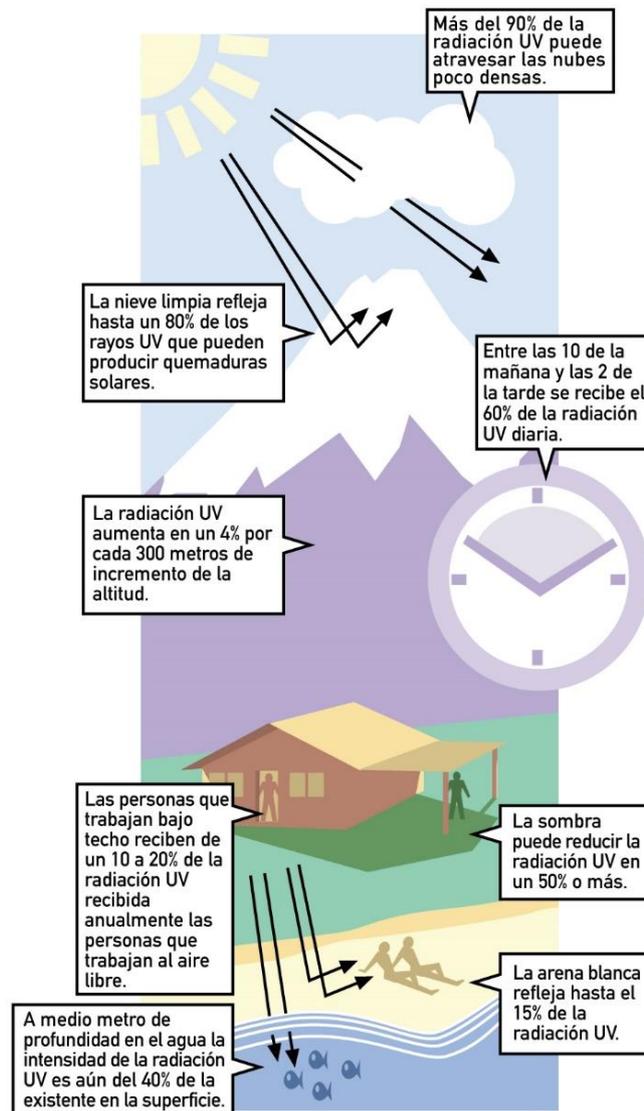
Cuando la luz solar atraviesa la atmósfera, el ozono, el vapor de agua, el oxígeno y el dióxido de carbono absorben toda la radiación UVC y aproximadamente el 90% de la radiación UVB. La atmósfera absorbe la radiación UVA en menor medida.

En consecuencia, la radiación UV que alcanza la superficie terrestre se compone en su mayor parte de rayos UVA, con una pequeña parte de rayos UVB (Organization & Protection, 2002).

2.2.3 ÍNDICE DE RADIACIÓN ULTRAVIOLETA

El índice de radiación ultravioleta o índice UV (IUV) es una medida sencilla de la intensidad de la radiación UV en la superficie terrestre y un indicador de su capacidad de producir lesiones cutáneas, que sirve como vehículo importante para hacer conciencia en la población y advertir a las personas de la necesidad de adoptar medidas de protección cuando se exponen a la radiación ultravioleta. El agotamiento de la capa de ozono probablemente empeorará los efectos sobre la salud ocasionados actualmente por la exposición a la radiación ultravioleta, ya que el ozono estratosférico absorbe la radiación ultravioleta de forma particularmente eficaz. Conforme se hace menos densa la capa de ozono, disminuye progresivamente el filtro protector de la atmósfera. Por consiguiente, las personas y el medio ambiente se ven expuestas a mayores niveles de radiación ultravioleta, como podemos ver en la Figura 2.1.

Figura 2.1: Luz solar atraviesa la atmosfera y alcanza la superficie terrestre.



Fuente: Recuperado de (Organization & Protection, 2002).

En la vida de una persona, la mayoría de la exposición se produce antes de los 18 años, y evitando el sol durante la infancia se logra una mayor disminución de los riesgos para la salud que mediante la protección solar durante la edad adulta. Por consiguiente, los niños y los adolescentes deben ser el principal objetivo para la educación sobre el sol y sobre cómo evitar que dañe la salud. Una campaña eficaz puede producir un impacto enorme en la salud pública: Los colegios constituyen un medio esencial para transmitir el mensaje a los jóvenes. Se debe alentar a los profesores y a las asociaciones que los representan a que abanderan

la causa e incluyan proyectos de concienciación y protección contra la radiación ultravioleta en el sistema educativo.

Asimismo, todos los lugares en los que se realizan actividades recreativas al aire libre (playas, centros deportivos y piscinas, zoológicos y parques) son entornos adecuados para informar con mensaje como el de la Figura 2.2 sobre los niveles de radiación ultravioleta y la protección contra el sol (Organization & Protection, 2002).

Figura 2.2: Sistema de protección solar recomendado, con mensajes sencillos y fáciles de recordar.



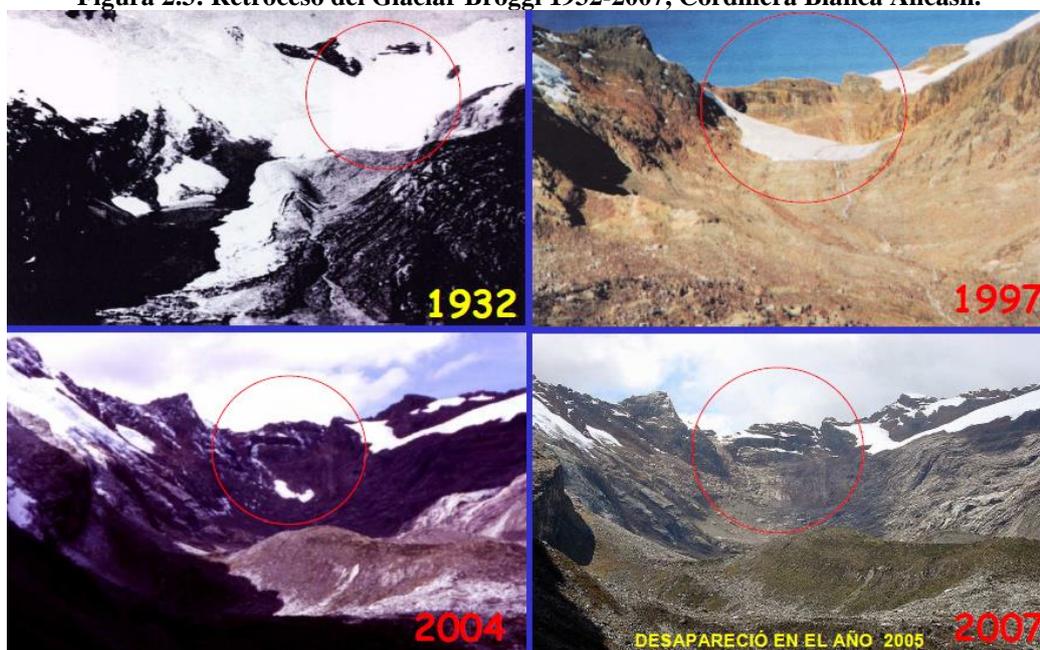
Fuente: Recuperado de (Organization & Protection, 2002)

2.2.4 GASES DE EFECTO INVERNADERO

Hablar de Gases de Efecto Invernadero nos lleva a pensar en problemas ambientales y de la salud humana, sin embargo, la importancia de estos gases va más allá. Los Gases de Efecto Invernadero son esenciales para la vida en la Tierra, pues hacen que parte del calor emitido por el sol quede atrapado manteniendo una temperatura media global de 15° C en lugar de -18° C, pues absorben el calor generado por el sol (fotones infrarrojos), reteniéndolo dentro de la atmósfera, generando lo que se conoce como “Calentamiento Global”. El problema actual se ha generado por la exagerada presencia de estos gases, ocasionando el aumento de la temperatura del aire y de la superficie terrestre más allá de los niveles

normales. Desde la revolución industrial (finales del siglo XIX) los gases de efecto invernadero se han incrementado en forma significativa, y en algunos casos, como el CO₂, este incremento ha superado lo acumulado en los últimos 20 millones de años. Aunque el CO₂ es el más conocido, éste es sólo uno de los diversos Gases de Efecto Invernadero que existen. Algunos de estos gases son creados por la acción humana, otros tienen un origen natural; en conjunto contribuyen a la formación del efecto invernadero. Según los estudios realizados a la fecha, los efectos del Calentamiento Global tendrán consecuencias a nivel mundial, debido a un incremento de la temperatura media global de entre 1° C y 5° C durante el presente siglo. Como se ve en la algunos de estos efectos como la deglaciación de los nevados de la Cordillera de los Andes ya se pueden ser observados (Colqué & Sánchez, 2007).

Figura 2.3: Retroceso del Glaciar Broggi 1932-2007, Cordillera Blanca Ancash.



Fuente: Recuperado de (Marco Zapata Luyo (INRENA & Ministerio de Agricultura), 2008).

Figura 2.4: Retroceso Glaciar Yanamarey, Cordillera Blanca Ancash.

Fuente: Recuperado de (Marco Zapata Luyo (INRENA & Ministerio de Agricultura), 2008).

2.2.5 TEMPERATURA

Grado o nivel térmico de un cuerpo o la atmósfera. La temperatura es una magnitud referida a las nociones comunes de calor medible mediante un termómetro o sensor de temperatura (Wikipedia, s. f.-c).

2.2.6 HUMEDAD RELATIVA

La humedad relativa (RH) es la relación entre la presión parcial del vapor de agua y la presión de vapor de equilibrio del agua a una temperatura dada. La humedad relativa depende de la temperatura y la presión del sistema de interés. La misma cantidad de vapor de agua produce una mayor humedad relativa en el aire frío que en el aire caliente. Un parámetro relacionado es el del punto de rocío.

La humedad relativa (RH o ϕ) de una mezcla de aire y agua se define como la relación de la presión parcial de vapor de agua (P_{H_2O}) en la mezcla a la presión de vapor de equilibrio del agua ($P_{H_2O}^*$) sobre una superficie plana de agua pura a una temperatura.

$$\phi = \frac{P_{H_2O}}{P_{H_2O}^*} \quad (2.1)$$

La humedad relativa dada por la Ecuación (2.1) normalmente se expresa como un porcentaje; un mayor porcentaje significa que la mezcla de aire y agua es más húmeda. Al 100% de humedad relativa, el aire está saturado y se encuentra en su punto de rocío (Wikipedia, s. f.-a).

2.2.7 HISTORIAL CLIMATOLÓGICO

Conjunto de mediciones de valores climatológicos (radiación ultravioleta, temperatura, humedad relativa, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento, etc.) que están almacenados en un medio físico o digital.

2.2.8 SISTEMA ELECTRÓNICO DE ADQUISICIÓN DE DATOS

Consiste en la toma de valores (analógicos) del mundo real por medio de un dispositivo electrónico a través de sensores para generar datos (digitales) que puedan ser manipulados por un ordenador u otros dispositivos electrónicos.

2.2.9 SENAMHI

Actualmente el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI, es un organismo público ejecutor adscrito al Ministerio del Ambiente. El SENAMHI tiene como propósito generar y proveer información y conocimiento meteorológico, hidrológico y climático de manera confiable, oportuna y accesible en beneficio de la sociedad peruana.

Con el ánimo de difundir información confiable y de calidad, el SENAMHI opera, controla, organiza y mantiene la Red Nacional de más de 900 Estaciones Meteorológicas e Hidrológicas de conformidad con las normas técnicas de la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

Meteorología y Ambiente

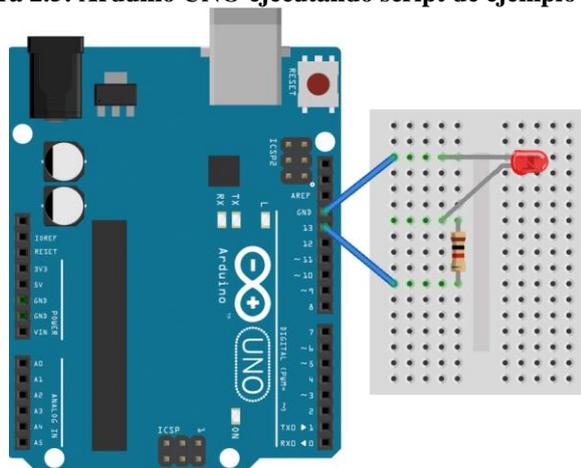
Los meteorólogos y climatólogos trabajan en el estudio y pronóstico de eventos extremos de corto plazo como lluvias y vientos intensos, bajas temperaturas vinculadas a heladas y friajes; así como estudiar y prever el clima, en particular los eventos asociados a la variabilidad climática como el Fenómeno El Niño; así como brindar información para la toma de decisiones respecto de los escenarios vinculados al cambio climático.

Otro rubro importante en esta especialidad es el estudio del potencial país para el desarrollo de energías renovables; el monitoreo de la contaminación de fondo a efectos de evaluar el cambio de la composición de la atmósfera y su relación con los gases de efecto invernadero, la radiación ultravioleta y su relación con la capa de ozono, como la vigilancia y monitoreo de los efectos de las condiciones atmosféricas sobre la calidad del aire (SENAMHI, s. f.).

2.2.10 ARDUINO UNO

Arduino UNO es una de las tantas placas oficiales con que cuenta Arduino, al ser una de las primeras placas que se desarrolló su popularidad está muy extendida y es utilizada en muchos proyectos, desde los más básicos como son encender un led (Diodo emisor de Luz) como se ve en la Figura 2.5 hasta algunos complejos como controlar motores para hacer una CNC (Computer Numerical Control) como el de la Figura 2.6, el microcontrolador que lleva la placa Arduino UNO es el modelo ATmega328p de la marca Atmel (Atmel fue adquirida en 2016 por Microchip Technology Incorporated (Microchip, 2016)).

Figura 2.5: Arduino UNO ejecutando script de ejemplo Blink.



Fuente: Recuperado de (Arduino, s. f.).

El Arduino UNO cuenta con 13 entradas/salidas digitales y con 5 entradas/salidas analógicas, su voltaje de operación es de 5v de CC (Continuous Current) (7-12v CC para la alimentación) (Artero, 2013).

Figura 2.6: Mini CNC con Arduino UNO.



Fuente: Recuperado de (Arduino, s. f.).

2.2.11 ARDUINO ETHERNET SHIELD

En la Figura 2.7 se ve al Arduino Ethernet Shield que está basado en el chip Ethernet Wiznet W5100, este shield añade al Arduino UNO la capacidad de conectarse a una red cableada TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) ya que éste incorpora un conector RJ-45 con lo cual se puede enviar

información a un equipo exterior, crear un servidor web local, etc, a su vez este shield incorpora un zócalo para colocar una tarjeta microSD que extiende aún más sus capacidades como son la capacidad de almacenar y leer información del microSD. Este shield requiere de 5v de CC para su funcionamiento que es suministrado por la placa Arduino UNO. El software Arduino tiene las librerías de programación Ethernet y SD para la configuración de este shield así como ejemplos que permiten la iniciación de uso de manera más sencilla (Arduino, 2018; Artero, 2013).

Figura 2.7: Arduino Ethernet Shield V1.



Fuente: Recuperado de (Arduino, 2018).

2.2.12 SENSOR DHT11 Y DHT22

El DHT11 y DHT22 son sensores digitales capaces de medir la temperatura y humedad relativa, si bien tienen casi una misma apariencia física como se muestra en la Figura 2.8, sus características son diferentes, como son:

DHT11

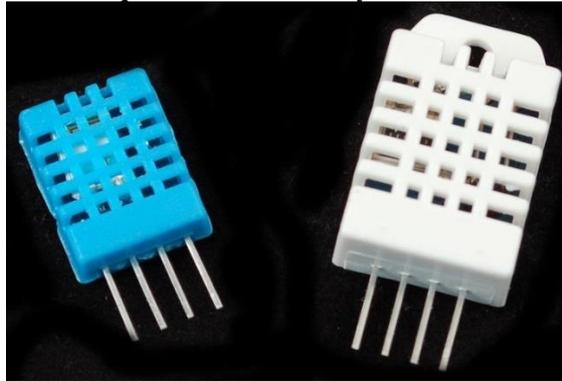
- Costo muy bajo.
- Energía de 3 a 5v.
- 2.5mA de uso de corriente máxima durante conversión (mientras solicita datos).
- Lecturas de humedad de 20 a 80% con un 5% de precisión.
- Lecturas de temperatura de 0 a 50°C con $\pm 2\%$ de precisión.
- No más de 1Hz de frecuencia de muestreo (una vez por segundo).

DHT22

- Costo ultra bajo.
- Energía de 3 a 5v.
- 2.5mA de uso de corriente máxima durante conversión (mientras solicita datos).
- Lecturas de humedad de 0 a 100% con un 2-5% de precisión.
- Lecturas de temperatura de -40 a 80°C con $\pm 0.5\%$ de precisión.
- No más de 0.5Hz de frecuencia de muestreo (una vez cada 2 segundos).

Como se puede ver, el DHT22 es un poco más preciso y permite tener un rango más amplio de medición para la humedad relativa y temperatura.

Figura 2.8: El de la izquierda es el DHT11 y el de la derecha es el DHT22.



Fuente: Recuperado de (Adafruit, s. f.).

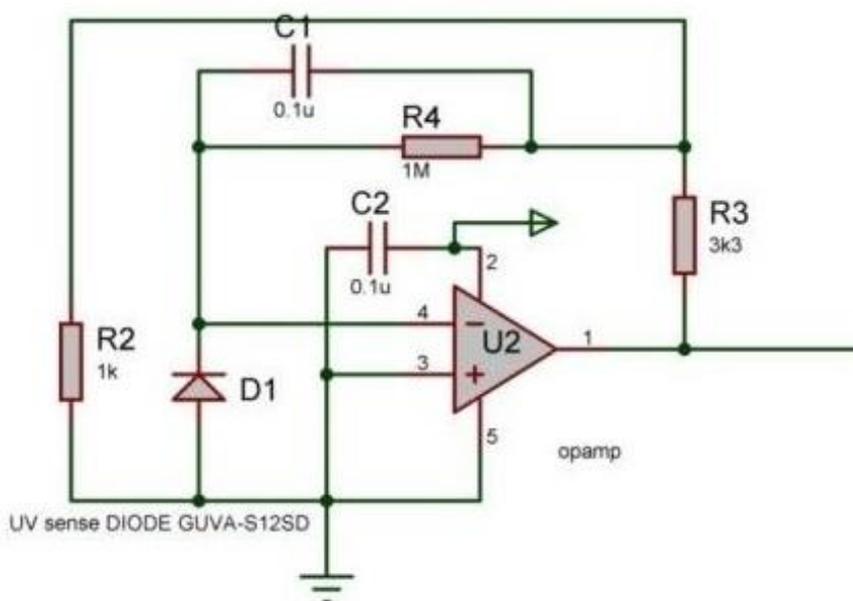
El protocolo que utiliza el sensor DHT22 para transmitir los datos digitales no es estándar; pero, tenemos a nuestra disposición gran cantidad de librerías para el Arduino UNO compatibles con este sensor. Estas librerías, a pesar de ser diferentes entre sí, son en gran medida equivalentes, ya que todas ellas lo que hacen básicamente es permitir centrarnos en la obtención sencilla de los datos de temperatura y humedad relativa sin tener que conocer los detalles específicos del protocolo particular utilizado por el Chip. Por lo tanto, la elección de una librería u otra no es determinante (Artero, 2013).

2.2.13 SENSOR UV GUYA-S12D

Sensor analógico que permite medir a través de un fotodiodo UV rangos de luz de 240-370nm (Nanómetro) (cubre UVB y la mayor parte del espectro UVA), el nivel de señal que retorna el fotodiodo es muy pequeña, por lo que se hace necesario amplificar tal señal hasta que sea manejable.

En la Figura 2.9 se muestra el diagrama del circuito básico del módulo del sensor UV, el circuito D1 es el sensor GUYA-S12SD, y el circuito U2 es el amplificador operacional SGM8521, requiere de 5v de CC para su funcionamiento (Paredes Ccama, 2017).

Figura 2.9: Diagrama del módulo del circuito del sensor UV GUYA-S12SD.



Fuente: Adaptado de (Paredes Ccama, 2017).

2.2.14 CENTOS LINUX

CentOS Linux es una distribución mantenida por la comunidad y derivada de los paquetes fuentes liberados al público por Red Hat para RHEL (Red Hat Enterprise Linux). La redistribución de CentOS Linux es libre y no hay que pagarlo, las versiones de CentOS Linux se encuentran disponibles en su página web (<https://www.centos.org>) para su descarga e instalación. Cada versión de

CentOS Linux es mantenida por 10 años (por medios de actualizaciones de seguridad -- la duración de los intervalos de mantenimiento han variado a lo largo del tiempo con relación a los paquetes fuentes liberados). Una versión nueva de CentOS Linux es liberada aproximadamente cada 2 años y cada versión de CentOS Linux es periódicamente actualizada (cada 6 meses) para incorporar nuevo hardware. Esto resulta en un entorno Linux seguro, de bajo mantenimiento, confiable, predecible y reproducible (CentOS, 2018). Existen distintas formas de distribución de CentOS Linux, una vez que se cuenta con el software la instalación se hace sencilla (Vazquez, 2016).

2.2.15 APACHE

Apache es el Servidor Web más utilizado, de código abierto, líder y con el mayor número de instalaciones. Es un proyecto multiplataforma y existen herramientas de código abierto que unifica Apache con otros servicios y complementos como MySQL y PHP lo que permite ejecutar un servidor web completo de manera rápida y cómoda en los sistemas operativos más habituales (Windows, Linux y Mac OS) (Carvajal Palomares, 2016).

2.2.16 BASE DE DATOS

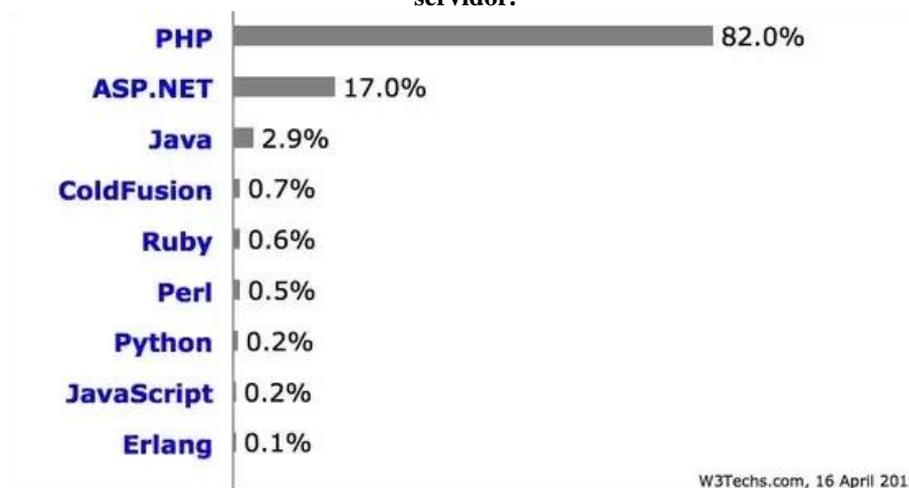
Es un conjunto de datos que son pertenecientes a un mismo contexto, que están almacenados en un medio físico o digital.

2.2.17 PHP Y MYSQL

PHP que es un lenguaje de programación de secuencia de comandos de servidor diseñado específicamente para la Web y que puede ser incrustado en HTML, ampliamente utilizada en sitios webs comparado con otros lenguajes de programación como se ve en la Figura 2.10, entre los más destacados tenemos a Google.com, Facebook.com, Yahoo.com, Wikipedia.org y WordPress.com

(Wikipedia, s. f.-b), mientras que MySQL constituye el mejor sistema para la administración de bases de datos relacionales de modo rápido y sólido, multiplataforma y de fácil administración a través de SQL (Structured Query Language); la combinación de ambos permite crear sofisticadas aplicaciones web dinámicas con resultados sorprendentes (Welling, Thomson, & Peña, 2009).

Figura 2.10: Porcentaje de los sitios web que usan varios lenguajes de programación de lado servidor; un sitio web puede usar más de un lenguaje de programación de lado servidor.



Fuente: Recuperado de (Q-Success, s. f.).

2.2.18 SISTEMA WEB INTERACTIVO

Son páginas web que permiten la manipulación/interacción de información de almacenadas en una base de datos.

2.2.19 JAVASCRIPT

JavaScript que es el lenguaje de programación interpretado más utilizado, principalmente en la construcción de páginas Web, con una sintaxis muy semejante a los lenguajes de programación Java y C. Pero, al contrario que Java, no se trata de un lenguaje orientado a objetos propiamente dicho, sino que éste está basado en prototipos, ya que las nuevas clases se generan clonando las clases base o prototipos y extendiendo su funcionalidad (Flanagan, 2007).

2.2.20 HTML5 Y CSS

HTML5 (HyperText Markup Language version 5) provee básicamente tres características: estructura, estilo y funcionalidad. Nunca fue declarado oficialmente, HTML5 es considerado el producto de la combinación de HTML (HyperText Markup Language), CSS (Cascading Style Sheets) y JavaScript. Estas tecnologías son altamente dependientes y actúan como una sola unidad organizada bajo la especificación de HTML5. HTML está a cargo de la estructura, CSS presenta esa estructura y su contenido en la pantalla y JavaScript hace el resto que es extremadamente significativo (Gauchat, 2012).

2.2.21 DBDESIGNER 4

Es un sistema gratuito de diseño de base de datos visual que integra el diseño de bases de datos, el modelado, la creación y el mantenimiento en un único entorno (FabFORCE.net, s. f.).

CAPÍTULO III

III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación es experimental (Hernandez Sampiere, Fernández Collado, & Batista Lucio, 2010), porque se busca monitorear en tiempo real el Índice de radiación ultravioleta, la temperatura y la humedad relativa desde cualquier estación, para lo cual se implementó un prototipo electrónico de un sistema de adquisición de datos para la lectura valores de los sensores (de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa); se diseñó una base de datos que almacena los valores obtenidos y se desarrolló un sistema web para mostrar los valores almacenados.

3.1.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación es Teórico – Práctico, inicialmente se basa en un enfoque teórico, en los conceptos de la tarjeta Arduino, los sensores de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa, los lenguajes PHP, JavaScript, HTML y CSS, la base de datos MySQL, el servidor web Apache, y el sistema operativo para servidor CentOS Linux, que permiten en conjunto la elaboración del sistema de monitoreo en tiempo real, para luego tomando las consideraciones de diseño y desarrollo contar con un historial climatológico para la región de Puno.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

La Carta Geológica Nacional a escala 1:100,000 está conformada por 501 cuadrángulos como se ve en la Figura 3.1, los cuales fueron cartografiados entre los años 1960 y 1999.

Figura 3.1: Mapa Carta Geológica Nacional Escala 1:100 000.



Fuente: Recuperado de ((INGEMMET), s. f.).

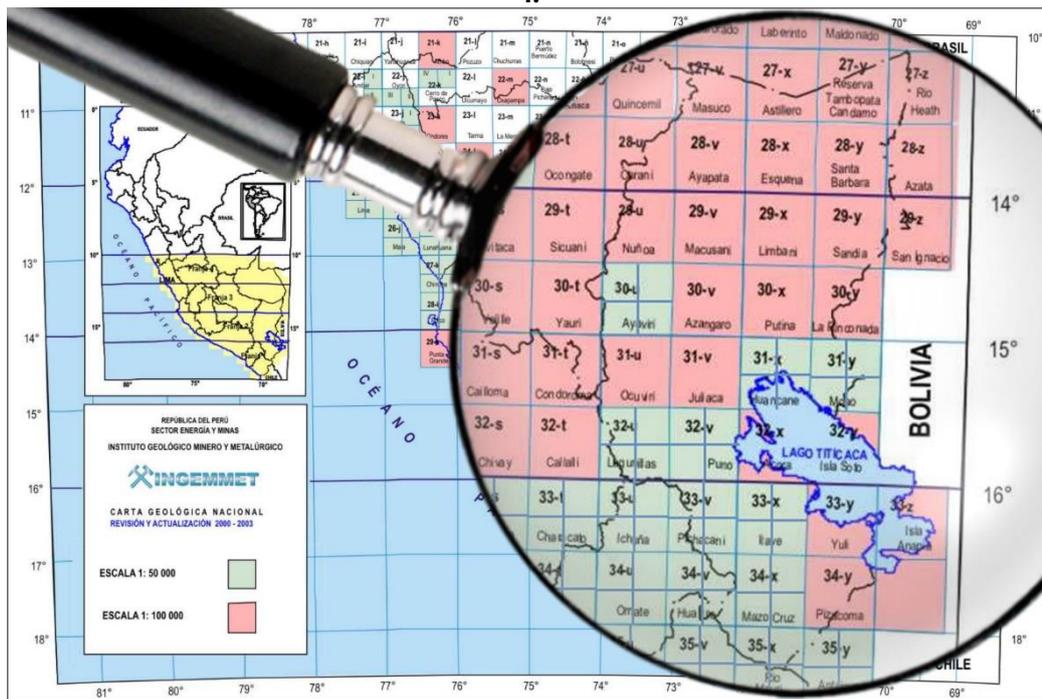
3.2.1 POBLACIÓN

La población es el índice de radiación ultravioleta, temperatura y la humedad relativa de la región Puno, que está conformada por 40 cuadrángulos geológicos a una escala de 1:100 000 ((INGEMMET), s. f.), por lo que no fue posible monitorear en cada uno de los 40 cuadrángulos geológicos para conocer el índice de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa. En este caso se ha tomado una muestra del grupo grande.

3.2.2 MUESTRA

Se ha tomado como muestra el índice de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa de la ciudad de Puno, como se muestra en la Figura 3.2, la ciudad de Puno está ubicada en la parte inferior derecha del cuadrángulo 32-v.

Figura 3.2: Carta Geológica Nacional a escalas 1:100 000 y 1:50 000 de las Franjas 1,2,3 y 4.



Fuente: Adaptado de ((INGEMMET), s. f.).

En la ciudad donde se ha instalado una estación (Latitud: -15.833348 y Longitud: -70.018568) de monitoreo del índice de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa durante dos días, en la Tabla 3.1 se detalla los parámetros de la muestra.

Tabla 3.1: Parámetros de la muestra.

Parámetro de muestreo	Valor programado
Cuadrángulo / Ciudad	32v / Puno
Latitud, Longitud	-15.833348, -70.018568
Variables	Índice de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa
Fecha y Hora de inicio	26/08/2019 18:00:00
Fecha y hora de finalización	28/08/2019 17:59:59
Frecuencia de muestreo	3 muestras por minuto

Elaboración propia.

3.3 UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN

La región Puno se encuentra en el Altiplano entre los 3812 y 5500 msnm y entre la ceja de selva y la Selva alta entre los 4200 y 500 msnm. La capital de la región es la ciudad de Puno y está ubicada a orillas del lago Titicaca. Cuenta con una población de 1 172 697 habitantes reunidos en sus 13 provincias y 110 distritos.

3.4 MATERIAL EXPERIMENTAL

- Laptop.
- Protoboard.
- Cables para protoboard.
- Tarjeta Arduino UNO.
- Módulo sensor DHT22.
- Módulo sensor UV GUVA-S12D.
- Módulo Arduino Ethernet Shield.
- Software Arduino.
- Software Eagle.
- Software DBDesigner 4.
- Software SublimeText.
- Servidor CentOS Linux con Apache Web Server, MySQL y PHP.

3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECTAR INFORMACIÓN

El sistema de adquisición de datos obtiene los datos de los sensores de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa; envía los datos al servidor para luego ser almacenados en la base de datos de MySQL.

3.6 TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

La metodología del estudio consiste en la investigación de tecnologías (sensores) que permitan la medición de la radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa, en

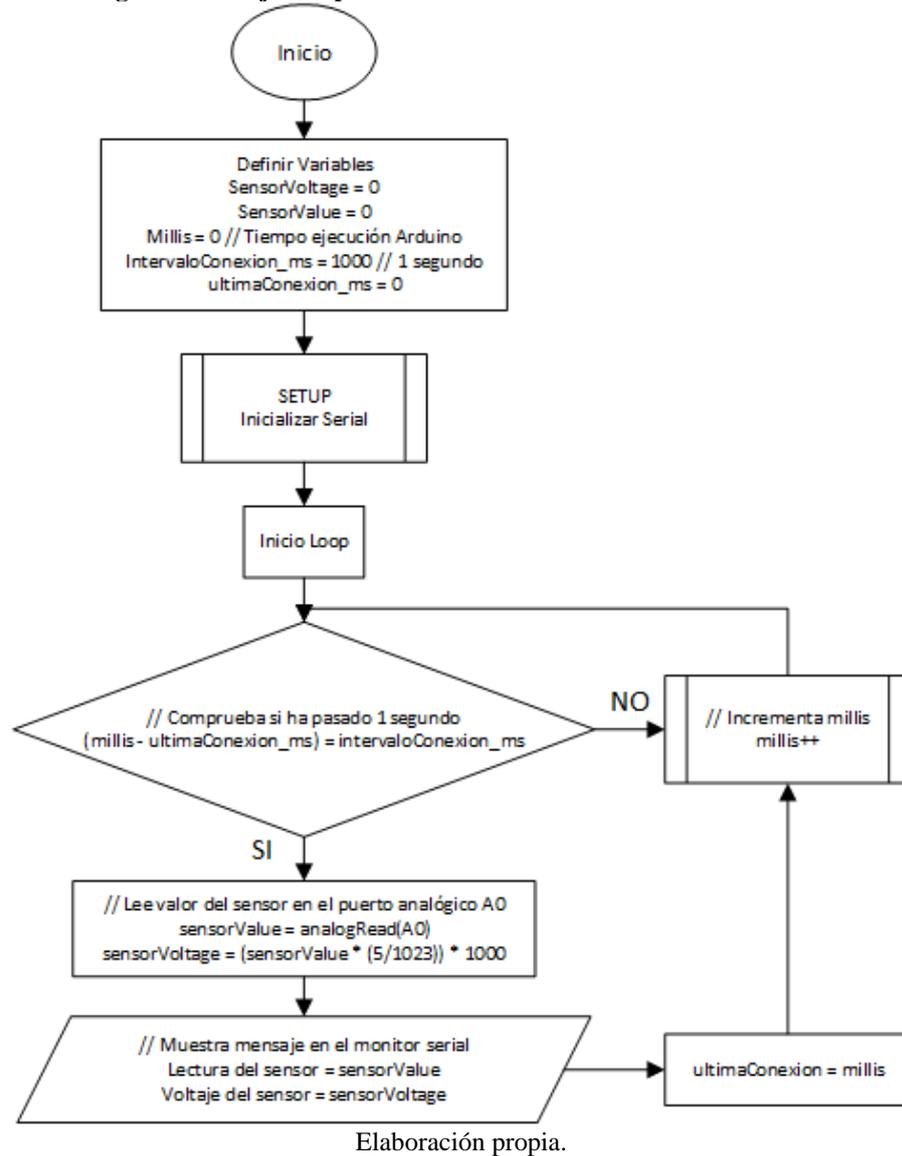
el desarrollo de un sistema de adquisición de datos haciendo uso de la tarjeta Arduino Uno, el almacenamiento de los valores en la base de datos de MySQL en el servidor CentOS Linux, y el desarrollo de un sistema web interactivo haciendo uso de los lenguajes PHP, JavaScript, HTML y CSS. Para el análisis y validación de los datos se realiza un contraste con una estación meteorológica de SENAMHI y mediante la prueba T de Student se compara las medias de las mediciones del sistema y SENAMHI para comprobar si existe una diferencia significativa en las medias del índice de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa de las mediciones del sistema y de SENAMHI.

3.7 PROCEDIMIENTO DEL EXPERIMENTO

3.7.1 PRUEBA DE SENSOR DE RADIACIÓN ULTRAVIOLETA CON ARDUINO UNO

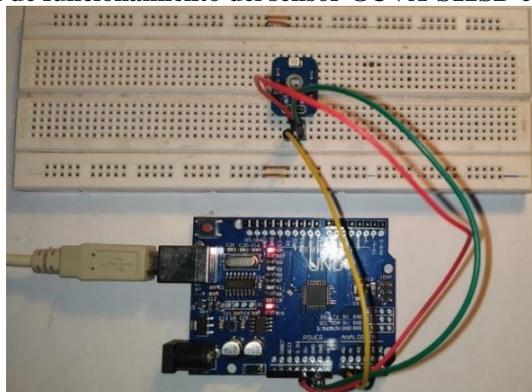
Para la prueba seguirán los siguientes pasos: Inicio, se define las variables, se inicia los puertos, se inicia la comunicación serial, para luego realizar la obtención de datos del sensor de radiación ultravioleta con una frecuencia de una muestra cada 5 segundos, en la Figura 3.3 se muestra el diagrama de flujo de la prueba.

Figura 3.3: Diagrama de flujos de prueba del sensor de radiación UV con el Arduino UNO.



Como se muestra en la Figura 3.4, utilizando el protoboard se realiza las conexiones entre el sensor GUA-S12SD y el Arduino UNO.

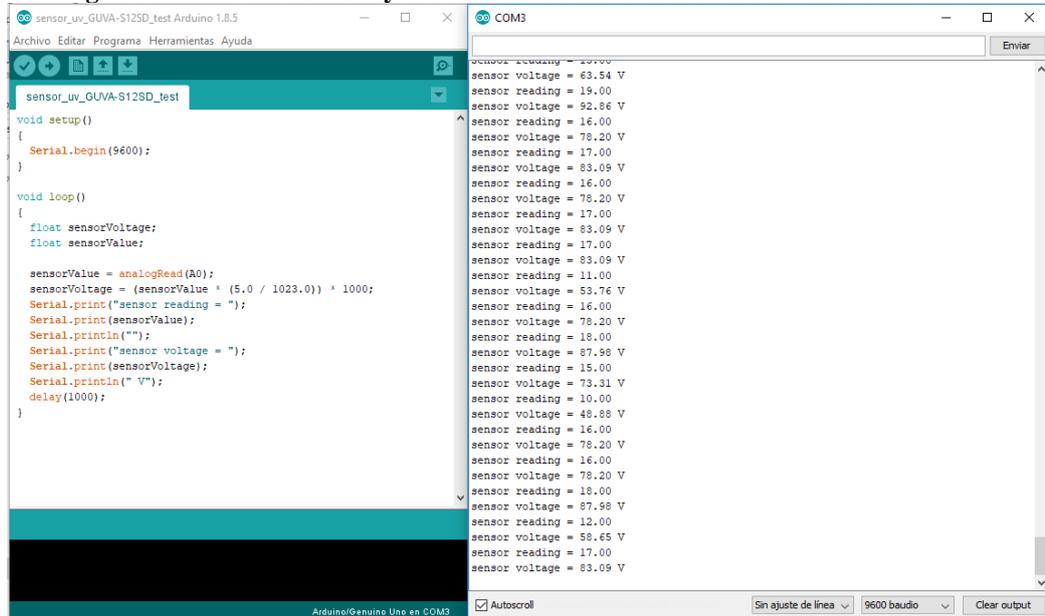
Figura 3.4: Prueba de funcionamiento del sensor GUA-S12SD con el Arduino UNO.



Elaboración propia.

Utilizando el Software Arduino se carga el código que se muestra en la Figura 3.5 con el cual se obtuvo los datos del sensor de radiación ultravioleta y comprobado su correcto funcionamiento.

Figura 3.5: Arduino UNO leyendo valores de Índice UV del sensor GUYA-S12SD.



Elaboración propia.

Las pruebas se realizaron en el interior, según los resultados obtenidos y a los valores que se muestra en la Figura 3.6 se concluye que el Índice UV para la prueba realizada es 1 y que este no representa riesgos a la salud según lo recomendado por la OMS que se ve en la Figura 2.2.

Figura 3.6: Valores de Índice UV para sensor GUYA-S12SD.

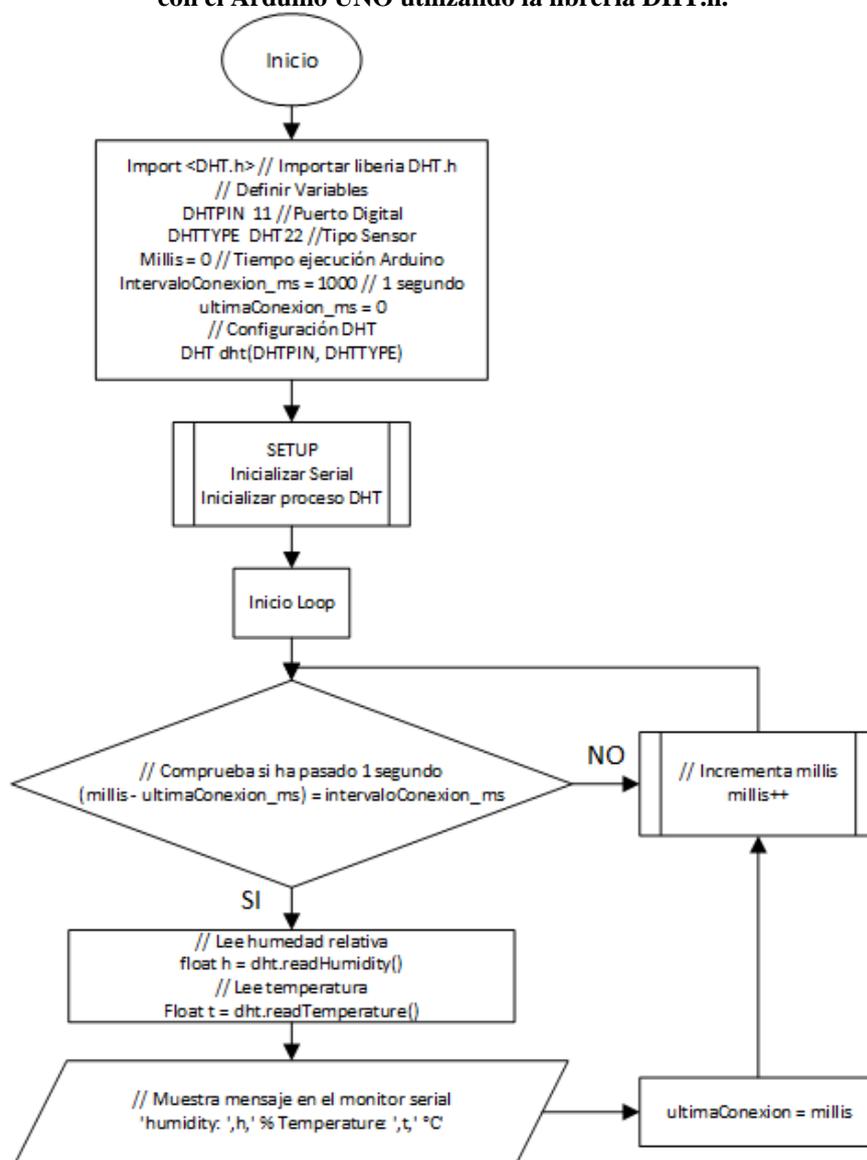
UV Index	0	1	2	3	4	5
Vout(mV)	<50	227	318	408	503	606
Analog Value	<10	46	65	83	103	124
UV Index	6	7	8	9	10	11 ⁺
Vout(mV)	696	795	881	976	1079	1170+
Analog Value	142	162	180	200	221	240

Fuente: Recuperado de Internet

3.7.2 PRUEBA DE SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA CON ARDUINO UNO

Para la prueba se seguirán los siguientes pasos: Inicio, se importa la librería DHT.h para el sensor de temperatura y humedad relativa, se define las variables, se inicia los puertos, se inicia la comunicación serial, se inicia el proceso DHT, para luego realizar la obtención de datos del sensor de radiación ultravioleta con una frecuencia de una muestra cada 5 segundos, en la Figura 3.7 se muestra el diagrama de flujo de la prueba.

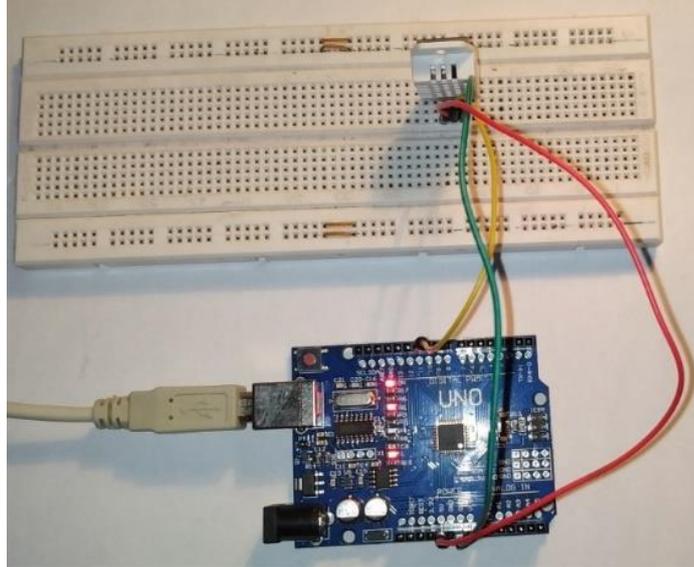
Figura 3.7: Diagrama de flujos de prueba del sensor de temperatura y humedad relativa con el Arduino UNO utilizando la librería DHT.h.



Elaboración propia.

Utilizando nuevamente un protoboard se realiza las conexiones entre el sensor DHT22 y la tarjeta Arduino UNO como se muestra en la Figura 3.8.

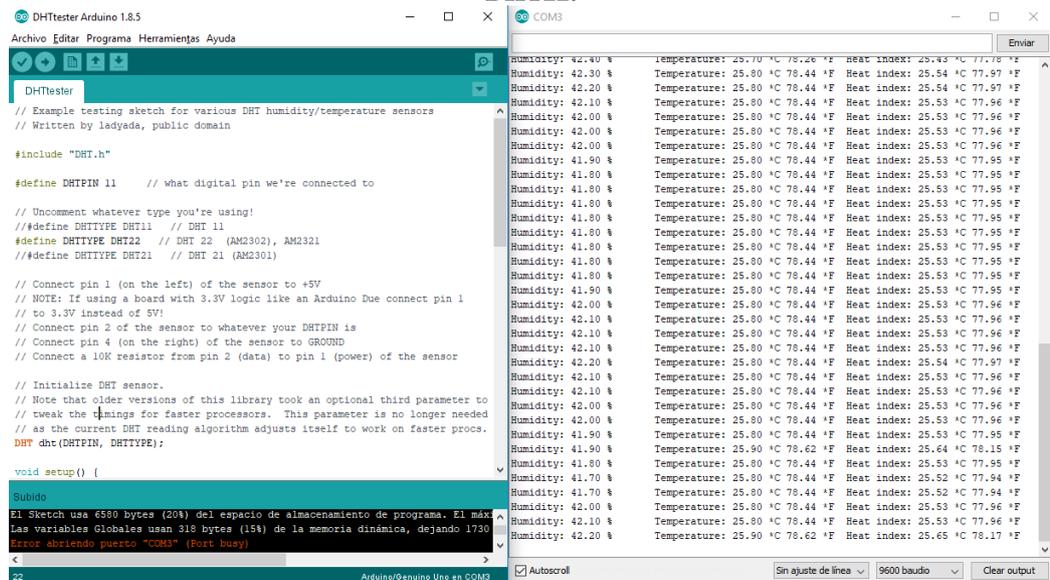
Figura 3.8: Prueba de funcionamiento del sensor DHT22 con el Arduino UNO.



Elaboración propia.

Así también utilizando el Software Arduino se carga el código de ejemplo de la librería *DHT.h* que se muestra en la Figura 3.9 al Arduino UNO con lo cual se comprueba el correcto funcionamiento del sensor DHT22; Las pruebas se realizaron en el interior.

Figura 3.9: Arduino UNO leyendo valores de humedad relativa y temperatura del sensor DHT22.



```

DHTtester Arduino 1.8.5
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
DHTtester
// Example testing sketch for various DHT humidity/temperature sensors
// Written by ladyada, public domain

#include "DHT.h"

#define DHTPIN 11 // what digital pin we're connected to

// Uncomment whatever type you're using!
// #define DHTTYPE DHT11 // DHT 11
#define DHTTYPE DHT22 // DHT 22 (AM2302), AM2321
// #define DHTTYPE DHT21 // DHT 21 (AM2301)

// Connect pin 1 (on the left) of the sensor to +5V
// NOTE: If using a board with 3.3V logic like an Arduino Due connect pin 1
// to 3.3V instead of 5V!
// Connect pin 2 of the sensor to whatever your DHTPIN is
// Connect pin 4 (on the right) of the sensor to GROUND
// Connect a 10K resistor from pin 2 (data) to pin 1 (power) of the sensor

// Initialize DHT sensor.
// Note that older versions of this library took an optional third parameter to
// tweak the timings for faster processors. This parameter is no longer needed
// as the current DHT reading algorithm adjusts itself to work on faster proc.
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

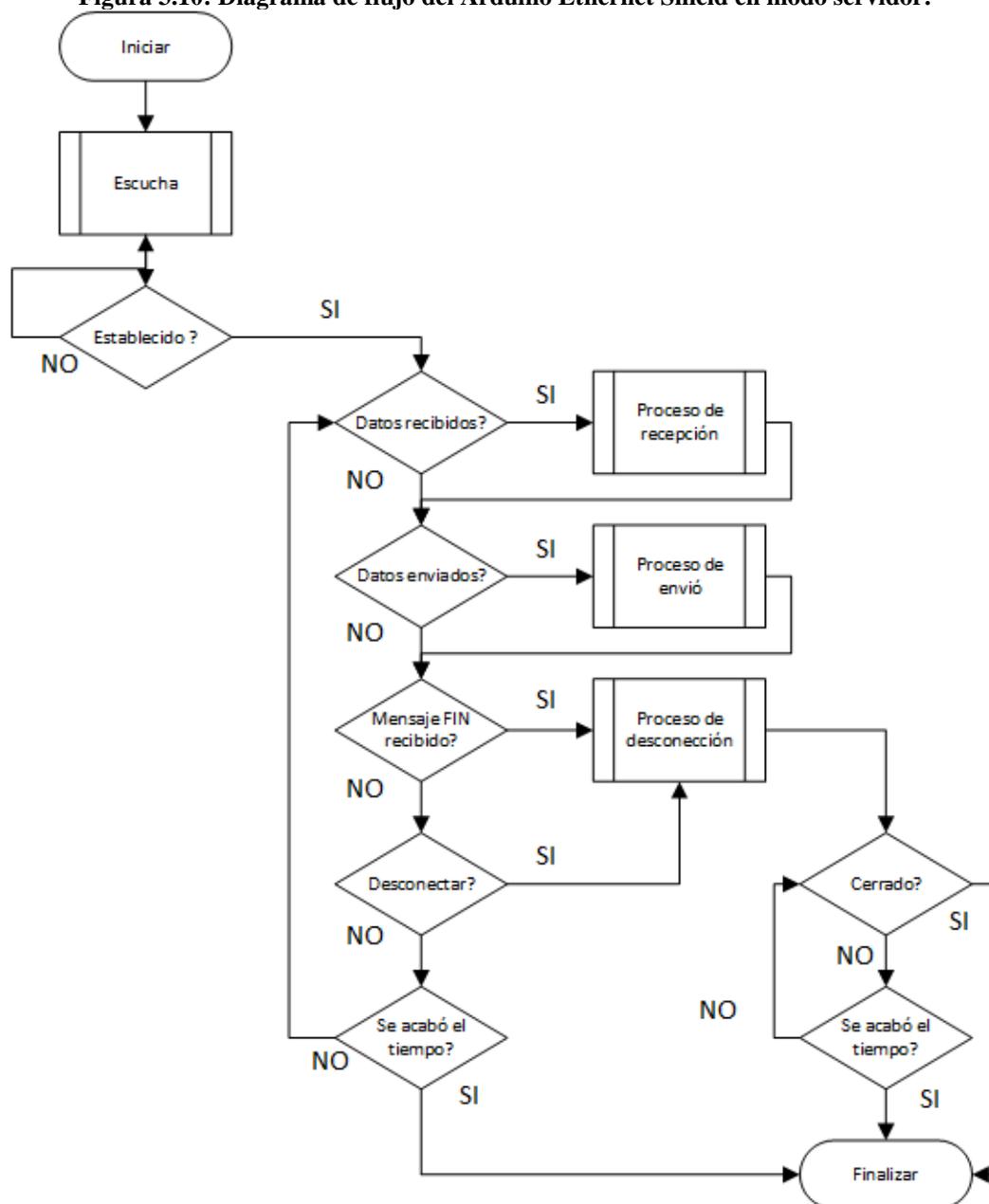
void setup() {
  Subido
  El Sketch usa 6580 bytes (20%) del espacio de almacenamiento de programa. El máx.
  Las variables Globales usan 318 bytes (15%) de la memoria dinámica, dejando 1730
  error abriendo puerto "COM3" (Port busy)
  22
  
```

Elaboración propia.

3.7.3 PRUEBA DE ARDUINO ETHERNET SHIELD CON ARDUINO UNO

Para la prueba se seguirán los siguientes pasos: Inicio, se importa la librería Ethernet.h para el Arduino Ethernet Shield, se inicia los puertos, se inicia la comunicación serial, se inicia el proceso Ethernet, se inicia el proceso de escucha en el puerto 80, se comprueba si estableció la conexión, en la Figura 3.10 se muestra el diagrama de flujo de la prueba.

Figura 3.10: Diagrama de flujo del Arduino Ethernet Shield en modo servidor.



Fuente: Adaptado de (WIZnet Co., 2008).

Como se muestra en la Figura 3.11 lo que se hace es conectar el módulo Ethernet Shield al Arduino UNO.

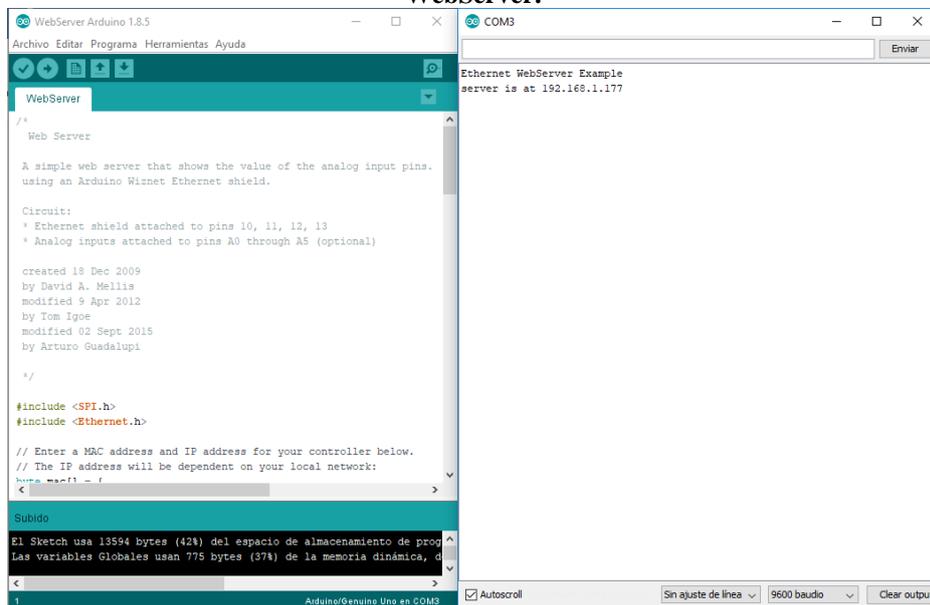
Figura 3.11: Conexión de Ethernet Shield al Arduino UNO y prueba de funcionamiento.



Elaboración propia.

Luego se carga el código de ejemplo disponible en el software Arduino, para la prueba se utiliza el código de ejemplo WebServer, en la Figura 3.12 se ve que la carga del código al Arduino UNO se realiza correctamente como también el WebServer Example se encuentra disponible en la dirección IP 192.168.1.177.

Figura 3.12: Prueba de Ethernet Shield con Arduino UNO con código de ejemplo WebServer.

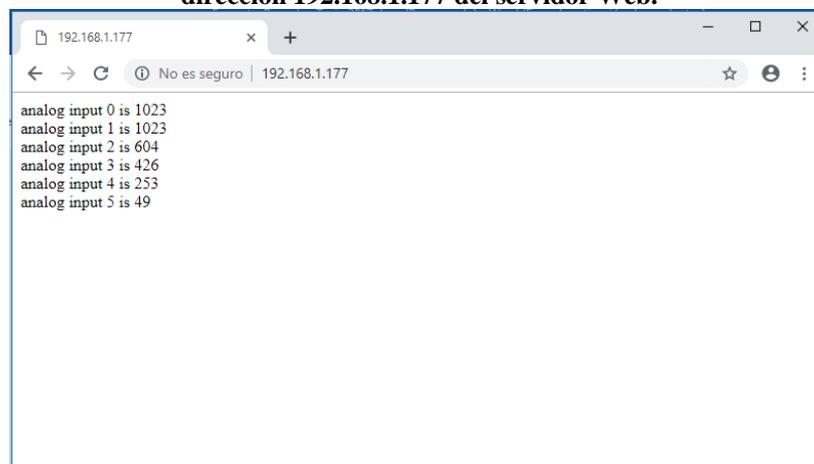


Elaboración propia.

En la Figura 3.13 muestra que al acceder a la dirección IP del WebServer Example desde un navegador web, éste muestra una interface web donde retorna

valores leídos de los puertos analógicos del Arduino UNO, estos valores son refrescados/actualizados cada segundo.

Figura 3.13: Interface web que retorna cuando se accede desde un navegador web a la dirección 192.168.1.177 del servidor Web.



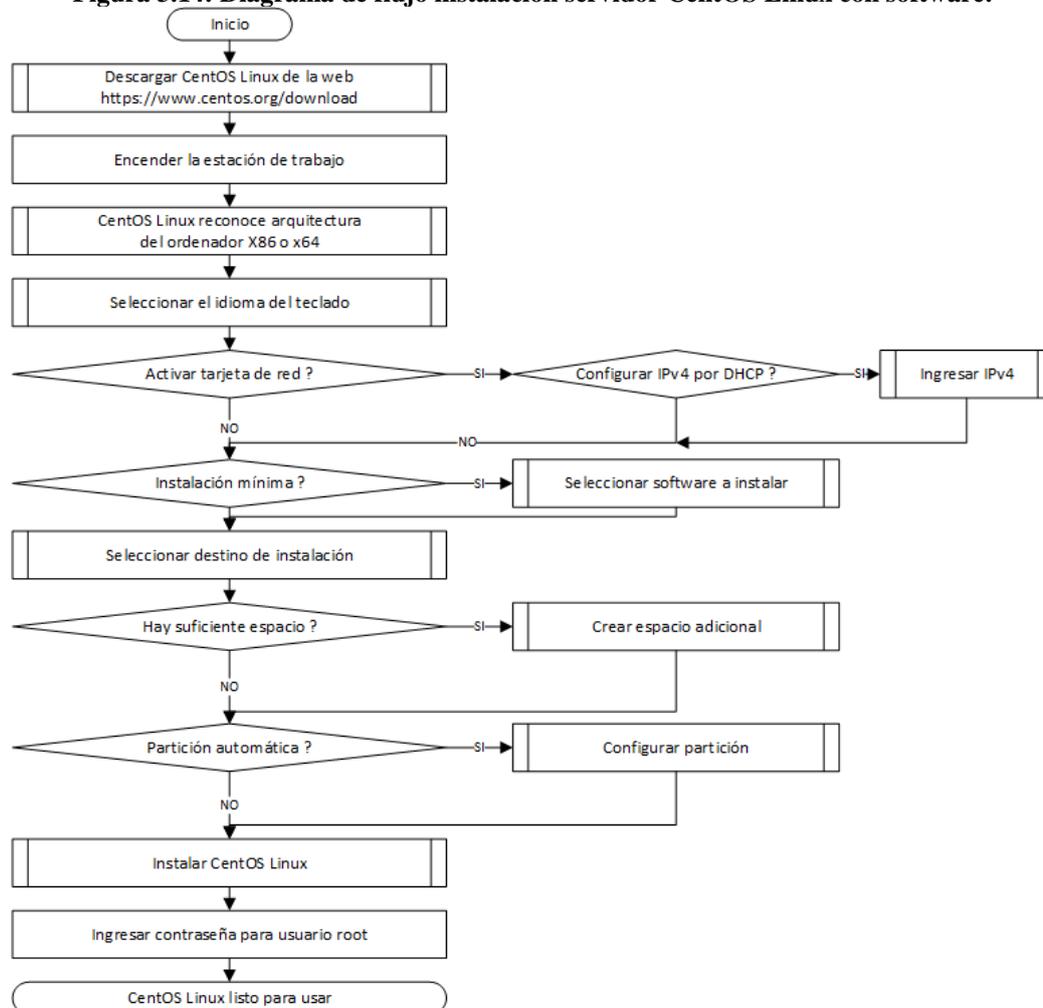
Elaboración propia.

3.7.4 INSTALACIÓN DE SERVIDOR CON SOFTWARE

Para la prueba se seguirán los siguientes pasos: Se inicia y accede a su página (<https://www.centos.org/download/>) donde se descarga una versión del software y para el tipo de medio de nuestra preferencia luego se procede a iniciar el proceso de instalación, al iniciar el instalador, nuestra la pantalla de donde se selecciona (con las teclas flecha arriba/abajo del teclado) la opción *Install CentOS Linux 7*, entonces se inicia el proceso de instalación. El instalador lo que hace es reconocer la arquitectura (x86 o x64) del ordenador y cargar los drivers necesarios para su funcionamiento luego continuar con la instalación, es entonces que el instalador da la bienvenida, para continuar se selecciona el idioma del teclado, seleccionado el idioma del teclado que se utiliza (para este caso el español), se da clic al botón *continuar*, aparece la pantalla del resumen de instalación del CentOS Linux, se hace clic en la opción *destino de instalación* en el cual se escoge se utilice todo el espacio del disco duro y que realice las particiones necesarias de forma automática, también se hace clic en la opción *selección de software*, donde

se escoge la opción *Instalación mínima*, ya que los softwares a utilizar se instalaran desde la línea de comandos más adelante una vez terminado la instalación, entonces se hace clic en el botón *Empezar instalación* y se procederá a instalar todo lo necesario para poder utilizar el CentOS Linux. Es importante mencionar que mientras se realiza la instalación, él mismo nos pide que se ingrese una contraseña para el usuario root (Administrador con todo los privilegios) y que se cree un nuevo usuario (con privilegios limitados), una vez terminado la instalación pedirá reiniciar el ordenador para empezar a utilizar, En la Figura 3.14 se muestra el diagrama de flujo de la instalación del servidor con el CentOS Linux.

Figura 3.14: Diagrama de flujo instalación servidor CentOS Linux con software.



Elaboración propia.

A continuación, se instala el sistema operativo CentOS Linux en el ordenador para el cual primero se accede a su página <https://www.centos.org/download/> de donde se descarga una versión del software que se muestra en la Figura 3.15.

Figura 3.15: Página para descargar el sistema operativo CentOS.



Elaboración propia.

Luego se realiza la instalación, al iniciar el instalador, muestra la pantalla como el de la Figura 3.16, se selecciona la opción *Install CentOS Linux 7* e inicia el proceso de instalación

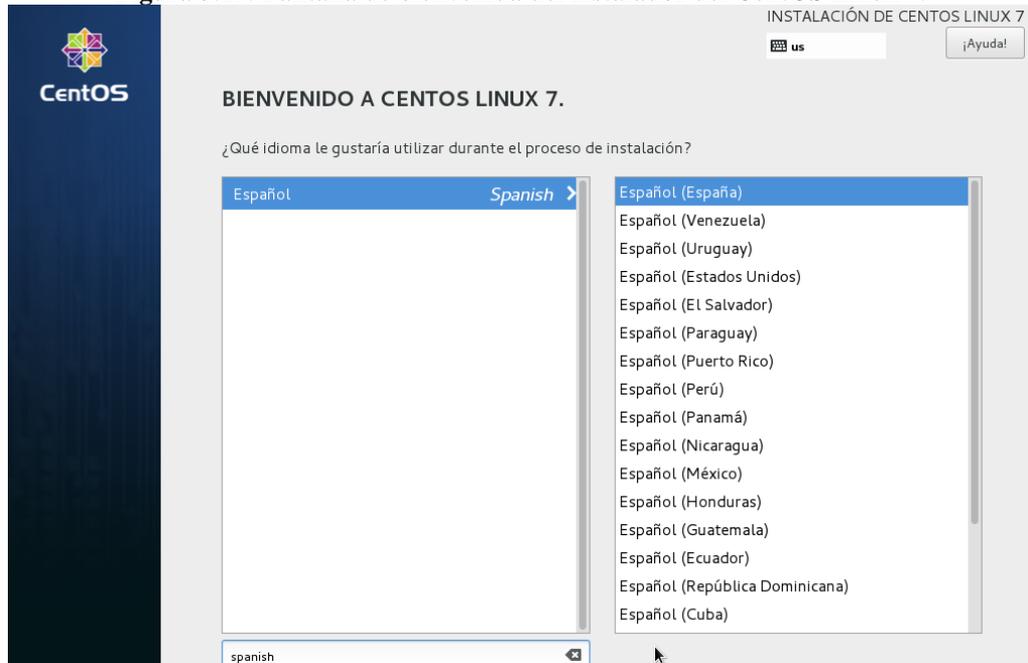
Figura 3.16: Pantalla antes de iniciar con la instalación del sistema operativo CentOS Linux.



Elaboración propia.

El instalador lo que hace es reconocer la arquitectura (x86 o x64) del ordenador y cargar los drivers necesarios para su funcionamiento luego continuar con la instalación, como se ve en la Figura 3.17 se selecciona el idioma del teclado, para este caso se ha seleccionado el idioma español.

Figura 3.17: Pantalla de bienvenida del instalador del CentOS Linux 7.



Elaboración propia.

De la pantalla que se muestra en la Figura 3.18, se selecciona el destino de la instalación.

Figura 3.18: Pantalla del resumen de instalación del sistema operativo CentOS Linux.



Elaboración propia.

Como en la Figura 3.19, se selecciona el disco duro y el particionado automático.

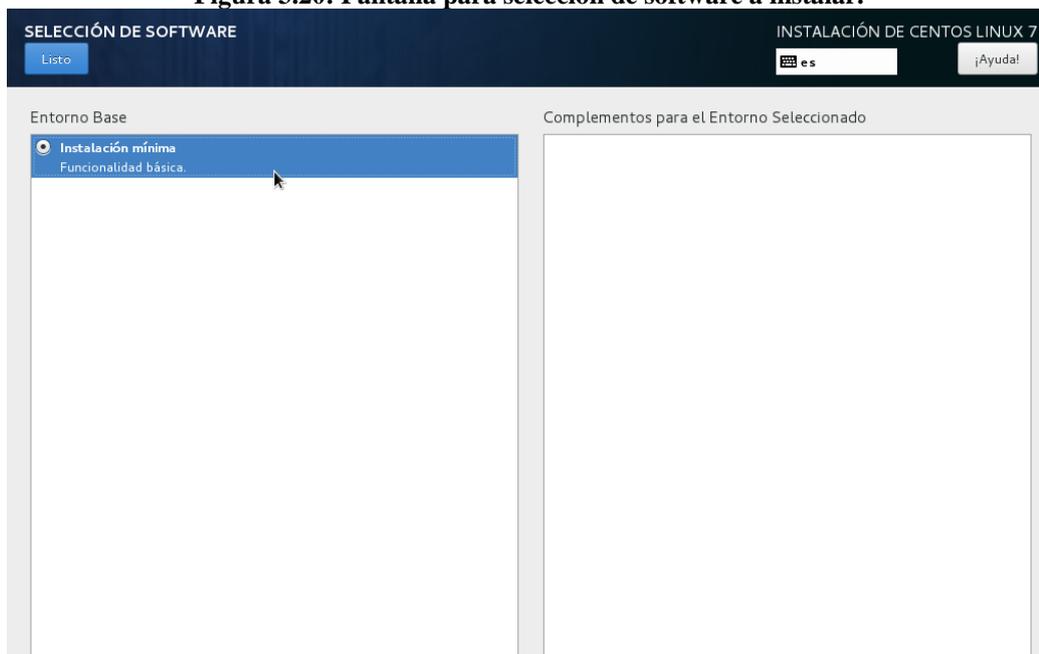
Figura 3.19: Pantalla para seleccionar el destino de la instalación del CentOS Linux.



Elaboración propia.

En la Figura 3.20 se muestra que se selecciona el tipo de instalación mínima.

Figura 3.20: Pantalla para selección de software a instalar.



Elaboración propia.

Como último paso, como se muestra en la Figura 3.21 se pone una contraseña para el usuario root (Administrador), entonces empieza la instalación del CentOS Linux.

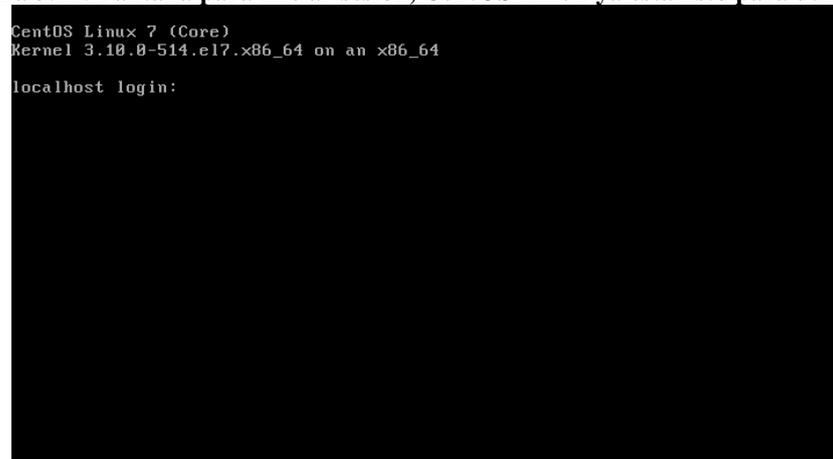
Figura 3.21: Pantalla que muestra que la instalación ha terminado y se puede empezar a utilizar.



Elaboración propia.

Una vez terminado de instalar el CentOS Linux, se muestra la pantalla como de la Figura 3.22, y se inicia sesión con el usuario root y la contraseña.

Figura 3.22: Pantalla para iniciar sesión, CentOS Linux ya está listo para utilizarse.



Elaboración propia.

Ahora se procede a instalar los programas (MySQL, Apache, PHP) que se utiliza en el servidor CentOS Linux, como se muestra en la Figura 3.23 y Figura 3.24 se ingresa los siguientes comandos para instalar los programas Apache, MySQL y PHP.

```
wget http://dev.mysql.com/get/mysql57-community-  
release-el7-7.noarch.rpm  
yum localinstall mysql57-community-release-el7-  
7.noarch.rpm  
yum -y install epel-release httpd mysql-community-  
server php php-mysql php-gd php-ldap php-odbc php-  
pear php-xml php-xmlrpc php-mbstring php-snmp php-  
soap curl curl-devel
```

En la Figura 3.23 se muestra el comando que permite descargar e instalar el servidor de base de datos MySQL.

Figura 3.23: Descarga de MySQL para CentOS Linux.

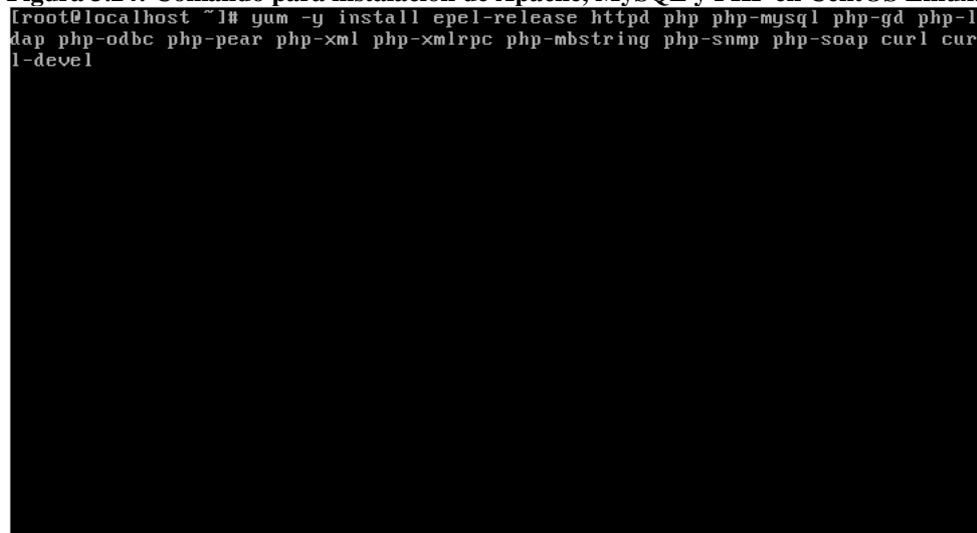


```
[root@localhost ~]# wget http://dev.mysql.com/get/mysql57-community-release-el7-  
7.noarch.rpm  
yum localinstall mysql57-community-release-el7-7.noarch.rpm
```

Elaboración propia.

En la Figura 3.24 se muestra el comando que permite la instalación del servidor Apache y el programa PHP.

Figura 3.24: Comando para instalación de Apache, MySQL y PHP en CentOS Linux.



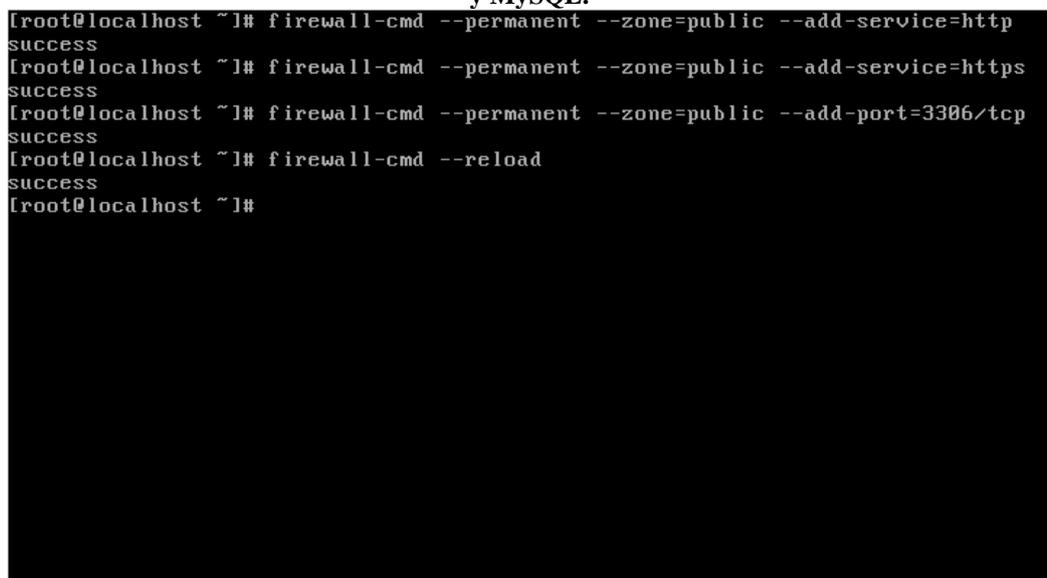
```
[root@localhost ~]# yum -y install epel-release httpd php php-mysql php-gd php-  
ldap php-odbc php-pear php-xml php-xmlrpc php-mbstring php-snmp php-soap curl cur  
l-devel
```

Elaboración propia.

Por defecto CentOS Linux restringe el acceso a todos los puertos de entrada del servidor con el fin de bloquear/prevenir de ataques y conexiones maliciosas; por lo tanto, como en la Figura 3.25, se ingresa los siguientes comandos.

```
firewall-cmd --permanent --zone=public --add-  
service=http  
firewall-cmd --permanent --zone=public --add-  
service=https  
firewall-cmd --permanent --zone=public --add-  
port=3306/tcp  
firewall-cmd --reload
```

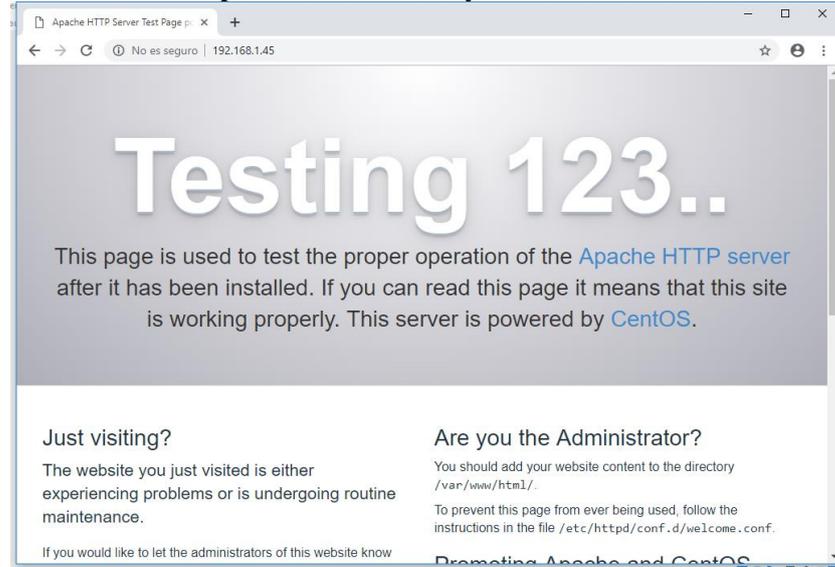
Figura 3.25: Configuración de firewall de CentOS para que acepte conexiones para Apache y MySQL.



```
[root@localhost ~]# firewall-cmd --permanent --zone=public --add-service=http  
success  
[root@localhost ~]# firewall-cmd --permanent --zone=public --add-service=https  
success  
[root@localhost ~]# firewall-cmd --permanent --zone=public --add-port=3306/tcp  
success  
[root@localhost ~]# firewall-cmd --reload  
success  
[root@localhost ~]#
```

Elaboración propia.

De esta manera el servidor acepta las conexiones entrantes a los servicios http, https (secure HTTP) y 3306/tcp (MySQL). Como se evidencia en la Figura 3.26 y Figura 3.27 los servidores Apache Web y MySQL se encuentran en instalados y en funcionamiento.

Figura 3.26: Servidor Apache Web instalado y en funcionamiento en CentOS Linux.

Elaboración propia.

En la Figura 3.27 se muestra la pantalla de bienvenida de la base de MySQL.

Figura 3.27: Servidor MySQL instalado y en funcionamiento en CentOS Linux.

```

[root@localhost ~]# mysql -u root -p
Enter password:
Welcome to the MySQL monitor.  Commands end with ; or \g.
Your MySQL connection id is 5
Server version: 5.7.25 MySQL Community Server (GPL)

Copyright (c) 2000, 2019, Oracle and/or its affiliates. All rights reserved.

Oracle is a registered trademark of Oracle Corporation and/or its
affiliates. Other names may be trademarks of their respective
owners.

Type 'help;' or '\h' for help. Type '\c' to clear the current input statement.

mysql>

```

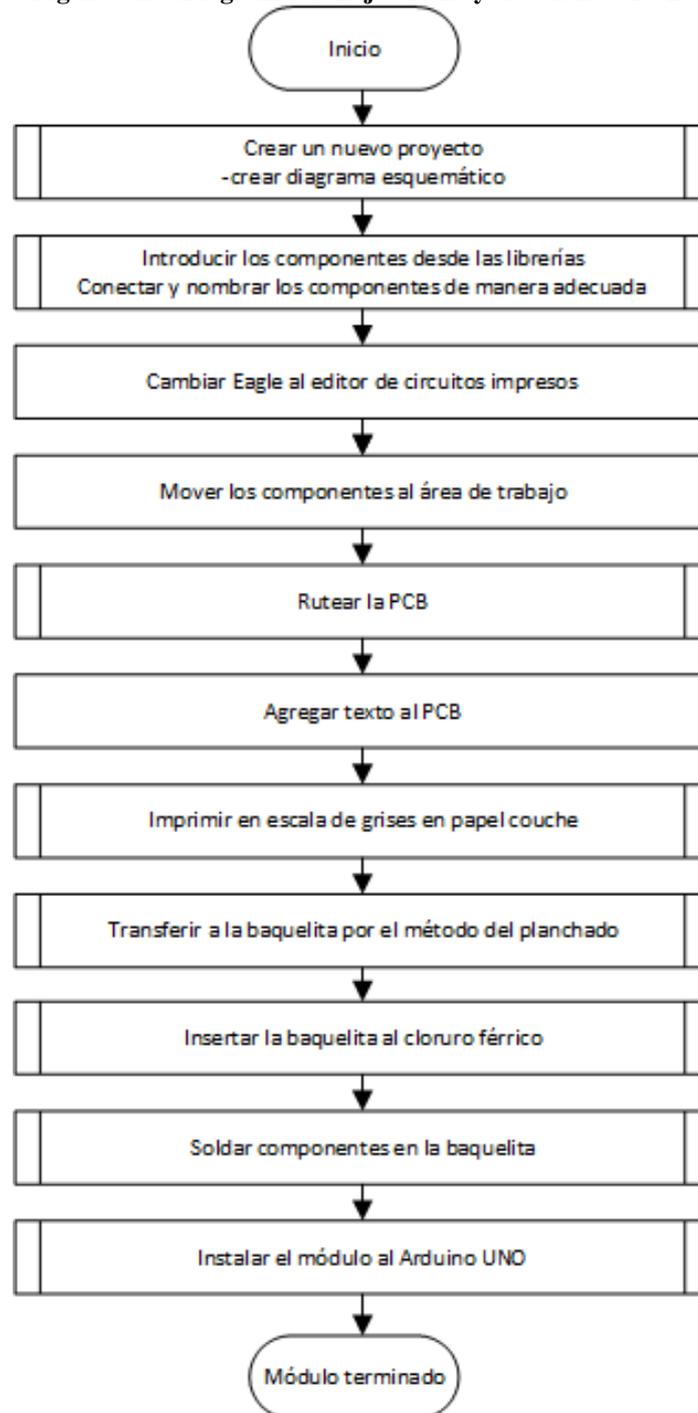
Elaboración propia.

3.7.5 DISEÑO DE PCB EN SOFTWARE EAGLE

El diseño del esquemático y del PCB (Printed Circuit Board) se realizó en el software Eagle CadSoft según los siguientes pasos: Se inicia creando un nuevo proyecto y un nuevo archivo esquemático, ahí se inserta de la librería el Arduino UNO, los conectores molex y pines para luego conectarlos y nombrarlos; se cambia el Eagle al edito de circuito impresos, se mueven los componentes al área de trabajo para realizar el ruteo, terminado el diseño se imprime a papel couche y

se transfiere a la baquelita por el método del planchado, se inserta la baquelita en cloruro férrico y se suelda los conectores molex y pines, terminado el proceso el módulo se instala en el Arduino UNO, en la Figura 3.28 se muestra el diagrama de flujo de los pasos que se van a seguir para el diseño y creación de la PCB (Printed Circuit Board).

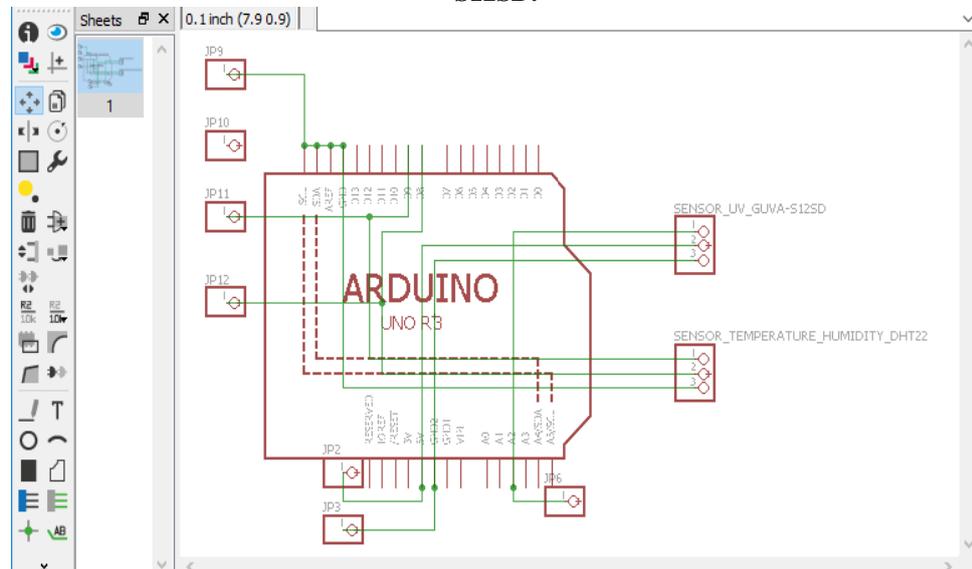
Figura 3.28: Diagrama de flujo diseño y creación de PCB.



Elaboración propia.

En la Figura 3.29 se muestra el proceso del diseño del diagrama esquemático donde se ha utilizado dos conectores de tipo molex para la conexión de los sensores de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa.

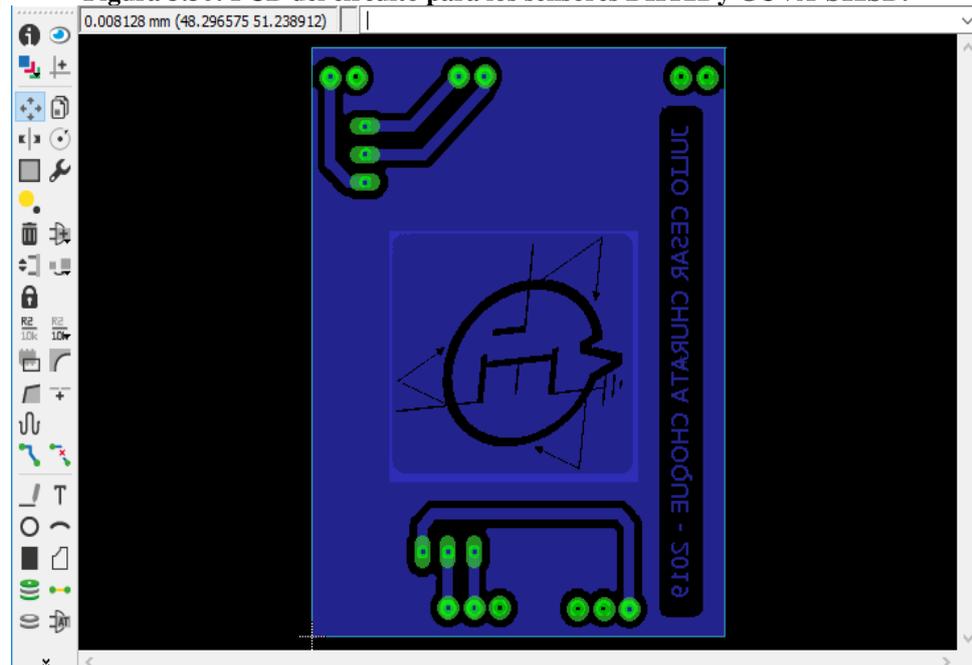
Figura 3.29: Diagrama del esquemático del circuito para los sensores DHT22 y GUYA-S12SD.



Elaboración propia.

Luego de terminado el diagrama esquemático, se realiza el diseño de la tarjeta de circuito impreso quedando como se muestra en la Figura 3.30 listo para su impresión y transferencia a la baquelita con el método del planchado.

Figura 3.30: PCB del circuito para los sensores DHT22 y GUYA-S12SD.



Elaboración propia.

En la Figura 3.31 se muestra como quedo la placa de circuito impreso.

Figura 3.31: PCB de circuito impreso para los sensores DHT22 y GUVB-S12SD.



Elaboración propia.

En la Figura 3.32 se muestra la PCB instalado en la placa Arduino UNO con el Arduino Ethernet Shield, los sensores de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa.

Figura 3.32: Prototipo final realizando adquisición de datos de los sensores.



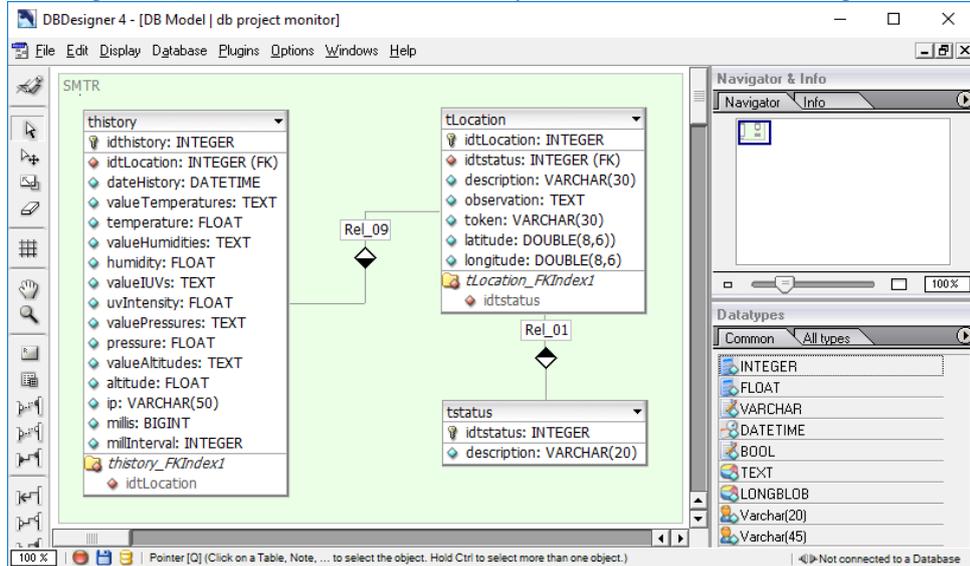
Elaboración propia.

3.7.6 DISEÑO Y CREACIÓN DE BASE DE DATOS EN MYSQL

El diseño de la base de datos se realizó en el programa DBDesigner 4, se han creado las tablas tstatus: Tabla que permite almacenar estados que puede tener una estación, como por ejemplo activado, desactivado o eliminado, esta tabla se encuentra relacionada con la tabla tlocation; tlocation: Tabla que permite almacenar información relacionada a una estación, como fecha y hora de creación, estado, descripción, observación, latitud y longitud; estos dos últimos campos son necesarios para poder insertar información al google maps; thistory: permite

almacenar los valores que se adquirieron de los sensores, resultando como diseño final lo que muestra la Figura 3.33.

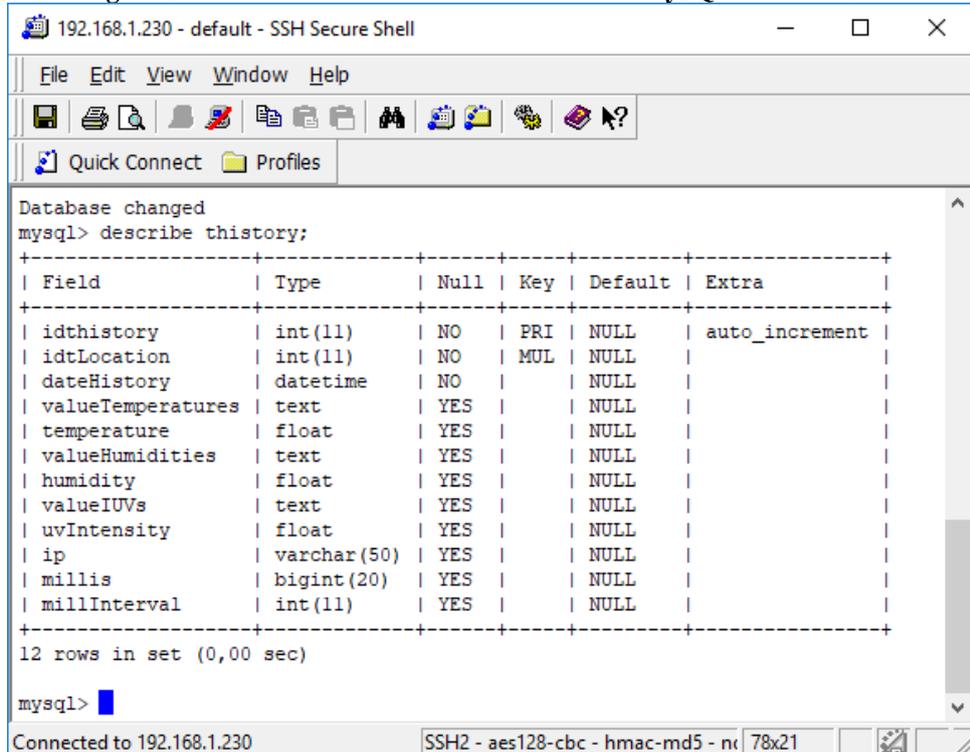
Figura 3.33: Diseño de base de datos MySQL en el software DBDesigner 4.



Elaboración propia.

Una vez terminado el diseño se creó la base de datos en MySQL, la administración de la base de datos se realiza mediante consola como se muestra en la Figura 3.34.

Figura 3.34: Administración de base de datos en MySQL desde consola.

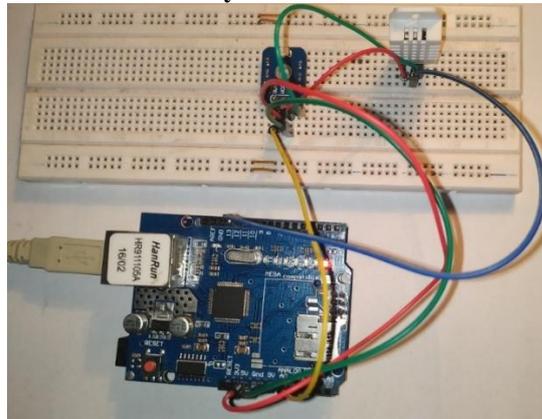


Elaboración propia.

3.7.7 PRUEBA DE CONEXIÓN ENTRE ARDUINO UNO Y SERVIDOR CON DATOS OBTENIDOS DE LOS SENSORES

Se realizó las conexiones de los sensores DHT22 y GUYA-S12D y el módulo Ethernet Shield a la tarjeta Arduino UNO para la lectura de datos y comprobar su correcto funcionamiento quedando tal como se muestra en la Figura 3.35.

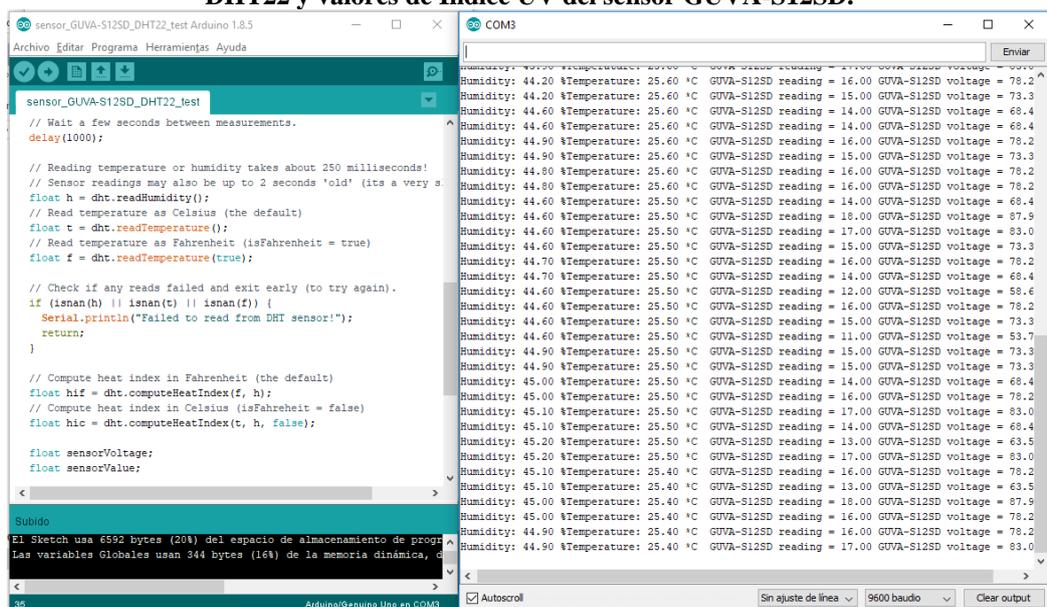
Figura 3.35: Prueba de funcionamiento de sensor DHT22, sensor GUYA-S12SD, Ethernet Shield y Arduino UNO.



Elaboración propia.

Los resultados de la lectura de datos son mostrados inicialmente en el mismo software Arduino como se muestra en la Figura 3.36.

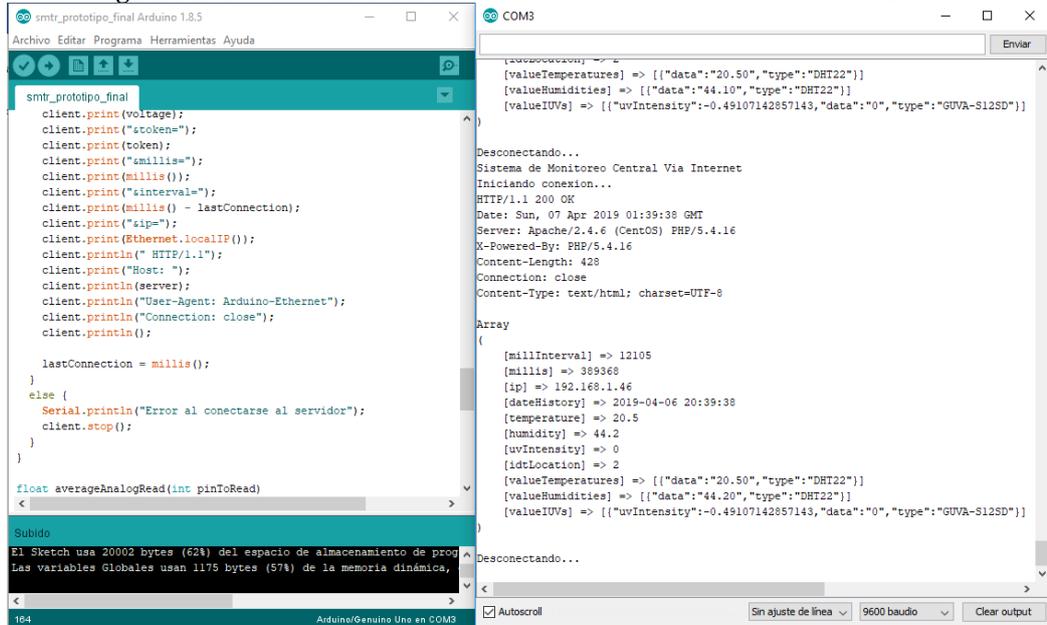
Figura 3.36: Arduino UNO leyendo valores de temperatura y humedad relativa del sensor DHT22 y valores de Índice UV del sensor GUYA-S12SD.



Elaboración propia.

La tarjeta Arduino UNO envía la información recopilada de los sensores por medio de la Ethernet Shield a un script PHP del servidor, para que éste a su vez almacene la información en la base de datos. En la Figura 3.37 se muestra la respuesta del servidor luego de recibir los datos.

Figura 3.37: Prueba de envío de información a servidor con Ethernet Shield.



Elaboración propia.

3.7.8 DESARROLLO DE SISTEMA DE MONITOREO EN LOS LENGUAJES PHP, JAVASSCRIPT, HTML, CSS

Las interfaces web se desarrollaron en los lenguajes PHP, JavaScript, HTML y CSS, en la Figura 3.38 se muestra el código del programa en PHP que recibe la información de la tarjeta Arduino UNO y que posteriormente almacena la información en la tabla thistory de la base de datos.

Figura 3.38: Código del programa que permite recibir y guardar la información recibida del Arduino UNO.

```
File Edit Selection Find View Goto Tools Project Preferences Help Arduino
saveHistory.php x
1 <?php
2 ini_set('display_errors', 1);
3 ini_set('display_startup_errors', 1);
4 error_reporting(E_ALL);
5
6 function mapFloat($y, $in_min, $in_max, $out_min, $out_max) {
7     return ($y - $in_min) * ($out_max - $out_min) / ($in_max - $in_min) + $
8     out_min;
9 }
10
11 require('./mysql_class.php');
12 $m = new MySQLDB();
13
14 $history['millInterval'] = $_GET['interval'];
15 $history['millis'] = $_GET['millis'];
16 $history['ip'] = $_GET['ip'];
17
18 $history['dateHistory'] = date("Y-m-d H:i:s");
19 $history['temperature'] = '0';
20 $history['humidity'] = '0';
21 $history['pressure'] = '0';
22 $history['altitude'] = '0';
23 $history['uvIntensity'] = '0';
24 $history['idtLocation'] = '0';
25
26 $valueIUVsVoltage = '';
27 $uvIntensityVoltage = '0';
28 $temperatureBMP180 = '';
29
30 $history['valueTemperatures'] = array();
31 if (isset($_GET['temperatureBMP180'])) {
32     $valueTemperaturesBMP180 = explode(',', $_GET['temperatureBMP180']);
33     for ($i=0; $i < count($valueTemperaturesBMP180); $i++) {
34         $temperatureBMP180 += $valueTemperaturesBMP180[$i]/count($
```

Elaboración propia.

En la Figura 3.39 se ve parte del código creado para mostrar la interface web del historial del índice de radiación UV.

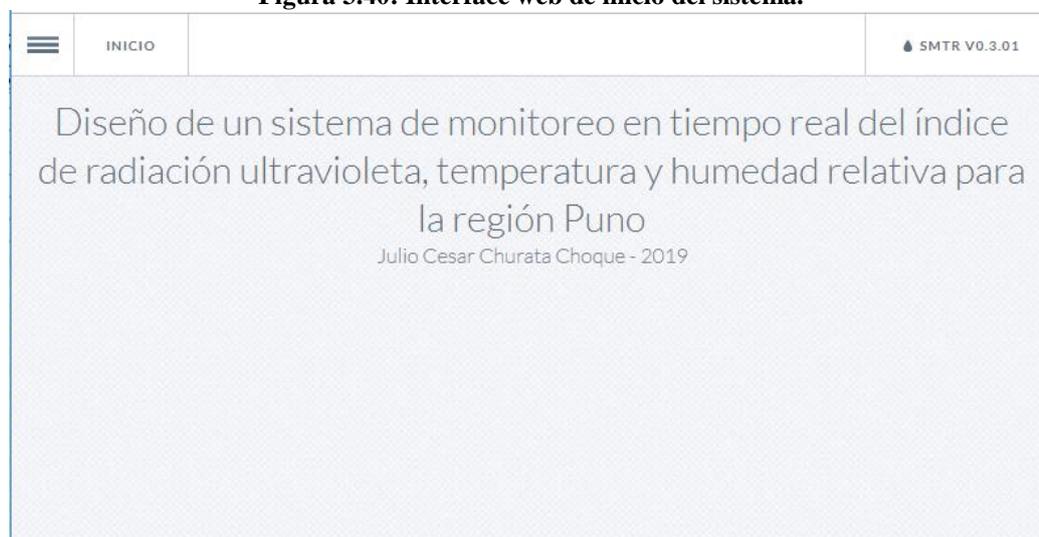
Figura 3.39: Código del programa del historial del Índice UV.

```
File Edit Selection Find View Goto Tools Project Preferences Help Arduino
historyUV.php x
139 });
140
141 $("body").on("keydown", function(e){
142     if(e.keyCode === 32) {
143         if(e.ctrlKey)
144             $(".af-wrapper h3").click();
145     }
146 });
147
148 </script>
149
150 </head>
151 <body>
152     <div class="container">
153         <?php
154             require('menu.php');
155         ?>
156         <header>
157             <section class="af-wrapper">
158                 <h3>Ver historial de radiación UV</h3>
159                 <form class="af-form" id="af-form" action="/" >
160
161                     <div class="af-outer">
162                         <div class="af-inner">
163                             <label for="select_1">Departamento</label>
164                             <select disabled="disabled" id="select_1" name="
165                                 location[idtDepartment]" onChange='$.loadContent(2)'
166                                 required>
167                                 <option value=''>-Departamentos-</option>
168                             </select>
169                         </div>
170                     </div>
171                 </form>
172             </section>
173         </header>
174     </div>
175 </body>
176 </html>
```

Elaboración propia.

En la Figura 3.40 se muestra la página de inicio del sistema, desde donde se puede acceder a las distintas interfaces del sistema.

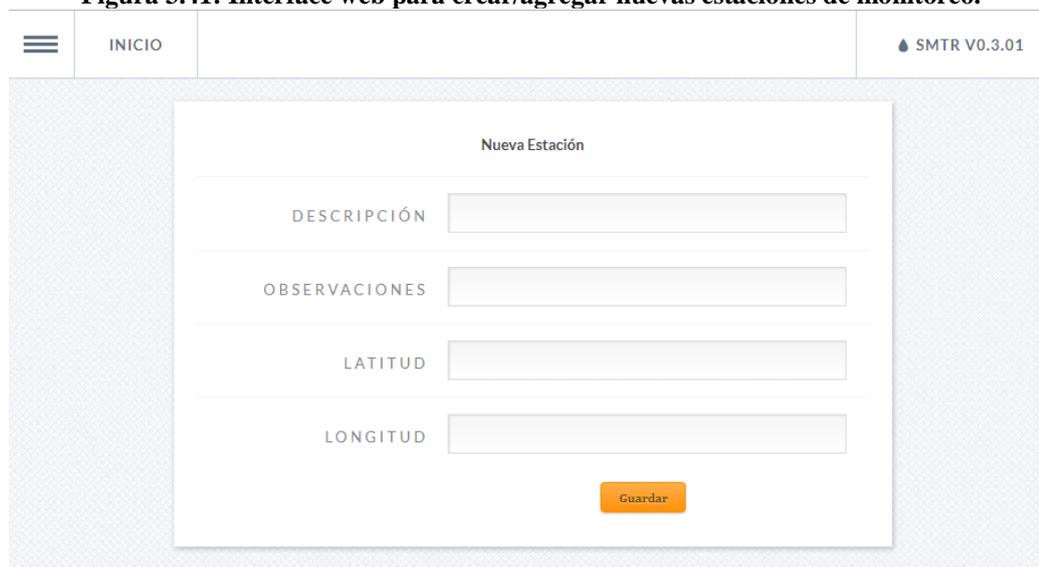
Figura 3.40: Interface web de inicio del sistema.



Elaboración propia.

En la Figura 3.41 se muestra la interface web que permite la creación de nuevas estaciones de monitoreo, para lo cual se necesita ingresar una descripción y observación de la estación, la latitud y longitud que será utilizada para la inserción de datos en el mapa.

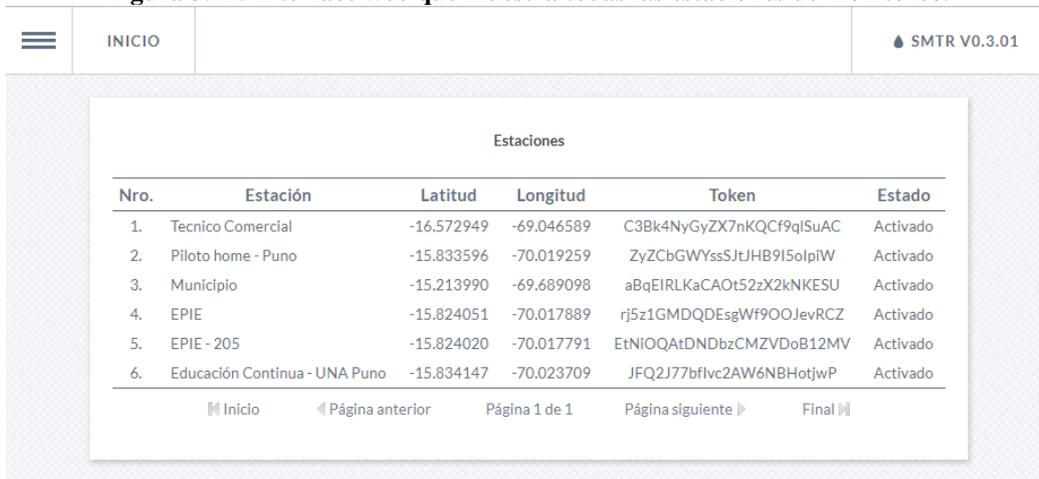
Figura 3.41: Interface web para crear/agregar nuevas estaciones de monitoreo.



Elaboración propia.

En la Figura 3.42, la interface web, se muestra las diferentes estaciones de monitoreo que se van añadiendo. El Token que identifica a cada estación se utiliza para la programación del Arduino UNO.

Figura 3.42: Interface web que muestra todas las estaciones de monitoreo.

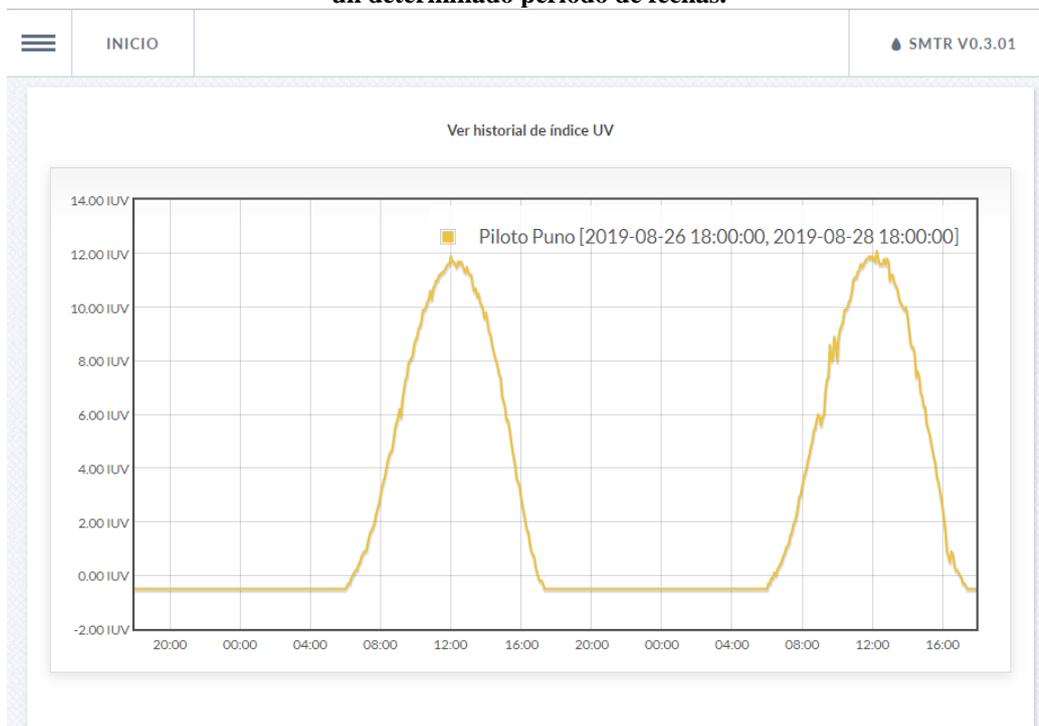


Estaciones					
Nro.	Estación	Latitud	Longitud	Token	Estado
1.	Tecnico Comercial	-16.572949	-69.046589	C3Bk4NyGyZX7nKQCf9qISuAC	Activado
2.	Piloto home - Puno	-15.833596	-70.019259	ZyZCbGWYssSJtJHB9I5olpiW	Activado
3.	Municipio	-15.213990	-69.689098	aBqEIRLKaCAOt52zX2kNKESU	Activado
4.	EPIE	-15.824051	-70.017889	rj5z1GMDQDEsgWf9OOJevRCZ	Activado
5.	EPIE - 205	-15.824020	-70.017791	EtNIOQAtDNDbzCMZVDoB12MV	Activado
6.	Educación Continua - UNA Puno	-15.834147	-70.023709	JFQ2J77bflvc2AW6NBHotjwP	Activado

Elaboración propia.

En la Figura 3.43 se ve la interface web que muestra en un gráfico la variación del índice de radiación ultravioleta de una estación para un determinado periodo de fecha.

Figura 3.43: Interface web que permite mostrar en un gráfico la variación del Índice UV en un determinado periodo de fechas.



Elaboración propia.

3.7.9 PRUEBA DE PROTOTIPO

Se realizó 3 experimentos en la ciudad de Puno (Latitud: -15.833348 y Longitud: -70.018568), en la Tabla 3.2 se muestra el parámetro de la prueba.

Tabla 3.2: Parámetro de la prueba.

Experimento N°	Variable	Fecha y Hora de inicio	Fecha y hora de finalización	Frecuencia de muestreo
Experimento 1	Índice de radiación ultravioleta	26/08/2019 18:00:00	28/08/2019 17:59:59	3 muestras por minuto
Experimento 2	Temperatura	26/08/2019 18:00:00	28/08/2019 17:59:59	3 muestras por minuto
Experimento 3	Humedad relativa	26/08/2019 18:00:00	28/08/2019 17:59:59	3 muestras por minuto

Elaboración propia.

Un extracto de los datos obtenidos en las mediciones del índice de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa se muestra en el ANEXO 1.

En la Figura 3.44 se muestra el prototipo instalado en una azotea (Latitud: -15.833348 y Longitud: -70.018568) de la ciudad de Puno.

Figura 3.44: Adquisición de datos en la ciudad Puno.



Elaboración propia.

3.8 PLAN DE TRATAMIENTO DE LOS DATOS

Los datos se tabulan y organizan según los indicadores que se determinaron para la presente investigación aplicando métodos estadísticos. Se aplica la prueba de diferencia de medias para determinar el porcentaje de diferencia entre las mediciones y la prueba T de Student para comprobar las hipótesis.

3.9 DISEÑO ESTADÍSTICO

Experimento 1

Se realiza la medición del índice de radiación ultravioleta durante dos días del 26/08/2019 desde las 18:00:00 a 17:59:59 del 28/08/2019, se compara los valores obtenidos con las mediciones del índice de radiación ultravioleta realizadas por el SENAMHI, se aplica la prueba de diferencia de medias para determinar el porcentaje de diferencia entre las mediciones realizadas por el sistema de monitoreo en tiempo real y SENAMHI; Se aplica la prueba T de Student con el que se busca comprobar las hipótesis y así determinar si existen diferencias significativas entre las mediciones del índice de radiación ultravioleta realizadas por el sistema de monitoreo en tiempo real y SENAMHI.

Experimento 2

Se realiza la medición de la temperatura durante dos días del 26/08/2019 desde las 18:00:00 a 17:59:59 del 28/08/2019, se compara los valores obtenidos con las mediciones de la temperatura realizadas por el SENAMHI, se aplica la prueba de diferencia de medias para determinar el porcentaje de diferencia entre las mediciones realizadas por el sistema de monitoreo en tiempo real y SENAMHI; Se aplica la prueba T de Student con el que se busca comprobar las hipótesis y así determinar si existen diferencias significativas entre las mediciones de la temperatura realizadas por el sistema de monitoreo en tiempo real y SENAMHI.

Experimento 3

Se realiza la medición de la humedad relativa durante dos días del 26/08/2019 desde las 18:00:00 a 17:59:59 del 28/08/2019, se compara los valores obtenidos con las mediciones de la temperatura realizadas por el SENAMHI, se aplica la prueba de diferencia de medias para determinar el porcentaje de diferencia entre las mediciones realizadas por el sistema de monitoreo en tiempo real y SENAMHI; Se aplica la prueba

T de Student con el que se busca comprobar las hipótesis y así determinar si existen diferencias significativas entre las mediciones de la temperatura realizadas por el sistema de monitoreo en tiempo real y SENAMHI.

3.10 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE

En la Tabla 3.3 se muestra el objetivo y la operacionalización para el presente proyecto de investigación.

Tabla 3.3: Cuadro de operacionalización de variable independiente y dependiente.

Variable	Definición conceptual	Indicadores	Unidad de medida
<p>Variabes independientes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Radiación ultravioleta • Temperatura • Humedad relativa 	<p>Índice de radiación ultravioleta: Es una medida sencilla de la intensidad de la radiación UV en la superficie terrestre y un indicador de su capacidad de producir lesiones cutáneas, que sirve como vehículo importante para hacer conciencia en la población y advertir a las personas de la necesidad de adoptar medidas de protección cuando se exponen a la radiación ultravioleta</p> <p>Temperatura: Grado o nivel térmico de un cuerpo o la atmosfera. La temperatura del aire se suele medir en grados Celsius (°C) y es una magnitud referida a las nociones comunes de calor medible mediante un termómetro o sensor de temperatura.</p> <p>Humedad relativa: De una mezcla de aire y agua se define como la relación de la presión parcial del vapor de agua en la mezcla a la presión de vapor de equilibrio del agua sobre una superficie de agua pura a una temperatura, Este parámetro no tiene unidades se mide en porcentaje %.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Índice de radiación ultravioleta medida realizada por el sistema de monitoreo en tiempo real. • Índice de radiación ultravioleta medida realizada por el SENAMHI. • Temperatura medida realizada por el sistema de monitoreo en tiempo real. • Temperatura medida realizada por el SENAMHI. • Humedad relativa medida realizada por el sistema de monitoreo en tiempo real. • Humedad relativa medida realizada por el SENAMHI. 	<ul style="list-style-type: none"> • Índice de radiación ultravioleta a (IUV) • Índice de radiación ultravioleta a (IUV) • Grados Celsius (°C). • Grados Celsius (°C). • Porcentaje (%) • Porcentaje (%)
<p>Variable dependiente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diferencia significativa 	<p>Diferencia significativa: Evidencias de que hay una desigualdad entre las estimaciones de parámetros de dos poblaciones o muestras.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Diferencia en la medición realizada por el sistema de monitoreo en tiempo real y SENAMHI. 	<ul style="list-style-type: none"> • Si o No

Elaboración propia.

CAPÍTULO IV

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS DE LOS EXPERIMENTOS

Para la obtención de los datos climatológicos en tiempo real se usa el sistema de adquisición implementado, un extracto de los datos obtenidos en las mediciones del índice de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa realizadas por el sistema de monitoreo en tiempo real, lo que se muestra en el ANEXO 1 que corresponden a 8159 mediciones por cada variable, en la Tabla 4.1 se detalla el parámetro de muestreo para cada variable.

Tabla 4.1: Parámetros del muestreo.

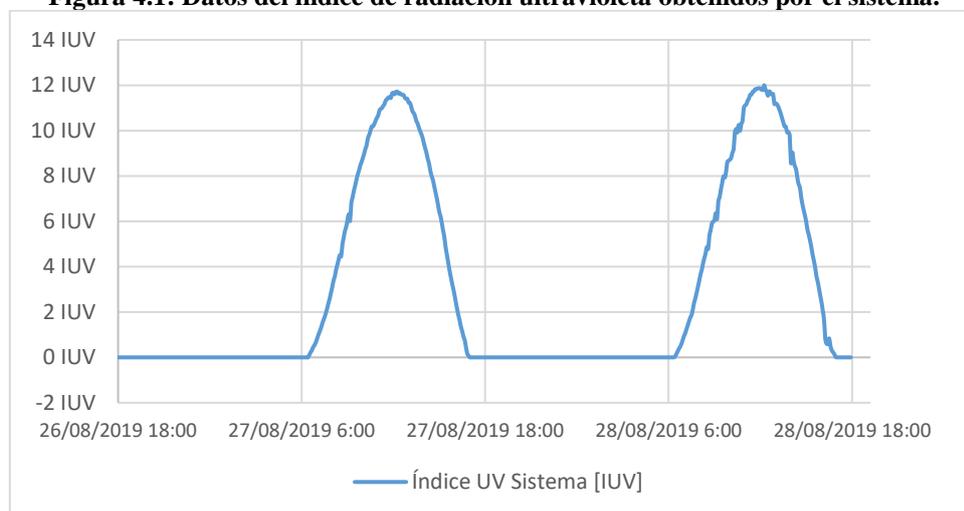
Parámetro de muestreo	Valor programado
Fecha y hora de inicio	26/08/2019 18:00:00
Fecha y hora de finalización	28/08/2019 17:59:59
Frecuencia de muestreo	3 muestras por minuto

Elaboración propia.

4.1.1 EXPERIMENTO 1: RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DEL ÍNDICE DE RADIACIÓN ULTRAVIOLETA

En la Figura 4.1 se muestra información de las mediciones del índice de radiación ultravioleta obtenida por el sistema de monitoreo en tiempo real.

Figura 4.1: Datos del índice de radiación ultravioleta obtenidos por el sistema.

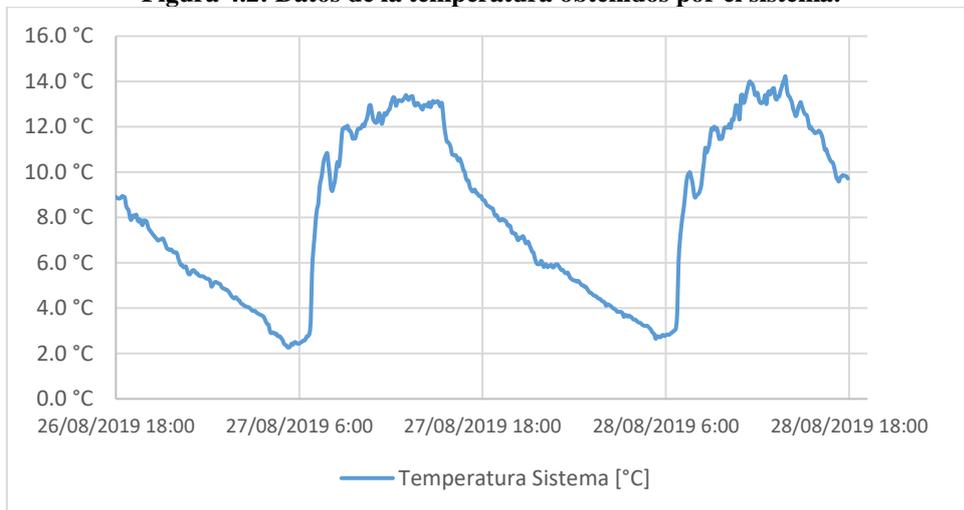


Elaboración propia.

4.1.2 EXPERIMENTO 2: RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA

En la Figura 4.2 se muestra información de las mediciones de la temperatura obtenida por el sistema de monitoreo en tiempo real.

Figura 4.2: Datos de la temperatura obtenidos por el sistema.

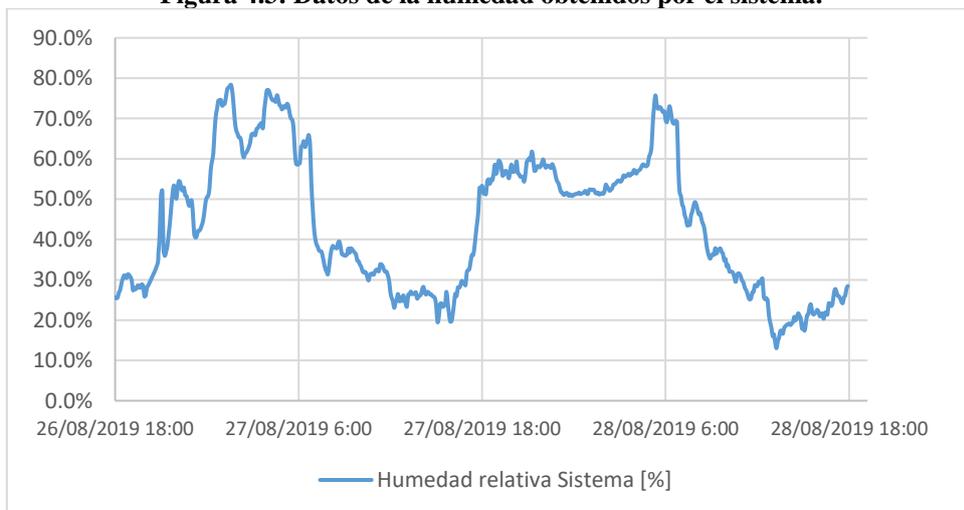


Elaboración propia.

4.1.3 EXPERIMENTO 3: RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DE LA HUMEDAD RELATIVA

En la Figura 4.3 se muestra información de las mediciones de la humedad relativa obtenida por el sistema de monitoreo en tiempo real.

Figura 4.3: Datos de la humedad obtenidos por el sistema.



Elaboración propia.

Para validar los resultados del índice de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa obtenidos por el sistema de monitoreo en tiempo real se realiza un contraste con datos de una estación meteorológica del SENAMHI disponibles en su página web <https://www.senamhi.gob.pe>, con los siguientes detalles:

- Estación: PUNO
- Departamento: PUNO
- Provincia: PUNO
- Distrito: PUNO
- Latitud: 15°49'34.5" S
- Longitud: 70°0'43.5" W
- Altitud: 3812 msnm.
- Tipo: Automática - Meteorológica
- Código: 472DD33A

El resultado de promedios de los datos del índice de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa adquiridos por el sistema de monitoreo en tiempo real y de los datos del índice de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa adquiridos por el SENAMHI durante el periodo de muestreo del 26 de agosto desde las 18:00:00 a 17:59:59 del 28 de agosto de 2019 se presentan en el ANEXO 6.

4.2 RESULTADOS EXPERIMENTALES DE MEDICIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO EN TIEMPO REAL

4.2.1 EXPERIMENTO 1: PRUEBA DE DIFERENCIA DE MEDIAS DEL ÍNDICE DE RADIACIÓN ULTRAVIOLETA

Para el cálculo de la media (\bar{X}), tamaño de la muestra (n), varianza (S^2), desviación estándar (S), coeficiente de variación ($C.V.$), error estándar de la media ($SE_{\bar{X}}$) e intervalo de confianza (IC al 95%) de las mediciones del índice de

radiación ultravioleta del sistema de monitoreo en tiempo real se tomaron muestras en intervalos de una hora, los resultados de los cálculos se detallan en el ANEXO 3 que corresponden a 8159 mediciones.

Al procesar los datos del índice de radiación ultravioleta se procede a calcular la media (\bar{X}), varianza (S^2), tamaño de la muestra (n) de los datos del índice de radiación ultravioleta del ANEXO 6 obtenidos por el sistema de monitoreo en tiempo real y SENAMHI, en la Tabla 4.2 se muestran los resultados de los cálculos.

Tabla 4.2: Media, varianza y tamaño de la muestra de las mediciones del índice de radiación ultravioleta del sistema y SENAMHI.

	Sistema (1)	SENAMHI (2)
Media \bar{x}_i	2.958	2.833
Varianza S_i^2	18.2448	19.2908
Tamaño de la muestra n_i	48	48

Elaboración propia.

Se procede a calcular el error de medición entre las variables del índice de radiación ultravioleta obtenidas por el sistema y SENAMHI, para este cálculo utilizamos la ecuación (4.1):

$$E_i = \left| \frac{\bar{x}_{i,1} - \bar{x}_{i,2}}{\bar{x}_{i,2}} \right| * 100 \quad (4.1)$$

Por tanto, de los datos de la Tabla 4.2

$$E_i = \left| \frac{2.958 - 2.833}{2.833} \right| * 100$$

$$E_i = 4.41\%$$

Se puede observar que la variable índice de radiación ultravioleta obtenida por el sistema de monitoreo en tiempo real tiene una diferencia del $E_i = 4.41\%$ respecto del índice de radiación ultravioleta obtenida por el SENAMHI.

4.2.2 EXPERIMENTO 2: PRUEBA DE DIFERENCIAS DE MEDIAS DE LA TEMPERATURA

Para el cálculo de la media (\bar{X}), tamaño de la muestra (n), varianza (S^2), desviación estándar (S), coeficiente de variación ($C.V.$), error estándar de la media ($SE_{\bar{X}}$) e intervalo de confianza (IC al 95%) de las mediciones de la temperatura del sistema de monitoreo en tiempo real se tomaron muestras en intervalos de una hora, los resultados de los cálculos ANEXO 4 que corresponden a 8159 mediciones.

Al procesar los datos de la temperatura se procede a calcular la media (\bar{X}), varianza (S^2), tamaño de la muestra (n) de los datos de la temperatura del ANEXO 6 obtenidos por el sistema de monitoreo en tiempo real y SENAMHI, en la Tabla 4.3 se muestran los resultados de los cálculos.

Tabla 4.3: Media, varianza y tamaño de la muestra de las mediciones de la temperatura del sistema y SENAMHI.

	Sistema (1)	SENAMHI (2)
Media \bar{x}_t	8.202	7.771
Varianza S_t^2	13.4474	13.7868
Tamaño de la muestra n_t	48	48

Elaboración propia.

Se procede a calcular el error de medición entre las variables de la temperatura obtenidas por el sistema y SENAMHI, para este cálculo utilizamos la ecuación (4.2):

$$E_t = \left| \frac{\bar{x}_{t,1} - \bar{x}_{t,2}}{\bar{x}_{t,2}} \right| * 100 \quad (4.2)$$

Por tanto, de los datos de la Tabla 4.2

$$E_t = \left| \frac{8.202 - 7.771}{7.771} \right| * 100$$

$$E_t = 5.55\%$$

Se puede observar que la variable temperatura obtenida por el sistema de monitoreo en tiempo real tiene una diferencia del $E_t = 5.55\%$ respecto de la temperatura obtenida por el SENAMHI.

4.2.3 EXPERIMENTO 3: PRUEBA DE DIFERENCIA DE MEDIAS DE LA HUMEDAD RELATIVA

Para el cálculo de la media (\bar{X}), tamaño de la muestra (n), varianza (S^2), desviación estándar (S), coeficiente de variación ($C.V.$), error estándar de la media ($SE_{\bar{X}}$) e intervalo de confianza (IC al 95%) de las mediciones de la humedad relativa del sistema de monitoreo en tiempo real se tomaron muestras en intervalos de una hora, los resultados de los cálculos se detallan en el ANEXO 5 que corresponden a 8159 mediciones.

Al procesar los datos de la humedad relativa se procede a calcular la media (\bar{X}), varianza (S^2), tamaño de la muestra (n) de los datos de la temperatura del ANEXO 6 obtenidos por el sistema de monitoreo en tiempo real y SENAMHI, en la Tabla 4.4 se muestran los resultados de los cálculos.

Tabla 4.4: Media, varianza y tamaño de la muestra de las mediciones de la humedad relativa del sistema y SENAMHI.

	Sistema (1)	SENAMHI (2)
Media \bar{x}_h	43.922	45.750
Varianza S_h^2	280.5959	253.9362
Tamaño de la muestra n_h	48	48

Elaboración propia.

Se procede a calcular el error de medición entre las variables de la humedad relativa obtenidas por el sistema y SENAMHI, para este cálculo utilizamos la ecuación (4.3):

$$E_h = \left| \frac{\bar{x}_{h,1} - \bar{x}_{h,2}}{\bar{x}_{h,2}} \right| * 100 \tag{ 4.3 }$$

Por tanto, de los datos de la Tabla 4.2

$$E_h = \left| \frac{43.922 - 45.750}{45.750} \right| * 100$$
$$E_h = 4.00\%$$

Se puede observar que la variable humedad relativa obtenida por el sistema de monitoreo en tiempo real tiene una diferencia del $E_h = 4.00\%$ respecto de la humedad relativa obtenida por el SENAMHI.

4.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

La hipótesis planteada para la presente investigación se propuso mediante:

4.3.1 SISTEMA DE HIPÓTESIS

Para la prueba de hipótesis partimos de la evaluación de la hipótesis general de la tesis.

Hipótesis general

No existe una diferencia significativa mayor al 10% entre las mediciones del índice de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa realizadas por el sistema de monitoreo en tiempo real y las mediciones del índice de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa realizadas por el SENAMHI.

Hipótesis específicas

- No existe una diferencia significativa mayor al 10% entre las mediciones del índice de radiación ultravioleta realizadas por el sistema de monitoreo en tiempo real y las mediciones del índice de radiación ultravioleta realizadas por el SENAMHI.
- No existe una diferencia significativa mayor al 10% entre las mediciones de la temperatura realizadas por el sistema de monitoreo en tiempo real y las mediciones de la temperatura realizadas por el SENAMHI.

- No existe una diferencia significativa mayor al 10% entre las mediciones de la humedad relativa realizadas por el sistema de monitoreo en tiempo real y las mediciones de la humedad relativa realizadas por el SENAMHI.

La hipótesis general de la tesis constituye “la hipótesis nula (H_0) la cual es la hipótesis que el investigador desea probar” (Seuc, 1996), para luego proponer la hipótesis alternativa (H_1), el sistema de hipótesis queda como sigue:

Hipótesis nula

$H_0 \equiv u_1 = u_2$: **No existe** una diferencia significativa mayor al 10% entre las mediciones del índice de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa realizadas por el sistema de monitoreo en tiempo real y las mediciones del índice de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa realizadas por el SENAMHI.

Hipótesis alternativa

$H_1 \equiv u_1 \neq u_2$: **Existe** una diferencia significativa mayor al 10% entre las mediciones del índice de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa realizadas por el sistema de monitoreo en tiempo real y las mediciones del índice de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa realizadas por el SENAMHI.

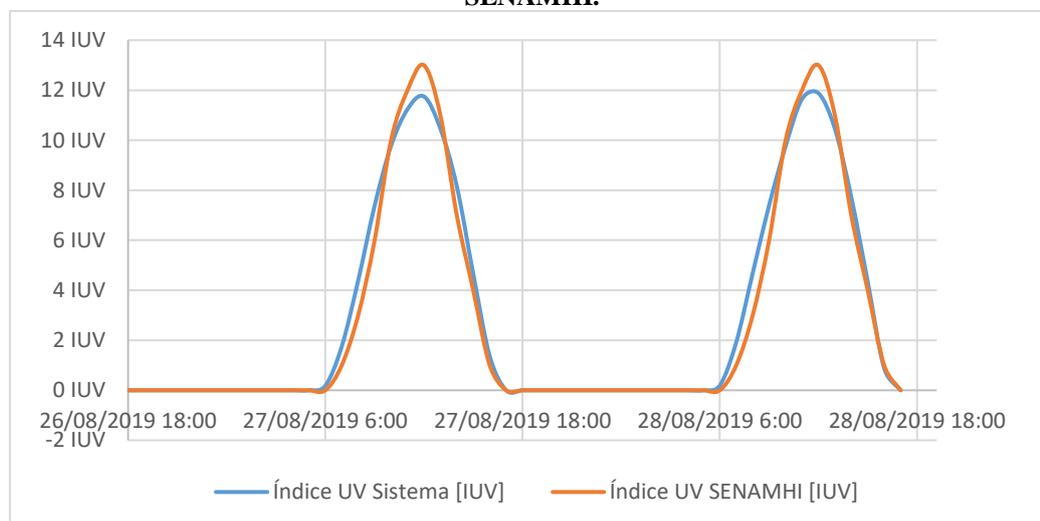
De lo anterior se puede apreciar que están presentes las variables independientes y la variable de interés o dependiente, las cuales son la diferencia significativa entre las mediciones del índice de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa realizadas por el sistema de monitoreo en tiempo real y SENAMHI, por lo cual se debe proponer un sistema de hipótesis para cada variable de estudio, de donde tendríamos un prueba de hipótesis de la variable de

interés o dependiente para cada variable independiente. Considerando lo anterior se propone las siguientes pruebas de hipótesis.

4.3.2 EXPERIMENTO 1: PRUEBA DE HIPÓTESIS ESTADÍSTICA PARA LA VARIABLE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LA MEDICIÓN DEL ÍNDICE DE RADIACIÓN ULTRAVIOLETA REALIZADA POR EL SISTEMA DE MONITOREO EN TIEMPO REAL Y SENAMHI.

La Figura 4.4 contiene información sobre el índice de radiación ultravioleta de la ciudad de Puno; las variables representadas son el índice de radiación ultravioleta obtenida por el sistema de monitoreo en tiempo real que corresponde a la línea azul y el índice de radiación ultravioleta obtenida por el SENAMHI que corresponde a la línea naranja.

Figura 4.4: Contrastación de datos del índice de radiación ultravioleta del sistema y de SENAMHI.



Elaboración propia.

Como se aprecia en la Figura 4.4 puede haber diferencias significativas de una medición a la otra. Si ambas mediciones del índice de radiación ultravioleta fuesen idénticas se esperaría que ambas curvas fuesen muy parecidas. Más concretamente, se esperaría las mediciones del índice de radiación ultravioleta

realizadas por el sistema de monitoreo en tiempo real fuese igual a las mediciones del índice de radiación ultravioleta realizadas por el SENAMHI. El contraste es:

- $H_{i,0} \equiv u_{i,1} = u_{i,2}$: **No existe** una diferencia significativa mayor al 10% entre las mediciones del índice de radiación ultravioleta realizadas por el sistema de monitoreo en tiempo real y las mediciones del índice de radiación ultravioleta realizadas por el SENAMHI.
- $H_{i,1} \equiv u_{i,1} \neq u_{i,2}$: **Existe** una diferencia significativa mayor al 10% entre las mediciones del índice de radiación ultravioleta realizadas por el sistema de monitoreo en tiempo real y las mediciones del índice de radiación ultravioleta realizadas por el SENAMHI.

Al medirse cada muestra con un sensor de índice de radiación ultravioleta diferente, las varianzas de las mediciones finales son diferentes porque los sensores no tienen la misma precisión.

Por tanto, al considerarse varianzas diferentes, el estadístico de contraste es dado por la siguiente ecuación (4.4)

$$T_{i,0} = \frac{\bar{x}_{i,1} - \bar{x}_{i,2}}{\sqrt{\frac{S_{i,1}^2}{n_{i,1}} + \frac{S_{i,2}^2}{n_{i,2}}}} \quad (4.4)$$

el cálculo de los grados de libertad de la distribución t de Student es dada por la siguiente ecuación (4.5)

$$v_i = \frac{\left(\frac{S_{i,1}^2}{n_{i,1}} + \frac{S_{i,2}^2}{n_{i,2}}\right)^2}{\frac{1}{n_{i,1}-1} \left(\frac{S_{i,1}^2}{n_{i,1}}\right)^2 + \frac{1}{n_{i,2}-1} \left(\frac{S_{i,2}^2}{n_{i,2}}\right)^2} \quad (4.5)$$

De los datos en la Tabla 4.2 se obtiene que

$$\bar{x}_{i,1} = 2.958; S_{i,1}^2 = 18.2448; n_{i,1} = 48$$

$$\bar{x}_{i,2} = 2.833; S_{i,2}^2 = 19.2908; n_{i,2} = 48$$

y por tanto

$$t_{i,0} = \frac{2.958 - 2.833}{\sqrt{\frac{18.2448}{48} + \frac{19.2908}{48}}} = 0.141$$

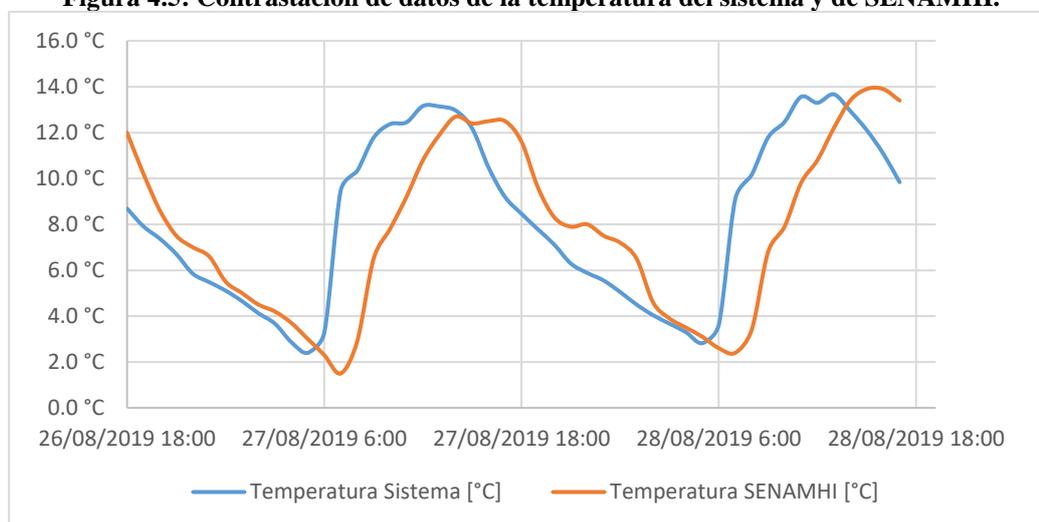
$$v_i = \frac{\left(\frac{18.2448}{48} + \frac{19.2908}{48}\right)^2}{\frac{1}{48-1}\left(\frac{18.2448}{48}\right)^2 + \frac{1}{48-1}\left(\frac{19.2908}{48}\right)^2} \approx 94$$

Para ver si dicho valor está en la zona de aceptación o rechazo se especifica un nivel de significación $\alpha_i = 0.05$ y $v_i \approx 94$. Los valores críticos son $\pm z_{i,0.025,94} = \pm 1.9855$ por lo que $t_{i,0} = 0.141$ está en la región de aceptación, al ser $|t_{i,0}| < z_{i,0.025,94}$. Por lo tanto, **se acepta la hipótesis nula** de igualdad de medias del índice de radiación ultravioleta de las mediciones realizadas por el sistema y SENAMHI. Por las razones antes mencionadas, se puede afirmar con una confianza del 95% de que **“NO EXISTE UNA DIFERENCIA SIGNIFICATIVA MAYOR AL 10% ENTRE LAS MEDICIONES DEL ÍNDICE DE RADIACIÓN ULTRAVIOLETA REALIZADAS POR EL SISTEMA DE MONITOREO EN TIEMPO REAL Y LAS MEDICIONES DEL ÍNDICE DE RADIACIÓN ULTRAVIOLETA REALIZADAS POR EL SENAMHI”**.

4.3.3 EXPERIMENTO 2: PRUEBA DE HIPÓTESIS ESTADÍSTICA PARA LA VARIABLE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LA MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA REALIZADA POR EL SISTEMA DE MONITOREO EN TIEMPO REAL Y SENAMHI.

La Figura 4.5 contiene información sobre la temperatura de la ciudad de Puno; las variables representadas son la temperatura obtenida por el sistema de monitoreo en tiempo real que corresponde a la línea azul y la temperatura obtenida por el SENAMHI que corresponde a la línea naranja.

Figura 4.5: Contrastación de datos de la temperatura del sistema y de SENAMHI.



Elaboración propia.

En la Figura 4.5 se muestra que puede haber diferencias significativas de una medición a la otra. Si ambas mediciones de temperatura fuesen idénticas se esperaría que ambas curvas fuesen muy parecidas. Más concretamente, se esperaría las mediciones de la temperatura realizadas por el sistema de monitoreo en tiempo real fuese igual a las mediciones de la temperatura realizadas por el SENAMHI. El contraste es:

- $H_{t,0} \equiv u_{t,1} = u_{t,2}$: **No existe** una diferencia significativa mayor al 10% entre las mediciones de la temperatura realizadas por el sistema de

monitoreo en tiempo real y las mediciones de la temperatura realizadas por el SENAMHI.

- $H_{t,1} \equiv u_{t,1} \neq u_{t,2}$: **Existe** una diferencia significativa mayor al 10% entre las mediciones de la temperatura realizadas por el sistema de monitoreo en tiempo real y las mediciones de la temperatura realizadas por el SENAMHI.

Al medirse cada muestra con un sensor de temperatura diferente, las varianzas de las mediciones finales son diferentes porque los sensores no tienen la misma precisión.

Por tanto, al considerarse varianzas diferentes, el estadístico de contraste es dado por la siguiente ecuación (4.6)

$$T_{t,0} = \frac{\bar{x}_{t,1} - \bar{x}_{t,2}}{\sqrt{\frac{S_{t,1}^2}{n_{t,1}} + \frac{S_{t,2}^2}{n_{t,2}}}} \quad (4.6)$$

el cálculo de los grados de libertad de la distribución t de Student es dada por la siguiente ecuación (4.7)

$$v_t = \frac{\left(\frac{S_{t,1}^2}{n_{t,1}} + \frac{S_{t,2}^2}{n_{t,2}}\right)^2}{\frac{1}{n_{t,1}-1} \left(\frac{S_{t,1}^2}{n_{t,1}}\right)^2 + \frac{1}{n_{t,2}-1} \left(\frac{S_{t,2}^2}{n_{t,2}}\right)^2} \quad (4.7)$$

De los datos en la Tabla 4.3 se obtiene que

$$\bar{x}_{t,1} = 8.202; S_{t,1}^2 = 13.4474; n_{t,1} = 48$$

$$\bar{x}_{t,2} = 7.771; S_{t,2}^2 = 13.7868; n_{t,2} = 48$$

y por tanto

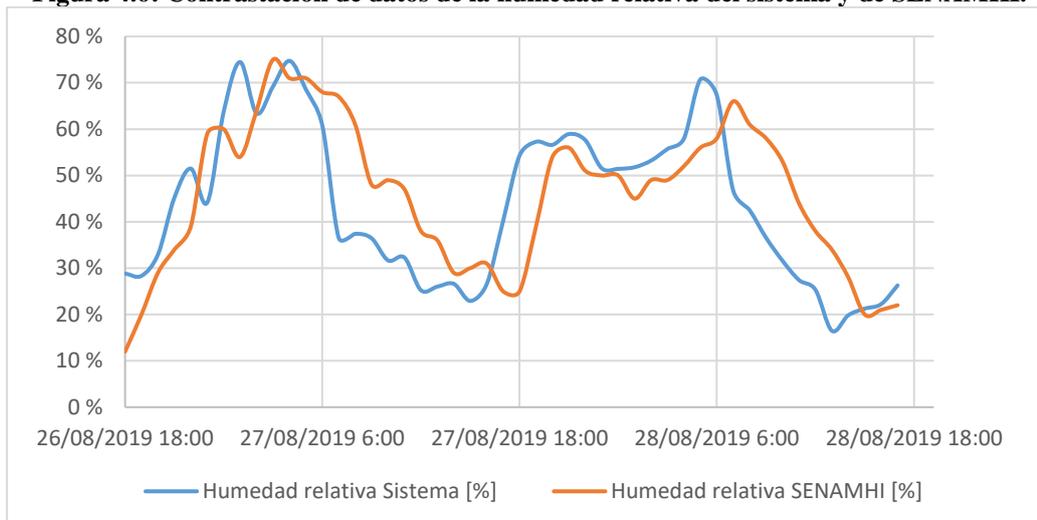
$$t_{t,0} = \frac{8.202 - 7.771}{\sqrt{\frac{13.4474}{48} + \frac{13.7868}{48}}} = 0.572$$

$$v_t = \frac{\left(\frac{13.4474}{48} + \frac{13.7868}{48}\right)^2}{\frac{1}{48-1}\left(\frac{13.4474}{48}\right)^2 + \frac{1}{48-1}\left(\frac{13.7868}{48}\right)^2} \approx 94$$

Para ver si dicho valor está en la zona de aceptación o rechazo se especifica un nivel de significación $\alpha_t = 0.05$ y $v_t \approx 94$. Los valores críticos son $\pm z_{t,0.025,94} = \pm 1.9855$ por lo que $t_{t,0} = 0.572$ está en la región de aceptación, al ser $|t_{t,0}| < z_{t,0.025,94}$. Por tanto, **se acepta la hipótesis nula** de igualdad de medias de la temperatura de las mediciones realizadas por el sistema y SENAMHI. Por las razones antes mencionadas, se puede afirmar con una confianza del 95% de que **“NO EXISTE UNA DIFERENCIA SIGNIFICATIVA MAYOR AL 10% ENTRE LAS MEDICIONES DE LA TEMPERATURA REALIZADAS POR EL SISTEMA DE MONITOREO EN TIEMPO REAL Y LAS MEDICIONES DE LA TEMPERATURA POR EL SENAMHI”**.

4.3.4 EXPERIMENTO 3: PRUEBA DE HIPÓTESIS ESTADÍSTICA PARA LA VARIABLE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LA MEDICIÓN DE LA HUMEDAD RELATIVA REALIZADA POR EL SISTEMA DE MONITOREO EN TIEMPO REAL Y SENAMHI.

La Figura 4.6 contiene información sobre la humedad relativa de la ciudad de Puno; las variables representadas son la humedad relativa obtenida por el sistema de monitoreo en tiempo real que corresponde a la línea azul y la humedad relativa obtenida por el SENAMHI que corresponde a la línea naranja.

Figura 4.6: Contratación de datos de la humedad relativa del sistema y de SENAMHI.

Elaboración propia.

Como se observa en la Figura 4.6, puede haber diferencias significativas de una medición a la otra. Si ambas mediciones de humedad relativa fuesen idénticas se esperaría que ambas curvas fuesen muy parecidas. Más concretamente, se esperaría las mediciones de la humedad relativa realizadas por el sistema de monitoreo en tiempo real fuese igual a las mediciones de la humedad relativa realizadas por el SENAMHI. El contraste es:

- $H_{h,0} \equiv u_{h,1} = u_{h,2}$: **No existe** una diferencia significativa mayor al 10% entre las mediciones de la humedad relativa realizadas por el sistema de monitoreo en tiempo real y las mediciones de la humedad relativa realizadas por el SENAMHI.
- $H_{h,1} \equiv u_{h,1} \neq u_{h,2}$: **Existe** una diferencia significativa mayor al 10% entre las mediciones de la humedad relativa realizadas por el sistema de monitoreo en tiempo real y las mediciones de la humedad relativa realizadas por el SENAMHI.

Al medirse cada muestra con un sensor de humedad relativa diferente, las varianzas de las mediciones finales son diferentes porque los sensores no tienen la misma precisión.

Por tanto, al considerarse varianzas diferentes, el estadístico de contraste es dado por la siguiente ecuación (4.8)

$$T_{h,0} = \frac{\bar{x}_{h,1} - \bar{x}_{h,2}}{\sqrt{\frac{S_{h,1}^2}{n_{h,1}} + \frac{S_{h,2}^2}{n_{h,2}}}} \quad (4.8)$$

el cálculo de los grados de libertad de la distribución t de Student es dada por la siguiente ecuación (4.9)

$$v_h = \frac{\left(\frac{S_{h,1}^2}{n_{h,1}} + \frac{S_{h,2}^2}{n_{h,2}}\right)^2}{\frac{1}{n_{h,1}-1} \left(\frac{S_{h,1}^2}{n_{h,1}}\right)^2 + \frac{1}{n_{h,2}-1} \left(\frac{S_{h,2}^2}{n_{h,2}}\right)^2} \quad (4.9)$$

De los datos en la Tabla 4.4 se obtiene que

$$\bar{x}_{h,1} = 43.922; S_{h,1}^2 = 280.5959; n_{h,1} = 48$$

$$\bar{x}_{h,2} = 45.750; S_{h,2}^2 = 253.9362; n_{h,2} = 48$$

y por tanto

$$t_{0,h} = \frac{43.922 - 45.750}{\sqrt{\frac{280.5959}{48} + \frac{253.9362}{48}}} = -0.548$$

$$v_h = \frac{\left(\frac{280.5959}{48} + \frac{253.9362}{48}\right)^2}{\frac{1}{48-1} \left(\frac{280.5959}{48}\right)^2 + \frac{1}{48-1} \left(\frac{253.9362}{48}\right)^2} \approx 94$$

Para ver si dicho valor está en la zona de aceptación o rechazo se especifica un nivel de significación $\alpha_h = 0.05$ y $v_h \approx 94$. Los valores críticos son $\pm z_{h,0.025,94} = \pm 1.9855$ por lo que $t_{h,0} = -0.548$ está en la región de aceptación, al ser $|t_{h,0}| < z_{h,0.025,94}$. Por tanto, **se acepta la hipótesis nula** de igualdad de medias de la humedad relativa de las mediciones realizadas por el sistema de monitoreo

en tiempo real y SENAMHI. Por las razones antes mencionadas, se puede afirmar con una confianza del 95% de que **“NO EXISTE UNA DIFERENCIA SIGNIFICATIVA MAYOR AL 10% ENTRE LAS MEDICIONES DE LA HUMEDAD RELATIVA REALIZADAS POR EL SISTEMA DE MONITOREO EN TIEMPO REAL Y LAS MEDICIONES DE LA HUMEDAD RELATIVA REALIZADAS POR EL SENAMHI”**.

Por lo tanto, tras los resultados obtenidos a través del contraste de hipótesis estadísticas, se ha llegado a la conclusión con un nivel de confianza del 95% de que **“NO EXISTE UNA DIFERENCIA SIGNIFICATIVA MAYOR AL 10% ENTRE LAS MEDICIONES DEL ÍNDICE DE RADIACIÓN ULTRAVIOLETA, TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA REALIZADAS POR EL SISTEMA DE MONITOREO EN TIEMPO REAL Y LAS MEDICIONES DEL ÍNDICE DE RADIACIÓN ULTRAVIOLETA, TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA REALIZADAS POR EL SENAMHI”**.

CONCLUSIONES

Primero: Haciendo uso del sistema de adquisición de datos se obtiene de los sensores el índice de radiación ultravioleta, temperatura y humedad, los mismos que son enviados al servidor y ser almacenados en la base de datos de MySQL. Se ha conseguido contar con un historial climatológico, el mismo que puede ser consultado por medio de un sistema web interactivo que se ha desarrollado en los lenguajes PHP (Hypertext Preprocessor), JavaScript, HTML (HyperText Markup Language) y CSS (Cascading Style Sheets). Luego de realizar la contrastación y el análisis estadístico aplicando la prueba T de Student a los datos se obtuvo como resultado $t_{i,0} = 0.141$ para el índice de radiación ultravioleta, $t_{t,0} = 0.572$ para la temperatura y $t_{h,0} = -0.548$ para la humedad relativa con $\alpha = 0.05$ de nivel de significancia y $\nu = 94$ grados de libertad, siendo los valores críticos $\pm z_{0.025,94} = \pm 1.9855$ por lo que $t_{i,0}$, $t_{t,0}$ y $t_{h,0}$ se encuentran en la región de aceptación, al ser $|t_{i,0}| < z_{0.025,94}$, $|t_{t,0}| < z_{0.025,94}$ y $|t_{h,0}| < z_{0.025,94}$. Se ha llegado a la conclusión con un nivel de confianza del 95% de que “No existe una diferencia significativa mayor al 10% entre las mediciones del índice de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa realizadas por el sistema de monitoreo en tiempo real y las mediciones del índice de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa realizadas por el SENAMHI”. Por lo tanto, es posible la realización del sistema de monitoreo en tiempo real para la medición del índice de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa para así contar con un historial climatológico para la región Puno.

Segundo: Se ha diseñado y elaborado un módulo electrónico (para los sensores de índice ultravioleta, temperatura y humedad relativa) para la tarjeta Arduino UNO conjuntamente con la Ethernet Shield; además, se hizo uso de las librerías DHT.h y

Ethernet.h las mismas que permiten obtener valores de los sensores de temperatura y humedad relativa así como la comunicación con el servidor CentOS Linux; se consiguió implementar un *sistema de adquisición de datos* que permite enviar los datos obtenidos de los sensores de índice de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa al servidor.

Tercero: Haciendo uso del software DBDesigner 4 se diseñó, y creó de manera gráfica la *base de datos de MySQL* en el que se almacenan los datos recibidos del sistema de adquisición de datos.

Cuarto: Haciendo uso del lenguaje de programación PHP (que permite la interacción con la base de datos en MySQL) y de los lenguajes JavaScript, HTML y CSS se ha desarrollado un *sistema web interactivo* que permite mostrar de manera más intuitiva los datos del índice de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa, también, se realizó un mapa interactivo haciendo usando de Google Maps API para el lenguaje de programación JavaScript que muestra los valores almacenados en la base de datos.

RECOMENDACIONES

Primero: Contar con un historial climatológico es importante, pero por ahora sólo se tiene almacenado los datos del índice de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa, por lo que para futuras investigaciones y/o aplicaciones se podrían considerar otros valores como la presión atmosférica, velocidad y dirección del viento, entre otros de interés.

Segundo: Si bien se ha comprobado que el sistema de adquisición de datos implementado es funcional; pero, se quiere extender sus capacidades y usar para entornos ambientales poco favorables (zonas húmedas y con presencia de lluvias), el sistema de adquisición de datos se debe adaptar para estos escenarios previendo que él mismo no se vea afectado en sus capacidades.

Tercero: El servidor CentOS Linux instalado se encuentra en la misma red del sistema de adquisición de datos, por lo que sólo puede recibir los datos de una estación (o varias estaciones si estuvieran en la misma red), reduciendo así su capacidad de almacenar los valores de estaciones que se encuentren en otras ciudades (o en otras redes), por lo que, si queremos recibir valores de estaciones de diferentes lugares, se debe rentar un servidor/hosting de tal forma que así se podrá recibir información de cada estación (es necesaria una conexión a Internet).

Cuarto: La información almacenada no sólo puede ser aprovechada para crear los interfaces donde se muestran reportes, gráficos estadísticos y un mapa interactivo, sino también: se puede crear un API (Interfaz de Programación de Aplicaciones) que muestre información relacionada a una estación, el mismo que permitirá diseñar e implementar semáforos UV (Ultravioleta), letreros LED (Diodo Emisor de Luz) en ciudades donde se esté realizando las mediciones; en base a la información almacenada se pueden realizar modelos matemáticos para el pronóstico de clima.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (INGEMMET), I. G. M. y M. (s. f.). Carta Geológica Nacional - Ingemmet. Recuperado 7 de marzo de 2018, de <https://www.ingemmet.gob.pe/carta-geologica-nacional>
- Adafruit. (s. f.). Overview | DHT11, DHT22 and AM2302 Sensors | Adafruit Learning System. Recuperado 7 de marzo de 2019, de <https://learn.adafruit.com/dht/overview>
- Arduino. (s. f.). Arduino Uno Rev3. Recuperado 7 de marzo de 2018, de <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>
- Arduino. (2018). Arduino Ethernet Shield V1. Recuperado 5 de marzo de 2018, de <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoEthernetShieldV1>
- Artero, Ó. T. (2013). *Arduino: curso práctico de formación*. RC Libros.
- Asqui, A., Abelardo, V., & Yury, S. T. P. (2016). Diseño e implementación de un sistema de monitorización de la calidad ambiental de línea base de la cuenca del Rio Coata Puno.
- Carvajal Palomares, F. (2016). *Manual. Instalación y configuración del software de servidor Web (UF1271). Certificados de profesionalidad. Administración de servicios de Internet (IFCT0509)*. Editorial CEP, S.L. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=9cU-DwAAQBAJ>
- CentOS. (2018). ¿Qué es CentOS? Recuperado 7 de marzo de 2018, de <https://wiki.centos.org/es>
- Colqué, M. T., & Sánchez, V. E. (2007). Los gases de efecto invernadero: ¿Por qué se produce el Calentamiento Global. *Recuperado el, 26*.
- Flanagan, D. (2007). *JavaScript: la guía definitiva*. Anaya Multimedia. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=mriFGgAACAAJ>
- Gauchat, J. D. (2012). *El gran libro de HTML5, CSS3 y Javascript*. Marcombo. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=szDMIRzwzuUC>
- Giraldo Mendoza, J. E. (2013). Sistema de adquisición y registro de datos de temperatura, humedad relativa y distancia.
- Guzmán Luna, R., Quevedo Nolasco, A., Tijerina Chávez, L., & Castro Popoca, M. (2015). Sistema de adquisición de datos meteorológicos en tiempo real con PLC. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(8), 1701-1713. Recuperado de <http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/handle/10521/2156>
- Hernandez Sampiere, R., Fernández Collado, C., & Batista Lucio, P. (2010). *Metodología de la investigación. Metodología de la investigación*. <https://doi.org/-> ISBN 978-92-75-32913-9
- Juan Carlos Contreras Márquez. (2017). Definición y características de sistemas de tiempo real - aprendiendo ingeniería. Recuperado 7 de marzo de 2019, de <http://aprendiendoingenieria.es/definicion-caracteristicas-sistemas-tiempo-real/>

- Macavilca, M., José, F., Ccoillar, C., & Josue, G. (2015). Sistema remoto de monitoreo eficaz de la temperatura, humedad y velocidad del viento de una estación agrometeorológica automática en el valle de pampas.
- Marco Zapata Luyo (INRENA, & Ministerio de Agricultura). (2008). Deglaciación en la cordillera blanca y el cambio climático. Recuperado de [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/48056E1F0BFC79CE05257D1700614871/\\$FILE/1_DeglaciaciónCordilleraBlancaCambioClimático.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/48056E1F0BFC79CE05257D1700614871/$FILE/1_DeglaciaciónCordilleraBlancaCambioClimático.pdf)
- Microchip. (2016). MICROCHIP TECHNOLOGY COMPLETES ATMEL ACQUISITION AND PROVIDES UPDATE ON ITS FISCAL FOURTH QUARTER 2016. Recuperado de <https://www.microchip.com/docs/default-source/announcements-documents/mchp-completes-atml-acquisition-and-provides-update-on-its-q4fy16.pdf>
- Organization, W. H., & Protection, I. C. on N.-I. R. (2002). Índice UV solar mundial: guía práctica.
- Paredes Ccama, P. I. (2017). Diseño de un sistema de señalización utilizando sensores fotovoltaicos para la prevención de los efectos de la radiación solar para los estudiantes de la EPIE. *Universidad Nacional del Altiplano*. Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3601>
- Q-Success. (s. f.). Usage of server-side programming languages for websites. Recuperado 7 de marzo de 2018, de https://w3techs.com/technologies/overview/programming_language/all
- Sánchez-Saldaña, L. (2009). Radiación ultravioleta y cáncer a la piel. *Dermatología Peruana*, 19(4), 305.
- Schmidt, C. W. (2013). Las radiaciones ultravioleta y el cáncer de piel. *Salud Publica de Mexico*. <https://doi.org/10.1590/S0036-36342013000100014>
- SENAMHI. (s. f.). SENAMHI - Perú. Recuperado 7 de marzo de 2019, de <https://www.senamhi.gob.pe/?p=senamhi>
- SENAMHI - Puno. (s. f.). Datos Hidrometeorológicos en Puno. Recuperado 28 de agosto de 2019, de <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=puno&p=estaciones>
- SENAMHI - Radiación UV. (s. f.). Pronóstico de radiación UV máximo (cielo despejado y mediodía solar). Recuperado 27 de agosto de 2019, de <https://www.senamhi.gob.pe/?p=radiacion-uv>
- Seuc, A. H. (1996). En defensa de la hipótesis nula: un comentario acerca de la significación estadística y la aceptación de la hipótesis nula. *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana (OSP)*;120(3),mar. 1996. Recuperado de <http://iris.paho.org/xmlui/handle/123456789/15491>
- Vazquez, A. (2016). *CentOS Linux y Servicios de Red*. Lulu.com. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=JQBFDAQAQBAJ>
- Welling, L., Thomson, L., & Peña, P. S. (2009). *Desarrollo web con PHP y MySQL*.

- Anaya Multimedia. Recuperado de
<https://books.google.com.pe/books?id=ZfZVPgAACAAJ>
- Wikipedia. (s. f.-a). Humedad relativa. Recuperado 7 de marzo de 2018, de
https://es.wikipedia.org/wiki/Humedad_relativa
- Wikipedia. (s. f.-b). Programming languages used in most popular websites. Recuperado
1 de marzo de 2018, de
https://en.wikipedia.org/wiki/Programming_languages_used_in_most_popular_websites
- Wikipedia. (s. f.-c). Temperatura. Recuperado 7 de marzo de 2018, de
<https://es.wikipedia.org/wiki/Temperatura>
- WIZnet Co. (2008). W5100 Datasheet. Recuperado de
https://www.sparkfun.com/datasheets/DevTools/Arduino/W5100_Datasheet_v1_1_6.pdf

ANEXOS

ANEXO 1: Tabla de extracto de datos obtenidos de las mediciones del índice de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa.

Fecha y hora	Índice UV [IUV]	Temperatura [°C]	Humedad relativa [%]
26/08/2019 18:00:35	0	8.84	25.22
26/08/2019 18:00:46	0	8.9	25.22
26/08/2019 18:01:02	0	8.86	25.35
26/08/2019 18:01:22	0	8.84	25.48
26/08/2019 18:01:41	0	8.9	25.74
26/08/2019 18:02:01	0	8.91	25.87
26/08/2019 18:02:22	0	8.91	26
26/08/2019 18:02:41	0	8.91	26.13
26/08/2019 18:03:02	0	8.91	26.26
26/08/2019 18:03:20	0	8.96	26.26
26/08/2019 18:03:42	0	8.98	25.87
26/08/2019 18:04:00	0	8.98	25.48
26/08/2019 18:04:20	0	8.92	25.35
26/08/2019 18:04:40	0	8.91	25.09
26/08/2019 18:05:00	0	8.91	25.09
26/08/2019 18:05:20	0	8.91	25.22
26/08/2019 18:05:40	0	8.86	25.35
26/08/2019 18:06:00	0	8.84	25.22
26/08/2019 18:06:19	0	8.84	25.35
26/08/2019 18:06:39	0	8.91	25.35
26/08/2019 18:06:59	0	8.91	25.48
26/08/2019 18:07:19	0	8.86	25.61
26/08/2019 18:07:39	0	8.84	25.48
26/08/2019 18:08:19	0	8.84	25.48
26/08/2019 18:08:39	0	8.9	25.48
26/08/2019 18:09:18	0	8.84	25.48
26/08/2019 18:09:38	0	8.78	25.48
26/08/2019 18:09:59	0	8.78	25.35
26/08/2019 18:10:47	0	8.78	24.96
26/08/2019 18:10:58	0	8.78	24.83
26/08/2019 18:11:20	0	8.83	24.83
26/08/2019 18:11:39	0	8.84	24.96
26/08/2019 18:11:58	0	8.84	25.09
26/08/2019 18:12:17	0	8.84	25.22
26/08/2019 18:12:37	0	8.84	25.35
26/08/2019 18:12:57	0	8.84	25.61
26/08/2019 18:13:17	0	8.84	25.87
26/08/2019 18:13:37	0	8.9	26
26/08/2019 18:13:57	0	8.86	26.26
26/08/2019 18:14:17	0	8.84	26.52
26/08/2019 18:14:37	0	8.84	26.65
26/08/2019 18:14:57	0	8.84	26.65
26/08/2019 18:15:17	0	8.84	26.78
26/08/2019 18:15:36	0	8.84	26.65
26/08/2019 18:15:57	0	8.84	26.65
26/08/2019 18:16:16	0	8.86	26.65
26/08/2019 18:16:36	0	8.84	26.65
26/08/2019 18:16:56	0	8.8	26.78
26/08/2019 18:17:16	0	8.83	26.91
26/08/2019 18:17:36	0	8.83	27.04
26/08/2019 18:17:56	0	8.84	27.04
26/08/2019 18:18:19	0	8.84	27.04

26/08/2019 18:18:38	0	8.84	27.04
26/08/2019 18:18:58	0	8.84	26.91
26/08/2019 18:19:19	0	8.84	26.91
26/08/2019 18:19:38	0	8.84	26.91
26/08/2019 18:19:58	0	8.9	27.04
26/08/2019 18:20:27	0	8.86	27.17
26/08/2019 18:20:40	0	8.86	27.17
26/08/2019 18:21:00	0	8.84	27.17
26/08/2019 18:21:19	0	8.91	27.3
26/08/2019 18:21:37	0	8.9	27.3
26/08/2019 18:21:58	0	8.84	27.17
26/08/2019 18:22:20	0	8.84	27.56
26/08/2019 18:23:19	0	8.91	28.08
26/08/2019 18:23:58	0	8.91	28.08
26/08/2019 18:24:45	0	8.91	28.34
26/08/2019 18:25:06	0	8.91	28.47
26/08/2019 18:25:24	0	8.91	28.6
26/08/2019 18:25:45	0	8.91	28.86
26/08/2019 18:26:05	0	8.96	28.99
26/08/2019 18:26:25	0	8.92	29.12
26/08/2019 18:26:45	0	8.98	29.12
26/08/2019 18:27:04	0	8.98	29.12
26/08/2019 18:27:24	0	8.98	29.25
26/08/2019 18:27:44	0	8.96	29.12
26/08/2019 18:28:04	0	8.98	29.25
26/08/2019 18:28:24	0	8.98	29.25
26/08/2019 18:28:44	0	8.92	29.51
26/08/2019 18:29:04	0	8.96	29.51
26/08/2019 18:29:24	0	8.98	29.51
26/08/2019 18:29:43	0	8.98	29.51
26/08/2019 18:30:03	0	8.98	29.51
26/08/2019 18:30:37	0	8.91	29.51
26/08/2019 18:30:49	0	8.91	29.64
26/08/2019 18:31:05	0	8.91	29.64
26/08/2019 18:31:23	0	8.91	29.77
26/08/2019 18:31:43	0	8.91	30.03
26/08/2019 18:32:03	0	8.91	30.29
26/08/2019 18:32:23	0	8.9	30.29
26/08/2019 18:32:43	0	8.91	30.55
26/08/2019 18:33:03	0	8.91	30.55
26/08/2019 18:33:22	0	8.91	30.68
26/08/2019 18:33:42	0	8.91	30.68
26/08/2019 18:34:02	0	8.91	30.81
26/08/2019 18:34:21	0	8.91	30.81
26/08/2019 18:34:42	0	8.91	30.94
26/08/2019 18:35:01	0	8.91	30.94
26/08/2019 18:35:21	0	8.91	31.07
26/08/2019 18:35:41	0	8.91	30.94
26/08/2019 18:36:02	0	8.91	31.07
26/08/2019 18:36:21	0	8.91	30.94
26/08/2019 18:36:40	0	8.91	30.94
26/08/2019 18:37:01	0	8.91	30.81
26/08/2019 18:37:21	0	8.91	30.81
26/08/2019 18:37:41	0	8.91	30.81
26/08/2019 18:38:01	0	8.91	30.94
26/08/2019 18:38:21	0	8.91	30.94
26/08/2019 18:38:42	0	8.86	31.33
26/08/2019 18:39:00	0	8.84	31.33
26/08/2019 18:39:20	0	8.84	31.59
26/08/2019 18:39:41	0	8.78	31.59

26/08/2019 18:40:00	0	8.71	31.72
26/08/2019 18:40:27	0	8.71	31.72
26/08/2019 18:40:40	0	8.66	31.72
26/08/2019 18:40:59	0	8.59	31.59
26/08/2019 18:41:19	0	8.58	31.2
26/08/2019 18:41:40	0	8.58	31.07
26/08/2019 18:42:19	0	8.51	30.81
26/08/2019 18:42:39	0	8.47	30.81
26/08/2019 18:42:59	0	8.47	30.68
26/08/2019 18:43:18	0	8.45	30.55
26/08/2019 18:43:38	0	8.45	30.42
26/08/2019 18:43:58	0	8.4	30.42
26/08/2019 18:44:18	0	8.4	30.42
26/08/2019 18:44:38	0	8.38	30.29
26/08/2019 18:44:58	0	8.43	30.29
26/08/2019 18:45:17	0	8.38	30.42
26/08/2019 18:45:37	0	8.38	30.29
26/08/2019 18:45:57	0	8.38	30.29
26/08/2019 18:46:17	0	8.38	30.16
26/08/2019 18:46:37	0	8.43	30.16
26/08/2019 18:46:57	0	8.45	30.16
26/08/2019 18:47:16	0	8.45	30.16
26/08/2019 18:47:36	0	8.4	30.16
26/08/2019 18:47:57	0	8.38	30.03
26/08/2019 18:48:16	0	8.38	30.29
26/08/2019 18:48:36	0	8.38	30.55
26/08/2019 18:48:56	0	8.38	30.68
26/08/2019 18:49:16	0	8.38	31.07
26/08/2019 18:49:36	0	8.38	31.2
26/08/2019 18:49:55	0	8.38	31.33
26/08/2019 18:50:27	0	8.38	31.33
26/08/2019 18:50:39	0	8.38	31.46
26/08/2019 18:50:56	0	8.38	31.59
26/08/2019 18:51:16	0	8.38	31.72
26/08/2019 18:51:58	0	8.38	31.59
26/08/2019 18:52:16	0	8.33	31.33
26/08/2019 18:52:36	0	8.32	31.07
26/08/2019 18:52:56	0	8.32	31.07
26/08/2019 18:53:15	0	8.32	31.07
26/08/2019 18:53:36	0	8.26	31.2
26/08/2019 18:53:57	0	8.3	31.2
26/08/2019 18:54:15	0	8.25	31.46
26/08/2019 18:54:35	0	8.25	31.46
26/08/2019 18:54:55	0	8.2	31.46
26/08/2019 18:55:14	0	8.18	31.46
26/08/2019 18:55:34	0	8.14	31.46
26/08/2019 18:55:54	0	8.12	31.46
26/08/2019 18:56:14	0	8.12	31.59
26/08/2019 18:56:34	0	8.12	31.59
26/08/2019 18:56:55	0	8.07	31.59
26/08/2019 18:57:14	0	8.05	31.33
26/08/2019 18:57:54	0	8	30.94
26/08/2019 18:58:14	0	7.99	30.94
26/08/2019 18:58:34	0	7.92	30.94
26/08/2019 18:58:54	0	7.92	30.81
26/08/2019 18:59:14	0	7.85	30.68
26/08/2019 18:59:34	0	7.85	30.68
26/08/2019 18:59:55	0	7.85	30.68
26/08/2019 19:00:45	0	7.84	30.42
26/08/2019 19:00:59	0	7.85	30.42

26/08/2019 19:01:19	0	7.85	30.42
26/08/2019 19:01:38	0	7.85	30.55
26/08/2019 19:01:58	0	7.85	30.55
26/08/2019 19:02:19	0	7.85	30.68
26/08/2019 19:02:38	0	7.91	30.68
26/08/2019 19:02:58	0	7.92	30.81
26/08/2019 19:03:18	0	7.92	30.81
26/08/2019 19:03:38	0	7.92	30.81
26/08/2019 19:03:58	0	7.92	30.81
26/08/2019 19:04:17	0	7.92	30.81
26/08/2019 19:04:38	0	7.92	30.81
26/08/2019 19:04:58	0	7.92	30.81
26/08/2019 19:05:18	0	7.97	30.81
26/08/2019 19:05:38	0	7.99	30.81
26/08/2019 19:05:58	0	7.99	30.68
26/08/2019 19:06:18	0	7.99	30.55
26/08/2019 19:06:38	0	7.99	30.55
26/08/2019 19:06:57	0	8.03	30.42
26/08/2019 19:07:17	0	8.05	30.29
26/08/2019 19:07:37	0	8.1	30.16
26/08/2019 19:07:57	0	8.1	30.03
26/08/2019 19:08:17	0	8.12	30.03
26/08/2019 19:08:37	0	8.12	29.51
26/08/2019 19:08:56	0	8.12	29.12
26/08/2019 19:09:16	0	8.12	28.99
26/08/2019 19:09:36	0	8.12	28.73
26/08/2019 19:09:56	0	8.12	28.34
26/08/2019 19:10:34	0	8.12	28.21
26/08/2019 19:10:43	0	8.12	27.82
26/08/2019 19:11:01	0	8.12	27.43
26/08/2019 19:11:22	0	8.12	27.43
26/08/2019 19:11:41	0	8.12	27.3
26/08/2019 19:12:23	0	8.17	27.04
26/08/2019 19:13:01	0	8.12	27.04
26/08/2019 19:13:21	0	8.12	27.17
26/08/2019 19:13:41	0	8.07	27.17
26/08/2019 19:14:01	0	8.05	27.3
26/08/2019 19:14:21	0	8	27.56
26/08/2019 19:14:40	0	7.93	27.56
26/08/2019 19:15:00	0	7.92	27.69
26/08/2019 19:15:20	0	7.92	27.82
26/08/2019 19:15:40	0	7.92	27.95
26/08/2019 19:16:00	0	7.92	27.95
26/08/2019 19:16:20	0	7.92	28.08
26/08/2019 19:16:39	0	7.92	28.08
26/08/2019 19:16:59	0	7.97	28.21
26/08/2019 19:17:19	0	7.99	28.21
26/08/2019 19:17:40	0	8.03	28.08
26/08/2019 19:17:59	0	8.05	28.08
26/08/2019 19:18:19	0	8.1	28.08
26/08/2019 19:18:39	0	8.12	28.08
26/08/2019 19:18:59	0	8.12	27.95
26/08/2019 19:19:18	0	8.12	27.95
26/08/2019 19:19:38	0	8.18	27.95
26/08/2019 19:19:59	0	8.18	27.95
26/08/2019 19:20:40	0	8.18	27.82
26/08/2019 19:20:58	0	8.18	27.82
26/08/2019 19:21:18	0	8.18	27.69
26/08/2019 19:21:38	0	8.18	27.69
26/08/2019 19:21:57	0	8.18	27.69

26/08/2019 19:22:17	0	8.18	27.69
26/08/2019 19:22:37	0	8.14	27.56
26/08/2019 19:22:57	0	8.12	27.56
26/08/2019 19:23:17	0	8.07	27.56
26/08/2019 19:23:36	0	8	27.43
26/08/2019 19:23:56	0	8.03	27.43
26/08/2019 19:24:42	0	8.05	27.56
26/08/2019 19:25:02	0	8.05	27.69
26/08/2019 19:25:21	0	8.05	27.69
26/08/2019 19:25:41	0	8.03	27.69
26/08/2019 19:26:01	0	8	27.82
26/08/2019 19:26:21	0	7.99	27.69
26/08/2019 19:26:41	0	7.93	27.82
26/08/2019 19:27:01	0	7.92	27.82
26/08/2019 19:27:22	0	7.85	28.08
26/08/2019 19:27:41	0	7.85	28.34
26/08/2019 19:28:00	0	7.85	28.47
26/08/2019 19:28:20	0	7.85	28.6
26/08/2019 19:28:40	0	7.81	28.47
26/08/2019 19:29:00	0	7.79	28.34
26/08/2019 19:29:20	0	7.72	28.34
26/08/2019 19:29:40	0	7.77	28.34
26/08/2019 19:30:30	0	7.79	28.6
26/08/2019 19:30:41	0	7.79	28.73
26/08/2019 19:30:59	0	7.79	28.73
26/08/2019 19:31:18	0	7.79	28.73
26/08/2019 19:31:38	0	7.79	28.73
26/08/2019 19:31:58	0	7.79	28.73
26/08/2019 19:32:19	0	7.79	28.73
26/08/2019 19:32:38	0	7.79	28.73
26/08/2019 19:32:58	0	7.79	28.73
26/08/2019 19:33:18	0	7.85	28.73
26/08/2019 19:33:38	0	7.85	28.73
26/08/2019 19:33:57	0	7.85	28.6
26/08/2019 19:34:17	0	7.85	28.47
26/08/2019 19:34:38	0	7.91	28.47
26/08/2019 19:34:57	0	7.92	28.47
26/08/2019 19:35:17	0	7.92	28.47
26/08/2019 19:35:37	0	7.92	28.34
26/08/2019 19:35:57	0	7.92	28.34
26/08/2019 19:36:16	0	7.92	28.47
26/08/2019 19:36:36	0	7.92	28.34
26/08/2019 19:36:57	0	7.92	28.34
26/08/2019 19:37:16	0	7.92	28.21
26/08/2019 19:37:36	0	7.92	28.08
26/08/2019 19:37:56	0	7.92	27.95
26/08/2019 19:38:16	0	7.92	27.82
26/08/2019 19:38:36	0	7.92	27.82
26/08/2019 19:38:55	0	7.92	27.69
26/08/2019 19:39:15	0	7.92	27.56
26/08/2019 19:39:36	0	7.92	27.56
26/08/2019 19:39:57	0	7.92	27.56
26/08/2019 19:40:25	0	7.92	27.56
26/08/2019 19:40:37	0	7.87	27.82
26/08/2019 19:40:54	0	7.85	27.82
26/08/2019 19:41:14	0	7.81	27.82
26/08/2019 19:41:34	0	7.74	27.95
26/08/2019 19:41:54	0	7.72	27.95
26/08/2019 19:42:14	0	7.72	28.08
26/08/2019 19:42:34	0	7.72	28.21

26/08/2019 19:42:54	0	7.72	28.21
26/08/2019 19:43:14	0	7.67	28.34
26/08/2019 19:43:33	0	7.7	28.21
26/08/2019 19:43:53	0	7.67	28.34
26/08/2019 19:44:13	0	7.66	28.47
26/08/2019 19:44:33	0	7.66	28.47
26/08/2019 19:44:53	0	7.66	28.6
26/08/2019 19:45:13	0	7.66	28.73
26/08/2019 19:45:32	0	7.66	28.86
26/08/2019 19:45:52	0	7.6	28.86
26/08/2019 19:46:12	0	7.59	28.86
26/08/2019 19:46:32	0	7.64	28.86
26/08/2019 19:46:51	0	7.59	28.99
26/08/2019 19:47:11	0	7.64	28.99
26/08/2019 19:47:32	0	7.66	29.12
26/08/2019 19:47:51	0	7.66	29.12
26/08/2019 19:48:11	0	7.72	28.99
26/08/2019 19:48:32	0	7.72	28.99
26/08/2019 19:48:52	0	7.72	28.86
26/08/2019 19:49:11	0	7.72	28.73
26/08/2019 19:49:31	0	7.72	28.73
26/08/2019 19:49:51	0	7.77	28.73
26/08/2019 19:50:24	0	7.79	28.86
26/08/2019 19:50:35	0	7.79	28.86
26/08/2019 19:50:51	0	7.84	28.86
26/08/2019 19:51:11	0	7.85	28.73
26/08/2019 19:51:30	0	7.84	28.6
26/08/2019 19:51:50	0	7.85	28.73
26/08/2019 19:52:10	0	7.85	28.73
26/08/2019 19:52:30	0	7.85	28.6
26/08/2019 19:52:50	0	7.85	28.34
26/08/2019 19:53:10	0	7.92	28.47
26/08/2019 19:53:29	0	7.92	28.34
26/08/2019 19:53:49	0	7.92	28.08
26/08/2019 19:54:09	0	7.92	27.95
26/08/2019 19:54:29	0	7.92	27.69
26/08/2019 19:54:49	0	7.92	27.3
26/08/2019 19:55:08	0	7.92	26.78
26/08/2019 19:55:29	0	7.87	26.39
26/08/2019 19:55:48	0	7.85	26.13
26/08/2019 19:56:08	0	7.85	26.13
26/08/2019 19:56:28	0	7.85	26.13
26/08/2019 19:56:48	0	7.85	26
26/08/2019 19:57:09	0	7.85	25.87
26/08/2019 19:57:28	0	7.85	25.74
26/08/2019 19:57:47	0	7.85	25.74
26/08/2019 19:58:27	0	7.85	25.61
26/08/2019 19:58:48	0	7.85	25.61
26/08/2019 19:59:07	0	7.85	25.48
26/08/2019 19:59:27	0	7.85	25.48
26/08/2019 19:59:47	0	7.85	25.35

Elaboración propia.

ANEXO 2: Tabla de índice de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa obtenida por el SENAMHI.

Fecha y hora	Índice UV SENAMHI [IUV]	Temperatura SENAMHI [°C]	Humedad relativa SENAMHI [%]
26/08/2019 18:00	0	12	12
26/08/2019 19:00	0	10.2	20
26/08/2019 20:00	0	8.6	29
26/08/2019 21:00	0	7.5	34
26/08/2019 22:00	0	7	39
26/08/2019 23:00	0	6.6	59
27/08/2019 0:00	0	5.5	60
27/08/2019 1:00	0	5	54
27/08/2019 2:00	0	4.5	64
27/08/2019 3:00	0	4.2	75
27/08/2019 4:00	0	3.7	71
27/08/2019 5:00	0	3	71
27/08/2019 6:00	0	2.3	68
27/08/2019 7:00	1	1.5	67
27/08/2019 8:00	3	2.9	61
27/08/2019 9:00	6	6.5	48
27/08/2019 10:00	10	7.8	49
27/08/2019 11:00	12	9.2	47
27/08/2019 12:00	13	10.8	38
27/08/2019 13:00	11	11.9	36
27/08/2019 14:00	7	12.7	29
27/08/2019 15:00	4	12.4	30
27/08/2019 16:00	1	12.5	31
27/08/2019 17:00	0	12.5	25
27/08/2019 18:00	0	11.6	25
27/08/2019 19:00	0	9.6	39
27/08/2019 20:00	0	8.3	54
27/08/2019 21:00	0	7.9	56
27/08/2019 22:00	0	8	51
27/08/2019 23:00	0	7.5	50
28/08/2019 0:00	0	7.2	50
28/08/2019 1:00	0	6.5	45
28/08/2019 2:00	0	4.6	49
28/08/2019 3:00	0	3.9	49
28/08/2019 4:00	0	3.5	52
28/08/2019 5:00	0	3.1	56
28/08/2019 6:00	0	2.6	58
28/08/2019 7:00	1	2.4	66
28/08/2019 8:00	3	3.4	61
28/08/2019 9:00	6	6.8	58
28/08/2019 10:00	10	7.9	53
28/08/2019 11:00	12	9.8	44
28/08/2019 12:00	13	10.8	38
28/08/2019 13:00	11	12.2	34
28/08/2019 14:00	7	13.4	28
28/08/2019 15:00	4	13.9	20
28/08/2019 16:00	1	13.9	21
28/08/2019 17:00	0	13.4	22

Fuente: Adaptado de (SENAMHI - Puno, s. f.; SENAMHI - Radiación UV, s. f.).

ANEXO 3: Tabla de resultados para las mediciones del índice de radiación ultravioleta del sistema.

Fecha	Hora	\bar{X} [IUV]	n	S^2 [IUV ²]	S [IUV]	CV	$SE_{\bar{X}}$ [IUV]	IC al 95% [IUV,IUV]
26/08/2019	18:00	0	170	0	0	0	0	(0, 0)
26/08/2019	19:00	0	173	0	0	0	0	(0, 0)
26/08/2019	20:00	0	65	0	0	0	0	(0, 0)
26/08/2019	21:00	0	174	0	0	0	0	(0, 0)
26/08/2019	22:00	0	173	0	0	0	0	(0, 0)
26/08/2019	23:00	0	177	0	0	0	0	(0, 0)
27/08/2019	0:00	0	175	0	0	0	0	(0, 0)
27/08/2019	1:00	0	177	0	0	0	0	(0, 0)
27/08/2019	2:00	0	173	0	0	0	0	(0, 0)
27/08/2019	3:00	0	176	0	0	0	0	(0, 0)
27/08/2019	4:00	0	176	0	0	0	0	(0, 0)
27/08/2019	5:00	0	169	0	0	0	0	(0, 0)
27/08/2019	6:00	0.18	170	0.146	0.3821	2.1228	0.0293	(0.12, 0.24)
27/08/2019	7:00	1.75	171	0.504	0.7099	0.4057	0.0543	(1.64, 1.86)
27/08/2019	8:00	4.39	178	0.86	0.9274	0.2113	0.0695	(4.25, 4.53)
27/08/2019	9:00	7.38	168	0.968	0.9839	0.1333	0.0759	(7.23, 7.53)
27/08/2019	10:00	9.78	159	0.337	0.5805	0.0594	0.046	(9.69, 9.87)
27/08/2019	11:00	11.24	164	0.195	0.4416	0.0393	0.0345	(11.17, 11.31)
27/08/2019	12:00	11.75	163	0.189	0.4347	0.037	0.034	(11.68, 11.82)
27/08/2019	13:00	10.46	165	0.262	0.5119	0.0489	0.0399	(10.38, 10.54)
27/08/2019	14:00	8.16	167	0.747	0.8643	0.1059	0.0669	(8.03, 8.29)
27/08/2019	15:00	4.66	175	1.34	1.1576	0.2484	0.0875	(4.49, 4.83)
27/08/2019	16:00	1.37	169	0.877	0.9365	0.6836	0.072	(1.23, 1.51)
27/08/2019	17:00	0	169	0	0	0	0	(0, 0)
27/08/2019	18:00	0	177	0	0	0	0	(0, 0)
27/08/2019	19:00	0	173	0	0	0	0	(0, 0)
27/08/2019	20:00	0	176	0	0	0	0	(0, 0)
27/08/2019	21:00	0	177	0	0	0	0	(0, 0)
27/08/2019	22:00	0	176	0	0	0	0	(0, 0)
27/08/2019	23:00	0	177	0	0	0	0	(0, 0)
28/08/2019	0:00	0	178	0	0	0	0	(0, 0)
28/08/2019	1:00	0	176	0	0	0	0	(0, 0)
28/08/2019	2:00	0	179	0	0	0	0	(0, 0)
28/08/2019	3:00	0	178	0	0	0	0	(0, 0)
28/08/2019	4:00	0	174	0	0	0	0	(0, 0)
28/08/2019	5:00	0	173	0	0	0	0	(0, 0)
28/08/2019	6:00	0.19	177	0.156	0.395	2.0789	0.0297	(0.13, 0.25)
28/08/2019	7:00	1.92	177	0.578	0.7603	0.396	0.0571	(1.81, 2.03)
28/08/2019	8:00	4.68	177	0.865	0.9301	0.1987	0.0699	(4.54, 4.82)
28/08/2019	9:00	7.4	168	1.129	1.0625	0.1436	0.082	(7.24, 7.56)
28/08/2019	10:00	9.76	157	0.838	0.9154	0.0938	0.0731	(9.62, 9.90)
28/08/2019	11:00	11.65	170	0.23	0.4796	0.0412	0.0368	(11.58, 11.72)
28/08/2019	12:00	11.88	151	0.146	0.3821	0.0322	0.0311	(11.82, 11.94)
28/08/2019	13:00	10.46	171	0.285	0.5339	0.051	0.0408	(10.38, 10.54)
28/08/2019	14:00	7.72	177	1.11	1.0536	0.1365	0.0792	(7.56, 7.88)
28/08/2019	15:00	4.34	179	1.089	1.0436	0.2405	0.078	(4.19, 4.49)
28/08/2019	16:00	0.88	173	0.673	0.8204	0.9323	0.0624	(0.76, 1.00)
28/08/2019	17:00	0	172	0	0	0	0	(0, 0)

Elaboración propia.

ANEXO 4: Tabla de resultados para las mediciones de la temperatura.

Fecha	Hora	\bar{X} [°C]	n	S^2 [°C ²]	S [°C]	CV	$SE_{\bar{X}}$ [°C]	IC al 95% [°C, °C]
26/08/2019	18:00	8.69	170	0.089	0.2983	0.0343	0.0229	(8.65, 8.73)
26/08/2019	19:00	7.91	173	0.021	0.1449	0.0183	0.011	(7.89, 7.93)
26/08/2019	20:00	7.37	65	0.135	0.3674	0.0499	0.0456	(7.28, 7.46)
26/08/2019	21:00	6.7	174	0.049	0.2214	0.033	0.0168	(6.67, 6.73)
26/08/2019	22:00	5.85	173	0.075	0.2739	0.0468	0.0208	(5.81, 5.89)
26/08/2019	23:00	5.48	177	0.015	0.1225	0.0224	0.0092	(5.46, 5.50)
27/08/2019	0:00	5.11	175	0.014	0.1183	0.0232	0.0089	(5.09, 5.13)
27/08/2019	1:00	4.65	177	0.03	0.1732	0.0372	0.013	(4.62, 4.68)
27/08/2019	2:00	4.12	173	0.019	0.1378	0.0334	0.0105	(4.10, 4.14)
27/08/2019	3:00	3.67	176	0.033	0.1817	0.0495	0.0137	(3.64, 3.70)
27/08/2019	4:00	2.86	176	0.029	0.1703	0.0595	0.0128	(2.83, 2.89)
27/08/2019	5:00	2.4	169	0.006	0.0775	0.0323	0.006	(2.39, 2.41)
27/08/2019	6:00	3.28	170	1.733	1.3164	0.4013	0.101	(3.08, 3.48)
27/08/2019	7:00	9.48	171	1.398	1.1824	0.1247	0.0904	(9.30, 9.66)
27/08/2019	8:00	10.33	178	0.874	0.9349	0.0905	0.0701	(10.19, 10.47)
27/08/2019	9:00	11.78	168	0.041	0.2025	0.0172	0.0156	(11.75, 11.81)
27/08/2019	10:00	12.37	159	0.12	0.3464	0.028	0.0275	(12.32, 12.42)
27/08/2019	11:00	12.45	164	0.052	0.228	0.0183	0.0178	(12.42, 12.48)
27/08/2019	12:00	13.16	163	0.016	0.1265	0.0096	0.0099	(13.14, 13.18)
27/08/2019	13:00	13.14	165	0.035	0.1871	0.0142	0.0146	(13.11, 13.17)
27/08/2019	14:00	12.96	167	0.016	0.1265	0.0098	0.0098	(12.94, 12.98)
27/08/2019	15:00	12.18	175	0.649	0.8056	0.0661	0.0609	(12.06, 12.30)
27/08/2019	16:00	10.47	169	0.108	0.3286	0.0314	0.0253	(10.42, 10.52)
27/08/2019	17:00	9.19	169	0.053	0.2302	0.025	0.0177	(9.16, 9.22)
27/08/2019	18:00	8.46	177	0.053	0.2302	0.0272	0.0173	(8.43, 8.49)
27/08/2019	19:00	7.78	173	0.035	0.1871	0.024	0.0142	(7.75, 7.81)
27/08/2019	20:00	7.11	176	0.022	0.1483	0.0209	0.0112	(7.09, 7.13)
27/08/2019	21:00	6.29	177	0.12	0.3464	0.0551	0.026	(6.24, 6.34)
27/08/2019	22:00	5.88	176	0.004	0.0632	0.0107	0.0048	(5.87, 5.89)
27/08/2019	23:00	5.55	177	0.034	0.1844	0.0332	0.0139	(5.52, 5.58)
28/08/2019	0:00	5.05	178	0.02	0.1414	0.028	0.0106	(5.03, 5.07)
28/08/2019	1:00	4.5	176	0.018	0.1342	0.0298	0.0101	(4.48, 4.52)
28/08/2019	2:00	4.04	179	0.017	0.1304	0.0323	0.0097	(4.02, 4.06)
28/08/2019	3:00	3.67	178	0.012	0.1095	0.0298	0.0082	(3.65, 3.69)
28/08/2019	4:00	3.3	174	0.012	0.1095	0.0332	0.0083	(3.28, 3.32)
28/08/2019	5:00	2.82	173	0.014	0.1183	0.042	0.009	(2.80, 2.84)
28/08/2019	6:00	3.62	177	1.899	1.378	0.3807	0.1036	(3.42, 3.82)
28/08/2019	7:00	9.1	177	0.611	0.7817	0.0859	0.0588	(8.98, 9.22)
28/08/2019	8:00	10.16	177	0.899	0.9482	0.0933	0.0713	(10.02, 10.30)
28/08/2019	9:00	11.79	168	0.069	0.2627	0.0223	0.0203	(11.75, 11.83)
28/08/2019	10:00	12.47	157	0.223	0.4722	0.0379	0.0377	(12.40, 12.54)
28/08/2019	11:00	13.56	170	0.099	0.3146	0.0232	0.0241	(13.51, 13.61)
28/08/2019	12:00	13.3	151	0.054	0.2324	0.0175	0.0189	(13.26, 13.34)
28/08/2019	13:00	13.67	171	0.108	0.3286	0.024	0.0251	(13.62, 13.72)
28/08/2019	14:00	12.94	177	0.087	0.295	0.0228	0.0222	(12.90, 12.98)
28/08/2019	15:00	12.11	179	0.131	0.3619	0.0299	0.027	(12.06, 12.16)
28/08/2019	16:00	11.09	173	0.253	0.503	0.0454	0.0382	(11.02, 11.16)
28/08/2019	17:00	9.84	172	0.032	0.1789	0.0182	0.0136	(9.81, 9.87)

Elaboración propia.

ANEXO 5: Tabla de resultados para las mediciones de la humedad relativa.

Fecha	Hora	\bar{X} [%]	n	S^2 [% ²]	S [%]	CV	$SE_{\bar{X}}$ [%]	IC al 95% [%,%]
26/08/2019	18:00	28.85	170	5.487	2.3424	0.0812	0.1797	(28.50, 29.20)
26/08/2019	19:00	28.34	173	1.436	1.1983	0.0423	0.0911	(28.16, 28.52)
26/08/2019	20:00	32.94	65	37.865	6.1535	0.1868	0.7632	(31.44, 34.44)
26/08/2019	21:00	45.21	174	48.167	6.9402	0.1535	0.5261	(44.18, 46.24)
26/08/2019	22:00	51.49	173	4.355	2.0869	0.0405	0.1587	(51.18, 51.80)
26/08/2019	23:00	44.15	177	9.86	3.1401	0.0711	0.236	(43.69, 44.61)
27/08/2019	0:00	63.75	175	85.985	9.2728	0.1455	0.701	(62.38, 65.12)
27/08/2019	1:00	74.48	177	11.919	3.4524	0.0464	0.2595	(73.97, 74.99)
27/08/2019	2:00	63.39	173	4.084	2.0209	0.0319	0.1536	(63.09, 63.69)
27/08/2019	3:00	69.19	176	11.61	3.4073	0.0492	0.2568	(68.69, 69.69)
27/08/2019	4:00	74.74	176	1.993	1.4117	0.0189	0.1064	(74.53, 74.95)
27/08/2019	5:00	68.56	169	30.029	5.4799	0.0799	0.4215	(67.73, 69.39)
27/08/2019	6:00	60.79	170	27.824	5.2748	0.0868	0.4046	(60.00, 61.58)
27/08/2019	7:00	36.51	171	11.186	3.3445	0.0916	0.2558	(36.01, 37.01)
27/08/2019	8:00	37.42	178	2.739	1.655	0.0442	0.124	(37.18, 37.66)
27/08/2019	9:00	36.44	168	1.181	1.0867	0.0298	0.0838	(36.28, 36.60)
27/08/2019	10:00	31.67	159	1.39	1.179	0.0372	0.0935	(31.49, 31.85)
27/08/2019	11:00	32.27	164	1.414	1.1891	0.0368	0.0929	(32.09, 32.45)
27/08/2019	12:00	25.24	163	1.477	1.2153	0.0481	0.0952	(25.05, 25.43)
27/08/2019	13:00	26.01	165	1.276	1.1296	0.0434	0.0879	(25.84, 26.18)
27/08/2019	14:00	26.61	167	0.908	0.9529	0.0358	0.0737	(26.47, 26.75)
27/08/2019	15:00	22.92	175	5.653	2.3776	0.1037	0.1797	(22.57, 23.27)
27/08/2019	16:00	26.52	169	10.305	3.2101	0.121	0.2469	(26.04, 27.00)
27/08/2019	17:00	40.19	169	53.274	7.2989	0.1816	0.5615	(39.09, 41.29)
27/08/2019	18:00	54.3	177	4.665	2.1599	0.0398	0.1623	(53.98, 54.62)
27/08/2019	19:00	57.27	173	2.042	1.429	0.025	0.1086	(57.06, 57.48)
27/08/2019	20:00	56.61	176	2.494	1.5792	0.0279	0.119	(56.38, 56.84)
27/08/2019	21:00	58.93	177	2.238	1.496	0.0254	0.1124	(58.71, 59.15)
27/08/2019	22:00	57.61	176	2.285	1.5116	0.0262	0.1139	(57.39, 57.83)
27/08/2019	23:00	51.55	177	0.758	0.8706	0.0169	0.0654	(51.42, 51.68)
28/08/2019	0:00	51.43	178	0.08	0.2828	0.0055	0.0212	(51.39, 51.47)
28/08/2019	1:00	51.78	176	0.236	0.4858	0.0094	0.0366	(51.71, 51.85)
28/08/2019	2:00	53.2	179	0.825	0.9083	0.0171	0.0679	(53.07, 53.33)
28/08/2019	3:00	55.71	178	0.676	0.8222	0.0148	0.0616	(55.59, 55.83)
28/08/2019	4:00	57.95	174	1.251	1.1185	0.0193	0.0848	(57.78, 58.12)
28/08/2019	5:00	70.73	173	17.361	4.1667	0.0589	0.3168	(70.11, 71.35)
28/08/2019	6:00	67.32	177	38.683	6.2196	0.0924	0.4675	(66.40, 68.24)
28/08/2019	7:00	46.72	177	5.494	2.3439	0.0502	0.1762	(46.37, 47.07)
28/08/2019	8:00	42.5	177	20.978	4.5802	0.1078	0.3443	(41.83, 43.17)
28/08/2019	9:00	36.54	168	1.744	1.3206	0.0361	0.1019	(36.34, 36.74)
28/08/2019	10:00	31.58	157	2.001	1.4146	0.0448	0.1129	(31.36, 31.80)
28/08/2019	11:00	27.43	170	2.375	1.5411	0.0562	0.1182	(27.20, 27.66)
28/08/2019	12:00	25.33	151	17.012	4.1246	0.1628	0.3357	(24.67, 25.99)
28/08/2019	13:00	16.49	171	3.242	1.8006	0.1092	0.1377	(16.22, 16.76)
28/08/2019	14:00	19.83	177	1.818	1.3483	0.068	0.1013	(19.63, 20.03)
28/08/2019	15:00	21.26	179	3.876	1.9688	0.0926	0.1472	(20.97, 21.55)
28/08/2019	16:00	22.24	173	2.131	1.4598	0.0656	0.111	(22.02, 22.46)
28/08/2019	17:00	26.27	172	1.802	1.3424	0.0511	0.1024	(26.07, 26.47)

Elaboración propia.

ANEXO 6: Tabla de medias del índice de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa del sistema y SENAMHI.

Fecha	Índice UV Sistema [IUV]	Índice UV SENAMHI [IUV]	Temperatura Sistema [°C]	Temperatura SENAMHI [°C]	Humedad relativa Sistema [%]	Humedad relativa SENAMHI [%]
26/08/2019 18:00	0	0	8.69	12	28.85	12
26/08/2019 19:00	0	0	7.91	10.2	28.34	20
26/08/2019 20:00	0	0	7.37	8.6	32.94	29
26/08/2019 21:00	0	0	6.7	7.5	45.21	34
26/08/2019 22:00	0	0	5.85	7	51.49	39
26/08/2019 23:00	0	0	5.48	6.6	44.15	59
27/08/2019 0:00	0	0	5.11	5.5	63.75	60
27/08/2019 1:00	0	0	4.65	5	74.48	54
27/08/2019 2:00	0	0	4.12	4.5	63.39	64
27/08/2019 3:00	0	0	3.67	4.2	69.19	75
27/08/2019 4:00	0	0	2.86	3.7	74.74	71
27/08/2019 5:00	0	0	2.4	3	68.56	71
27/08/2019 6:00	0.18	0	3.28	2.3	60.79	68
27/08/2019 7:00	1.75	1	9.48	1.5	36.51	67
27/08/2019 8:00	4.39	3	10.33	2.9	37.42	61
27/08/2019 9:00	7.38	6	11.78	6.5	36.44	48
27/08/2019 10:00	9.78	10	12.37	7.8	31.67	49
27/08/2019 11:00	11.24	12	12.45	9.2	32.27	47
27/08/2019 12:00	11.75	13	13.16	10.8	25.24	38
27/08/2019 13:00	10.46	11	13.14	11.9	26.01	36
27/08/2019 14:00	8.16	7	12.96	12.7	26.61	29
27/08/2019 15:00	4.66	4	12.18	12.4	22.92	30
27/08/2019 16:00	1.37	1	10.47	12.5	26.52	31
27/08/2019 17:00	0	0	9.19	12.5	40.19	25
27/08/2019 18:00	0	0	8.46	11.6	54.3	25
27/08/2019 19:00	0	0	7.78	9.6	57.27	39
27/08/2019 20:00	0	0	7.11	8.3	56.61	54
27/08/2019 21:00	0	0	6.29	7.9	58.93	56
27/08/2019 22:00	0	0	5.88	8	57.61	51
27/08/2019 23:00	0	0	5.55	7.5	51.55	50
28/08/2019 0:00	0	0	5.05	7.2	51.43	50
28/08/2019 1:00	0	0	4.5	6.5	51.78	45
28/08/2019 2:00	0	0	4.04	4.6	53.2	49
28/08/2019 3:00	0	0	3.67	3.9	55.71	49
28/08/2019 4:00	0	0	3.3	3.5	57.95	52
28/08/2019 5:00	0	0	2.82	3.1	70.73	56
28/08/2019 6:00	0.19	0	3.62	2.6	67.32	58
28/08/2019 7:00	1.92	1	9.1	2.4	46.72	66
28/08/2019 8:00	4.68	3	10.16	3.4	42.5	61
28/08/2019 9:00	7.4	6	11.79	6.8	36.54	58
28/08/2019 10:00	9.76	10	12.47	7.9	31.58	53
28/08/2019 11:00	11.65	12	13.56	9.8	27.43	44
28/08/2019 12:00	11.88	13	13.3	10.8	25.33	38
28/08/2019 13:00	10.46	11	13.67	12.2	16.49	34
28/08/2019 14:00	7.72	7	12.94	13.4	19.83	28
28/08/2019 15:00	4.34	4	12.11	13.9	21.26	20
28/08/2019 16:00	0.88	1	11.09	13.9	22.24	21
28/08/2019 17:00	0	0	9.84	13.4	26.27	22

Fuente: Adaptado de (SENAMHI - Puno, s. f.; SENAMHI - Radiación UV, s. f.).

ANEXO 7: Tabla de características técnicas del Arduino UNO.

Característica	Valor
Microcontroller	ATmega328P
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
PWM Digital I/O Pins	6
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	20 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328P) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Clock Speed	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Length	68.6 mm
Width	53.4 mm
Weight	25 g

Fuente: Adaptado de (Arduino, s. f.)

ANEXO 8: Hoja de características del microprocesador ATmega328P.**MICROCHIP****ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P****megaAVR® Data Sheet****Introduction**

The ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P is a low power, CMOS 8-bit microcontrollers based on the AVR® enhanced RISC architecture. By executing instructions in a single clock cycle, the devices achieve CPU throughput approaching one million instructions per second (MIPS) per megahertz, allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

Features

- High Performance, Low Power AVR® 8-Bit Microcontroller Family
- Advanced RISC Architecture
 - 131 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 20 MIPS Throughput at 20MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory Segments
 - 4/8/16/32KBytes of In-System Self-Programmable Flash program memory
 - 256/512/512/1KBytes EEPROM
 - 512/1K/1K/2KBytes Internal SRAM
 - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
 - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C⁽¹⁾
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - Programming Lock for Software Security
- QTouch® library support
 - Capacitive touch buttons, sliders and wheels
 - QTouch and QMatrix™ acquisition
 - Up to 64 sense channels
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescaler and Compare Mode
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode

ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P

- Real Time Counter with Separate Oscillator
- Six PWM Channels
- 8-channel 10-bit ADC in TQFP and QFN/MLF package
 - Temperature Measurement
- 6-channel 10-bit ADC in PDIP Package
 - Temperature Measurement
- Programmable Serial USART
- Master/Slave SPI Serial Interface
- Byte-oriented 2-wire Serial Interface (Philips I²C compatible)
- Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
- On-chip Analog Comparator
- Interrupt and Wake-up on Pin Change
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby, and Extended Standby
- I/O and Packages
 - 23 Programmable I/O Lines
 - 28-pin PDIP, 32-lead TQFP, 28-pad QFN/MLF and 32-pad QFN/MLF
- Operating Voltage:
 - 1.8 - 5.5V
- Temperature Range:
 - -40°C to 85°C
- Speed Grade:
 - 0 - 4MHz@1.8 - 5.5V, 0 - 10MHz@2.7 - 5.5.V, 0 - 20MHz @ 4.5 - 5.5V
- Power Consumption at 1MHz, 1.8V, 25°C
 - Active Mode: 0.2mA
 - Power-down Mode: 0.1µA
 - Power-save Mode: 0.75µA (Including 32kHz RTC)

ANEXO 9: Hoja de características del chip ethernet Wiznet W5100.



W5100 Datasheet

The W5100 is a full-featured, single-chip Internet-enabled 10/100 Ethernet controller designed for embedded applications where ease of integration, stability, performance, area and system cost control are required. The W5100 has been designed to facilitate easy implementation of Internet connectivity without OS. The W5100 is IEEE 802.3 10BASE-T and 802.3u 100BASE-TX compliant.

The W5100 includes fully hardwired, market-proven TCP/IP stack and integrated Ethernet MAC & PHY. Hardwired TCP/IP stack supports TCP, UDP, IPv4, ICMP, ARP, IGMP and PPPoE which has been proven in various applications for several years. 16Kbytes internal buffer is included for data transmission. No need of consideration for handling Ethernet Controller, but simple socket programming is required.

For easy integration, three different interfaces like memory access way, called direct, indirect bus and SPI, are supported on the MCU side.

Target Applications

The W5100 is well suited for many embedded applications, including:

- Home Network Devices: Set-Top Boxes, PVRs, Digital Media Adapters
- Serial-to-Ethernet: Access Controls, LED displays, Wireless AP relays, etc.
- Parallel-to-Ethernet: POS / Mini Printers, Copiers
- USB-to-Ethernet: Storage Devices, Network Printers
- GPIO-to-Ethernet: Home Network Sensors
- Security Systems: DVRs, Network Cameras, Kiosks
- Factory and Building Automations
- Medical Monitoring Equipments
- Embedded Servers



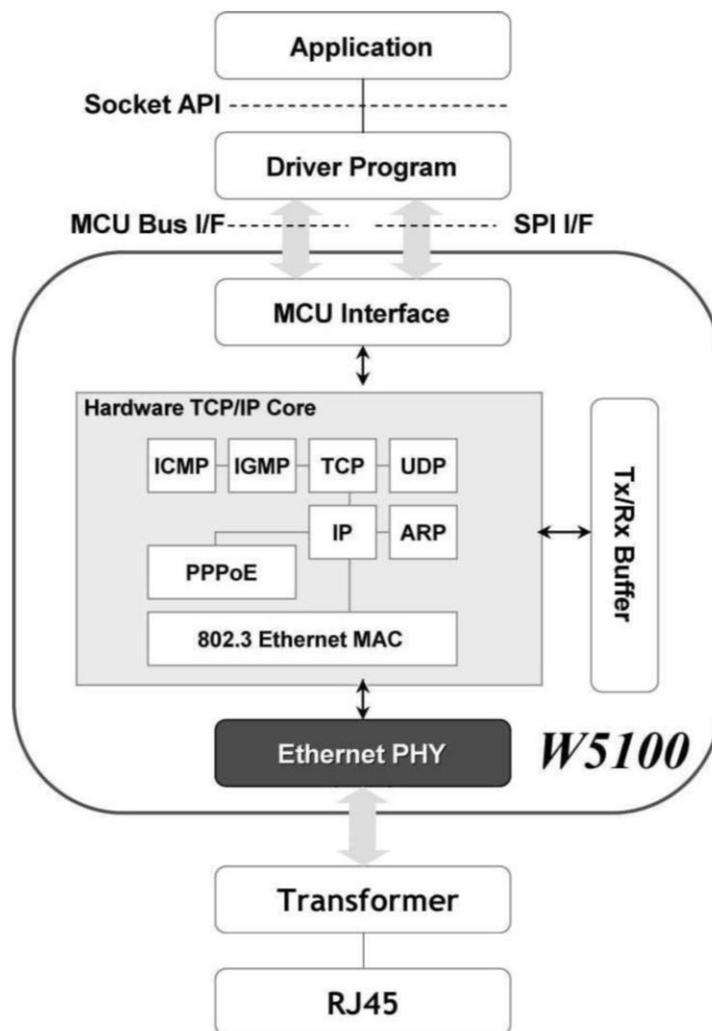
Features

- Support Hardwired TCP/IP Protocols : TCP, UDP, ICMP, IPv4 ARP, IGMP, PPPoE, Ethernet
- 10BaseT/100BaseTX Ethernet PHY embedded
- Support Auto Negotiation (Full-duplex and half duplex)
- Support Auto MDI/MDIX
- Support ADSL connection (with support PPPoE Protocol with PAP/CHAP Authentication mode)
- Supports 4 independent sockets simultaneously
- Not support IP Fragmentation
- Internal 16Kbytes Memory for Tx/Rx Buffers
- 0.18 μm CMOS technology
- 3.3V operation with 5V I/O signal tolerance
- Small 80 Pin LQFP Package
- Lead-Free Package
- Support Serial Peripheral Interface(SPI MODE 0, 3)
- Multi-function LED outputs (TX, RX, Full/Half duplex, Collision, Link, Speed)



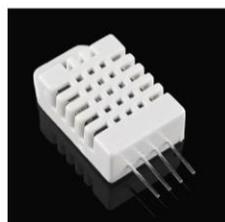
Block Diagram

W5100 Datasheet



ANEXO 10: Hoja de características del sensor digital de temperatura y humedad relativa AM2302/DHT22.

Your specialist in innovating humidity & temperature sensors



Standard AM2302/DHT22



AM2302/DHT22 with big case and wires

Digital relative humidity & temperature sensor AM2302/DHT22

1. Feature & Application:

- *High precision
- *Capacitive type
- *Full range temperature compensated
- *Relative humidity and temperature measurement
- *Calibrated digital signal
- *Outstanding long-term stability
- *Extra components not needed
- *Long transmission distance, up to 100 meters
- *Low power consumption
- *4 pins packaged and fully interchangeable

2. Description:

AM2302 output calibrated digital signal. It applies exclusive digital-signal-collecting-technique and humidity sensing technology, assuring its reliability and stability. Its sensing elements are connected with 8-bit single-chip computer.

Every sensor of this model is temperature compensated and calibrated in accurate calibration chamber and the calibration-coefficient is saved in type of programme in OTP memory, when the sensor is detecting, it will cite coefficient from memory.

Small size & low consumption & long transmission distance(100m) enable AM2302 to be suited in all kinds of harsh application occasions. Single-row packaged with four pins, making the connection very convenient.

3. Technical Specification:

Model	AM2302
Power supply	3.3-5.5V DC
Output signal	digital signal via 1-wire bus
Sensing element	Polymer humidity capacitor
Operating range	humidity 0-100%RH; temperature -40~80Celsius
Accuracy	humidity +2%RH (Max +5%RH); temperature +-0.5Celsius
Resolution or sensitivity	humidity 0.1%RH; temperature 0.1Celsius
Repeatability	humidity +-1%RH; temperature +-0.2Celsius
Humidity hysteresis	+0.3%RH
Long-term Stability	+0.5%RH/year
Interchangeability	fully interchangeable

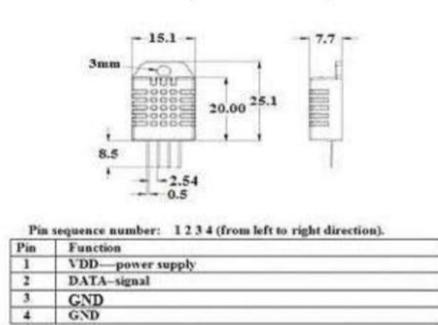
Thomas Liu (Sales Manager)

- 1 -

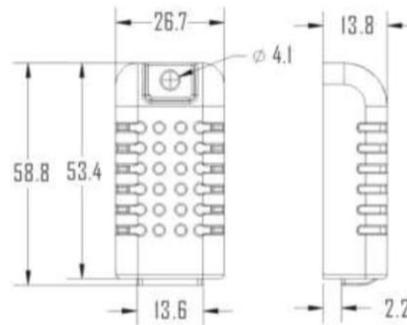
Email: thomasliu198518@aliyun.com

Your specialist in innovating humidity & temperature sensors

4. Dimensions: (unit---mm)



Standard AM2302's dimensions as above

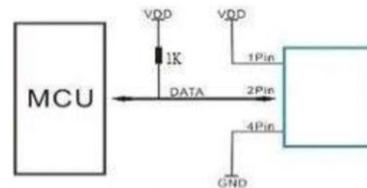


Big case's dimensions as above

Red wire—power supply, Black wire—GND

Yellow wire—Data output

5. Electrical connection diagram:



6. Operating specifications:

(1) Power and Pins

Power's voltage should be 3.3-5.5V DC. When power is supplied to sensor, don't send any instruction to the sensor within one second to pass unstable status. One capacitor valued 100nF can be added between VDD and GND for wave filtering.

(2) Communication and signal

1-wire bus is used for communication between MCU and AM2302. (Our 1-wire bus is specially designed, it's different from Maxim/Dallas 1-wire bus, so it's incompatible with Dallas 1-wire bus.)

Illustration of our 1-wire bus:

Thomas Liu (Sales Manager)

- 2 -

Email: thomasliu198518@aliyun.com

Your specialist in innovating humidity & temperature sensors

DATA=16 bits RH data+16 bits Temperature data+8 bits check-sum

Example: MCU has received 40 bits data from AM2302 as

0000 0010 1000 1100 0000 0001 0101 1111 1110 1110

16 bits RH data 16 bits T data check sum

Here we convert 16 bits RH data from binary system to decimal system,

0000 0010 1000 1100 → 652

Binary system Decimal system

RH=652/10=65.2%RH

Here we convert 16 bits T data from binary system to decimal system,

0000 0001 0101 1111 → 351

Binary system Decimal system

T=351/10=35.1°C

When highest bit of temperature is 1, it means the temperature is below 0 degree Celsius.

Example: **1**000 0000 0110 0101, T= minus 10.1°C

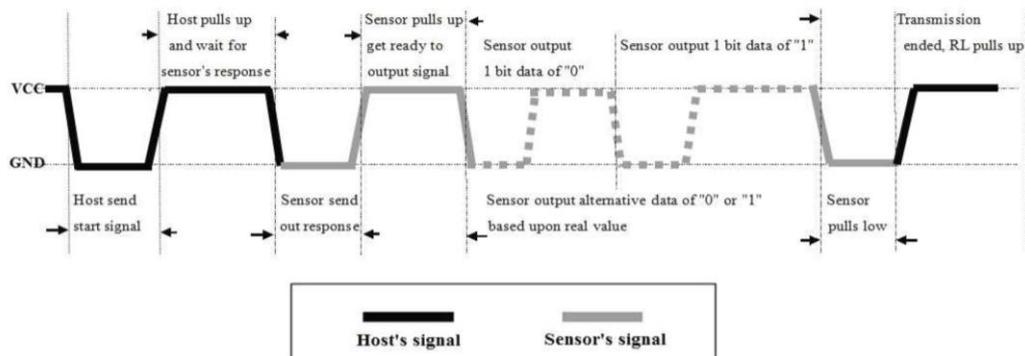
16 bits T data

Sum=0000 0010+1000 1100+0000 0001+0101 1111=1110 1110

Check-sum=the last 8 bits of Sum=1110 1110

When MCU send start signal, AM2302 change from standby-status to running-status. When MCU finishes sending the start signal, AM2302 will send response signal of 40-bit data that reflect the relative humidity and temperature to MCU. Without start signal from MCU, AM2302 will not give response signal to MCU. One start signal for one response data from AM2302 that reflect the relative humidity and temperature. AM2302 will change to standby status when data collecting finished if it don't receive start signal from MCU again.

See below figure for overall communication process, **the interval of whole process must beyond 2 seconds.**



1) Step 1: MCU send out start signal to AM2302 and AM2302 send response signal to MCU

Thomas Liu (Sales Manager)

- 3 -

Email: thomasliu198518@aliyun.com

ANEXO 11: Hoja de características del sensor analógico GUA-S12SD.



ROITHNER LASERTECHNIK GmbH

WIEDNER HAUPTSTRASSE 76 1040 VIENNA AUSTRIA
TEL. +43 1 586 52 43 -O. FAX. -44. OFFICE@ROITHNER-LASER.COM



GUA-S12SD



TECHNICAL DATA

UV-B Sensor

Features

- Gallium Nitride Based Material
- Schottky-type Photodiode
- Photovoltaic Mode Operation
- Good Visible Blindness
- High Responsivity & Low Dark Current

Applications

- UV Index Monitoring
- UV-A Lamp Monitoring

Absolute Maximum Ratings

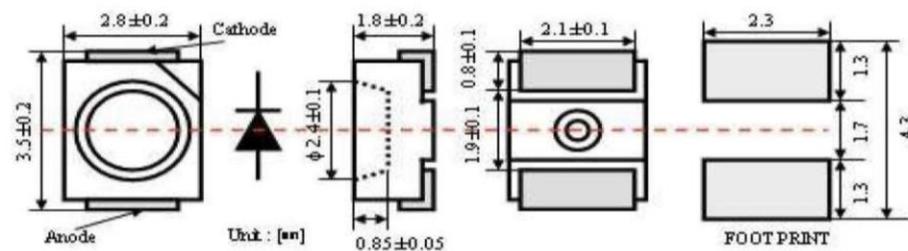
Item	Symbol	Value	Unit
Forward Current	I_F	1	mA
Reverse Voltage	V_R	5	V
Operating Temperature	T_{op}	-30 ... +85	°C
Storage Temperature	T_{st}	-40 ... +90	°C
Soldering Temperature *	T_{sol}	260	°C

* must be completed within 10 seconds

Characteristics (25°C)

Item	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
Dark Current	I_D	$V_R = 0.1 V$	-	-	1	nA
Photo Current	I_{PD}	UVA Lamp, 1 mW/cm ²	-	113	-	nA
		1 UVI	-	26	-	nA
Temperature Coefficient	I_{TC}	UVA Lamp	-	0.08	-	% / °C
Responsivity	R	$\lambda = 300 nm, V_R = 0 V$	-	0.14	-	A/W
Spectral Detection Range	λ	10% of R	240	-	370	nm

Package Dimension



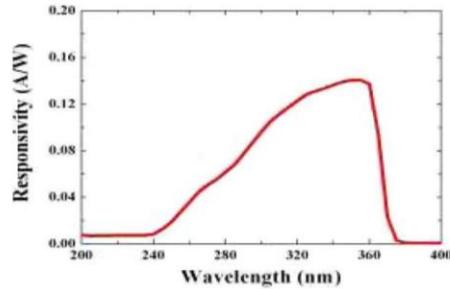


ROITHNER LASERTECHNIK GmbH

WIEDNER HAUPTSTRASSE 76 1040 VIENNA AUSTRIA
 TEL. +43 1 586 52 43 -0, FAX. -44, OFFICE@ROITHNER-LASER.COM



Responsivity Curve



Photocurrent along UV Power

