UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

Repositorio Digital USM **https://repositorio.usm.cl**

Tesis USM TESIS de Pregrado de acceso ABIERTO

2020

PROYECTAR ESTACION METEOROLOGICA CON RASPBERRY PI-4MODELO B

AROS SALAZAR, LEOPOLDO ANDRES

https://hdl.handle.net/11673/49566

Repositorio Digital USM, UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

SEDE VIÑA DEL MAR- JOSÉ MIGUEL CARRERA

PROYECTAR ESTACIÓN METEOROLÓGICA CON RASPBERRY PI-4 MODELO B

Trabajo de Titulación para optar al Título de Ingeniería de Ejecución en Control e Instrumentación Industrial

Alumno:

Leopoldo Andrés Aros Salazar

Profesor Guía:

Ingeniero. José Llantén Álvarez

Profesor Correferente:

Ingeniero. Sergio Riquelme Bravo

2020

RESUMEN

Keywords: ESTACIÓN METEOROLÓGICA, RASPBERRY PI-4 MODELO B.

Este proyecto consiste en proyectar una estación meteorológica que permita medir y monitorear variables atmosféricas de temperatura, humedad, presión, velocidad del viento, dirección del viento y cantidad de precipitación.

El encargado de almacenar y permitir el seguimiento a las mediciones es la Raspberry PI-4 modelo B, un ordenador de pequeñas dimensiones que mediante el uso de sus puertos GPIO, permite interactuar con las señales acondicionadas provenientes de los diferentes sensores necesarios para cada una de las variables de interés.

Esta nueva versión a nivel de RAM ha superado la limitación de 1GB de la versión anterior, para ahora poder seleccionar entre la versión 1- 2 o 4 GB, abriendo así las puertas a un sinfín de aplicaciones ejecutables orientadas a la programación y proyectos futuros.

La información obtenida por medio de los diferentes sensores se almacena en una base de datos alojada también en el servidor. La base de datos sirve de enlace entre los sensores y el servidor web, se trata de una base de datos en MySQL.

El proyecto tendrá varios lenguajes informáticos, para la programación del servidor se ha utilizado PHP, HTML y Javascript. El programa principal, encargado de la comunicación de los sensores, será programado en Python.

La estación meteorológica estará diseñada como una estructura la cual debe cumplir con los requisitos de soportar las inclemencias meteorológicas, así como una caja para aislar de humedad y precipitación los circuitos electrónicos.

En cuanto a la fuente de alimentación, será diseñado un sistema fotovoltaico para que la estación meteorológica sea completamente autónoma durante el día y un sistema de respaldo de energía mediante el implemento de batería y regulador para el funcionamiento durante la noche.

ÍNDICE

PROYECTAR ESTACIÓN METEOROLÓGICA CON RASPBERRY PI-4 MODELO B

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 1: DETERMINAR COMPONENTES Y ELEMENTOS DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

1.1. CONTEXTO DE LA SITUACIÓN 4

1.1.1. Solución a la problemática 4

1.1.2. Ventajas de una estación meteorológica 5

1.2. PARÁMETROS DE MEDICIÓN 5

1.2.1. Temperatura 5

1.2.2. Humedad relativa 6

1.2.3. Presión atmosférica 6

1.2.4. Velocidad y dirección del viento 7

1.2.5. Precipitación 7

1.3. ELECCIÓN DE TECNOLOGÍA 8

1.3.1. Arduino Due 8

1.3.2. Raspberry PI-3 modelo B+ 9

1.3.3. Raspberry PI-4 modelo B 10

1.3.4. Matriz de ponderación 10

1.4. PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN 11

1.4.1. Descripción de la solución 11

1.4.2. Diagrama de trabajo 13

1.4.3. Estación meteorológica 14

1.4.4. Medición de magnitudes físicas 14

1.4.5. Acondicionamiento de sensores 14

1.4.6. Sistema operativo 14

1.4.7. Servidor web 15

1.4.8. Fuente de alimentación 16

CAPÍTULO 2: DISEÑO DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

2.1. CONCEPTOS DE DISEÑO DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA 18

2.1.1. Consideraciones físicas 18

2.1.2. Consideraciones eléctricas 19

2.2. DISEÑO Y COMUNICACIÓN CON LOS SENSORES 19

2.2.1. Conversor análogo- digital MCP3008 19
2.2.2. Sensor de temperatura y humedad 21
2.2.3. Sensor de presión atmosférica 22
2.2.4. Sensor de velocidad del viento 23
2.2.5. Sensor de dirección del viento 24
2.2.6. Sensor de precipitación 26
2.3. PUERTOS GPIO RASPBERRY PI-4 MODELO B 28
2.4. ESQUEMA DE CONEXIONADO DE LOS SENSORES 28
2.4.1. Conexionado MCP3008 29
2.4.2. Conexionado sensor de temperatura y humedad 29
2.4.3. Conexionado sensor de presión atmosférica 30
2.4.4. Conexionado de veleta 31
2.4.5. Conexionado sensor anemómetro 31
2.4.6. Conexionado pluviómetro 32
2.4.7. Conexionado general 33
2.5. ETAPA DE PSU 33
2.5.1. Condiciones de carga 34
2.5.2. Regulador de tensión para Raspberry PI, puertos GPIO y sensores 34
2.5.3. Cálculos de potencia y consumo total diario 36
2.5.4. Panel solar 36
2.5.5. Controlador de carga solar 37
2.5.6. Batería 38
CAPÍTULO 3: ESTABLECER INTERFACE CON SERVIDOR WEB
3.1. INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA OPERATIVO 40
3.2. INTERFACES DE COMUNICACIÓN 41
3.2.1. Bus de comunicación I2C 41
3.2.2. Bus de comunicación SPI 42
3.3. SOFTWARE ADQUISICIÓN DE DATOS MEDIDOS 42
3.3.1. Software adquisición de datos del conversor analógico digital MCP3008 42
3.3.2. Software adquisición de datos sensor de temperatura y humedad 44
3.3.3. Software adquisición de datos sensor de presión atmosférica 46
3.3.4. Software adquisición de datos sensor de velocidad de viento 48
3.3.5. Software adquisición de datos sensor de dirección del viento 50
3.3.6. Software adquisición de datos del pluviómetro 51
3.3.7. Software adquisición de datos principal 52

3.4. INSTALACIÓN DE SERVIDOR WEB EN RASPBERRY 53
3.4.1. Direccionamiento IP en Raspberry PI-4 modelo B 53
3.4.2. Instalación de servidor web 53
3.4.3. Instalación y configuración de MySQL y PHPMYADMIN 54
3.5. CREACIÓN DE LA TABLA Y BASE DE DATOS 55
3.6. CONEXIÓN BASE DE DATOS CON ESTACIÓN METEOROLÓGICA 58
3.7. PRESENTACIÓN DE LA PÁGINA WEB 59
3.8. GENERALIDADES DEL PROYECTO 61
CAPÍTULO 4: EVALUACIÓN DE COSTOS TOTALES ASOCIADOS AL PROYECTO
4.1. COSTOS DE MATERIALES 63
4.1.1. Costos de Raspberry PI y accesorios 63
4.1.2. Costos de sensores y varios 64
4.1.3. Costos de fuente de alimentación 66
4.1.4. Costos de estructura y accesorios varios 67
4.1.5. Costo total de materiales 68
4.1.6. Condiciones generales de materiales 68
4.2. COSTO ELABORACIÓN DE PROYECTO 68
4.3. COSTO MANO DE OBRA 69
4.3.1. Ingeniero en proyecto eléctrico 69
4.3.2. Técnico universitario en electrónica 70
4.3.3. Técnico universitario en informática 70
4.3.4. Ayudante técnico 71
4.4. COSTO TOTAL DEL PROYECTO 72
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 73
BIBLIOGRAFÍA 74
ANEXO
ANEXO A: CONVERSOR ANÁLOGO-DIGITAL MCP3008
ANEXO B: SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD
ANEXO C: SENSOR DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA
ANEXO D: SENSOR ANEMÓMETRO
ANEXO E: VELETA
ANEXO F: PLUVIÓMETRO
ANEXO G: PROGRAMA PRINCIPAL
ANEXO H: ALMACENAMIENTO DE DATOS EN MYSQL
ANEXO I: PROGRAMA PRINCIPAL FINAL

ANEXO J: CÓDIGO PÁGINA WEB PORTADA

ANEXO K: CÓDIGO PÁGINA WEB DATOS METEOROLÓGICOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Arduino Due

Figura 1-2. Raspberry PI-3 modelo B+

Figura 1-3. Raspberry PI-4 modelo B

Figura 1-4. Componentes de Raspberry PI-4 modelo B

Figura 1-5. Esquema de trabajo estación meteorológica

Figura 1-6. Sistema operativo Raspbian

Figura 2-1. Conversor analógico-digital MCP3008

Figura 2-2. Pines del conversor analógico-digital MCP3008

Figura 2-3. Sensor de temperatura y humedad DHT22

Figura 2-4. Sensor de presión atmosférica BMP180

Figura 2-5. Sensor de velocidad del viento Adafruit

Figura 2-6. Funcionamiento del anemómetro

Figura 2-7. Veleta RM Young

Figura 2-8. Pluviómetro TBT4

Figura 2-9. Funcionamiento pluviómetro

Figura 2-10. Pines puerto GPIO

Figura 2-11. Esquema conexionado conversor MCP3008

Figura 2-12. Esquema conexionado sensor de temperatura y humedad DHT22

Figura 2-13. Esquema conexionado sensor de presión atmosférica BMP180

Figura 2-14. Esquema conexionado veleta

Figura 2-15. Esquema conexionado anemómetro

Figura 2-16. Esquema conexionado pluviómetro

Figura 2-17. Esquema conexionado general estación meteorológica

Figura 2-18. Conversor DC-DC LM2596

Figura 2-19. Panel solar 100w

Figura 2-20. Regulador de carga

Figura 2-21. Batería monoblock 250 Ah

Figura 3-1. Diagrama de bloques función de temperatura y humedad

Figura 3-2. Diagrama de bloques función de presión atmosférica
Figura 3-3. Diagrama de bloques función de la velocidad del viento
Figura 3-4. Diagrama de bloques función de la dirección del viento
Figura 3-5. Diagrama de bloques función de precipitación
Figura 3-6. Diagrama de bloques función del sistema principal
Figura 3-7. Instalación de phpMyAdmin
Figura 3-8. Interfaz de gestión de datos phpMyAdmin
Figura 3-9. Interfaz de creación base de datos phpMyAdmin
Figura 3-10. Creación de campos con phpMyAdmin
Figura 3-11. Presentación de la portada web
Figura 3-12. Datos de la estación meteorológica
Figura 4-1. Logo empresa de cotización Raspberry PI y accesorios
Figura 4-2. Logo empresa de cotización Sensores y varios
Figura 4-3. Logo empresa de cotización de fuente de alimentación
Figura 4-4. Logo empresa de cotización de accesorios varios

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Matriz de ponderación
Tabla 1-2. Especificaciones técnicas Raspberry PI-4 modelo B
Tabla 2-1. Direccionamiento de la veleta
Tabla 2-2. Tabla de consumos de componentes de la estación meteorológica
Tabla 3-1.Tabla de almacenamiento de datos de sensores
Tabla 4.1. Costos de Raspberry PI y accesorios
Tabla 4.2. Costos de sensores y varios
Tabla 4-3. Costos de fuente de alimentación
Tabla 4-4. Costos de accesorios varios
Tabla 4-5. Costo total de materiales
Tabla 4-6. Costos de elaboración del proyecto
Tabla 4-7. Costos de mano de obra del proyecto
Tabla 4-8. Costo total del proyecto

SIGLA Y SIMBOLOGIA

SIGLA

CPU : Unidad central de procesamiento

GB : Gygabyte

GPIO : Entrada/Salida de Propósito General

HDMI : Interfaz multimedia de alta definición

HR : Humedad relativa

HTML : Lenguaje de Marcas de Hipertexto

I2C : Circuito Interintegrado

PSU : Unidad de fuente de alimentación

SOC : Sistema en chip

SPI : Protocolo de comunicación serial

USB : Bus Universal en Serie

SIMBOLOGÍA

A : Ampere

Ah : Amper hora

cm : Centímetro

HPa : Hectopascales

Hz : Hertz

K : Kelvin

m : Metro

mm : Milímetro

ºC : Celsius

s : Segundo

V : Volt

W : Watt

INTRODUCCIÓN

Como es bien conocido, el clima hace referencia al estado de las condiciones atmosféricas que pueden influir en una zona, es por ello que existen numerosas razones para querer monitorear las condiciones atmosféricas de un entorno. Por ejemplo, para aquellos animales que se encuentren en un entorno terrario, es decir, que estén en un espacio cerrado y controlado en donde se busca cumplir con ciertas condiciones atmosféricas para garantizar la supervivencia de estos seres. Para el entorno de la agricultura, resulta imprescindible el análisis de temperatura, humedad, etc, además, de estudios ambientales. En resumen, el monitoreo y análisis de los datos meteorológicos resulta útil para diversas actividades, contribuyendo a una mejora notoria de estas y poder tomar ya sea el caso acciones preventivas.

En este proyecto se plantea el contribuir al estudio de la meteorología mediante la proyección de una estación meteorológica, con el fin de registrar y analizar el seguimiento de las variables atmosféricas como lo son la temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento, presión atmosférica y precipitación.

Con el incremento de la conectividad a internet, también ha crecido la tendencia de disponer de toda la información en cualquiera dispositivo, que sea de fácil visualización y acceso desde cualquier parte del mundo. De acuerdo a esto, se busca una estación meteorológica que se encuentre conectada a internet y que la información medida pueda ser accesible desde cualquier lugar, la cual por medio de sensores, realizará mediciones y registros de las magnitudes atmosféricas que se podrán consultar de forma gráfica mediante internet. Todo esto será almacenado en un servidor Apache y un servidor php entregando un contenido dinámico, además, se utilizará para la gestión y administración de la base de datos MySQL y phpMyAdmin respectivamente, con lo cual el usuario podrá acceder a los registros meteorológicos mediante su navegador. Con respecto a la creación de la página web, se desarrollará en código HTML lo que incorporará estilos CCS para el diseño de la página.

Para este proyecto se han utilizado entre varias opciones, un ordenador de bajo costo denominado Raspberry PI-4 modelo B, esta tarjeta recibirá los datos de los sensores y los gestionará mediante el sistema operativo denominado Raspbian de Linux.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseño de estación meteorológica con Raspberry PI-4 modelo B.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar componentes y elementos de la estación meteorológica.
- Diseñar estación meteorológica.
- Establecer interface con servidor web.
- Evaluación de costos totales asociados al proyecto.

CAPÍTULO 1: DETERMINAR COMPONENTES Y ELEMENTOS DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

1. DETERMINAR COMPONENTES Y ELEMENTOS DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

En este capítulo correspondiente a la determinación de componentes y elementos de la estación meteorológica se tendrá en cuenta lo referido a las ventajas de disponer de una estación meteorológica, las variables atmosféricas a medir y la tecnología que se implementará para llevar a cabo el proyecto.

1.1. CONTEXTO DE LA SITUACIÓN

Hoy en día el tener control sobre el clima, o al menos conocer el patrón del clima es muy importante y se ha vuelto imprescindible debido a la necesaria gestión de recursos.

En uno de los sectores en que más se ve afectado hoy en día esta problemática es en el sector agrícola. El disponer de información relevante sobre lo que sucederá en relación al clima es sumamente importante, debido a que es factible tomar decisiones en base a las condiciones del clima, lo cual permitirá tomar medidas preventivas o correctivas, para así aumentar la producción y reducir los costos. Otro factor es la incertidumbre que se genera en el sector agrícola con respecto a los cambios en el clima, debido a que un cambio brusco de temperatura no prevista puede significar una gran diferencia entre una buena y mala cosecha.

Por otra parte, en el sector industrial, las condiciones climáticas también suelen tener un rol importante en los procesos de análisis de información de las compañías industriales, esto debido a que afecta la calidad de los procesos productivos con repercusiones en costos de calidad y de no calidad frente a diferentes fenómenos climatológicos que afecten directamente a una línea de producción o los materiales que se encuentran en ella.

1.1.1. Solución a la problemática

Para enfrentar la problemática ya planteada, se debe realizar un estudio de la factibilidad de proyectar una estación meteorología, que permita cubrir las necesidades que los sectores ya mencionados necesitan para lograr un óptimo funcionamiento, como también para disponer el uso de información para la investigación climática, estudios ambientales y de estructura.

La estación meteorológica es una herramienta que recopila información del clima mediante el uso de sensores, lo que permitirá gracias a la información recopilada establecer un patrón climático de la zona.

1.1.2. Ventajas de una estación meteorológica

Las ventajas de disponer de una estación meteorológica son variadas, dependiendo de las necesidades del entorno a emplear se puede lograr:

- Conocer las variaciones de temperatura durante el día.
- Mejor planificación de las actividades a realizar.
- Mayor precisión en la fecha de siembra y recolección, en concordancia al clima.
- Recibir alertas por golpes de calor, heladas o lluvias torrenciales.
- Agricultura más precisa.

1.2. PARÁMETROS DE MEDICIÓN

La Meteorología es la ciencia que estudia el estado del tiempo y de los fenómenos en la atmósfera de la Tierra. También incluye el estudio de las variaciones diarias de las condiciones atmosféricas (Meteorología Sinóptica), el estudio de las propiedades eléctricas y ópticas, además, de otras propiedades de la atmósfera (Meteorología Física), como es el estudio del clima, las condiciones medias y extremas durante largo periodos de tiempo (Climatología), la variación de los elementos meteorológicos cerca de la tierra en un área reducida (Micro meteorología) y varios otros fenómenos.

1.2.1. Temperatura

La temperatura es una magnitud física que indica la energía interna de un cuerpo, objeto o del medio ambiente en general, medida por un termómetro.

Dicha energía interna se expresa en términos de calor y frío. Las unidades de medidas de temperatura son los grados Celsius (ºC), grados Fahrenheit (ºF) y grados Kelvin (K).

En términos meteorológicos interesa conocer la llamada temperatura seca, la cual es aquella que prescinde de la radiación calorífica de los objetos que envuelven este ambiente y de los efectos de la humedad relativa y de la velocidad del aire.

1.2.2. Humedad relativa

Existen tres magnitudes que indican el vapor de agua que existe dentro de un cierto volumen de aire, la humedad absoluta, la humedad específica y la humedad relativa. La humedad absoluta indica la masa de vapor por volumen de aire, la humedad específica indica la masa de vapor por unidad de masa de aire y la humedad relativa se define como el cociente en tanto por ciento, entre la humedad absoluta del aire en una cierta temperatura y la que este aire tendría si estuviese saturado a tal temperatura, es decir, la máxima humedad que puede contener.

La medida más habitual y la que más se utiliza en la predicción meteorológica es la humedad relativa, esta medida se utiliza como medida del confort ambiental, ya que no es lo mismo tener una temperatura ambiental elevada con una humedad relativa baja, que con una humedad relativa alta.

Otro de los fenómenos relacionado con la humedad relativa es la niebla, cuando masas de aire caliente y cargadas de humedad pasan sobre suelos fríos, lo cual hace enfriar el aire mismo aumentando la humedad relativa y provocando finalmente la condensación.

La humedad relativa (HR) expresa la cantidad de humedad en comparación con la cantidad que el aire tendría, estando totalmente saturado y a la misma temperatura.

1.2.3. Presión atmosférica

La presión atmosférica es la fuerza que ejerce la atmósfera sobre la superficie terrestre y específicamente sobre los seres que viven, es decir, el peso que ejerce el aire sobre una superficie.

La atmósfera, tiene una presión media de 1013,25 hectopascales [hPa], medidos en la latitud 45º a nivel del mar. La medida de presión atmosférica del sistema internacional de unidades es el Newton por metro cuadrado (N/m2) o Pascal (Pa). La presión atmosférica a nivel del mar en unidades internacionales es 101235 N/m2 o Pa, por lo que mediante un escalado se puede llegar a calcular a la altura de referencia con respecto el nivel del mar.

Para medir la presión atmosférica el instrumento que se utiliza es el barómetro, los cuales miden la presión en milímetros de mercurio (mmHg), o en milibares (Mb). En el mercado se encuentra una gran variedad de sensores de presión atmosférica del tipo capacitivo y resistivo, entre otros.

1.2.4. Velocidad y dirección del viento

El viento es un movimiento natural, generalmente horizontal y de masas de aire. Los desequilibrios térmicos entre unos lugares y otros provocan diferencias de presión atmosférica, las cuales producen los vientos. Debido a ello se desencadena un flujo de aire desde las presiones altas hacia las bajas, con tendencia de seguir la dirección del gradiente de presión; por regla general, la dirección del viento varía y su velocidad crece con la altitud.

El instrumento para medir la velocidad del viento recibe el nombre de anemómetro y la dirección del viento se mide mediante la veleta. Por convección se toma la dirección del viento de allá de donde viene y no la dirección hacia donde se dirige. La velocidad del viento se puede medir en tres unidades: Km/h, m/s y nudos.

En meteorología la velocidad del viento se reporta en metros por segundo (m/s) o en nudos (kn), en donde 1 kn es igual a 1.94384 m/s.

El viento en superficie raramente es constante durante un periodo determinado, varía rápida y constantemente, y presenta variaciones irregulares en frecuencia y en duración.

1.2.5. Precipitación

La precipitación es el término con el que se denominan las formas de agua, ya sea en estado líquido o sólido que caen directamente sobre la superficie terrestre, esto incluyendo la lluvia, llovizna, granizo, nieve, etc., se expresa en función del nivel que alcanzaría sobre una proyección horizontal de la superficie de la tierra.

Para la medición de la precipitación, los instrumentos usados universalmente para medir esta variable se denominan pluviómetros. La precipitación se mide en milímetros de agua, o litros caídos por unidad de superficie (m^2), es decir, la altura de la lámina de agua recogida en una superficie plana es medida en mm o l/m^2. Lo que 1 milímetro de agua lluvia equivale a 1 litro de agua por m^2.

Existen varios tipos de pluviómetros, dentro de los que se destacan:

- Pluviómetro estándar: Es el más común que actualmente se usa en aeropuertos y en meteorología. Como características generales es un cilindro de unos 50 centímetros de alto con un embudo de 20 centímetros de diámetro.
- Pluviómetro con tubo de descarga: Es un dispositivo que permite determinar cuánta lluvia hubo durante ciertos períodos sin que ningún factor externo esté en los lugares en el momento de la recolecta. Es decir, permite colectar agua por largos períodos.

- Pluviómetro de báscula o de balancín: Consiste en un recipiente ubicado sobre una balanza que se ajusta al contenedor, y a través de una serie de bisagras ubicadas en la parte superior, ajusta y nivela el agua que cae durante las lluvias.

1.3. ELECCIÓN DE TECNOLOGÍA

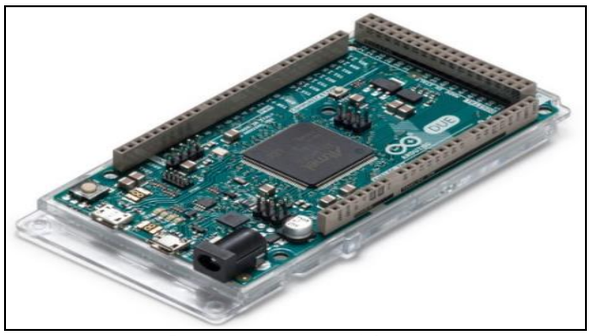
Cada año surgen nuevas tecnologías que permiten realizar de una forma más eficaz y eficiente los proyectos que se requieren, es por ello que para la elección del microcontrolador o microprocesador necesario para desarrollar la proyección de la estación meteorológica se debe realizar una metodología para elegir la opción más eficiente.

A continuación, se detallará lo correspondiente a las alternativas que se consideraron para realizar el proyecto, según sus características y capacidades.

1.3.1. Arduino Due

En primer lugar, se dispone del microcontrolador o más bien el Arduino Due que se presenta en la figura 1-1,, este es el más poderoso controlador de la familia Arduino, está desarrollado y basado en un microcontrolador Atmel SAM3X8E, el cual tiene un procesador ARM Cortex-M3 de 32 bits. Además, ofrece dos puertos USB, destinados para programación y comunicación, y el otro actuará como host, en el cual permite utilizar periféricos. Una de sus principales ventajas es la de poder trabajar con entradas y salidas analógicas. Su programación y manejo es de fácil uso. Presenta 54 pines de entrada / salida digital y 12 entradas analógicas.

Entre las desventajas que se pueden encontrar, es que no posee conectividad Wifi y Ethernet, por lo que se le puede incluir conectividad Ethernet añadiéndole una placa de expansión. En cuanto a las características técnicas, se puede encontrar que tal como la memoria flash, la SRAM y la velocidad de reloj, no están diseñados para proyectos grandes.



Fuente: www. store.arduino.cc

Figura 1-1. Arduino Due

1.3.2. Raspberry PI-3 modelo B+

En la figura 1-2., se aprecia el Raspberry PI-3 modelo B, siendo un ordenador de bajo costo, el cual funciona bajo un sistema operativo basado en Debian denominado Raspbian, su principal ventaja es su potencia de cálculo y la facilidad de instalar un servidor en esta, sin embargo una de las desventajas que presenta ha sido la ausencia de entradas analógicas, lo que ha obligado a tener que adquirir hardware para poder trabajar con estas.

Este micro-ordenador ha supuesto un rediseño absoluto de la placa, manteniendo el mismo tamaño y la misma posición de los elementos que en el modelo PI 3 (modelo anterior), pero ha cambiado el procesador por otro más potente que opera a 1.4 GHz, incluyendo Bluetooth 4.2, BLE, Wi-Fi a doble banda 2.4 GHz y 5 GHz, además, de una tarjeta de red Gigabit Ethernet capaz de alcanzar los 300 Mbps al funcionar sobre el puerto USB 2.0.

Otra de sus nuevas incorporaciones es la presencia de un disipador de calor situado encima del SoC, algo que permite ayudar a controlar las temperaturas generadas por la CPU.

Fuente: www.xataka.com

Figura 1-2. Raspberry PI 3 modelo B+

1.3.3. Raspberry PI-4 modelo B

La Raspberry Pi Foundation, fabricante de la Raspberry PI, anunció en junio del 2019 el nuevo y esperado modelo B de Raspberry PI-4 como se muestra en la figura 1-3.

En esta ocasión, la organización sin ánimo de lucro ha mejorado la potencia del dispositivo, a la vez que lo ha dotado de mejor flexibilidad, manteniendo el objetivo principal de mantener el coste bajo.

El nuevo modelo está construido alrededor de un chip SoC Broadcom BCM2711, el cual cuenta con una CPU de cuatro núcleos Cortex A72 de 1.5GHz, lo que supone un gran salto sobre el procesador de cuatro núcleos Cortex A53 de la Raspberry PI-3.

Pero quizás la novedad más importante es la nueva conexión Gigabit Ethernet. Por fin la Raspberry Pi cuenta con una conexión de red a la altura de los tiempos modernos.

Otra de las mejoras de Raspberry PI-4 frente al modelo anterior es que es más rápida tanto por Ethernet como por Wi-Fi, además de los puertos USB 2.0 y 3.0.

Varios son los cambios a nivel interno, y es ahí donde está el verdadero sentido de un dispositivo que mejora de forma notable en casi todos los apartados con su versión anterior.

Fuente: www.raspberrypi.org

Figura 1-3. Raspberry PI-4 modelo B

1.3.4. Matriz de ponderación

Mediante la matriz de ponderación que se muestra en la tabla 1-1., fue posible seleccionar ya sea el microcontrolador o microprocesador más apto para el desarrollo de la estación meteorológica, sobre la base de ponderación y aplicación de criterios establecidos a continuación.

Tabla 1-1. Matriz de ponderación

MATRIZ DE PONDERACIÓN				
	Peso	Arduino 1	Raspberry PI -3	Raspberry PI -4 modelo B
Rendimiento	8	2	6	8
Conversor A/D	6	10	2	2
Memoria RAM	6	2	5	8
Sistema operativo	7	3	7	7
Conectividad Wifi / Ethernet	9	3	7	9
Total puntos		136	202	254
Porcentaje alcanzado %		37.78	56.11	70.56

Fuente: Elaboración propia basado en www.digikey.com

1.4. PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN

Mediante la matriz de ponderación se permitió elegir el microprocesador más conveniente en concordancia a las necesidades de proyectar una estación meteorológica. Por lo cual, para realizar el proyecto se utilizará la Raspberry PI-4 modelo B, la cual obtuvo un 70.56 % de aprobación en relación a las características establecida.

1.4.1. Descripción de la solución

El uso de la nueva versión anunciada en junio del 2019, permite un mejor desempeño al momento de registrar y recopilar información. Entre las características que se pueden encontrar del Raspberry PI-4 modelo B, se indican:

- El nuevo modelo está construido alrededor de un SoC Broadcom BCM2711 que cuenta con una CPU de cuatro núcleos Cortex A72 de 1.5GHz, lo que supone un gran salto sobre el procesador de cuatro núcleos Cortex A53 de la Raspberry PI-3.
- Raspberry da un salto al presente y al futuro al pasar de USB Micro-B a USB-C, donde ahora su conector de alimentación es compatible con 500 mA para un total de 1,2 amperios. Esto permite que todos los componentes obtengan suficiente energía y la CPU pueda funcionar a pleno rendimiento en estos escenarios.
- Posee dos conectores Micro HDMI que son capaces de ofrecer conexión a monitores 4K a 60 Hz.

- Además, de mejorar su potencia, un cambio interesante y a tener presente en esta nueva Raspberry PI-4 es la puesta al día de sus conexiones. Raspberry PI 4 cuenta con Bluetooth 5.0 y Wi-Fi 802.11ac para las conexiones inalámbricas.

En consecuencia, en ella se podrá ejecutar gran cantidad de sistemas operativos o distribuciones, con las cuales trabajar según las necesidades y realizar numerosos proyectos gracias a los complementos existentes en el mercado, además, de sus 40 GPIO.

El modelo del Raspberry que se utilizará corresponde al modelo de 2GB.

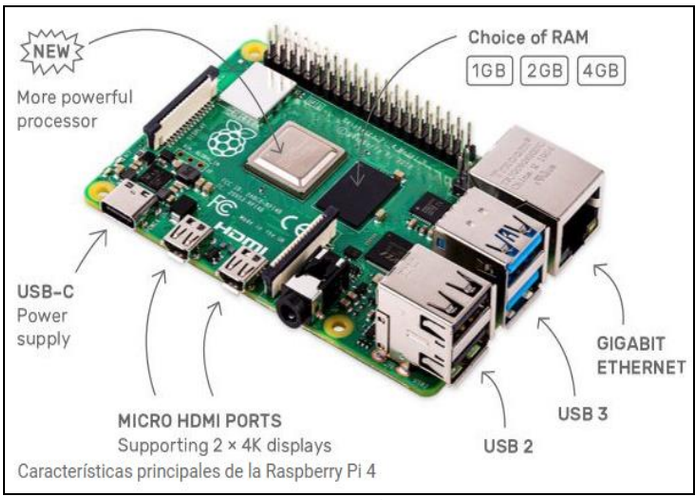
En la tabla 1-2., se muestran las especificaciones técnicas más destacadas que presenta el Raspberry PI-4 modelo B.

Tabla 1-2. Especificaciones técnicas Raspberry PI-4 modelo B

	RASPBERRY PI 4 MODEL B
PROCESADOR	Broadcom BCM2711B0, quad-core Cortex-A72
FRECUENCIA DE RELOJ	1,5 GHz
GPU	VideoCore VI 500 MHz
MEMORIA	1/2/4 GB LPDDR4-3200
CONECTIVIDAD INALÁMBRICA	Wi-Fi 2,4GHz / 5GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac Bluetooth 5.0, BLE
CONECTIVIDAD DE RED	Gigabit Ethernet
PUERTOS	GPIO 40 pines 2 x Micro HDMI 2 x USB 2.0 2 x USB 3.0 CSI (cámara Raspberry Pi) DSI (pantalla tácil) Toma auriculares / vídeo compuesto Micro SD USB-C (alimentación) Power-over-Ethernet (PoE)
FECHA DE LANZAMIENTO	24/06/2019

Fuente: www.xataka.com

La velocidad y el rendimiento del nuevo Raspberry PI-4 están un paso por encima de los modelos anteriores, por lo que la relación con el sistema operativo y la comunicación de datos se realizarán a una velocidad superior como se muestra en la figura 1-4.

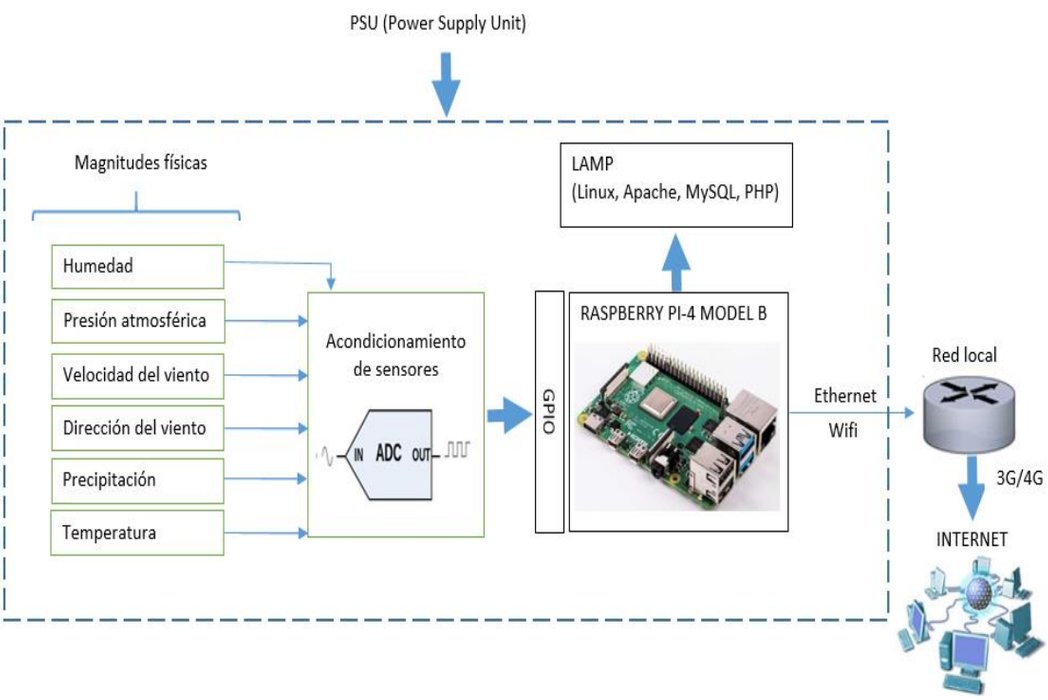


Fuente: www.raspberrypi.org

Figura 1-4. Componentes de Raspberry PI 4 modelo B

1.4.2. Diagrama de trabajo

El diagrama de trabajo que se presenta en la figura 1-5., indicará en términos generales como se compondrá el sistema en concordancia a las capacidades y características del Raspberry PI-4 modelo B.



Fuente: Elaboración propia basado en www.hardzone.es

Figura 1-5. Esquema del proyecto estación meteorológica

1.4.3. Estación meteorológica

El fin de este proyecto es el proyectar una estación meteorológica remota y modular, la cual será un diseño sostenible y se tendrá cuidado en minimizar los consumos de corrientes, a fin de lograr que su rendimiento sea óptimo a lo que se requiera.

En lo que se refiere a estructura del sistema, se debe construir el sistema completo que sea capaz de soportar cualquier inclemencia meteorológica.

1.4.4. Medición de magnitudes físicas

Las magnitudes físicas que se medirán serán la temperatura, humedad, presión atmosférica, velocidad horizontal del viento, dirección del viento y precipitación. Por lo tanto, esto incluirá entre los objetivos, la búsqueda de los sensores y componentes que sean más adecuados para la medición de las variables físicas indicadas.

1.4.5. Acondicionamiento de sensores

Como es bien conocido, el Raspberry PI-4 modelo B al igual que sus otras versiones carecen de entradas analógicas, por lo que debe adquirir hardware adicional para trabajar con estas.

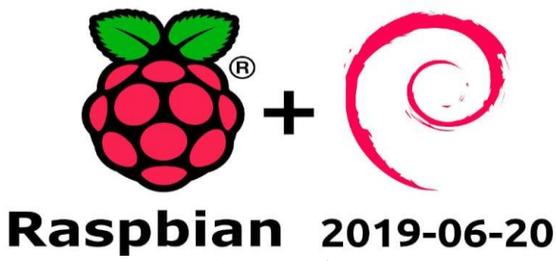
Para la realización del seguimiento de las variables atmosféricas se deberán utilizar transductores, los cuales transformarán la magnitud física en una señal eléctrica, por lo que una parte importante de este proyecto será el escoger apropiadamente estos transductores, así como acondicionar las señales para lograr hacer un correcto seguimiento de las señales.

1.4.6. Sistema operativo

Linux es el sistema operativo en cual el servidor funcionará y permitirá utilizar programas como editores, juegos, navegadores de internet, etc, siendo un sistema operativo de código abierto y software libre. El sistema operativo de la tarjeta Raspberry-PI es Raspbian, un sistema basado en Debian, distribución GNU/Linux como se muestra en la figura 1-6.

Con el lanzamiento del Raspberry PI-4 modelo B, Raspberry envió un nuevo sistema operativo basado en Debian 10 Buster, el cual incluye una interfaz renovada, aplicaciones actualizadas y específicamente el hecho que Raspberry ha dejado de lado los drivers de gráficos heredados para pasar a usar drivers Mesa V3D.

Entre los componentes actualizados con esta nueva versión se incluye el navegador web Chromium, el complemento Adobe Flash Player, entre otros.



Fuente: www.raspberrypi.org

Figura 1-6. Sistema operativo Raspbian

1.4.7. Servidor web

El uso de la Raspberry como servidor web trae consigo variadas ventajas, en este sentido, se puede recurrir a diversos programas de servidores web como por ejemplo, Apache.

Se utilizará la configuración LAMP para desarrollar la interface con el servidor web, el cual es un acrónimo para Linux, Apache, MySQL y PHP.

El Servidor Apache, es un servidor web multi-plataforma de código abierto. Su principal ventaja es su gran popularidad, lo que garantiza que se pueda encontrar una gran variedad de documentación en internet.

MySQL, es un sistema de gestión de base de datos relacional, multihilo y multiusuario, el cual desde el 2009 se desarrolla como software libre. Además, de instalar el servidor php, el cual permitirá asignarle un contenido dinámico a los datos obtenidos.

El lenguaje que se utilizará es Python, el cual es un lenguaje de programación de propósito general muy poderoso y flexible, a la vez es sencillo y fácil de aprender, es considerado un lenguaje de alto nivel, que permite procesar fácilmente todo tipo de estructuras de datos, tanto numéricos como de texto.

1.4.8. Fuente de alimentación

Una de las partes fundamentales de cualquier diseño electrónico es la etapa de la unidad de fuente de alimentación (Power Supply Unit, “PSU”), la cual será la encargada de alimentar a las otras diferentes partes del diseño global de la estación meteorológica.

En el diseño la PSU, será la encargada de alimentar los diferentes sensores y la Raspberry, por lo que será crucial y de vital importancia que se haga un correcto diseño, ya que cualquier fallo provocará la caída del sistema completo y podría generar averías importantes. La alimentación será encargada a través de un sistema energético de paneles solares que darán movilidad y autonomía a la estación meteorológica.

Además, para cubrir la falencia de alimentación durante la noche se establecerá un sistema de respaldo que incluye baterías y el regulador de corriente, el cual es un dispositivo encargado de controlar el estado de carga de las baterías, así como de regular la intensidad que carga con el fin de aumentar la vida útil de ellas.

CAPÍTULO 2: DISEÑO DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

2. DISEÑAR ESTACIÓN METEOROLÓGICA

El siguiente capítulo tendrá como finalidad el diseño de la estación meteorológica, incluyendo lo correspondiente a sensores, fuentes de alimentación y el conexionado de los sensores.

2.1. CONCEPTOS DE DISEÑO DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

Una estación meteorológica es una instalación destinada al registro y medición constante de diversas variables meteorológicas. Estos datos se utilizan tanto para obtener un patrón en la elaboración de predicciones meteorológicas a partir de modelos numéricos como también para estudios climáticos.

Los instrumentos que se utilizarán para el diseño de la estación meteorológica, los cuales permitirán el registro y medición de las variables meteorológicas son:

- Pluviómetro: Mide la cantidad de lluvia o precipitación en una determina zona.
- Barómetro: Instrumento para medir la presión atmosférica.
- Anemómetro: Mide la velocidad horizontal del viento.
- Veleta: Determina la dirección horizontal del viento.
- Sensor de temperatura y humedad: Mide la temperatura y humedad relativa.

2.1.1. Consideraciones físicas

Para el diseño de la estación meteorológica, es necesario identificar aspectos físicos a tener en consideración para el proyecto, como lo son:

- El equipamiento de la estación meteorológica, deberá ser apta para la intemperie y disponer de una protección de tablero IP 67 o superior.
- Se deberá utilizar bases inoxidables para la implementación de sensores, con el fin de soportar las condiciones climáticas a la intemperie.
- Debe considerarse la portabilidad del equipo y fácil instalación.

- Los sensores deberán estar diseñados para conectarse y desconectarse de una forma fácil y rápida, ya sea en caso de reemplazo o mantenimiento que se realizará por el personal designado.

2.1.2. Consideraciones eléctricas

Para el diseño de la estación meteorológica, es necesario identificar aspectos eléctricos a tener en consideración para el proyecto, como lo son:

- La energía consumida por la estación meteorológica comprende el diseño de sensores, puertos GPIO y el Raspberry PI. Para alimentar dicho dispositivo es necesario una alimentación de 5V de entrada y 3,3V para sus puertos GPIO y sensores. y una corriente mínima de 3A para la alimentación de la Raspberry PI.
- La alimentación consistirá en un sistema de panel fotovoltaico, además, de la implementación de un regulador de tensión y batería, logrando el correcto funcionamiento de todas las partes de la estación meteorológica durante todo el día.
- Todo circuito o dispositivo electrónico deberá estar situado en un lugar hermético.

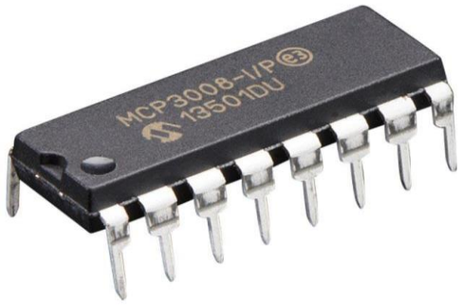
2.2. DISEÑO Y COMUNICACIÓN CON LOS SENSORES

Para el diseño y selección de los sensores a utilizar, se han seleccionado en función de las características óptimas para realizar el proyecto, al igual que la comunicación establecida a través de los buses de comunicación soportados por la Raspberry PI-4 modelo B.

2.2.1. Conversor análogo- digital MCP3008

Uno de los principales problemas que dispone la nueva Raspberry PI-4 modelo B al igual que sus otras versiones, es la no incorporación de puertos de entrada analógicos como tal, lo que provoca que no se puedan usar sensores analógicos directamente.

Para solucionar este problema se deberá utilizar un conversor análogo-digital, que permita y sea capaz de leer valores analógicos y convertirlos a un valor digital. Con la finalidad de disponer de puertos analógicos acondicionados, se utilizará el conversor analógico-digital MCP3008 que se presenta en la figura 2-1.



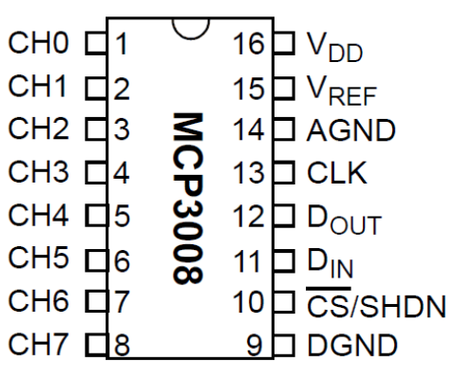
Fuente: www. electronilab.co

Figura 2-1. Conversor analógico-digital MCP3008

Se trata de un conversor de 8 canales con 10 bits de resolución, su principal característica es su fácil conexionado, ya que no requiere de ningún componente adicional. Otra de las ventajas, es que utiliza el bus SPI, el cual se encuentra soportado por la Raspberry, por lo que facilitará la comunicación. Otro aspecto a tener presente es la tensión de alimentación, la cual varía desde los 2,7 V a los 5,5 V, por lo que en concordancia a la alimentación fijada de 3,3V.

En la figura 2-2., se muestra el MCP3008 y su encapsulado de 16 pines., de los cuales 8 de ellos son los encargados de recoger los datos de cada uno de los canales desde CH0 al CH7. La alimentación del MCP3008 se conectará mediante los pines VDD y DGND, el pin AGND el cual se utiliza para circuitos de alta precisión se conectará a la masa común.

El conversor análogo-digital MCP3008, mediante el uso de 4 pines de comunicación SPI existentes en el microcontrolador, permite leer hasta 8 sensores analógicos diferentes.



Fuente: www. electronilab.co

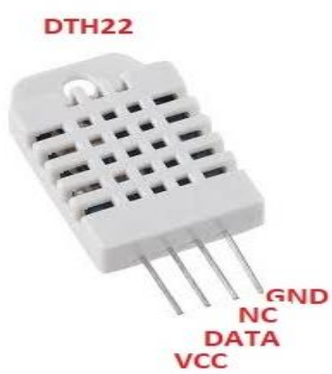
Figura 2-2. Pines del conversor analógico-digital MCP3008

Especificaciones técnicas

- Voltaje de operación: 3,3V
- Número de pines: 14
- Número de canales : 8
- Rango de temperatura de trabajo : Desde -40°C a +85°C

2.2.2. Sensor de temperatura y humedad

Para la medición de la temperatura y humedad, se utilizará el sensor DHT22, el cual se presenta en la figura 2-3. El encapsulado de este sensor tiene 4 pines en donde el pin 1 es la alimentación, el pin 2 es la transmisión de información en ambos sentidos (full dúplex), el pin 3 no se conecta y por último el pin 4 se conecta a masa.



Fuente: www.naylampmechatronics.com

Figura 2-3. Sensor de temperatura y humedad DHT22

Su funcionamiento se basa en un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante, el cual muestra los datos mediante una señal digital en el pin de datos.

Especificaciones técnicas

- Alimentación: 3,3V
- Rango de medida de temperatura: Desde -40ºC a 80ºC
- Precisión de temperatura: ± 0,5ºC

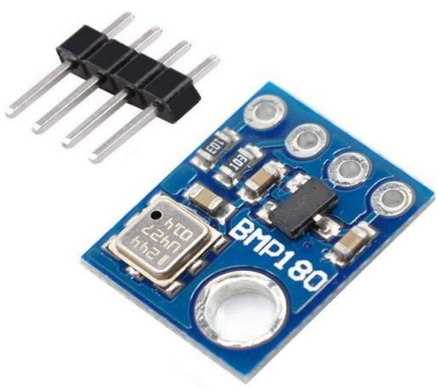
- Rango de medida humedad: Desde 0 a 100% RH
- Precisión humedad: 2% RH

Dispondrá de una pantalla Stevenson, la cual es una cubierta para sensores que miden temperatura y humedad. Esta pantalla protege a los sensores del efecto del sol, para no alterar las mediciones a través de escudos de radiación de aspiración natural.

2.2.3. Sensor de presión atmosférica

Para la medición de la presión atmosférica, se utilizará el sensor BMP180 como se muestra en la figura 2-4. Este sensor destaca por el uso del bus de comunicaciones I2C.

Su principio de funcionamiento se basa en el hecho que la presión atmosférica es inversamente proporcional a la altura sobre el nivel del mar, por lo que a medida que ocurra un desplazamiento hacia un punto más alto o más bajo el sensor medirá la diferencia en la presión, y la expresará como una variación en la altitud a la cual se encuentra el sensor con respecto a la medición inicial, que será considerada como 0. Lo medido por el sensor BMP180 es la presión absoluta (Barométrica) y la temperatura. Al sensar la temperatura se puede compensar su influencia en la presión y así determinar con mayor exactitud la altitud.



Fuente: www.naylampmechatronics.com

Figura 2-4. Sensor de presión atmosférica BMP180

Especificaciones técnicas

- Voltaje de operación: 3,3V
- Señal de salida: Digital
- Interfaz de comunicación: I2C

- Rango de presión: 300 a 1100 hPa (0,3-1,1bar)
- Resolución: 1 Pa
- Rango de altura medible: 0-9100 metros
- Consumo bajo de energía

Este sensor dispone de diversas librerías que permiten facilitar la comunicación entre la Raspberry PI y el sensor de presión atmosférica, para así evitar configurar el protocolo I2C.

2.2.4. Sensor de velocidad del viento

El anemómetro, es considerado un equipo meteorológico que se utiliza para determinar la velocidad del viento que incide sobre él, el cual inicia la medición a partir de los movimientos del viento para posteriormente transmitir estos valores.

En la figura 2-5., se muestra el sensor de velocidad que se utilizará siendo el Adafruit Anemómetro Analógico, el cual está diseñado para la intemperie y realizar mediciones con facilidad.

Fuente: www.campbellsci.com

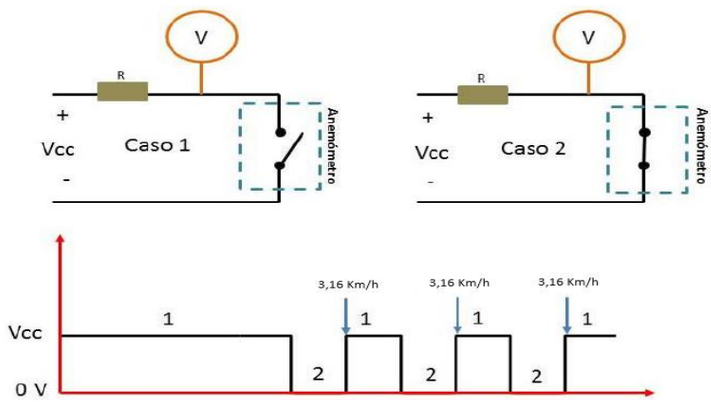
Figura 2-5. Sensor de velocidad del viento Adafruit

Especificaciones técnicas

- Tipo: Anemómetro
- Medición: Velocidad del viento
- Material: Fibra de carbono
- Rango de 0 a 32.4 m/s

- Señal de salida: 0.88 m/s por pulso
- Sensibilidad: 0.1 m/s

En concordancia al comportamiento que presenta el anemómetro, este no requerirá del uso del conversor análogo-digital MCP3008, debido a que el anemómetro mide la velocidad del viento mediante el cierre de un contacto magnético, provocando el abrir y cerrar de un interruptor generando así trenes de pulsos. Básicamente el anemómetro funciona como un interruptor y por tanto cada pulso generado tendrá su equivalente en km/hora determinando la velocidad del viento, como se indica en la figura 2-6.



Fuente: www.campbellsci.com

Figura 2-6. Funcionamiento del anemómetro

Por lo tanto cada uno de los pulsos equivale a 3,16 Km/h, dato determinado por el fabricante, por lo que determinando la cantidad de pulsos que existe en un segundo y multiplicado por el factor que indica el Datasheet, se obtendrá la velocidad del viento.

2.2.5. Sensor de dirección del viento

Ante la necesidad de determinar la dirección del viento, se utilizará la veleta, que consiste en un dispositivo giratorio que consta de una placa que gira de forma libre y dispone de un señalador que indica la dirección del viento.

Su principio de funcionamiento se basa en una resistencia interna variable, la cual en cada posición entrega un determinado valor de tensión, indicando la dirección correspondiente.

La veleta que se utilizará para determinar la dirección de viento es la veleta RM Young modelo 03301, como se muestra en la figura 2-7.

Fuente: www.ammonit.com

Figura 2-7. Veleta RM Young

Especificaciones técnicas

- Rango de temperatura de funcionamiento: -50º a +50º C
- Rango mecánico: 360º
- Exactitud: ± 5º
- Excitación de transductor: Voltaje de CC regulado 3V

La estructura interna del sensor está formada por resistencias que indican la dirección del viento y hacia donde apunta la veleta, además se ha de tener presente una muesca que se encuentra en el exterior del sensor la cual debe apuntar hacia el norte, con el fin que el sensor tenga una referencia correcta.

2.2.5.1. Direccionamiento por medio de resistencia

Con el fin de obtener la dirección del viento, el fabricante proporciona una tabla con valores de tensión que se obtendrían en concordancia al funcionamiento de la veleta, teniendo presente una resistencia de 10 KΩ y la tensión de alimentación de 3,3V.

Por lo tanto, según la variación de la resistencia interna y la tensión de entrada, permitirán obtener la tensión de salida, la cual indicará la dirección en grados.

La tabla 2-1., muestra el direccionamiento de la veleta en concordancia a las variaciones de tensión entregada por el fabricante, siendo así un sensor analógico, con lo cual para el registro de mediciones se deberá utilizar el conversor analógico digital MCP3008.

Tabla 2-1. Direccionamiento de la veleta

Dirección [Grados]	Resistencia [Ω]	Vout [V]
0	33.000	2,53
22,5	6.570	1,31
45	8.200	1,49
67,5	891	0,27
90	1.000	0,30
112,5	688	0,21
135	2.200	0,60
157,5	1.410	0,41
180	3.900	0,93
202,5	3.140	0,79
225	16.000	2,03
247,5	14.120	1,93
270	120.000	3,05
292,5	42.120	2,67
315	64.900	2,86
337,5	21.880	2,26

Fuente: www.ammonit.com

2.2.6. Sensor de precipitación

El pluviómetro es un instrumento de medición que sirve para recopilar y medir las precipitaciones, tanto de lluvia como de nieve que han caído en un determinado lugar y durante un periodo específico.

El sensor que se utilizará será el pluviómetro modelo TBT4MM que se presenta en la figura 2-8., el cual canaliza la precipitación en un mecanismo de cubeta que se inclina cuando se llena a su nivel calibrado.

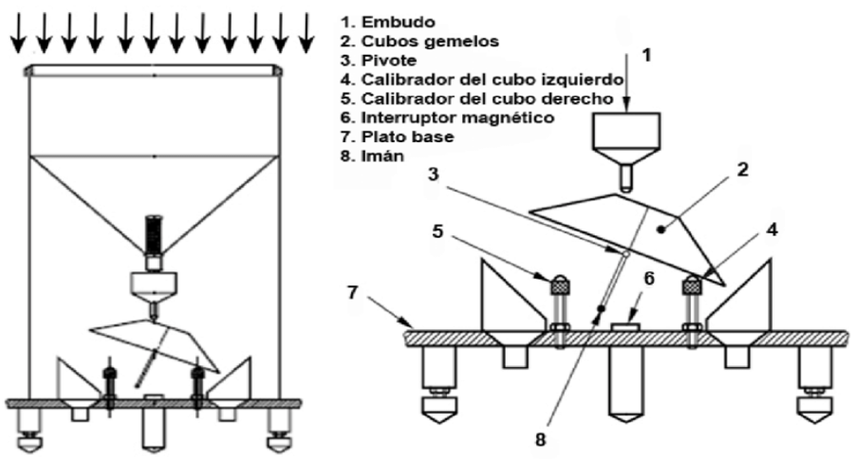
Fuente: www.campbellsci.com

Figura 2-8. Pluviómetro TBT4

Especificaciones técnicas

- Señal de salida: Digital
- Resolución: 0.2 mm (0.008 pulgadas)
- Rango de medición: 0 a 700 mm / h
- Diámetro del orificio: 20cm

El pluviómetro es del tipo balancín, un instrumento que mide las precipitaciones mediante un mecanismo de cubos calibrados de iguales proporciones que permite conocer el volumen de la precipitación obtenida mediante una acción de intercambio como se muestra en la figura 2-9.



Fuente: www.campbellsci.com

Figura 2-9. Funcionamiento pluviómetro

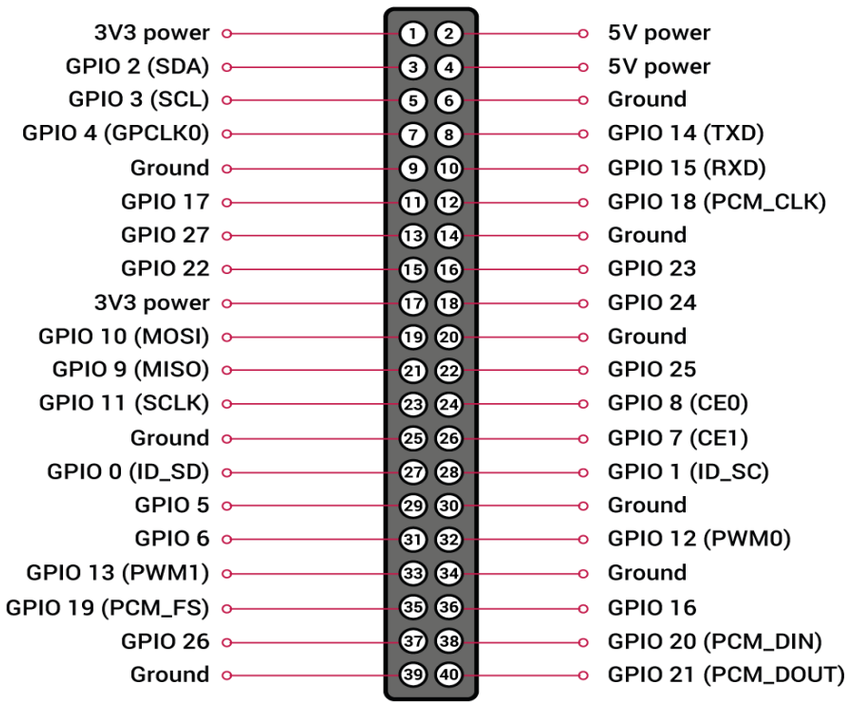
El mecanismo de balancín de las cubetas es generado cuando el peso de la lluvia caída es almacenada en uno de los dos cubos, lo cual provoca un desbalance respecto al otro cubo generando así los pulsos que se medirán.

El comportamiento del pluviómetro es similar al del anemómetro, el cual a pesar de ser un sensor analógico su señal de salida se puede representar y medir de forma digital.

2.3. PUERTOS GPIO RASPBERRY PI-4 MODELO B

General Purpose Input Output (GPIO) es un sistema de entrada y salida de propósitos generales, es decir, consta de una serie de pines o conexiones usados como entradas o salidas.

El chip BCM2711B0 está formado por 54 pines GPIO como se muestra en la figura 2-10., aunque en la Raspberry PI-4 modelo B solo se visualizan 40 pines, debido a que el resto de pines son utilizados para controlar dispositivos periféricos como es el lector de tarjetas SD, el controlador USB o Ethernet. Se tratan de puertos completamente digitales, es decir, no se podrá leer señales analógicas para lo cual se utilizará el conversor analógico digital MCP3008.



Fuente: www. Raspberrypi.org

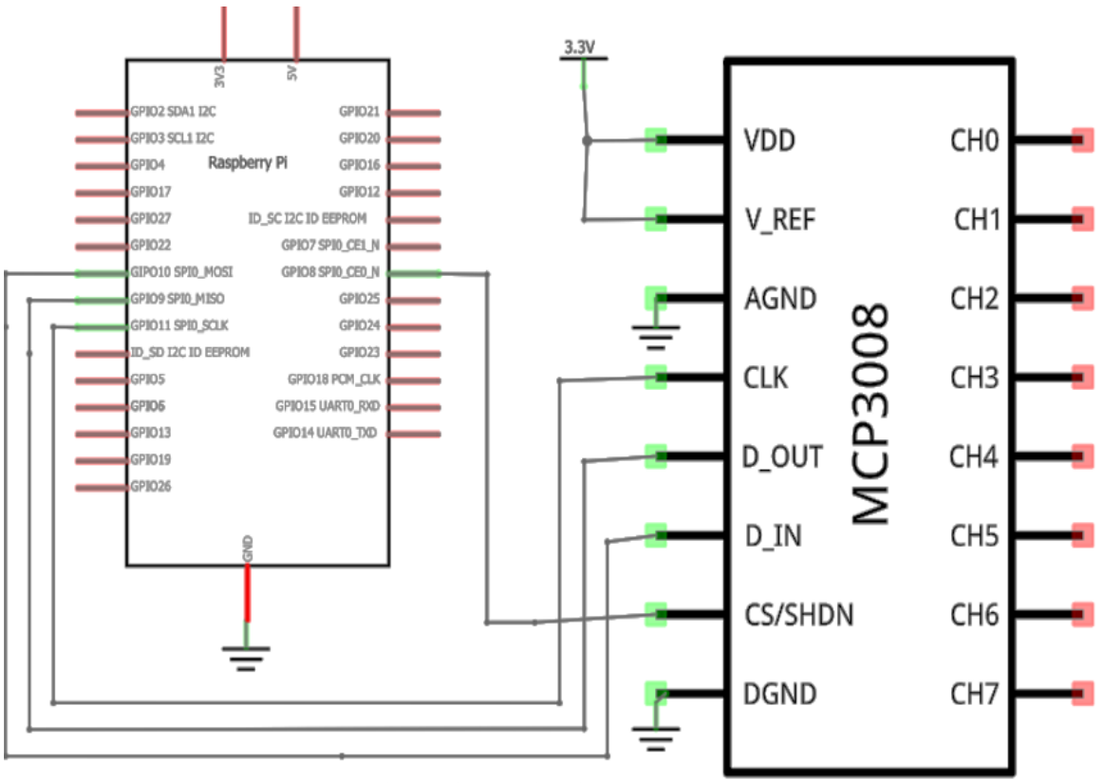
Figura 2-10. Pines puerto GPIO

2.4. ESQUEMA DE CONEXIONADO DE LOS SENSORES

En esta sección de presentará lo correspondiente al esquema de conexionado de cada sensor que se utilizará, entregando así el conexionado general para la medición de las variables atmosféricas.

2.4.1. Conexionado MCP3008

El conexionado para la comunicación con la Raspberry consta de 4 puertos GPIO que se comunican con 4 pines del MCP3008, concretamente el pin 13 del MCP3008, CLK se conecta con el puerto GPIO11 y será el encargado de proporcionar el sincronismo a la comunicación. El pin 12 y el pin 11 del MCP3008 son los encargados de la entrada y salida de información, los cuales se conectarán con los puertos GPIO 10 y 9, por último el puerto 10 utilizado para la conexión de más dispositivos SPI se conectará al puerto GPIO 8, por lo tanto el esquema de conexionado se presenta en la figura 2-11.



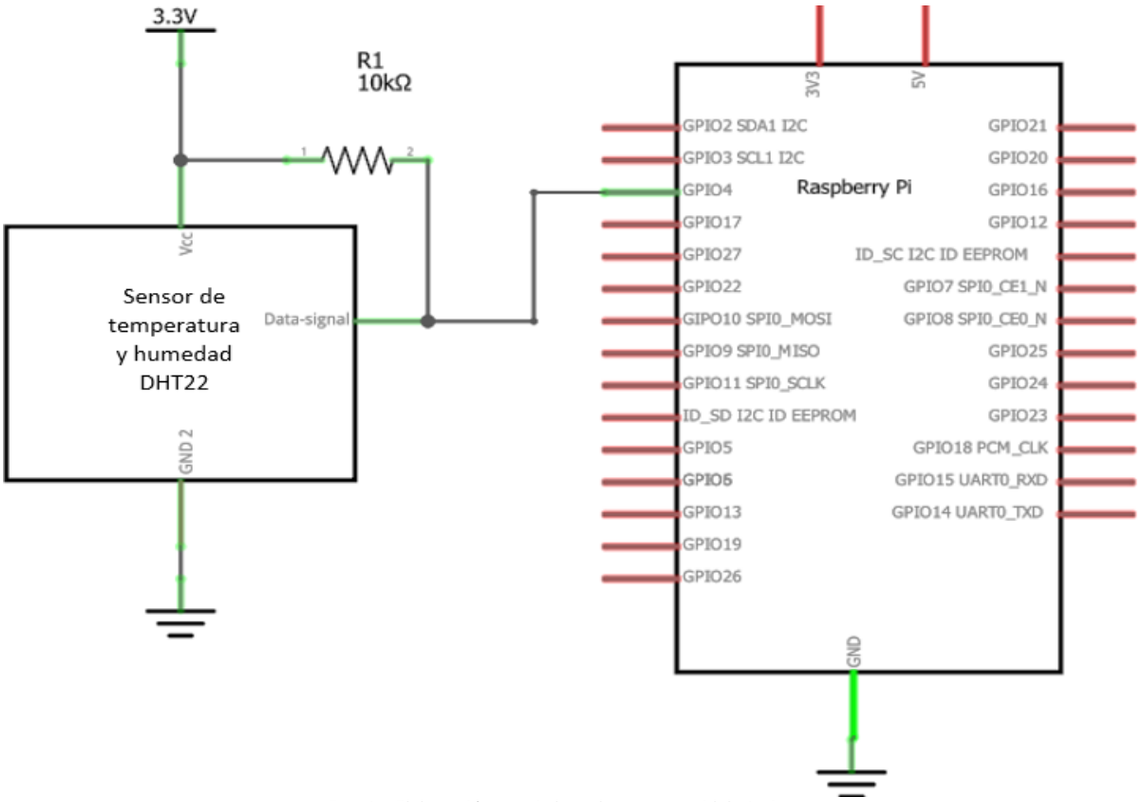
Fuente: Elaboración propia basado en www.gidahatari.com

Figura 2-11. Esquema de conexionado conversor MCP3008

2.4.2. Conexionado sensor de temperatura y humedad

Como sensor de temperatura y humedad se utilizará el DHT22, sensor digital que no requiere de adaptación de las señales. Se debe tener presente un aspecto fundamental en el conexionado del sensor y es que entre el pin que envía datos a la Raspberry PI y la alimentación del sensor debe conectarse una resistencia de pull-up de 10 kΩ.

El puerto GPIO en el que el Raspberry recibirá los datos del sensor DHT22 será el puerto GPIO 4, el esquema de conexionado se presenta en la figura 2-12.



Fuente: Elaboración propia basado en www.gidahatari.com

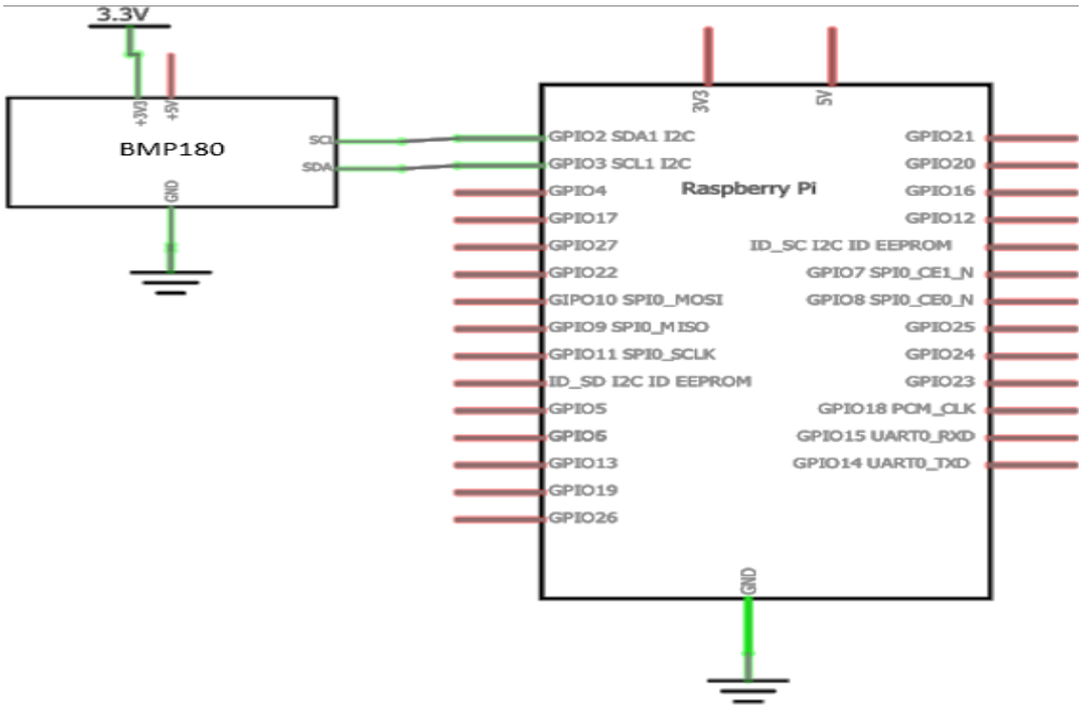
Figura 2-12. Esquema de conexionado sensor de temperatura y humedad DHT22

2.4.3. Conexionado sensor de presión atmosférica

Como anteriormente se determinó, el sensor de presión que se utilizará es el BMP180, el cual es capaz de proporcionar la presión atmosférica, temperatura y la altitud relativa. Se trata de un sensor digital el cual utiliza el protocolo I2C para las comunicaciones.

Debido a que la Raspberry incorpora el bus de comunicaciones I2C en sus puertos GPIO, la conexión se realiza por el puerto SDA del sensor que se conectará al GPIO 2 de la Raspberry, el puerto SCL del sensor se conectará al puerto GPIO 3 de la Raspberry, con ello se usarán los puertos preparados para I2C de la Raspberry.

En la figura 2-13 se indica el esquema de conexionado del sensor de presión atmosférica BMP180 con la Raspberry PI 4 modelo B.

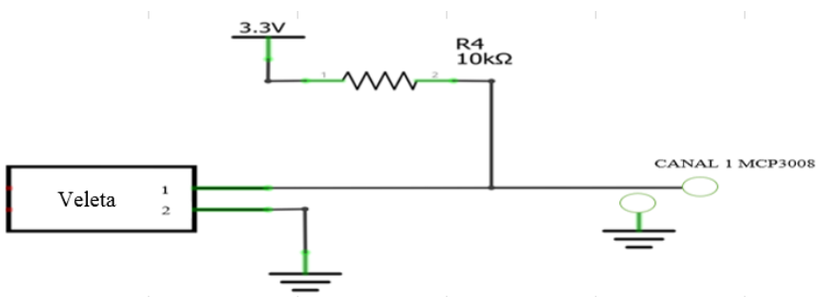


Fuente: Elaboración propia basado en www.gidahatari.com

Figura 2-13. Esquema de conexionado sensor de presión atmosférica BMP180

2.4.4. Conexionado de veleta

El conexionado de la veleta, se conectará al puerto del conversor análogo-digital MCP3008 mediante el canal 1, el conexionado se presenta en la figura 2-14.

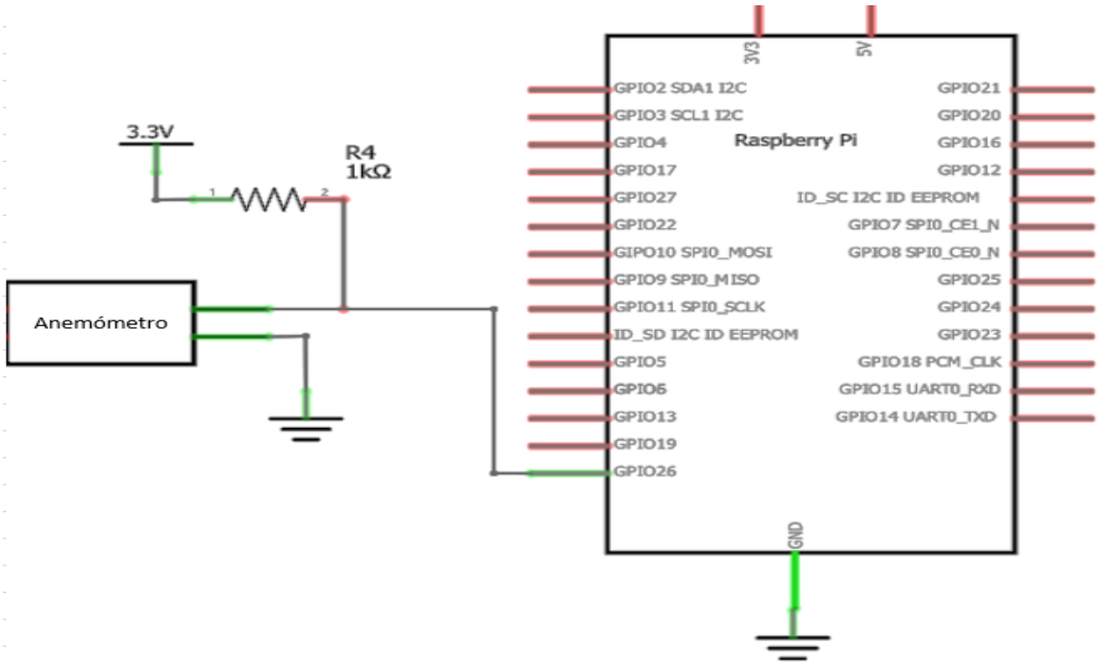


Fuente: Elaboración propia basado en www.gidahatari.com

Figura 2-14. Esquema de conexionado veleta

2.4.5. Conexionado sensor anemómetro

El puerto GPIO en el que el Raspberry PI-4 modelo B recibirá los datos del sensor será el puerto GPIO 26, el esquema de conexionado se presenta en la figura 2-15.

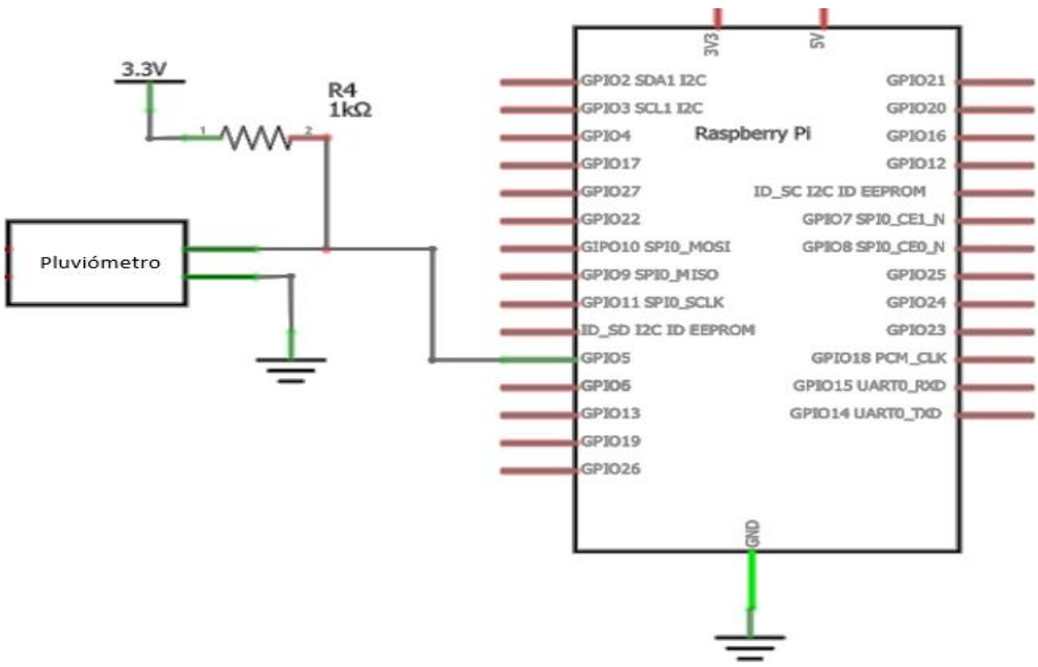


Fuente: Elaboración propia basado en www.gidahatari.com

Figura 2-15. Esquema de conexionado anemómetro

2.4.6. Conexionado pluviómetro

El puerto GPIO en el que la Raspberry recibirá los datos del pluviómetro será el puerto GPIO 5, el esquema de conexionado se presenta en la figura 2-16.

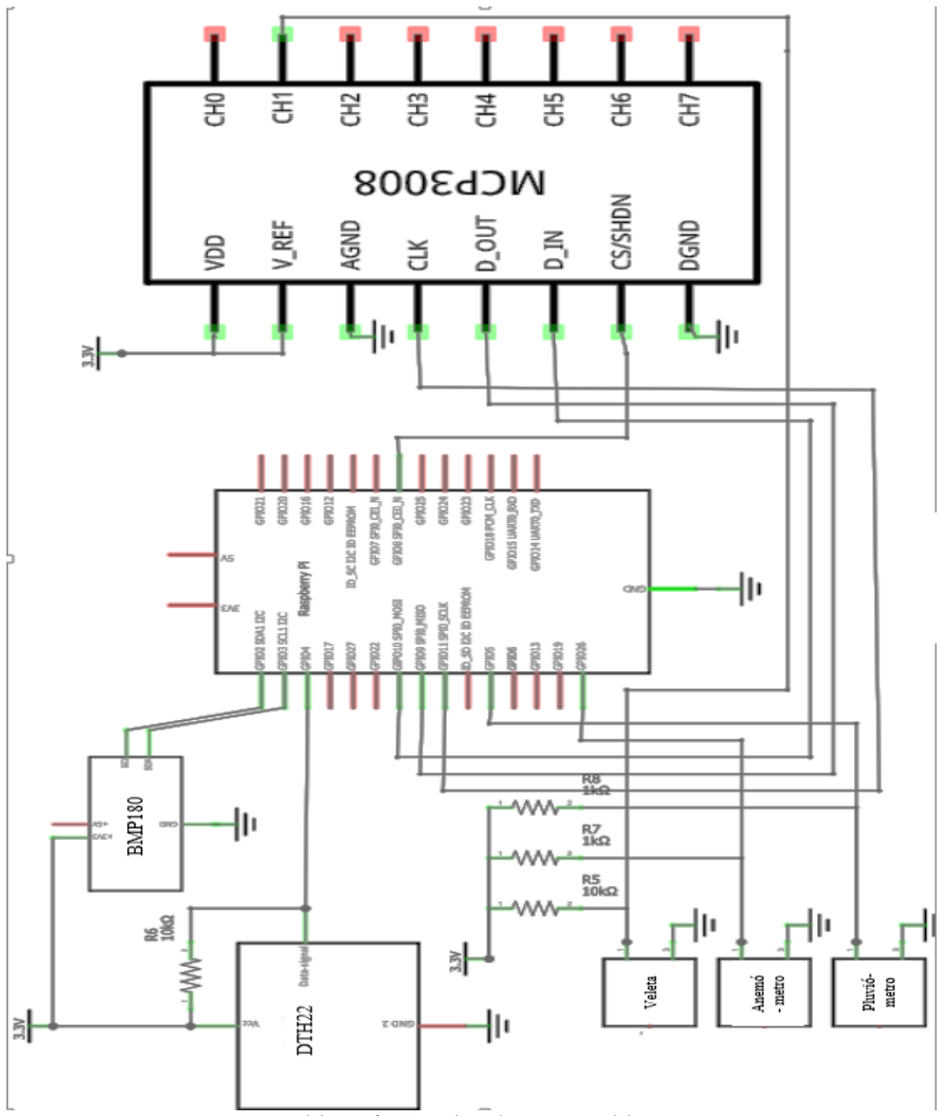


Fuente: Elaboración propia basado en www.gidahatari.com

Figura 2-16. Esquema de conexionado pluviómetro

2.4.7. Conexionado general

Ya descrito el conexionado de cada uno de los sensores a medir, es necesario disponer del conexionado general que se presenta en la figura 2-17.



Fuente: Elaboración propia basado en www.gidahatari.com

Figura 2-17. Esquema de conexionado general estación meteorológica

2.5. ETAPA DE PSU

Uno de los problemas que limitan a las estaciones meteorológicas es la movilidad de estas, la cual debe tener un punto de suministro de energía cercano para alimentarlas. Por este

motivo se pretende dotar de autonomía eléctrica mediante el aprovechamiento de la energía solar usando paneles solares. Además, de utilizar una batería y un controlador de carga que permita almacenar la energía y utilizarla durante la noche, como respaldo de energía.

2.5.1. Condiciones de carga

Para la estimación y cálculos del consumo, es necesario, en primer lugar considerar las condiciones iniciales de partida, lo cual se logra conociendo o estimando el consumo de cada uno de los componentes para conocer la energía consumida por el conjunto.

Tabla 2-2. Tabla de consumos de componentes de la estación meteorológica

Componente	V	mA	Descripción
Raspberry PI 4 modelo B	5	3000	Mini-ordenador
DHT22	3,3	2,5	Sensor de temperatura y humedad
Veleta	3,3	0,350	Sensor dirección del viento
Anemómetro	3,3	3,8	Sensor velocidad del viento
Pluviómetro	3,3	3,8	Sensor de precipitación
BMP180	3,3	0,5	Sensor de presión atmosférica
Total		3011	

Fuente: Elaboración propia basado en www.gidahatari.com

Como se aprecia en la tabla 2-2, la Raspberry PI-4 modelo B es la mayor consumidora de energía, por lo cual los sensores no afectan al consumo total de la estación meteorológica, obteniendo así el diseño para una corriente de 3011 mA, es decir, 3,011 A.

Por lo tanto para el diseño de la placa solar esta deberá tener una intensidad de funcionamiento superior a 3,011 A y una tensión de 12V. Además, se debe tener presente un tiempo de autonomía de 24 horas durante los 7 días de la semana.

2.5.2. Regulador de tensión para Raspberry PI, puertos GPIO y sensores

La Raspberry PI-4 modelo B presenta un consumo de 15W y una alimentación de 5V con 3A, conectado a través de un puerto USB tipo C. Este consumo de potencia depende de los

periféricos conectados, por lo cual es necesario considerar estas condiciones para obtener un pleno y óptimo funcionamiento de la Raspberry PI 4 modelo B.

Para ello se necesita de un regulador de tensión, el cual proporcione la alimentación necesaria que requiere la Raspberry, por lo cual para cumplir con lo que se ha mencionado se utilizará el módulo conversor DC-DC LM2596 que se presenta en la figura 2-18. Este módulo es un regulador de tipo conmutado reductor, con una alta eficiencia de conversión, obteniendo así tensiones de rango 5V, 3.3V y 1.8V, a partir de una fuente o batería de 12V. Es capaz de manejar una carga de hasta 3A lo cual cumple con los requerimientos necesarios para la alimentación de la Raspberry PI-4 modelo B.

Fuente: naylampmechatronics.com

Figura 2-18. Conversor DC-DC LM2596

Especificaciones técnicas

- Tensión de entrada: 12V DC
- Tensión de salida: Rango ajustable (5V – 3,3V)
- Corriente de salida: 3A
- Temperatura de funcionamiento: -40ºC a 85ªC
- Protección contra cortocircuitos: Sí (hasta 5A)

Otro de las ventajas de este regulador, es la necesidad de requerir otra tensión relacionada a la alimentación de los puertos GPIO como de los sensores. Es por ello, la ventaja que presenta este regulador mediante la tensión de salida ajustable, las cuales varían desde los 1,5V hasta los 35V. Para el caso de la alimentación los puertos GPIO y sensores en necesario una tensión de 3,3V, con el fin de alimentar toda la lógica interna de los puertos del Raspberry PI.

La necesidad de alimentación de la Raspberry independiente entre la entrada de alimentación y los puertos GPIO, se establece para proteger a la Raspberry, ya que cualquier

cortocircuito que se produzca en la etapa de sensores, provocará la rotura de la Raspberry, por lo que se necesitará disponer de un segundo módulo conversor para ajustar la tensión de 3,3V con una corriente máxima de 16 mA para la alimentación de los puertos GPIO y sensores.

Además, se situará un interruptor, con el fin de encender y apagar la estación meteorológica sin necesidad de la desconexión de la fuente externa.

2.5.3. Cálculos de potencia y consumo total diario

Con los datos obtenidos anteriormente, se debe calcular la potencia utilizada en el sistema.

$$P= V*I$$

$$P= 12V* 3,011A$$

$$P = 36,13 W$$

Luego de conocida la potencia que consumirá el sistema, es posible calcular el consumo total diario, teniendo presente la condición inicial la cual será de 24 horas.

$$\text{Consumo total diario (CT)} = P(W) * \text{DÍA (Hora)}$$

$$CT= 36,13W * 24 \text{ horas}$$

$$CT = 867,12 \text{ Wh/día}$$

2.5.4. Panel solar

Para determinar el panel solar que se utilizará, en concordancia a las características en cuanto a energía, potencia, tensión y corriente obtenidas, se ha estimado que según el consumo no es necesario un cálculo exhaustivo, por lo cual el panel solar que se utilizará es el panel solar fotovoltaico Technosoul de 100W Policristalino que se muestra en la figura 2-19., el cual consta de vidrio templado con lámina resistente, marco de aluminio de fácil montaje y una caja de conexión apta para la intemperie.

Especificaciones técnicas

- Potencia máxima: 100 W
- Tensión en potencia máxima: 17,5 V
- Intensidad en potencia máxima: 5,7 A

- Intensidad en cortocircuito: 6.46 A
- Tolerancia de Potencia: +- 3%

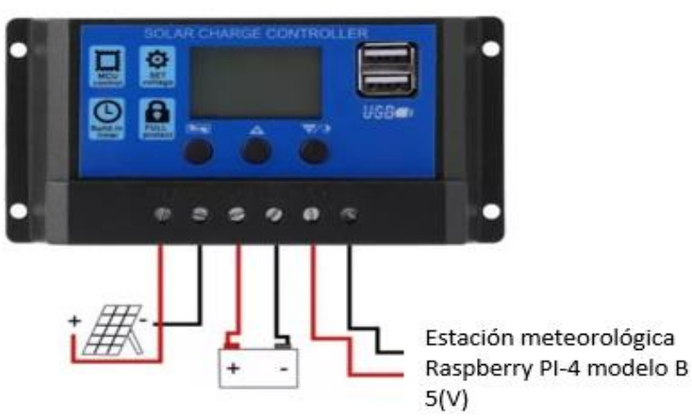
Fuente: www.technosoul.com

Figura 2-19. Panel solar 100W

2.5.5. Controlador de carga solar

El controlador es el dispositivo encargado de controlar el estado de carga en las baterías, así como de regular la intensidad que carga con el fin de aumentar la vida útil de las baterías y así evitar sobrecargas, las cuales dañarían a esta.

Debido a que el panel solar es capaz de proporcionar 5,7 A de corriente en el punto de máxima potencia, se utilizará el regulador BLUESOLAR que se presenta en la figura 2-20., el cual es capaz de regular una intensidad de carga de 10 A y a una tensión de 12 y 24V.



Fuente: www.victronenergy.com.es

Figura 2-20. Regulador de carga

2.5.6. Batería

Para determinar la capacidad necesaria de la batería, se debe considerar el consumo diario que viene expresado en Wh/día. La profundidad de descarga en % y la tensión de la instalación de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$Capacidad = \frac{Consumo\ diario * días\ de\ autonomia}{profundidad\ de\ descarga * tensión} * 1{,}15$$

$$\text{Capacidad} = \frac{867{,}12\ \text{Wh/día} * 1}{0{,}7 * 12\ \text{V}} * 1{,}15$$

Capacidad = 118,69 Ah

Por tanto, considerando que la carga y descarga de la batería se realiza 8 horas durante cada día, se necesitará tendrá una capacidad de 250Ah. La batería que se utilizará será una monoblock de litio como se muestra en la figura 2-21., la cual cuenta con características que permiten instalarse en espacios reducidos, no emiten gases y dispone de tiempos de cargas más rápidas.

Fuente: www. Renuevasolar.com

Figura 2-21. Batería monoblock 250 Ah

CAPÍTULO 3: ESTABLECER INTERFACE CON SERVIDOR WEB

3. ESTABLECER INTERFACE CON SERVIDOR WEB

Posteriormente realizado el diseño de los sensores y el conexionado, es necesario dotar al sistema de todo lo referente al software necesario para la lectura de datos de cada uno de los sensores. Es por ello, que este capítulo pretende dar solución en lo referente a la lectura y todo lo asociado a la página web.

Para realizar esto, en primer lugar se deberá instalar y configurar el sistema operativo de la Raspberry PI, denominado Raspbian el cual se encuentra disponible en la página oficial de la fundación Raspberry. Luego, se deberán adquirir los datos de los sensores mediante las distintas librerías disponibles que permitan la lectura y el manejo de las mediciones para la creación de una tabla que permita visualizar los datos desde el servidor web que se establecerá utilizando la configuración LAMP, el cual podrá ser visto a través de una página web mediante una conexión a internet.

3.1. INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA OPERATIVO

Con el fin de utilizar correctamente la Raspberry PI-4 modelo B, es necesario instalar el sistema operativo, ya que proporcionará una herramienta para facilitar la programación de la Raspberry. En la instalación del sistema operativo se pueden encontrar tanto sistemas operativos oficiales como no oficiales. Los no oficiales son distribuciones creadas a medida de ciertos usuarios, en cambio, las oficiales son las distribuciones que se pueden encontrar en las páginas webs de la fundación Raspberry con su soporte oficial.

Para la instalación del sistema operativo Raspbian es necesario tener en consideración el disponer de una tarjeta micro SD, con la finalidad de almacenar el archivo que contiene el sistema operativo, el cual es insertado en la ranura micro SD del Raspberry PI-4 modelo B. En este proyecto se utilizará una tarjeta micro SD con capacidad de 32 GB clase 10.

Para la instalación del sistema operativo Raspbian, se deberá acceder a la página oficial de la fundación Raspberry y descargar la versión completa para posteriormente descomprimir en la tarjeta micro SD que se utilizará en la Raspberry PI.

Para la instalación del sistema operativo es necesario la conexión de varios periféricos a la Raspberry, siendo estos un mouse, el teclado mediante el puerto USB 3.0., y un puerto micro HDMI.

Conectado los periféricos y descargado el sistema operativo, se deberá descomprimir dicho archivo para la copia en la tarjeta micro SD mediante la herramienta Balena Etcher, la cual es una herramienta gráfica de escritura de tarjetas SD que funciona en Mac, Linux y Windows.

3.2. INTERFACES DE COMUNICACIÓN

Se denomina interfaz a la conexión física que permite la comunicación entre dos dispositivos electrónicos de cualquier tipo.

Para este proyecto se han utilizado las dos únicas interfaces que existen en la Raspberry PI-4 modelo B, las cuales son SPI e I2C que serán descritas a continuación.

3.2.1. Bus de comunicación I2C

Siglas en inglés para Inter-Integrated Circuit o circuito interintegrado. Se trata de una interfaz síncrona y su principal característica es la comunicación en serie, la cual solo permite transmitir información en un canal, esto implica que la comunicación I2C se realizará por un único cable.

Con el protocolo I2C se puede tener a varios maestros controlando uno o múltiples esclavos. Los dispositivos de un bus I2C tiene una dirección única para cada uno y pueden clasificarse como maestros o esclavos.

- El maestro: Es el que inicia la transferencia de datos y genera la señal de reloj.
- El esclavo: Espera a que un maestro se comunique para generar la transferencia.

La estructura del bus de datos se encuentra formada por 3 líneas:

- Línea 1: Línea de datos que recibe el nombre de SDA (Datos).
- Línea 2: Línea de Sincronización que recibe el nombre de SCL (Clock).
- Línea 3: Línea de conexión a tierra (GND)

En la Raspberry, los puertos I2C se encuentran en el puerto GPIO 2 y GPIO 3.

El bus I2C en la Raspberry PI se encuentra deshabilitado por defecto, por lo que se deberá habilitar para el correcto funcionamiento, además, de utilizar librerías preparadas para I2C y facilitar las tareas de comunicación con otros dispositivos.

3.2.2. Bus de comunicación SPI

El SPI (Serial Peripheral Interface) es un protocolo de comunicaciones serie síncrona usado para la transferencia de información entre circuitos integrados en equipos electrónicos.

El SPI trabaja en modo full dúplex para recibir y transmitir información, permitiendo que dos dispositivos puedan comunicarse entre sí al mismo tiempo utilizando canales diferentes o líneas diferentes en el mismo cable.

Existen cuatro líneas lógicas encargadas de realizar todo el proceso:

- MOSI: Línea utilizada para llevar bits que provienen del maestro hacia el esclavo.
- MISO: Línea utilizada para llevar bits que provienen del esclavo hacia el maestro.
- CLK: Línea proveniente del maestro encargada de enviar la señal de reloj para sincronizar los dispositivos.
- SS: Línea encargada de seleccionar y a su vez, habilitar un esclavo.

La Raspberry dispone de 6 puertos GPIO para la comunicación a través del bus SPI.

La utilización del bus de comunicaciones SPI se facilita al utilizar las diferentes librerías SPI para la Raspberry PI, aún así se deber tener presente que el bus SPI viene deshabilitado por defecto, por lo que se deberá configurar para su habilitación.

3.3. SOFTWARE ADQUISICIÓN DE DATOS MEDIDOS

En este apartado se realizará la programación de todo lo referente al software necesario para la lectura de las mediciones de cada uno de los sensores utilizados.

El código de programación a emplear será Python, código simple, el cual cuenta con una estructura de datos eficiente y de alto nivel. Python se deberá descargar desde la página oficial de la organización Python.

3.3.1. Software adquisición de datos del conversor analógico digital MCP3008

Para adquirir los datos es necesario la configuración e instalación de los elementos necesarios del conversor análogo-digital MCP3008, el cual se comunica con la Raspberry a través del bus de comunicaciones SPI, por tanto se debe habilitar y configurar este bus de comunicación y posteriormente instalar las librerías correspondientes para la lectura de datos.

Para habilitar el bus de comunicación SPI se debe ingresar a la consola y aplicar el comando con el fin de acceder al menú de configuración de la Raspberry PI:

Sudo raspi-config

Raspberry PI software configuration tool (raspi-config)

Opción 9-Advanced options

A6 SPI Enable/Disable automatic loading

Realizado la configuración, se deberá reiniciar la consola para activar el protocolo SPI.

Para comprobar el correcto funcionamiento se utilizará el comando “lsmod” el cual permite comprobar si el módulo SPI se ha cargado correctamente.

Habilitado el protocolo SPI en la Raspberry, se debe instalar la librería para leer datos del bus SPI en el lenguaje de programación Python. La librería encargada es la “py-spidev”, por lo cual se debe instalar el módulo “python-dev”, mediante los siguientes comandos:

```
Sudo apt-get update
Sudo apt-get upgrade
Sudo apt-get install python2.7dev
```

Instalado el módulo “python-dev”, se deberá descargar la librería “py-spidev”, compilar e instalar mediante los siguientes comandos.

```
wget https://github.com/Gadgetoid/py-pidev/archive/master.zip
unzip master zip
rm master.zip
cd py-spidev.master
sudo Python setup.py install
```

Una vez instalado, solo es necesario instalar la librería para el módulo GPIO, la cual permite acceder a los puertos GPIO así como controlarlos, para luego instalar la librería rpi.gpio, donde se deben ejecutar los siguientes comandos:

```
Sudo apt-get install Python-setuptools
Sudo easy_instal rpi.gpio
```

Realizado esto, se encuentra lista la comunicación entre el MCP3008 y la Raspberry.

El código de programación correspondiente al conversor análogo-digital MCP3008 se encuentra en el Anexo A.

3.3.2. Software adquisición de datos sensor de temperatura y humedad

La adquisición de datos de temperatura y humedad relativa se realiza mediante el sensor DHT22. La comunicación de este sensor se simplifica mediante la librería Adafruit, la cual ya cuenta con las especificaciones para realizar la comunicación.

3.3.2.1. Instalación librería Adafruit

Para la instalación de la librería Adafruit_Python_DHT, lo primero que se debe hacer es descargar y copiar la carpeta de la librería dentro de la carpeta personal, mediante el siguiente comando ejecutado desde consola de la Raspberry PI-4 modelo B.

```
git clone https://github.com/adafruit/Adafruit_Python_DHT.git
```

Luego que se ha copiado la carpeta de la librería y aplicado el comando aparecerá la carpeta Adafruit_Python_DHT. Antes de instalar la librería se deben revisar las posibles actualizaciones instaladas y para ello se ejecutarán los siguientes comandos:

```
sudo apt-get update
sudo apt-get install build-essential python-dev Python-openssl
```

Para instalar la librería, se debe ingresar dentro de la carpeta descargada y copiar dentro de la carpeta de usuario de la Raspberry, utilizando el siguiente comando:

```
cd Adafruit Python_DHT
```

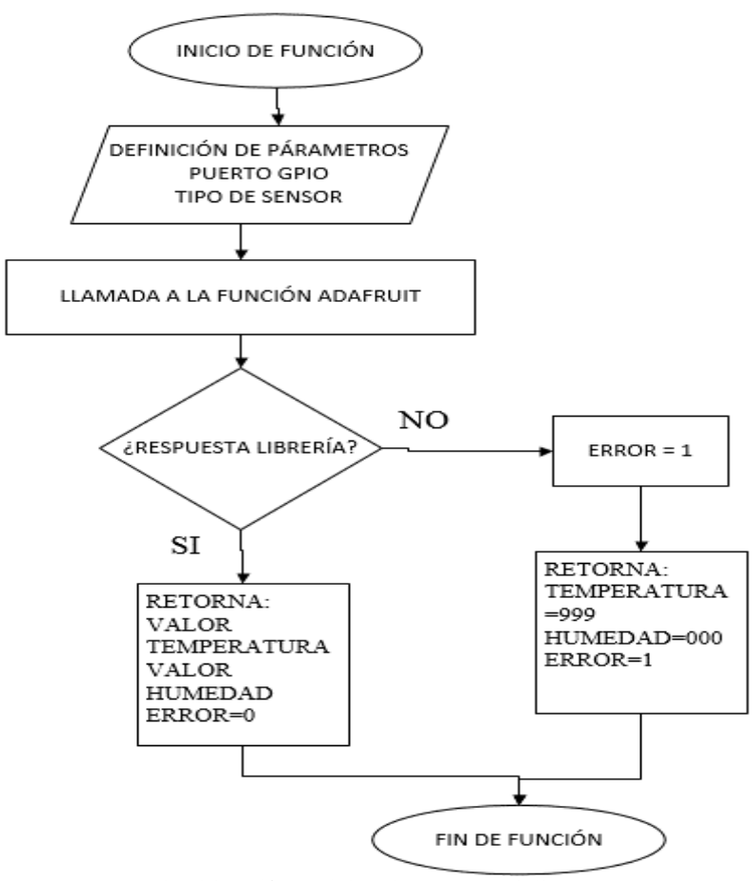
Para proceder a la instalación se deberá ejecutar el fichero setup.py, mediante el compilador de Python y para ello se aplicará el siguiente comando:

```
sudo Python setup.py install
```

Ya finalizada la instalación, se debe direccionar el funcionamiento de la librería, ingresando a la carpeta de usuario y ejecutar el AdafruitDHT.py, para ejecutarlo se deberá introducir dos argumentos, el primero será el modelo de sensor que se está utilizando. El segundo argumento corresponde a la indicación del puerto GPIO que se utilizará, correspondiente al puerto 4 logrando así la lectura del sensor DHT22.

3.3.2.2. Diagrama de bloques función de temperatura y humedad

Antes de realizar el código de programación en Python, es necesario realizar un diagrama de bloques, el cual permita visualizar la función del sensor de temperatura y humedad. La función será aquella en la cual se realice un llamado a la librería Adafruit instalada para proporcionar los datos medidos por el sensor DHT22. Según la respuesta obtenida por el sensor se definirá la función a realizar, la cual en el caso que se produzca un error se fijará una variable de error que indique que no se logró realizar la medición y fijará las variables de temperatura y humedad en valores de 9999, representado en el diagrama de bloques de la figura 3-1.



Fuente: Elaboración propia basado en www.geekytheory.com

Figura 3-1. Diagrama de bloques función de temperatura y humedad

El código de programación correspondiente al sensor de temperatura y humedad DHT22 se encuentra en el ANEXO B.

3.3.3. Software adquisición de datos sensor de presión atmosférica

La adquisición de datos de la presión atmosférica se realizará a través del sensor BMP180, el cual utiliza el bus I2C para la comunicación con la Raspberry PI-4 modelo B.

3.3.3.1. Instalación librería Adafruit

El primer paso para la instalación de la librería del sensor consiste en actualizar el software de la Raspberry y los diferentes repositorios instalados, con el fin de evitar posibles errores que puedan surgir, para ello se deben aplicar los siguientes comandos en la consola de la Raspberry.

```
sudo apt-get update
sudo apt-get upgrade
```

Actualizado el software de la Raspberry, se deberá instalar las librerías que permitan controlar el bus I2C, para ello se aplica el comando:

```
Sudo apt-get instal build-essential Python-dev Python-smbus i2c-tools
```

Es necesario considerar que los buses de comunicación se encuentran deshabilitadas por defecto, por lo que se debe habilitar mediante el siguiente comando:

```
sudo raspi-config
```

El comando anterior permite configurar el menú seleccionando la siguiente configuración:

Raspberry PI software configuration tool (raspi-config)

Opción 9-Advanced options

A7 I2C Enable/Disable automatic loading

Una vez reiniciado el sistema se debe verificar la habilitación del bus I2C, aplicando el siguiente comando, con el sensor conectado:

```
sudo i2cdetect –y 1 o
sudo i2cdetect –y 0
```

La librería que se utilizará para el sensor BMP180 es suministrado por Adafruit, por lo que el procedimiento de instalación es muy similar al que se ha realizado con el sensor de temperatura y humedad. Se deberá descargar y copiar la carpeta que contiene la librería para ello se utilizará el siguiente comando, estando situado en la carpeta de usuario.

```
git clone https://github.com/adafruit/Adafruit_Python_BMP.git
```

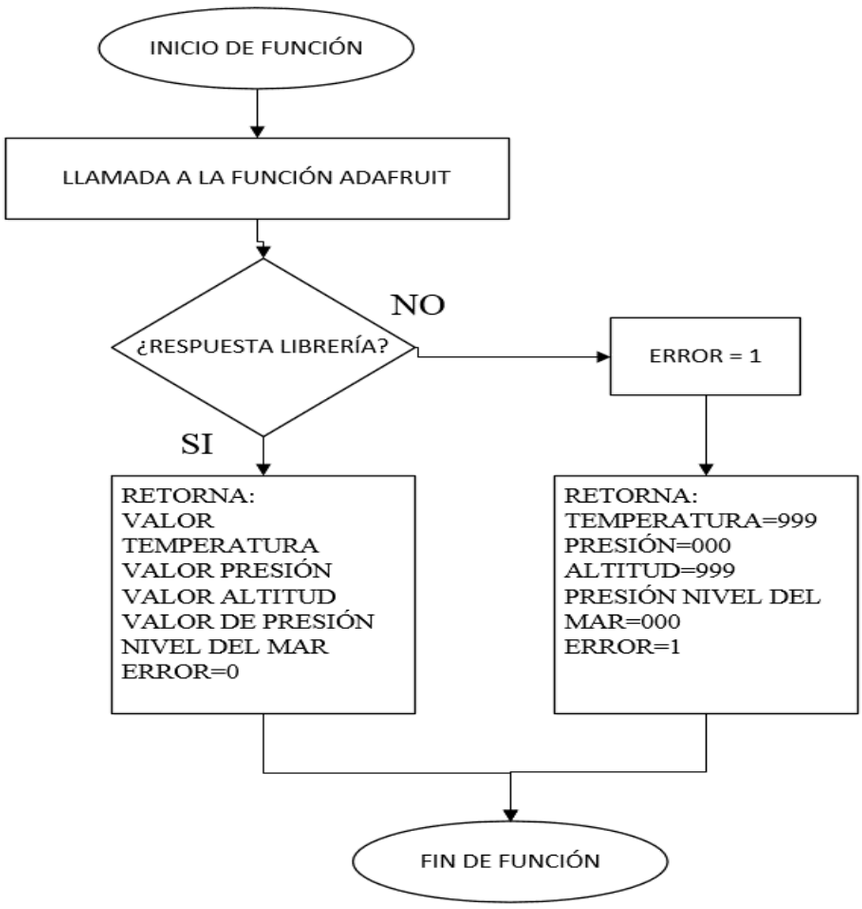
Finalizado el comando anterior, en la carpeta personal se debe crear una nueva carpeta llamada Adafruit_Python_BMP, la cual contendrá los ficheros necesarios para la instalación de la librería. Para la instalación de la librería se deben ejecutar los comandos:

```
cd Adafruit_Python_BMP
sudo Python setup.py install
```

Posteriormente a la habilitación del bus I2C e instalada la librería de Adafruit, es posible direccionar el funcionamiento de la librería, para ello se debe ingresar a la carpeta de usuario y ejecutar el AdafruitBMP.

3.3.3.2. Diagrama de bloques función de presión atmosférica

Las variables que proporcionará el sensor de presión atmosférica son la temperatura, presión atmosférica, altitud y presión a nivel del mar, por lo tanto para realizar el código en Python es necesario determinar las condiciones de las mediciones a realizar. La función a realizar es una llamada a la librería Adafruit, la cual proporcionará los valores medidos, en el caso de no obtener valores en algunas de las variables, se activará una variable de error que indicará la no lectura del sensor, representado en el diagrama de bloques de la figura 3-2.



Fuente: Elaboración propia basado en www.geekytheory.com

Figura 3-2. Diagrama de bloques función de presión atmosférica

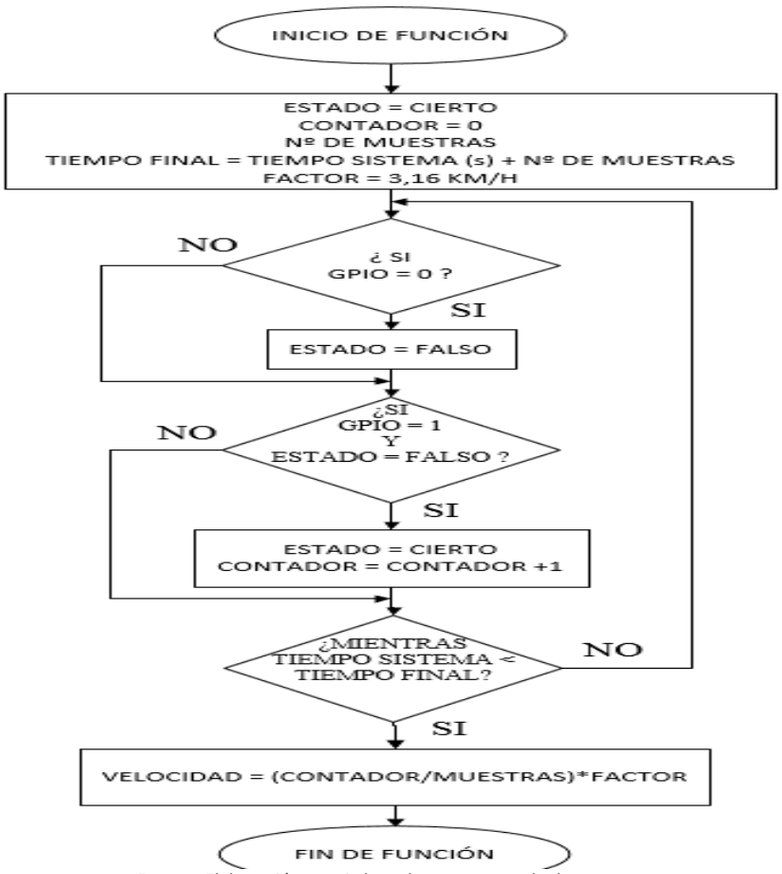
El código de programación correspondiente al sensor de presión atmosférica se encuentra en el ANEXO C.

3.3.4. Software adquisición de datos sensor de velocidad de viento

Los datos de la velocidad del viento se adquirirán a través del anemómetro Adafruit, su funcionamiento se basa en la generación de pulsos cada 3,16 km/h, por lo tanto la adquisición de datos se obtendrá a partir del conteo de pulsos de forma digital. Para ello se debe tomar nota de los estados lógicos que presenta la entrada, en la lectura del puerto GPIO 26.

3.3.4.1. Diagrama de bloques función de la velocidad de viento

El diagrama de bloques proporcionará la función en que se basará la escritura del código Python, mediante el conteo de pulsos para así determinar la velocidad final del viento.



Fuente: Elaboración propia basado en www.geekytheory.com

Figura 3-3. Diagrama de bloques función de la velocidad del viento

EL diagrama de bloques de la función de velocidad del viento presentado en la figura 3-3., proporciona en primer lugar la declaración de variables a utilizar, las cuales se especifican en:

- Variable estado: Encargada de garantizar el estado de la señal de entrada.
- Variable contador: Aumenta una unidad por cada cambio lógico de 0 a 1.
- Variable Nº de muestras: Número de Muestras de cambios lógico.
- Variable tiempo final: Delimita el tiempo de observación del puerto de entrada.
- Variable factor: Encargada de almacenar el factor multiplicativo según fabricante.

Conocidas las variables, inicialmente se comprueba si el puerto GPIO 26 de la Raspberry PI se encuentra en estado bajo, si esto es así, la variable Estado, se fija en estado Falso, si por el contrario el puerto GPIO 26 se encuentra en estado alto se mantiene el estado de inicio de la variable Estado el cual es Cierto. Como se puede observar en esta primera condición se está tratando de descubrir el 0 en la entrada del puerto GPIO. En la segunda condición se trata de encontrar un 1 en la entrada de la puerto GPIO siempre que en la anterior condición se haya modificado el valor de la variable Estado (Estado falso). Por tanto, para incrementar el contador en esta segunda condición se deberá cumplir que la variable Estado se encuentre en Falso y que

en la entrada del puerto GPIO se encuentre en 1, si no se cumple esa condición no se incrementará el contador. Todo este proceso se repetirá hasta que el tiempo del sistema sea igual al tiempo final fijado con el número de muestras. Finalmente se calculará la velocidad del viento, mediante la variable contador, muestras fijadas de lectura de los puertos y el factor multiplicativo indicado en las especificaciones del sensor.

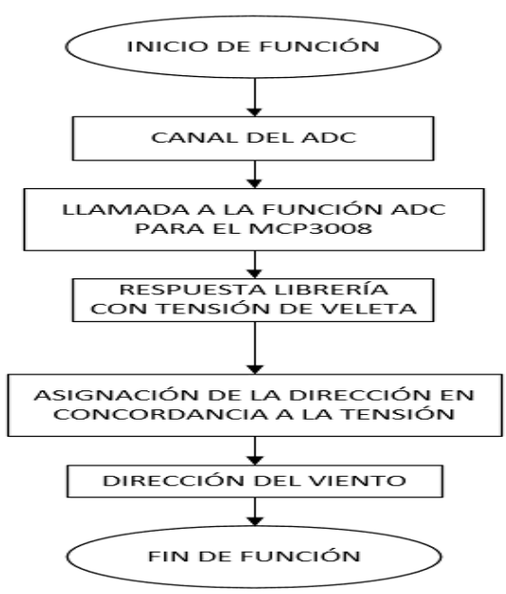
El código de programación se encuentra en el ANEXO D.

3.3.5. Software adquisición de datos sensor de dirección del viento

La veleta es un sensor analógico el cual varía su resistencia interna provocando una variación de tensión, logrando determinar la dirección del viento, por lo cual la adquisición de datos se realizará a través del valor de la tensión obtenida del conversor análogo-digital MCP3008, los cuales serán comparados con la tabla entregada por el fabricante.

3.3.5.1. Diagrama de bloques función de dirección del viento

Para la creación del código de programación, se ha realizado el diagrama de bloques de la veleta como se muestra en la figura 3-4., para ello en primer lugar lo que se deberá hacer es enviarle al canal del ADC a la llamada de la función de librería del conversor ADC, la cual responde con un valor de tensión en los extremos de la veleta y mediante el uso de la tabla tensión-dirección en grados se determina la dirección del viento.



Fuente: Elaboración propia basado en www.geekytheory.com

Figura 3-4. Diagrama de bloques función de la dirección del viento

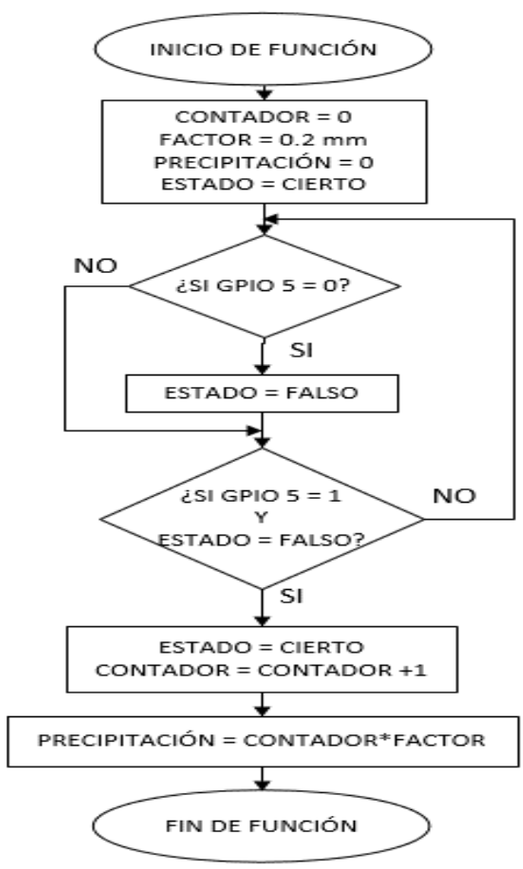
El código de programación correspondiente al sensor de dirección del viento se encuentra en el ANEXO E.

3.3.6. Software adquisición de datos del pluviómetro

La adquisición de datos de precipitación se registrará mediante los pulsos generados por interrupciones en la señal, debido al sensor utilizado el cual cada vez que capta 0,2 mm de precipitación envía un pulso al puerto GPIO correspondiente. Por lo tanto para determinar la precipitación se deberá contar la cantidad de pulsos en un determinado tiempo.

3.3.6.1. Diagrama de bloques función de precipitación

Para escribir el código de programación, se ha realizado el diagrama de bloques de precipitación que se presenta en la figura 3-5., el cual permitirá visualizar los pasos a seguir de la función para el conteo de las interrupciones, datos que enviará el pluviómetro hacia la Raspberry.



Fuente: Elaboración propia basado en www.geekytheory.com

Figura 3-5. Diagrama de bloques función de precipitación

Fijadas las variables correspondientes como lo son el contador, factor multiplicativo y el de precipitación, se debe comprobar si el puerto GPIO 5 de la Raspberry se encuentra en estado bajo, si esto es así, la variable Estado, se fija en estado falso, si por el contrario el puerto GPIO 5 se encuentra en estado alto se mantiene el estado de inicio de la variable estado el cual es cierto. Por lo tanto para incrementar el contador se deberá cumplir que la variable estado se encuentre en falso y que la entrada del puerto GPIO está en 1.

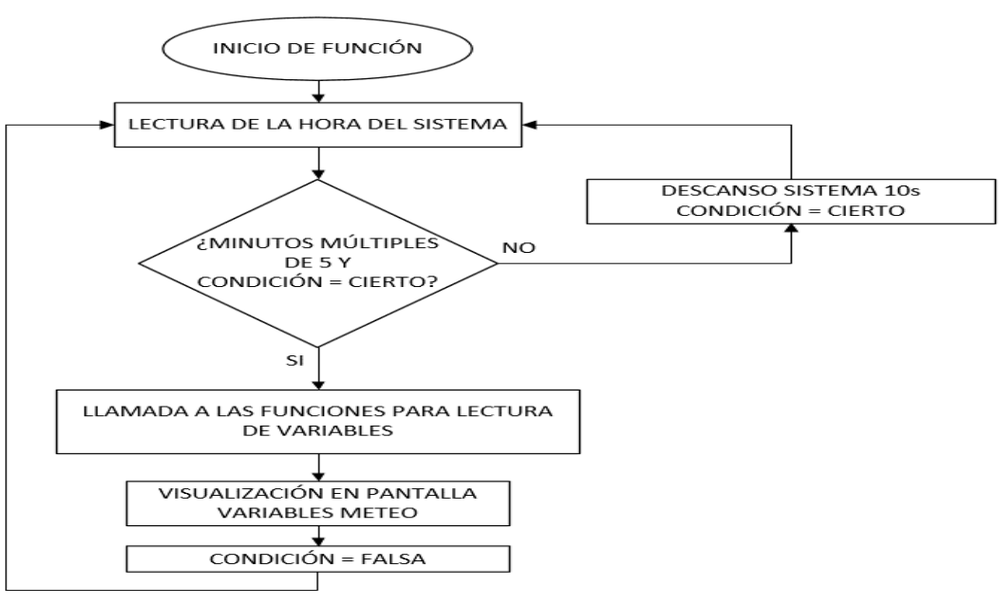
El código de programación correspondiente se encuentra en el ANEXO F.

3.3.7. Software adquisición de datos principal

Luego que se han obtenido todas las librerías necesarias para desarrollar el código Python de cada uno de los diferentes sensores, se deberá crear la función principal, obteniendo así los datos de temperatura, humedad, presión atmosférica, velocidad del viento, cantidad de precipitación, dirección del viento.

3.3.7.1. Diagrama de bloques función principal

El diagrama de bloques comienza con una llamada a cada una de las funciones creadas anteriormente, con la característica que en el caso del pluviómetro, el cual está en constante ejecución ya que se encuentra funcionando a través de interrupciones y por lo tanto se deberá configurar la interrupción en la función principal para el correcto funcionamiento.



Fuente: Elaboración propia basado en www.geekytheory.com

Figura 3-6. Diagrama de bloques función del sistema principal

La función principal presentado en la figura 3-6., mostrará los datos cada 5 minutos, por lo que en primer lugar se deberá tener una lectura de la hora del sistema. Si la hora es múltiplo de 5, la variable condición es Cierta, se visualizarán las variables meteorológicas, en caso que no se cumplan las condiciones el sistema descansará durante 10 segundos para volver a su ciclo.

3.4. INSTALACIÓN DE SERVIDOR WEB EN RASPBERRY

Antes de crear la base de datos y la página web, es necesario realizar la instalación y configuración de la Raspberry PI-4 modelo B como servidor web, por lo cual es imprescindible la asignación de una IP y los distintos elementos como lo son el servidor Apache, servidor PHP, servidor de base de datos MySQL y el administrador de la base de datos phpMyAdmin.

3.4.1. Direccionamiento IP en Raspberry PI-4 modelo B

Para la conexión a internet es necesario establecer una IP estática, la cual se obtiene editando el archivo de interfaces desde la consola:

```
sudo nano/network/interfaces
```

Posteriormente, se deberá configurar los parámetros pertinentes a la dirección IP.

```
iface wlan0 inet static
address 192.168.0.100
netsmask 255.255.255.0
gateway 192.168.0.1
```

3.4.2. Instalación de servidor web

Para iniciar la instalación se deberán actualizar los repositorios y programas de la Raspberry, para ello se deben ejecutar los siguientes comandos.

```
sudo apt-get update
sudo apt-get upgrade
```

La instalación del servidor Apache se realiza mediante el siguiente comando:

```
sudo apt-get install apache2
```

Para comprobar el funcionado correctamente, se debe abrir el navegador y en la barra de direcciones se introduce la IP correspondiente a la Raspberry.

Posteriormente se deberá instalar el servidor PHP, el cual permite crear contenido dinámico en la web. Para ello se ejecuta el comando:

```
sudo apt-get install php5
sudo apt-get install libapache2-mod-php5 libapache2-mod-perl2 php
```

Luego de reiniciado y creado el fichero php, se deberá abrir el navegador e introducir la IP de la Raspberry PI seguido de /info.php confirmando del funcionando del servidor PHP.

3.4.3. Instalación y configuración de MySQL y PHPMYADMIN

Este apartado incluirá la instalación de MySQL, el cual es un sistema de gestión de bases de datos. Se debe tener en consideración fijar una clave de administrador para MySQL, la cual permitirá administrar las bases de datos.

Para ello se debe aplicar el siguiente comando dentro de la consola del Raspberry.

```
sudo apt-get install mysql-server mysql-client php5-mysql
```

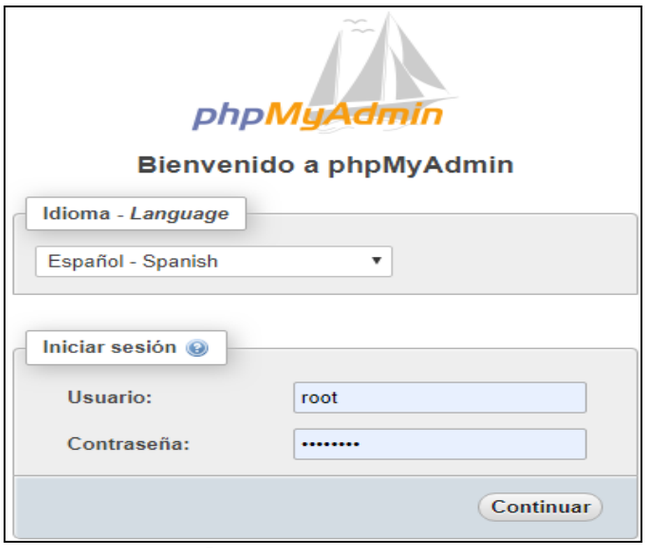
Luego se deberá instalar PHPMyAdmin, siendo una herramienta escrita en PHP, la cual permite manejar la administración de MySQL a través de Internet de una forma sencilla, mediante el siguiente comando:

```
sudo apt-get install php5-mysql phpmyadmin
```

Para la configuración de la base de datos, se solicitará la contraseña establecida al instalar MySQL y además de establecer una contraseña para acceder a PHPmyAdmin.

Terminado el proceso se deberá editar el siguiente fichero para añadir al final del mismo Include /etc/phpmyadmin/apache.conf

Para comprobar el correcto funcionamiento, se deberá escribir en el navegador la dirección IP de la Raspberry seguido de /phpmyadmin. El usuario será root y la contraseña es la establecida anteriormente como se indica en la figura 3-7.



Fuente: www.prometec.com

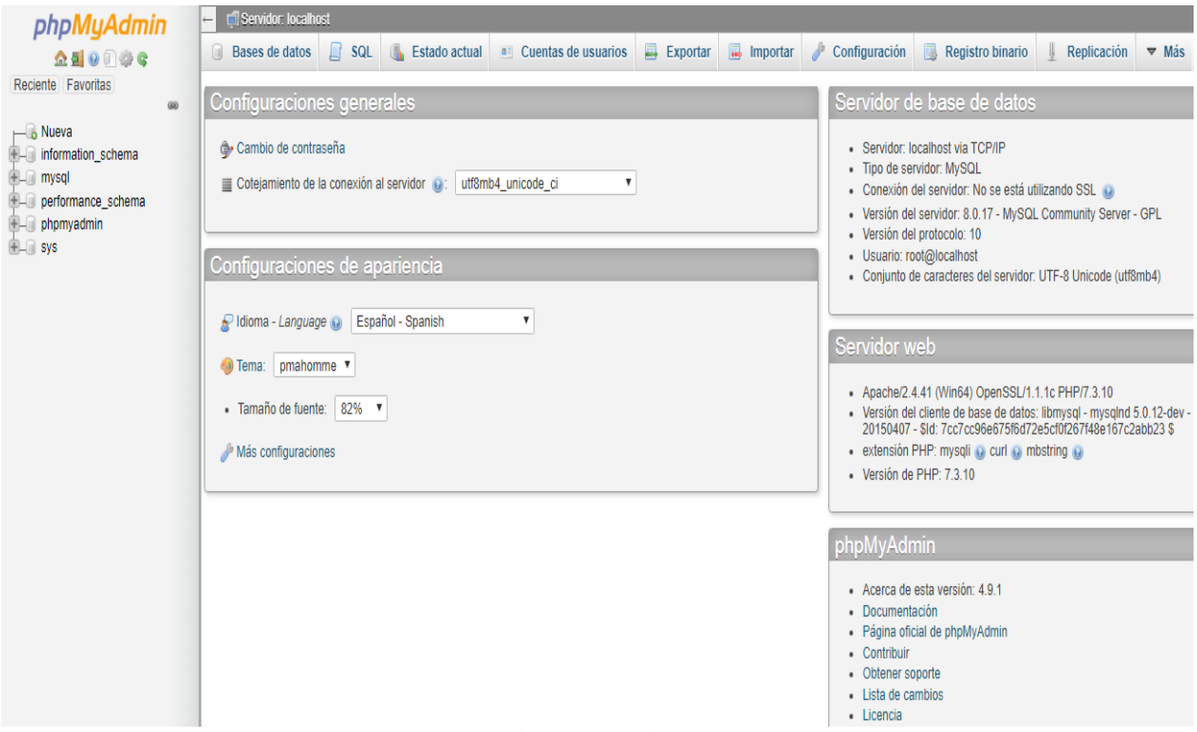
Figura 3-7. Instalación de phpMyAdmin

Instalado el servidor web Apache, el servidor de contenido dinámico PHP, el servidor de base de datos MySQL y el administrador de base de datos phpMyAdmin, ya se está en condiciones para crear la tabla que recopilará los datos meteorológicos.

3.5. CREACIÓN DE LA TABLA Y BASE DE DATOS

Con la finalidad del almacenamiento de datos recopilados desde los diferentes sensores, es necesario crear una base de datos representada en una tabla, es por ello que en esta sección se describirá la creación de la base de datos mediante el uso de phpMyadmin.

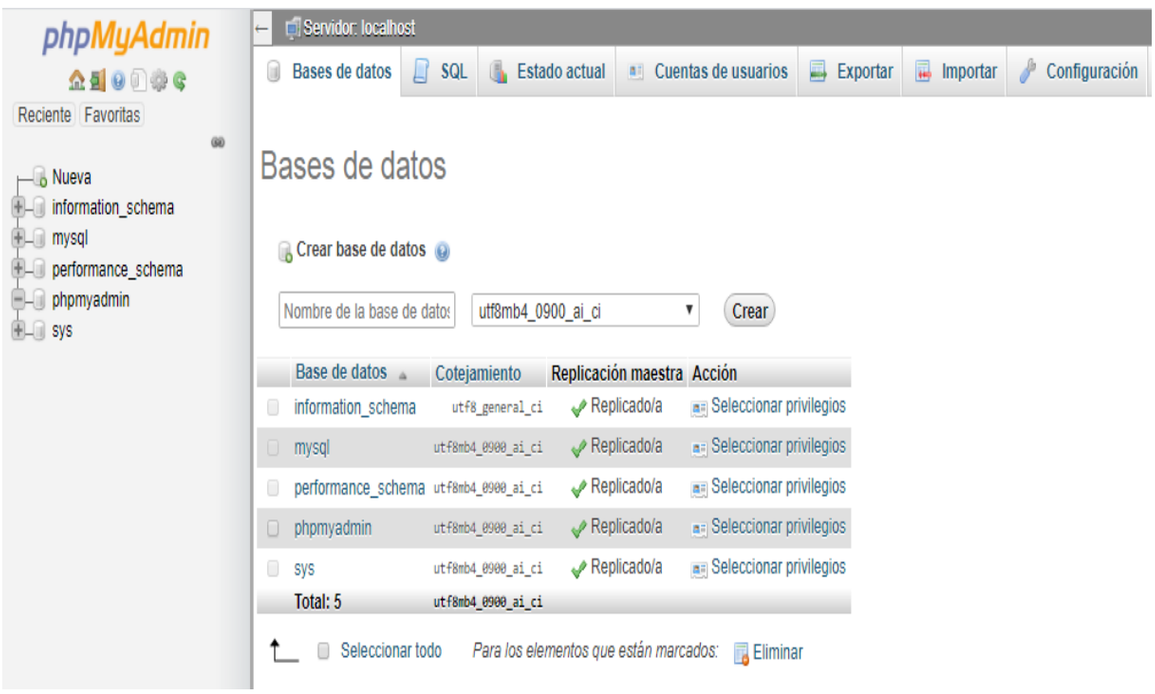
Para crear esta base de datos, se debe tener presente las configuraciones de la dirección IP realizada, así como los datos de usuario root y la contraseña establecida.



Fuente: www.prometec.com

Figura 3-8. Interfaz de gestión de datos phpMyAdmin

La interfaz presentada en la figura 3-8., permite crear la base de datos y a su vez crear las diferentes tablas con los datos de cada uno de los sensores.



Fuente: www.prometec.com

Figura 3-9. Interfaz de creación base de datos phpMyAdmin

Creada la base de datos como se indica en la figura 3-9., es necesario establecer la tabla que se necesitará para almacenar los datos adquiridos desde los sensores. La tabla 3-1., se denominará “Data”, en la cual se irán introduciendo los datos de cada uno de los sensores medidos, como también el tipo de datos en concordancia a la variable entregada, el nombre del campo, entre otros.

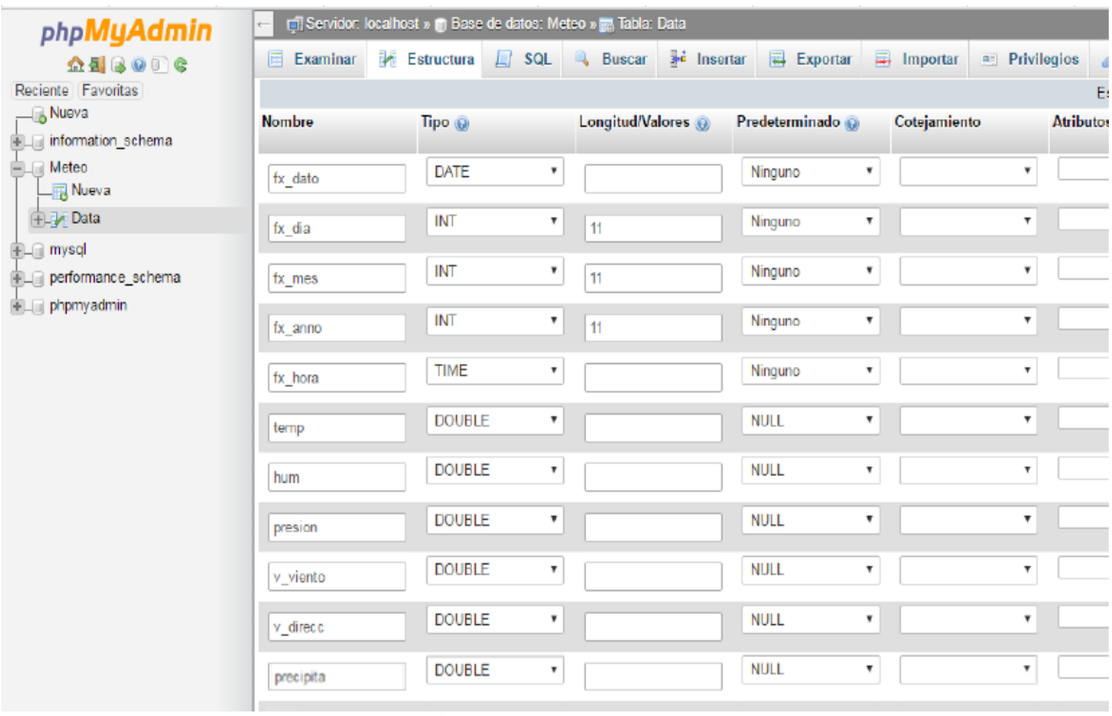
Tabla 3-1.Tabla de almacenamiento de datos de sensores

Nombre campo	Tipo de dato	Descrpción
fx_dato	Date	Fecha de la muestra
fx_dia	Int	Dia de la muestra
fx_mes	Int	Mes de la muestra
fx_año	Int	Año de la muestra
fx_hora	Time	Hora de la muestra
temp	Double	Temperatura captada por el sensor de temperatura y humedad DHT22
hum	Double	Humedad captada por el sensor de temperatura y humedad DHT22
presión	Double	Presión captada por el sensor de presión atmosférica
v_viento	Double	Velocidad del viento captada por el anemómetro
v_direcc	Double	Dirección del viento captada por la veleta
precipta	Double	Precipitación captada por el pluviómetro

Fuente: Elaboración propia basado en www.raspberry.org

El tipo de datos comprende la fecha completa y las horas que se han fijado los datos del tipo correspondiente, mientras que el día, mes y año se fijan en entero ya que no tienen decimales. Para las demás variables se asignan del tipo de datos doble. Creada la base de datos, con phpMyAdmin, es posible crear la tabla de datos con los campos definidos.

La figura 3-10., presenta lo correspondiente a la creación de los campos con phpMyAdmin.



Fuente: www.prometec.com

Figura 3-10. Creación de campos con phpMyAdmin

Para finalizar con la configuración de los parámetros de la tabla, se deberá tener en consideración configurar los parámetros que contiene las fechas como lo son fx_dato, fx_día, fx_mes, fx_año, fx_hora para así evitar la pérdida en la referencia de los datos.

3.6. CONEXIÓN BASE DE DATOS CON ESTACIÓN METEOROLÓGICA

Creada la base de datos, es necesario completar los campos a través de los datos recopilados por los sensores, por tanto el código Python descrito anteriormente deberá ejecutar una acción para completar los campos de la tabla de la base de datos. Una de las ventajas de Python, es la variedad en sus librerías que permiten facilitar la comunicación entre servidores, concretamente para la conexión con MySQL. La librería que se instalará será un intermediario entre MySQL y Python, y para ello se deberá ejecutar el siguiente comando:

```
sudo apt-get install Python-mysqldb
```

Instalado, ya se puede trabajar en esta librería, sin embargo se deberá hacer referencia a ella en el apartado de librerías de Python mediante la siguiente referencia.

```
Import mysql.connector
```

Dicha librería instalada permite transferir los valores de las variables que se capturan de los sensores a la base de datos MySQL, se establecerá una función la cual se encargará de este propósito.

La función para conectar Python con MySQL se encuentra en ANEXO H.

Obtenida la función que escribirá los valores que capten los sensores de la estación meteorológica, es necesario crear la consulta que se deberá ejecutar para subir los datos a la base de datos. Esta consulta estará realizada en SQL, pero se deberá tener presente que los valores de las variables deben estar adaptados al formato que espera la base de datos, es por ello que en especial las fechas y las horas se requieren conversiones.

El código de programación que se define para la función principal se encuentra en el ANEXO I.

Una vez escrito el código principal se deberá conectar a phpMyAdmin con el fin de observar si se están introduciendo valores en la base de datos.

3.7. PRESENTACIÓN DE LA PÁGINA WEB

Con el fin de visualizar los datos se creará una página web la cual permitirá visualizar todos los datos registrados desde la estación meteorológica.

El diseño de la página web se hará a través de HTML siglas de Hyper Text Markup Language, que constituye un estándar asumido y reconocido a nivel mundial, sus normas las establece una entidad sin ánimo de lucro llamada World Wide Web Consortium. Es un lenguaje reconocido universalmente y que permite publicar información de forma global, además de utilizar estilos CCS, es decir, con el lenguaje HTML se crean las páginas web, pero no su diseño, mientras que con CSS (un lenguaje de hojas de estilos), se le da a esos contenidos una apariencia atractiva para el usuario.

La página web que se presenta en la figura 3-11., consistirá en una portada, antes de ingresar a la propia página web de los datos obtenidos.

Fuente: Elaboración propia basado en www.prometec.com

Figura 3-11. Presentación de la portada web

La página web será realizada exclusivamente en código HTML. En los ANEXO J y K se encuentra el código HTML utilizado para la creación de la web.

Inicio

Datos estación meteorológica

fx_dato	fx_día	fx_mes	fx_anno	fx_hora	temp	hum	presión	v_viento	v_direcc	precipita
2019-08-30	30	8	2019	20:20:00	0	0	0	0	0	0
2019-08-30	30	8	2019	20:25:00	0	0	0	0	0	0
2019-08-30	30	8	2019	20:30:00	0	0	0	0	0	0
2019-08-30	30	8	2019	20:35:00	0	0	0	0	0	0
2019-08-30	30	8	2019	20:40:00	0	0	0	0	0	0
2019-08-30	30	8	2019	20:45:00	0	0	0	0	0	0
2019-08-30	30	8	2019	20:50:00	0	0	0	0	0	0
2019-08-30	30	8	2019	20:55:00	0	0	0	0	0	0
2019-08-30	30	8	2019	21:00:00	0	0	0	0	0	0
2019-08-30	30	8	2019	21:05:00	0	0	0	0	0	0
2019-08-30	30	8	2019	21:10:00	0	0	0	0	0	0
2019-08-30	30	8	2019	21:15:00	0	0	0	0	0	0
2019-08-30	30	8	2019	21:20:00	0	0	0	0	0	0
2019-08-30	30	8	2019	21:25:00	0	0	0	0	0	0
2019-08-30	30	8	2019	21:30:00	0	0	0	0	0	0
2019-08-30	30	8	2019	21:35:00	0	0	0	0	0	0
2019-08-30	30	8	2019	21:40:00	0	0	0	0	0	0
2019-08-30	30	8	2019	21:45:00	0	0	0	0	0	0
2019-08-30	30	8	2019	21:50:00	0	0	0	0	0	0
2019-08-30	30	8	2019	21:55:00	0	0	0	0	0	0
Número de registros: 20										

Fuente: Elaboración propia basado en www.prometec.com

Figura 3-12. Datos de la estación meteorológica

La página web permite visualizar los datos en forma fácil y práctica. Cuenta con un diseño web sencillo, ya que el diseño de esta página web es un complemento para indicar mejoras de la página web a través de una evolución en forma gráfica de la obtención y la visualización de los datos registrados de la figura 3-12.

3.8. GENERALIDADES DEL PROYECTO

Este proyecto se centra en el diseño de la estación meteorológica con Raspberry PI-4 modelo B, siendo así un trabajo investigativo por lo cual ya sea en la selección de los equipos y sensores determinados, como también la instalación de servidores, diseño de la página web, etc., no se dispone de pruebas de operación del sistema.

CAPÍTULO 4: EVALUACIÓN DE COSTOS TOTALES ASOCIADOS AL PROYECTO

4. EVALUACIÓN DE COSTOS TOTALES ASOCIADOS AL PROYECTO

El objetivo de este capítulo es determinar los costos asociados al diseño de la estación meteorológica, estos costos involucran el presupuesto de materiales, mano de obra, imprevistos y todos los costos asociados a la elaboración del proyecto. Todo esto dará como resultado el costo total del proyecto referente a la proyección de la estación meteorológica con Raspberry PI-4 modelo B.

La unidad de fomento U.F. está determinada a la fecha del 10 de noviembre del 2019 con un valor de $28.290.

4.1. COSTOS DE MATERIALES

Esta sección estará centrado en la cotización de costos de materiales que se utilizarán para desarrollar el proyecto de la estación meteorológica, incluyendo lo asociado a los costos de la Raspberry PI-4 modelo B y sus accesorios correspondientes, sensores analógicos y digitales, la fuente de alimentación con su sistema de respaldo de energía y otros costos varios. Los costos de los materiales se determinarán de acuerdo a la U.F. ya fijada, además, de incluir su equivalencia en peso Chileno.

4.1.1. Costos de Raspberry PI y accesorios

La cotización de costos del Raspberry PI-4 modelo B., se realizó principalmente en MCI Electronics como se muestra en la figura 4-1., empresa dedicada a la distribución y comercialización de equipos eléctricos y electrónicos, en la cual se incluyó lo que corresponde a la micro SD de 32GB con el fin de almacenar el sistema operativo que se instalará, los accesorios como son la carcasa protectora para cubrir y proteger a la Raspberry, además, de su ventilador, fundamentales para una buena seguridad y funcionamiento.

Fuente: www.mcielectronics.cl

Figura 4-1. Logo empresa de cotización Raspberry PI y accesorios

La tabla 4-1., muestra la cotización de costos de la Raspberry y sus correspondientes accesorios.

Tabla 4.1. Costos de Raspberry PI y accesorios

Costos de Raspberry PI y accesorios					
Item	Descripción	Cantidad	Precio unitario U:F	Total U.F	Total $
1	Raspberry PI-4 modelo B	1	1.9	1.9	$ 54.990
2	Micro SD 32GB clase 10	1	0.2	0.2	$ 6.490
3	Carcasa Raspberry PI-4 modelo B	1	0.3	0.3	$ 7.250
4	Raspberry ventilador ajustable	1	0.1	0.1	$ 1.499
TOTAL COSTOS				2.5	$ 70.229

Fuente: Elaboración propia basado en presupuesto obtenido de los proveedores

4.1.2. Costos de sensores y varios

La cotización de costos de los sensores y accesorios varios como se muestra en la tabla 4-2., se realizaron principalmente en las siguientes empresas:

- MCI Electronics
- Campbell Scientific
- Altronics
- Mouser

Fuente: www. altronics.cl

Figura 4-2. Logo empresa de cotización Sensores y varios

La figura 4-2., presentó las principales empresas donde se cotizaron los materiales de los sensores y varios, siendo estas empresas dedicadas a la distribución y comercialización de equipos eléctricos y electrónicos.

La principal cotización realizada fueron los sensores analógicos y digitales, además, del conversor DC-DC LM2596.

Para la selección de los sensores se consideró las características técnicas en cuanto a funcionamiento y comunicación, como lo fue el tipo de señal que generaba cada sensor ya sea de forma analógica o digital y en cuanto a la comunicación se centró en los buses de comunicación I2C y SPI soportados por la Raspberry PI-4 modelo B, presentando así un alto grado de eficiencia, funcionamiento y óptimo rendimiento en el diseño de la estación meteorológica proyectada.

Tabla 4.2. Costos de sensores y varios

Costos de sensores y varios					
Item	Descripción	Cantidad	Precio unitario U:F	Total U.F	Total $
1	DHT22	1	0.1	0.1	$ 3.025
2	BMP180	1	0.1	0.1	$ 2.261
3	MCP3008	1	0.1	0.1	$ 1.682
4	Veleta RM young	1	1.8	1.8	$ 51.570
5	Anemómetro Adafruit	1	1.1	1.1	$ 30.490
6	Pluviómetro TBT	1	1.9	1.9	$ 52.945
7	Conversor DC-DC LM2596	2	0.1	0.2	$ 5.462
TOTAL COSTOS				5.2	$ 147.435

Fuente: Elaboración propia basado en presupuesto obtenido de los proveedores

4.1.3. Costos de fuente de alimentación

Los costos asociados a la fuente de alimentación se muestran en la tabla 4-3., los cuales comprenden todo lo referente al consumo de energía que requiere la estación meteorológica con Raspberry PI-4 modelo B, generado por el panel solar Techno Souless de 100W, además, los costos referente al sistema de respaldo de energía que presentará el proyecto de la estación meteorológica correspondiente a la batería monoblock de 250Ah y el controlador de carga Bluesolar.

Fuente: www.energiasrenovable.cl

Figura 4-3. Logo empresa de cotización de fuente de alimentación

En la figura 4-3., se presentó las principales empresas donde se cotizaron los materiales relacionados a la fuente de alimentación y respaldo de energía, entre las cuales se encuentran las empresas Energía Renovables Chile y Techno Soulees.

Tabla 4-3. Costos de fuente de alimentación

Costos de fuente de alimentación					
Item	Descripción	Cantidad	Precio unitario U:F	Total U.F	Total $
1	Panel solar 100W	1	1.7	1.7	$ 48.990
2	Batería monoblok 250Ah	1	5.4	5.4	$ 151.999
3	Controlador de carga Bluesolar	1	1.1	1.1	$ 32.000
4	Cable eléctrico 2,5mm2 y 6mm2	1	0.8	0.8	$ 22.074
TOTAL COSTOS				9	$ 255.063

Fuente: Elaboración propia basado en presupuesto obtenido de los proveedores

4.1.4. Costos de estructura y accesorios varios

Para la cotización de estructuras y accesorios varios que se presentan en la tabla 4-4., se mostrarán los materiales relacionados al diseño de la estación meteorológica en general, en los que respecta al soporte mecánico de la estación meteorológica como lo es el trípode como base y la cruceta, la cual tendrá como fin el sostener los diferentes sensores que se irán incluyendo en la estación meteorológica y sus respectivos soportes de conexionado de estos.

Tabla 4-4. Costos de accesorios varios

Costos de accesorios varios					
Item	Descripción	Cantidad	Precio unitario U:F	Total U.F	Total $
2	Pantalla de Stevenson	1	0.3	0.3	$ 8.587
3	Trípode CM110	1	0.6	0.6	$ 16.900
4	Caja NEMA4, IP66	1	1.9	1.9	$ 54.990
5	Cruceta CM204	1	0.5	0.5	$ 14.990
TOTAL COSTOS				3.4	$ 95.467

Fuente: Elaboración propia basado en presupuesto obtenido de los proveedores

La cotización de los materiales correspondientes a la estructura y soporte que comprende el diseño de la estación meteorológica principalmente se realizó en las empresas Dartel y Ebest, como se muestra en la figura 4-4.

Fuente: www. dartel.cl

Figura 4-4. Logo empresa de cotización de accesorios varios

4.1.5. Costo total de materiales

El costo total de materiales como se muestra en la tabla 4-5., incluye todos los costos asociados al proyecto para el diseño de la estación meteorológica, como son los costos de la Raspberry y sus respectivos accesorios, sensores y conversor DC-DC, la fuente de alimentación y respaldo de energía, como también los accesorios varios.

Tabla 4-5. Costo total de materiales

Costo total de materiales			
Item	Descripción	Valor U.F	Total $
1	Raspberry PI y accesorios	2,5	$ 70.229
2	Sensores y varios	5,2	$ 147.435
3	Fuente de alimentación	9	$ 255.063
4	Accesorios varios	3,4	$ 95.467
TOTAL COSTOS		20,1	$ 568.194

Fuente: Elaboración propia basado en presupuesto obtenido de los proveedores

4.1.6. Condiciones generales de materiales

La cotización de los materiales utilizados en el proyecto cuentan con la debida certificación para su uso, cumpliendo con las características técnicas requeridas para el diseño de la forma más eficiente y segura. El precio indicado de los materiales es un valor que no incluye el IVA.

4.2. COSTO ELABORACIÓN DE PROYECTO

En la tabla 4-6., se muestra el costo total de elaboración del proyecto., en relación con el estudio técnico, cálculos, desarrollo de planos y elaboración de informes, lo que conlleva el proyecto de diseño de la estación meteorológica con la Raspberry PI-4 modelo B, además, de contemplar lo correspondiente a la cantidad de trabajadores, los días trabajados para desarrollar el diseño del proyecto, el costo hora hombre y las horas trabajadas durante cada día, obteniendo en total los costos referentes a la elaboración del proyecto.

Tabla 4-6. Costos de elaboración del proyecto

Costo de elaboración del proyecto			
Descripción	Cantidad	Valor U.F	Valor $
Trabajadores	1		
Días trabajados	20		
Hora-Día	8		
Hora-hombre		0,33	$ 9.326
Total costo, sin IVA		52,8	$ 1.492.128

Fuente: Elaboración propia basado en presupuesto obtenido de los proveedores

4.3. COSTO MANO DE OBRA

Para desarrollar este proyecto se necesita de mano de obra para la ejecución del proyecto, la cual estará conformada por:

- 1 ingeniero en proyectos eléctricos
- 1 técnico universitario en electrónica
- 1 técnico universitario en informática
- 1 ayudante técnico

Contarán con los equipos de protección personal necesarios para realizar las actividades solicitadas, entre los cuales desempeñarán las tareas designadas dependiendo de su cargo a disposición.

Los sueldos de la mano de obra tienen que estar relacionado a la unidad de fomento del mes correspondiente en el cual se realiza el proyecto, correspondiente al 10 de noviembre del 2019.

4.3.1. Ingeniero en proyecto eléctrico

El ingeniero en proyectos eléctrico deberá realizar las siguientes actividades mencionadas a continuación, además, de incluir las condiciones de trabajo que contemplarán en la realización del proyecto.

- Será el encargado de supervisar el proyecto de la estación meteorológica en cuanto al diseño en sí, como también del sistema de información de los datos recopilados por el sistema.
- Tendrá funciones de organizar y aplicar las normas de instalación referentes al proyecto de la estación meteorológica.
- Los días de trabajo contemplan 5 días de supervisión, de un total de 10 días que comprende el proyecto.
- El horario de trabajo es de media jornada equivalente a 5 horas para la supervisión del proyecto.

4.3.2. Técnico universitario en electrónica

El técnico universitario en electrónica deberá realizar las actividades mencionadas a continuación, además, de incluir las condiciones de trabajo que contemplarán en la realización del proyecto.

- Será el encargado de interpretar los planos eléctricos y ejecutar correctamente los distintos trabajos encomendados.
- Será el encargado de montaje y fijación de los equipos, sensores y accesorios que forman parte de la estación meteorológica, además, de la configuración del Raspberry PI-4 modelo B.
- Los días de trabajo contemplan 10 días correspondientes a la duración total del proyecto de la estación meteorológica.
- El horario de trabajo será de 8 horas diarias.
- El técnico deberá poseer su respectiva certificación de clase de nivel superior, aprobado y certificado por la superintendencia de electricidad y combustible (SEC).

4.3.3. Técnico universitario en informática

El técnico universitario en informática tendrá las siguientes actividades a desarrollar en el proyecto, además, de incluir las condiciones de trabajo que contemplarán en la realización del proyecto.

- Será el encargado del desarrollo e implementación de software, como lo es la instalación de servidores y herramientas informáticas que se requiere como la instalación del sistema operativo Raspbian, servidor apache, MySQL y PhpMyAdmin principalmente.
- Estará colaborando continuamente con el análisis de la información recopilada y efectuando actividades de diseño de la página web donde se visualizará toda la información meteorológica.
- Deberá realizar la programación, pruebas y mantenimiento del sistema en lo correspondiente al ámbito del sistema informático.
- Deberá estar constantemente mejorando el sistema informático, en lo referente a la visualización de los datos y archivos para mantener el sistema actualizado en cuanto a tecnología.
- Los días de trabajo contemplan 10 días, correspondientes a la duración total del proyecto de la estación meteorológica.
- El horario de trabajo será de 8 horas diarias.
- El técnico deberá poseer su respectiva certificación de clase de nivel.

4.3.4. Ayudante técnico

El ayudante técnico deberá realizar las siguientes actividades mencionadas a continuación, además, de incluir las condiciones de trabajo que contemplarán en la realización del proyecto.

- Será el encargado de realizar todo lo relacionado a obras civiles, instalaciones eléctricas y electrónicas, además, de todo lo que se requiera para poder llevar a cabo el proyecto de la forma más eficiente.
- Los días de trabajo contemplan 10 días correspondientes a la duración total del proyecto de la estación meteorológica.
- Deberá estar certificado por la superintendencia de electricidad y combustible (SEC)
- El horario de trabajo será de 8 horas diarias.

El costo de mano de obra del proyecto que se presenta en la tabla 4-7., hace referencia al costo de cada trabajador designado en concordancia a los días trabajados, la U.F. por día y la cantidad de trabajadores que se necesitarán para implementar el proyecto.

Tabla 4-7. Costos de mano de obra del proyecto

Costo mano de obra del proyecto					
Trabajador	Cantidad	U.F por Día	Días trabajados	Valor U.F	Valor $
Ingeniero eléctrico	1	5	5	25	$ 706.500
Técnico en electronica	1	4	10	40	$ 1.130.400
Técnico en informática	1	4	10	40	$ 1.130.400
Ayudante eléctrico	1	2	10	20	$ 565.200
Total costo mano de obra				125	$ 3.532.500

Fuente: Elaboración propia estudio económico de factibilidad del proyecto

4.4. COSTO TOTAL DEL PROYECTO

El costo total del proyecto que se muestra en la tabla 4-8., incluye lo correspondiente a los materiales, costos de elaboración del proyecto, mano de obra y un costo asociado a los imprevistos que considera un 10 % aplicado, además, se considerará un IVA correspondiente al 19% del total en cuanto a lo referente a materiales, transporte y mano de obra.

Los imprevistos son costos que corresponden a variaciones de precios en el tiempo, materiales que no se han considerado o que puedan faltar.

Tabla 4-8. Costo total del proyecto

Costo total del proyecto		
Descripción	Valor U.F	Valor $
Materiales	20,1	$ 568.026
Transporte	6	$ 169.560
Elaboración de proyecto	52,8	$ 1.492.128
Mano de obra	125	$ 3.532.500
Imprevistos (10%)	20,39	$ 576.221
IVA (19%)	38,741	$ 1.094.820
TOTAL	263,031	$ 7.433.256

Fuente: Elaboración propia basado en resumen de estudios económicos del proyecto

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las conclusiones y recomendaciones obtenidas a partir de este trabajo, se basa en la descripción de los factores climáticos a lo cual se ve afectado la estación meteorológica, para así tener la claridad de las mediciones y la obtención de datos que se lograrán.

Además, del planteamiento de 3 alternativas asociadas al registro y análisis de la información obtenida desde los sensores. Estas alternativas se centraron en el Arduino Due, Raspberry PI-3 modelo B+ y el Raspberry PI-4 modelo B, para lo cual se presentaron sus características y desventajas a través de una matriz de ponderación, en concordancia a las necesidades y requerimientos de la estación meteorológica, como lo son la conectividad, el sistema operativo, el rendimiento, etc., por medio de esto, se logró llegar a la solución más completa, siendo la Raspberry PI-4 modelo B.

Con respecto al diseño y elección de los sensores, es necesario comentar que la incorporación de sensores digitales facilita en gran medida la comunicación con la Raspberry mediante las distintas librerías que se pueden encontrar. En cuanto a los sensores analógicos como el anemómetro y el pluviómetro los cuales proporcionan datos mediante pulsos, han sido más dificultoso al momento de trabajar y adaptar las señales a la Raspberry. Otro aspecto del diseño, es la alimentación que se realizará mediante un panel solar que alimentará durante el día a la estación meteorológica, sin embargo se diseñó un sistema de respaldo con tal de suministrar energía durante la noche, el cual consta de una batería y un regulador de carga.

En relación a la instalación del servidor web se facilitó la tarea de la instalación de los servidores a través de la consola de la Raspberry, como lo es el servidor Apache y php, el cual es el encargado del contenido dinámico de la página web. Con la instalación de MySQL y phpMyAdmin se permitió gestionar, administrar y almacenar los datos de una forma fácil y práctica mediante la creación de una tabla, para finalizar con la creación de la página web mediante código HTML y estilos CCS los cuales permitieron visualizar los datos obtenidos desde la estación meteorológica a través de una conexión internet.

El estudio económico permitió determinar el costo total del proyecto, obteniendo así un proyecto factible económicamente en comparación a otras estaciones meteorológicas, con capacidad de ampliar las características en cuanto a materiales, mano de obra, etc.

BIBLIOGRAFÍA

Campbell scientific [en línea] < https://www.campbellsci.com/> [consulta: 30 de septiembre de 2019]

Harzone. Raspberry PI-4 características [en línea] < https://hardzone.es/2019/06/24/raspberry-pi-4-caracteristicas-precio/> [consulta: 17 de agosto de 2019]

Hostinger [en línea] < www.hostinger.es > [consulta: 27 de septiembre de 2019]

Kremer Roland. Estudio para la implementación de una estación meteorológica automática en el campus San Joaquín de la UTFSM. Memoria (Ingeniero civil mecánico) Santiago, Chile: UTFSM. Sede San Joaquín, 2016. 100 h.

Raspberry Organización. Raspberry PI-4 model B [en línea] <https://www.raspberrypi.org/> [consulta: 17 de agosto de 2019]

Prometec [en línea] <https://store.prometec.net/> [consulta: 30 de septiembre de 2019]

ANEXO A: CONVERSOR ANÁLOGO-DIGITAL MCP3008

```
#==================================================
# Importar librerias de los sensores a utilizar
#==================================================
import Adafruit_DHT
import Adafruit_BMP.BMP085 as BMP085
from time import sleep
from datetime import datetime, date, time, timedelta
import calendar
import time
import RPi.GPIO as GPIO, time,os
import time
import spidev
#==================================================
# LIBRERIA NECESASARIA PARA EL MCP3008
#==================================================
spi=spidev.SpiDev()
spi.open(0,0)
def read_spi(channel):
spidata=spi.xfer2([1,(8+channel)<<4,0])
data=((spidata[1] & 3) << 8) +spidata[2]
return data
```

ANEXO B: SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

```
#==================================================
# Funcion para obtener los datos de Temperatura
# y Humedad del DHT22
#==================================================
from typing import Any


def TempHum():
      sensor=Adafruit_DHT.DHT22
      pinDHT22=4
      humedad,temperatura=Adafruit_DHT.read_retry(sensor,
pinDHT22)

      if humedad is not None and temperatura is not None:
           error=0
           return {temperatura, humedad, error}
      else:
           error=1
           temperatura=999
           humedad=999
           return {temperatura, humedad, error}

#==================================================
# Fin de funcion para obtener los datos de
# Temperatura y Humedad del DHT22
#==================================================
```

ANEXO C: SENSOR DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA

```
#==================================================
# Función para obtener los datos de Presión
# atmosférica BMP180
#==================================================
def Presion():

        sensor = BMP085.BMP085()
        temperatura= sensor.read_temperature()
        presion=sensor.read_pressure()
        altitud=sensor.read_altitude()
        sealevelpressure=sensor.read_sealevel_pressure()

        if (temperatura is not None) and (presion is not None) and (altitud is not None) and (sealevelpressure is not None):
                error=0
                return (temperatura, presion, altitud, sealevelpressure,error)

        else:
                error=1
                temperatura=999
                presion=000
                altitud=9999
                sealevelpressure=000
                return (temperatura, presion, altitud, sealevelpressure,error)

#==================================================
# FIN Funcion para obtener los datos  de Presión
# atmosférica BMP180
#==================================================
```

ANEXO D: SENSOR ANEMÓMETRO

```
#==================================================
#Función para obtener los datos del Anemómetro
#==================================================
def anemometro():
        contador=0 # Almacena número de pulsos
        rfactor=3.16 # factor en Km/h
        muestras=5
        velocidad=0
        Puerto=26

#Configuración de puertos GPIO como entrada
        GPIO.setmode (GPIO.BCM)
        GPIO.setup(Puerto,GPIO.IN)
# Control del tiempo final muestreo
        Tiempofinal=(int(time.time())+muestras)
        Estado=True

        while (int(time.time())<Tiempofinal):
                if(GPIO.input(Puerto)==False):
                    Estado=False
                if((Estado==False) and (GPIO.input(Puerto)==True)):
                    Estado=True
                    contador=contador+1
# velocidad en Km/h
                    velocidad=((contador/muestras) * rfactor)
                    return velocidad
#==================================================
# FIN Función para obtener los datos del Anemómetro
#==================================================
```

ANEXO E: VELETA

```
#==============================================
#Función para obtener los datos de la Veleta
#==============================================

def Veleta():
     global direccion
     channeldata=read_spi(1) # llamada librería conversor ADC
     voltaje=round(((channeldata*3300)/1024),0)

            if (voltaje>=200.0 and voltaje<241.20):
                direccion=112.5
            elif (voltaje>=241.20 and voltaje<285.0):
                direccion=67.5
            elif (voltaje>=285.0 and voltaje<365.0):
                direccion=90
            elif (voltaje>=365.0 and voltaje<502.0):
                direccion=157.5
            elif (voltaje>=502.0 and voltaje<692.0):
                direccion=135
            elif (voltaje>=692.0 and voltaje<858.0):
                direccion=202.5
            elif (voltaje>=858.0 and voltaje<1118.0):
                direccion=180.0
            elif (voltaje>=1118.0 and voltaje<1398.0):
                direccion=22.5
            elif (voltaje>=1398.0 and voltaje<1710.0):
                direccion=45
            elif (voltaje>=1710.0 and voltaje<1982.0):
                direccion=247.5
            elif (voltaje>=1982.0 and voltaje<2148.0):
                direccion=225.0
            elif (voltaje>=2148.0 and voltaje<2399.0):
                direccion=337.5
            elif (voltaje>=2399.0 and voltaje<2600.0):
                direccion=0
            elif (voltaje>=2600.0 and voltaje<2764.0):
                direccion=292.5
            elif (voltaje>=2764.0 and voltaje<2953.0):
                direccion=315
            elif (voltaje>=2953.0):
                direccion=270
            return direccion
#==============================================
# FIN Función para obtener los datos de la Veleta
#==============================================
```

ANEXO F: PLUVIÓMETRO

```
1 #==============================================
2 #Función para obtener los datos del Pluviómetro
3 #==============================================
4    contadorpluvi=0
5    pluviPin=5
6 #Configuración de los puertos GPIO como entrada
7    GPIO.setmode(GPIO.BCM)
8    GPIO.setup(pluviPin, GPIO.IN, pull_up_down=GPIO.PUD_UP)
9    preci=0 #variable de contadorpluvi*factor
10   pfactor=0.2 #factor en mm
11
12 def pluviometro(channel):
13              global contadorpluvi
14              contadorpluvi=contadorpluvi+1
15 #Activación de las interrupciones
16 GPIO.add_event_detect(pluviPin, GPIO.FALLING, callback=
   pluviometro, bouncetime=30)
17
18 #==============================================
19 #Fin Función para obtener los datos del Pluviómetro
20 #==============================================
```

ANEXO G: PROGRAMA PRINCIPAL

```
1 #================================
2 # INICIO PROGRAMA PRINCIPAL
3 #================================
4 condicion=False
5 while  {TRUE}:
6       tiempo=datetime.now()
7
8      if {tiempo.minute%5==0 and condicion==TRUE};
9         condicion=False
10        print("Fecha y Hora", tiempo)
11        print ("===================================")
12
13        DatosDHT=TempHum() #Obtención de datos Temperatura
   y humedad
14        DatosBMP=Presion() #Obtención de datos presión
   atmosférica
15        Datosvelocidad=anemometro() #Obtención de datos
   anemómetro
16        direccion=Veleta() #Obtención de datos Veleta
17        print 'Temperatura:' , DatosDHT[0] , 'C'
18        print 'Humedad:' , DatosDHT[1] , '%'
19        print 'Pressure = {0:0.2f} Pa'.format(DatosBMP[1])
20        print 'Velocidad viento:' , Datosvelocidad , 'Km/h'
21        print("direccion (grados): {}".format(direccion))
22        preci=(contadorpluvi*pfactor)
23        print("precipitacion (mm): {}".format(preci))
24        contadorpluvi=0
25
26    elif (tiempo.minute%5<>0:)
27        condicion=True
28        time.sleep(10)
29 #================================
30 # FIN PROGRAMA PRINCIPAL
```

ANEXO H: ALMACENAMIENTO DE DATOS EN MYSQL

```
1 #==========================================================
2 #FUNCIÓN DE ALMACENAMIENTO DE DATOS EN MYSQL
3 #==========================================================
4
5 def run_query(query=``):
6     datos= [DB_HOST, DB_USER, DB_PASS, DE_NAME]
7
8     conn = MySQL.connect(*datos) #conexión a la base de
  datos
9     cursor = conn.cursor () #creación del cursor
10    cursor.execute(query)   #ejecutar la consulta
11    conn.commit()           #efectuar la escritura de datos
12    data = None
13    cursor.close()          #cerrar el cursor
14    conn.close()            #cerrar la conexión
15
16 #==========================================================
17 #FIN FUNCIÓN DE ALMACENAMIENTO DE DATOS EN MYSQL
18 #==========================================================
```

ANEXO I: PROGRAMA PRINCIPAL FINAL

```
1 #==========================================
2 #Inicio del programa principal
3 #==========================================
4
5 DB_HOST='localhost '
6 DB_USER='root '
7 DB_PASS='12345678 '
8 DB_NAME='Meteo '
9
10 condicion=False
11 while True
12     tiempo=datetime.now()
13
14     if (tiempo,minute%5==0) and condicion= True):
15         condicon=False
16         DatosDHT=Temphum()
17         DatosBMP=Presion()
18         Datosvelocidad=Anemometro()
19         Direccion=Veleta
20         preci=(contadorpluvi*pfactor)
21         time_tuple=(tiempo.year,tiempo.month,tiempo.day,
   tiempo.hour, tiempo.minute, 0,0,0,0)
22         fecha = time.strftime('%Y-%m-%d', time_tuple)
23         fx hora = time.strftime('%H:%M:%S', time tuple)
```

```
24          fx_anno = time.strftime('%Y', time_tuple)
25          fx_mes = time.strftime('%m', time_tuple)
26          fx_dia = time.strftime('%d', time_tuple)
27          temp=DatosDHT[0]
28          humedad=DatosDHT[1]
29          presion=DatosBMP[1]
30          query = ("INSERT INTO Data"
31                  "(fx_dato, fx_dia, fx_mes, fx_anno, fx_hora
    , temp, hum, presion, v_viento, v_direcc, precipita)"
32                  "VALUES ('%s', '%s', '%s', '%s', '%s', '%s
    ', '%s', '%s', '%s', '%s', '%s', '%s')")
33                  % (fecha, fx_dia, fx_mes, fx_anno, fx_hora
    , temp, humedad, presion, Datosvelocidad, direccion, preci)
34
35          run_query(query)
36
37          contadorpluvi=0
38      elif [tiempo, minute % 5 <> 0]
39          condicion=True
40          time.sleep(10)
41 #=========================================================
42 #Fin del programa principal
```

ANEXO J: CÓDIGO PÁGINA WEB PORTADA

```
1 <html>
2 <head>
3 <meta charset="utf-8">
4 <title>Documento sin título</title>
5 </head>
6 <body bgcolor="#CCCCFF">
7 <body>
8 <p align="left"><img src="logo_utfsm.png" alt="" width="399
  " height="60" align="middle"/></p>
9 <p> :</p>
10 <h1 align="center"><strong>Diseño de una estación
   meterologica con Raspberry Pi</strong></h1>
11 <p align="center">Pulsar en la imagen para ver los datos</p
   >
12 <a href="http://192.168.0.100/datos.php"><div align="center
   "><img src="estación_meteo.jpg" width="343" height="513"
   alt=""/><div/a>
13 <p> </p>
14 </body>
15 </html>
```

ANEXO K: CÓDIGO PÁGINA WEB DATOS METEOROLÓGICOS

```
1 <p> </p>
2 <table border="2" cellspacing=1 cellpadding=3 style="font-
  size: 10pt"><tr>
3 <td width="80"><div align="center"><font face="verdana"><b>
  fx_dato</b></font></div></td>
4 <td width="45"><div align="center"><font face="verdana"><b>
  fx_dia</b></font></div></td>
5 <td width="54"><div align="center"><font face="verdana"><b>
  fx_mes</b></font></div></td>
6 <td width="59"><div align="center"><font face="verdana"><b>
  fx_anno</b></font></div></td>
7 <td width="56"><div align="center"><font face="verdana"><b>
  fx_hora</b></font></div></td>
8 <td width="50"><div align="center"><font face="verdana"><b>
  temp</b></font></div></td>
9 <td width="50"><div align="center"><font face="verdana"><b>
  hum</b></font></div></td>
10 <td width="80"><div align="center"><font face="verdana"><b>
   presion</b></font></div></td>
11 <td width="50"><div align="center"><font face="verdana"><b>
   v_viento</b></font></div></td>
12 <td width="50"><div align="center"><font face="verdana"><b>
   v_direcc</b></font></div></td>
13 <td width="80"><div align="center"><font face="verdana"><b>
   precipita</b></font></div></td>
14 </tr>
15 <?php
16 $link = @mysql_connect("localhost", "root","12345678")
17 or die ("Error al conectar a la base de datos.");
18 @mysql_select_db("Meteo", $link)
19 or die ("Error al conectar a la base de datos.");
20 $query = "SELECT * FROM Data ";
21 $result = mysql_query($query);
22 $numero = 0;
23 while($row = mysql_fetch_array($result)){
24 echo "<tr><td width=\"25%\"><font face=\"verdana\">" .
35 $row["temp"]. "</font></td>";
36 echo "<td width=\"25%\"><font face=\"verdana\">" .
37 $row["hum"]. "</font></td>";
38 echo "<td width=\"25%\"><font face=\"verdana\">" .
39 $row["presion"]. "</font></td>";
40 echo "<td width=\"25%\"><font face=\"verdana\">" .
41 $row["v_viento"]. "</font></td>";
42 echo "<td width=\"25%\"><font face=\"verdana\">" .
43 $row["v_direcc"]. "</font></td>";
44 echo "<td width=\"25%\"><font face=\"verdana\">" .
45 $row["precipita"]. "</font></td>";
46 $numero++; }
47 echo "<tr><td colspan=\"15\"><font face=\"verdana\"><b>
   Número de registros: " . $numero .
48 "</b></font></td></tr>";
49 mysql_free_result($result);
50 mysql_close($link);
51 ?>
52 </table>
25 $row["fx_dato"] . "</font></td>";
26 echo "<td width=\"25%\"><font face=\"verdana\">" .
27 $row["fx_dia"] . "</font></td>";
28 echo "<td width=\"25%\"><font face=\"verdana\">" .
29 $row["fx_mes"] . "</font></td>";
30 echo "<td width=\"25%\"><font face=\"verdana \">" .
31 $row["fx_anno"]. "</font></td>";
32 echo "<td width=\"25%\"><font face=\"verdana\">" .
33 $row["fx_hora"]. "</font></td>";
34 echo "<td width=\"25%\"><font face=\"verdana\">" .
```