

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES



**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN EQUIPO DE MEDICIÓN DE
TEMPERATURA, HUMEDAD Y PRECIPITACIÓN MEDIANTE IOT EN
EL NEVADO DE PALCACOCHA-HUARAZ”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES

PRESENTADO POR EL BACHILLER

VELASQUEZ HUAMAN, YAN KENEDY

Villa el Salvador
2020

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi madre, padre, hermanos, familia en general.

A mi pareja e hija por el apoyo brindado durante mis estudios,

A mis compañeros de la universidad con quienes compartí gratos momentos.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios por haberme dado salud y bienestar.

A mi asesor, Carlos Mugruza, por su apoyo brindado en el proceso del programa de suficiencia profesional, compartiendo una valiosa experiencia para sus asesorados.

A mis profesores de la universidad por las enseñanzas inculcadas a lo largo de mi carrera universitaria.

INDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
INDICE.....	iv
LISTADO DE FIGURAS.....	vii
LISTADO DE TABLAS.....	ix
RESUMEN.....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	2
1. CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.....	3
1.1. BASES TEÓRICAS	3
1.1.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.1.1.1. Antecedente Nacional.....	3
1.1.1.2. Antecedente Internacional	4
1.1.2. MARCO TEÓRICO ESPECIFICO.....	5
1.1.2.1. Nevado.....	5
1.1.2.2. Estación Meteorológica.....	5
1.1.2.3. Pluviómetro.....	5
1.1.2.3.1. Manual.....	6
1.1.2.3.2. Totalizadores.....	7
1.1.2.3.3. De sifón.....	7
1.1.2.3.4. De doble cubeta o basculante	8
1.1.2.4. Sensor.....	8
1.1.2.5. Efecto hall.....	9
1.1.2.5.1. Sensor analógico.....	9
1.1.2.5.2. Sensor digital.....	10
1.1.2.6. Sensor IR.....	10
1.1.2.7. CNY 70.....	11
1.1.2.8. DHT22.....	12
1.1.2.9. Arduino.....	12
1.1.2.10. Microcontrolador.....	13
1.1.2.11. Atmega328P SMD	13
1.1.2.12. ESP8266.....	14
1.1.2.13. IOT.....	14
1.1.2.14. Dataloger.....	15
1.1.2.15. DS3231	15
1.2. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	16
2. CAPÍTULO II: METODOLOGÍA DE DESARROLLO DEL TRABAJO	

PROFESIONAL.....	17
2.1. DELIMITACIÓN TEMPORAL Y ESPACIAL DEL TRABAJO.....	18
2.1.1. DELIMITACIÓN ESPACIAL.....	18
2.1.2. DELIMITACIÓN TEMPORAL.....	18
2.2. DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DEL PROBLEMA.....	19
2.2.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	19
2.2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	20
a) Problema General.....	20
b) Problema Específico.....	20
2.3. MODELO DE SOLUCION PROPUESTO.....	20
2.3.1. ANÁLISIS PREVIO DEL PROYECTO.....	20
2.3.2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	21
2.3.2.1. Flujo de trabajo.....	21
2.3.2.2. Diseño.....	22
2.3.2.3. Sensor de Temperatura y Humedad.....	23
2.3.2.4. Temperatura.....	23
2.3.2.5. Humedad relativa.....	23
2.3.2.6. Diseño del protector del sensor.....	25
2.3.2.6.1. Diseño de la capsula de sensores.....	33
2.3.2.7. Diseño del Pluviómetro.....	35
2.3.2.7.1. Protección externa.....	35
2.3.2.8. Proceso electromecánico.....	36
2.3.2.8.1. Proceso mecánico.....	36
2.3.2.8.2. Proceso electrónico.....	37
2.3.2.9. Soporte del pluviómetro.....	37
2.3.3. PANEL SOLAR.....	38
2.3.4. BATERÍA.....	39
2.3.5. ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES.....	40
2.3.5.1. Acondicionamiento de señal para el sensor de temperatura y humedad DHT22.....	40
2.3.5.2. Acondicionamiento de señal para el Pluviómetro.....	41
2.3.6. SELECCIÓN DEL MICROCONTROLADOR.....	42
2.3.7. SELECCIÓN DEL DISPOSITIVO IOT.....	43
2.3.8. DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO.....	44
2.3.9. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA DE MONITOREO.....	45
2.3.10. COMUNICACIÓN del ESP8266.....	45
2.3.10.1. Configuración del ESP8266.....	45
2.3.11. PROGRAMACIÓN.....	46
2.3.12. INTERFAZ.....	47
2.3.13. IMPLEMENTACIÓN.....	48
2.3.13.1. Implementación del sensor de temperatura.....	48
2.3.13.2. implementación del pluviómetro.....	50
2.3.13.3. Implementación de la tarjeta de adquisición de datos.....	54
2.3.14. PRUEBAS Y TESTEO.....	57
2.3.14.1. Testeo del sensor de temperatura y humedad.....	57
2.3.14.2. Testeo del pluviómetro.....	58
2.4. RESULTADOS.....	60

2.4.1. RESULTADOS DEL SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD...	60
2.4.1.1. Análisis de correlación de la temperatura...	62
2.4.1.2. Análisis de la correlación de la Humedad	63
2.4.2. RESULTADOS DEL SENSOR DE PRECIPITACIÓN(PLUVIÓMETRO).....	65
2.4.1.2. Análisis de correlación de la precipitación	66
2.4.3. COSTO.....	67
3. CONCLUSIONES	69
4. RECOMENDACIONES.....	70
BIBLIOGRAFIA	71
ANEXOS.....	74

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Pluviómetro comercial.....	6
Figura 2. Pluviómetro manual	7
Figura 3. Pluviómetro Totalizadores.....	7
Figura 4. Pluviómetro de bascula.....	8
Figura 5. Efecto hall.....	9
Figura 6. Sensor IR.....	10
Figura 7. CNY70.....	11
Figura 8. Sensor DHT22.....	12
Figura 9. Atmega 328p SMD.....	13
Figura 10. Módulo ESP8266.....	14
Figura 11. Módulo DS3231.....	15
Figura 12. Flujograma del proyecto realizado	22
Figura 13. Partes del equipo se temperatura y humedad	24
Figura 14. Dimensiones en mm de la campana base.....	26
Figura 15. Centro de mecanizado CNC	26
Figura 16. Matriz superior e inferior.....	27
Figura 17. Representación de operación de maquina inyectora	27
Figura 18. Plano del corte a laser de campanas.....	28
Figura 19. Corte de campanas.....	29
Figura 20. Maquina cortadora a laser.....	29
Figura 21. Piezas del protector del sensor de temperatura y humedad.....	30
Figura 22. Proceso de ensamble del protector del sensor de temperatura y humedad.....	31
Figura 23. Proceso de ensamblaje completo del protector del sensor de temperatura y humedad.....	32
Figura 24. Ensamblaje de capsula de sensores.....	33
Figura 25. Cazoletas	34
Figura 26. Partes del Pluviómetro	35
Figura 27. Protección externa del Pluviómetro	36
Figura 28. Proceso mecánico del pluviómetro	36
Figura 29. Ubicación del CNY70	37
Figura 30. Panel solar 10W, 12V.....	39
Figura 31. Batería YUASA 12, 10Ah.....	39
Figura 32. Esquemático del sensor DHT22.....	40
Figura 33. Acondicionamiento del CNY70	41
Figura 34. Esquemático del sistema de monitoreo.....	44
Figura 35. Diagrama de bloques.....	45
Figura 36. Respuesta del AP con la IP del ESP8266.....	46
Figura 37. Diagrama de flujo de la programación del proyecto	47
Figura 38. Interfaz gráfica básica del proyecto	48
Figura 39. Ensamblaje del protector del sensor de temperatura y humedad.....	49
Figura 40. Implementación de la capsula de sensores	49
Figura 41. Equipo de temperatura y humedad ensamblado.....	50
Figura 42. Ensamblaje del sistema de balancín del pluviómetro.....	50
Figura 43. Colocación del CNY70 en el soporte del balancín	51

Figura 44. Sensor CNY70 implementado en el sistema de balancín	51
Figura 45. Implementación del embudo y filtro al cilindro protector del pluviómetro	52
Figura 46. Acople del sistema electro-mecánico a la protección externa del pluviómetro.	52
Figura 47. Equipo de precipitación ensamblado	53
Figura 48. Vista inferior del equipo de medición de precipitación.....	54
Figura 49. Implementación de la tarjeta de adquisición de datos.....	55
Figura 50. Colocación de batería y tarjeta de adquisición de datos.....	55
Figura 51. Conexión del equipo de temperatura, humedad y precipitación	56
Figura 52. Implementación del equipo de temperatura humedad y precipitación en Palcacoha	56
Figura 53. Testeo de los valores del sensor de temperatura y humedad sin calibrar.....	57
Figura 54. Ajuste del sensor de temperatura y humedad	57
Figura 55 Cny1 con valor alto	58
Figura 56. Cny1 con valor bajo.....	58
Figura 57. Valor digital de s1 y s2, luego de colocar el Umbral	59
Figura 58. Conversión de dato analógico hacia digital a través de una condicional	59
Figura 59. Calibración del sensor DHT22 mediante un promedio aritmético.....	60
Figura 60. Dispersión de la Temperatura.....	63
Figura 61. Dispersión de la humedad.....	64
Figura 62. Datos de la estación Campbell durante el mes de Setiembre-Octubre 2018..	66

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros de consumo de potencia.....	38
Tabla 2. Características de microcontroladores.....	42
Tabla 3. Características de dispositivos IOT.....	43
Tabla 4. Comparación de datos del sensor de temperatura y humedad- setiembre.....	61
Tabla 5. Correlación de la temperatura.....	62
Tabla 6. Correlación de la Humedad	64
Tabla 7. Comparación de datos del pluviómetro Campbell – Palcacocha.....	65
Tabla 8. Correlación de la Precipitación.....	67
Tabla 9. Costo de proyecto.....	68

RESUMEN

A partir de diciembre del 2014, el Ejecutivo promulgó la Ley 30286 que crea el Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM), que tiene la finalidad de fomentar y expandir la investigación científica y tecnológica en el ámbito de glaciares y los ecosistemas de la montaña en todo el Perú, su sede se encuentra en Huaraz(Ancash).

Parte de las funciones del INAIGEM, se encarga del monitoreo de variables meteorológicas de Nevados pertenecientes a la Cordillera blanca del Perú. Uno de los nevados a monitorear es el Palcacocha a través de cámaras de video vigilancia y estaciones la laguna que provoca el nevado.

Para la recolección de los parámetros meteorológicos se usa una memoria SD o USB, que recoge un personal autorizado, que se tiene que movilizar desde el centro de la ciudad de Huaraz hasta el nevado de Palcacocha, ocasionando gastos operativos en transporte y hasta poniendo en riesgo su vida debido a las variables meteorológicas extremas cerca del nevado.

Debido a lo mencionado es por ello que en el presente trabajo tiene como objetivo diseñar e implementar un equipo de medición de temperatura, humedad y precipitación para el nevado de Palcacocha para el monitoreo en tiempo real de los parámetros meteorológicos mediante IoT(Internet of things), según **S. Halder (2017)**. Para ello se utilizó dispositivos de bajo costo y se usó un protocolo de comunicación que soporte él envió de datos de forma inalámbrica.

Finalmente se realizó la implementación y testeo del equipo instalado y verifico que los datos obtenidos se asemejan a los datos de la estación meteorológica instaladas realizando prueba de hipótesis de la correlación de temperatura, humedad y precipitación y concluyendo que hay correlación lineal directa.

Además de encontrar el umbral para el pluviómetro de 357, también se realizaron reajustes a la programación.

INTRODUCCIÓN

En Huaraz a mediados de 1941 se produjo un gran desastre natural debido a un aluvión, según **Fernández Cuenca(1941)**.

Debido a esto por sus antecedentes catastróficos y evolución acelerada, Palcacocha ha sido fuente de varios estudios en los últimos años, pero carece de registros e información que permitan analizar su comportamiento. Por ello el Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM) realiza el monitoreo, evaluación y registro de datos de niveles de la laguna, caudales y cambios de las masas glaciares, mediante visitas periódicas, aforos y fotografías que ayuden a entender la zona. Este reporte presenta el desarrollo del análisis hidrológico, caracterización glaciológica, evaluación de los niveles de espejo en la laguna y eventos extraordinarios a través de estaciones meteorológicas y equipos multiparametros, de los cuales es todo un desafío poder lograr recepcionar los datos de los equipos instalados, ya que se tiene que ir a campo en medio de las drásticas condiciones ambientales.

Gracias al Internet de las Cosas (IoT) y la proliferación de dispositivos conectados, algunos de estos equipos meteorológicos pueden enviar datos desde sitios rulares a cualquier parte las variables meteorológicas para su posterior análisis para la toma de decisiones, según **M. S. Khan(2019)**.

OBJETIVOS

a) **Objetivo General**

Diseñar e implementar un equipo de medición de temperatura, humedad y precipitación para el monitoreo del nevado Palcacocha mediante IOT.

b) **Objetivos Específicos**

- Diseñar un equipo de medición de temperatura, humedad y precipitación.
- Implementar un equipo de medición de temperatura, humedad y precipitación.
- Testear y calibrar un equipo de medición de temperatura, humedad y precipitación.

1. CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. BASES TEÓRICAS

1.1.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.1.1. *Antecedente Nacional*

En la tesis de Fernando León Márquez (2013): **Sistema automático de monitoreo de mercurio en tiempo real en aguas aledañas a explotaciones mineras y petroleras usando una plataforma IOT**, la cual concluye lo siguiente:

El trabajo plantea un diseño innovador de un sistema de monitoreo en tiempo real de mercurio en aguas aledañas a explotaciones mineras y petroleras usando una plataforma IoT, pues el sistema propuesto ayuda a enfrentar de un modo más innovador la problemática de la contaminación de los recursos hídricos ya que fortalece el control y monitoreo del agua, de modo que se puedan tomar mejores y más rápidas decisiones.

En la tesis de Lis Villanueva Blas (2015): **Diseño e implementación de un equipo de metrología para el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos y eólicos**, la cual concluye lo siguiente:

Esto permitirá tomar mejores decisiones acerca de una posible instalación de uno o varios sistemas partir del registro histórico de las variables meteorológicas se puede decidir posibles lugares de instalación, por tanto, evitar pérdidas económicas por instalaciones de sistemas inadecuados debido a la falta de un análisis previo.

En la tesis de Cesar Atalaya Pisco (2016): **Diseño e implementación de una estación meteorológica utilizando micro controlador Arduino-Raspberry pi con radio enlace**, la cual concluye lo siguiente:

Se logró diseñar el radio enlace con tecnología Ubiquiti punto a punto, con la finalidad de contar con un sistema en tiempo real. Asimismo, se verificó la consistencia de la estructura de datos utilizando datos reales recopilados del SENAMHI, dando aportes en el tema de integración tecnológica para una estación meteorológica.

1.1.1.2. ***Antecedente Internacional***

En el artículo de Ash Mittal (2015), realizó la investigación: ***Correlation Among Environmental Parameters using An Online Smart Weather Station System***, la cual concluye lo siguiente:

Se desarrolla un sistema de estación meteorológica inteligente en línea para estudiar la correlación entre múltiples datos de parámetros meteorológicos recopilados durante un período de 18 meses. Se utiliza una estación meteorológica inteligente para generar los datos meteorológicos y almacenar diferentes parámetros meteorológicos. En la tesis de Miguel Bonilla Vergara (2016): **Diseño e implementación de un prototipo inalámbrico utilizando el estándar IEEE 802.15.4 “ZigBee” para el monitoreo y adquisición de datos de los sensores meteorológicos del INAMHI**, la cual concluye lo siguiente:

Se logró el monitoreo, gestión y control de la red inalámbrica, así como el procesamiento y presentación en tablas y gráficos de la información adquirida, es realizado por un módulo coordinador. De igual manera, el módulo coordinador de adquisición de datos, se encarga de enviar la información meteorológica a un servidor localizado en las oficinas del INAMHI en Quito, vía GPRS.

En la tesis de Luis Higuera Astudillo (2017): **Diseño de una tarjeta de desarrollo con ESP8266 orientada a Wireless y microcontroladores para IOT**, la cual concluye lo siguiente:

Se implementó el prototipo en simulaciones donde se pudo ver los diferentes aplicativos en la que se puede usar el protocolo MQTT uno de los más conocidos en el medio de comunicaciones inalámbricas sobre IOT.

1.1.2. **MARCO TEÓRICO ESPECIFICO**

1.1.2.1. **Nevado**

Son las masas de hielo que cubren parte de una montaña desde la cima hasta la ladera, según **Sandra Cuadros (2018)**.

1.1.2.2. **Estación Meteorológica**

Es un equipo que recopila datos de variables meteorológicas a través de sensores y que se extraen a través de memorias USB o SD, en algunos modelos se recopila a través de un aplicativo o mediante una página web en tiempo real como menciona **Miguel Bonilla (2014)**.

Según la Organización Meteorológica Mundial (OMM) clasifica las Estaciones Meteorológicas en:

Sinópticas: Dedicadas al estudio de las variables meteorológicas con el objetivo de prever el tiempo a corto plazo.

Climatológicas: Donde se observa el estado del tiempo acumulando datos con fines estadísticos y permitiendo clasificar el clima de un lugar.

Agrícolas: Donde se observa tanto el estado del tiempo como fenómenos de carácter biológico en íntima relación con la agricultura del lugar.

Aeronáuticas: Tienen como objeto facilitar la circulación aérea.

Especiales: Creadas con carácter temporal para el estudio específico de determinadas variables.

1.1.2.3. **Pluviómetro**

El pluviómetro es un instrumento que se emplea en las estaciones meteorológicas para la recogida y medición de la precipitación como se muestra en la figura1. Se usa para medir la cantidad de precipitaciones de lluvia caídas en un lugar durante un tiempo determinado, como se menciona en **IoT Based Weather Station of Ravi Kodali and Snehashish Mandal (2016)**.



Figura 1. Pluviómetro comercial

Fuente: <https://instrumentosdemedicion.org/meteorologica/pluviometro/>

1.1.2.3.1. Manual

Consiste en un indicador bastante simple y sencillo de la cantidad de lluvia que cae en una zona. Está formado por un recipiente de forma cilíndrica con la escala graduada como se muestra en la figura 2. La altura del agua que alcanza es equivalente a los niveles de precipitación. **Sandra Rivadeneira (2017).**



Figura 2. Pluviómetro manual

Fuente: <https://pluviometro.top/>

1.1.2.3.2. Totalizadores

Este tipo de pluviómetros es de los más precisos. Se encargan de recoger el agua que cae mediante un embudo. Este embudo recircula el agua a un recipiente que está graduado. Tienden a colocarse a una altura determinada del suelo como se ilustra en la figura 3 y cada 12 horas se registra la caída de agua. El único defecto de estos pluviómetros es que no se puede determinar la hora a la que tuvo lugar las precipitaciones. **Sandra Rivadeneira (2017).**



Figura 3. Pluviómetro Totalizadores

Fuente: <http://www.climaynievepirineos.com/d/estmet/pltt/pltt.htm>

1.1.2.3.3. De sifón

Con este tipo de pluviómetro se puede conocer con bastante exactitud el tiempo de la precipitación. Consta de un tambor giratorio que va rotando a una velocidad constante. Está graduado con una pluma en su interior que va flotando verticalmente. Si no llueve, la pluma va marcando una línea horizontal. Sandra

Rivadeneira (2017).

1.1.2.3.4. De doble cubeta o basculante

Este dispositivo recoge el agua mediante un embudo y la conduce a una pequeña cubeta triangular doble que puede ser tanto de metal como de plástico. Posee una bisagra en el punto medio de equilibrio como se muestra en la figura 4. Una vez que alcanza la precipitación esperada, que suele ser usualmente 0,2 mm, se producen cambios por equilibrio en la otra cubeta, mientras que la primera vuelve a contar. **Sandra Rivadeneira (2017).**



Figura 4. Pluviómetro de bascula

Fuente: <http://www.mundoclima.com.br/produtos/pluviometro-de-bascula-de-alta-precisao/>

1.1.2.4. **Sensor**

Los sensores transforman variables físicas en señales eléctricas. Por ejemplo, las termocuplas convierten la variable física de temperatura en voltaje. Los sensores generan señales que permiten conocer el valor de las variables físicas que miden según Lis Villanueva (2014).

1.1.2.5. **Efecto hall**

El efecto Hall es el fenómeno físico que ocurre cuando aparece un campo eléctrico por separación de las cargas eléctricas en el interior de un conductor por el que circula un campo magnético. Este campo eléctrico (campo Hall) tendrá componente perpendicular al movimiento de las cargas y a la componente perpendicular del campo magnético aplicado como ilustra la figura 5. De ese modo, entre otras cosas, se pueden detectar las presencias de campos magnéticos, como se menciona en **Design of Portable Weather Station Using MQTT Protocol** of Novianty et al (2018).

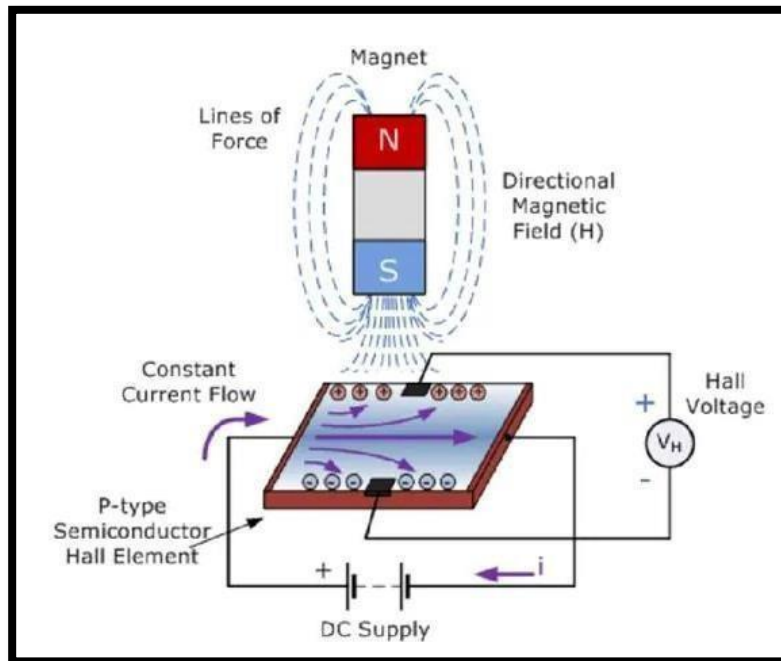


Figura 5.Efecto hall

Fuente: <https://www.arrow.com/es-mx/research-and-events/articles/product-roundup-hall-effect-sensors>.

1.1.2.5.1. *Sensor analógico*

Son dispositivos muy básicos, con un pin o salida que entregará una señal proporcional a la intensidad del campo magnético que estén captando. Es decir, son similares al sensor de temperatura, al de tensión, como se menciona en **Design of Portable Weather Station Using MQTT Protocol** de Novianty et al (2018).

1.1.2.5.2. *Sensor digital*

En el caso de los digitales, son mucho más básicos que los analógicos. Ya que no entregan una salida proporcional al campo, sino que dan un valor de tensión alto si existe un campo magnético y bajo si no existe campo magnético. Es decir 1 y 0 digital, como se menciona en ***Design of Portable Weather Station Using MQTT Protocol*** de Novianty *et al* (2018).

1.1.2.6. **Sensor IR**

Son dispositivos optoelectrónicos capaces de medir la radiación electromagnética infrarroja de los cuerpos en su campo de visión, generalmente contiene un diodo infrarrojo y un fototransistor como se visualiza en la figura 6 y se utilizan para medir la temperatura y detectar objetos además tiene la característica de la visión nocturna y la posibilidad de atravesar algunos objetos opacos para la luz visible según **Lis Villanueva (2014)**.

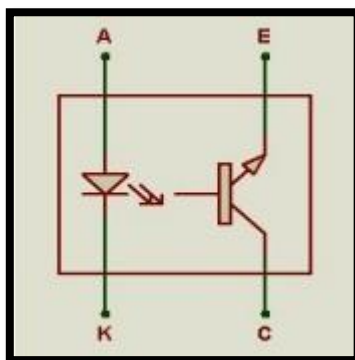


Figura 6. Sensor IR
Fuente: *Elaboración propia*

1.1.2.7. **CNY 70**

Es un pequeño dispositivo con forma de cubo y cuatro pines que aloja en su interior un diodo emisor de infrarrojos que trabaja a una longitud de onda de 950 nm como se muestra en la figura 7, y un fototransistor (recetor) estando ambos dispuestos en paralelo y apuntando ambos en la misma dirección, la distancia entre emisor y receptor es de 2.8 mm. y están separados del frontal del encapsulado por 1 mm según Ravi Kishore (2016).



Figura 7.CNY70

Fuente: *Elaboración propia*

Funcionamiento

El fototransistor conducirá, si la luz reflejada del emisor IR se capte por su base. La salida de este dispositivo es analógica y viene determinada por la cantidad de luz reflejada. Se puede usar de dos formas una de ellas obteniendo una señal digital si se usa un circuito basado en un amplificador operacional configurado en modo comparador y la otra obteniendo una señal analógica a través de una configuración pull-up o pull-Down según Ravi Kishore (2016).

1.1.2.8. **DHT22**

Es un sensor digital de temperatura y humedad relativa de buen rendimiento y bajo costo. Como se muestra en la figura 8, integra un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante y muestra los datos mediante una señal digital en el pin de datos (no posee salida analógica) según Sourabh Halder (2017).

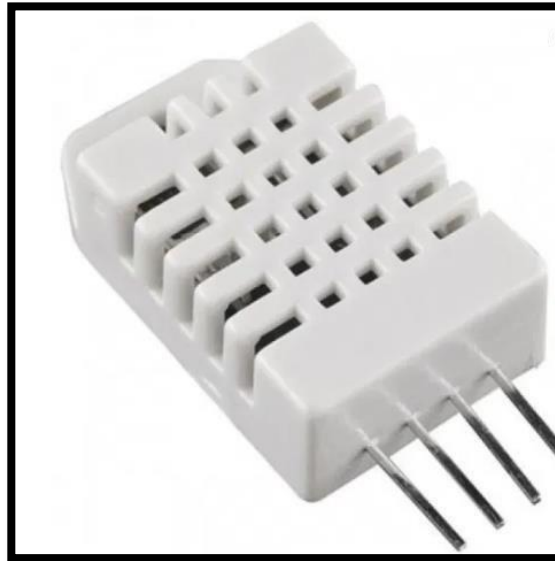


Figura 8. Sensor DHT22

Fuente: Elaboración propia

1.1.2.9. **Arduino**

Es una de las plataformas de software libre que permite su programación a través del lenguaje C y tiene características equivalentes a la mayoría de los microcontroladores, sus principales ventajas son la facilidad de programación y la integración de nuevos recursos, mediante el uso de módulos shield. Tiene muchas entradas y salidas analógicas y digitales de acuerdo al tipo de Arduino que consigas como se menciona en ***Development of a Low Cost Weather Station Using Free Hardware and Software***, Robinson *et al* (2017).

1.1.2.10. **Microcontrolador**

Es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria. Está compuesto de varios bloques funcionales que cumplen una tarea específica. Tiene pines de entrada y salida que se utilizan generalmente para conectar sensores y actuadores, una vez que el microcontrolador este programado, se encargara de ejecutar al pie de la letra la tarea encomendada según **Estalin Nuñez (2018)**.

1.1.2.11. **Atmega328P SMD**

Es un microcontrolador de 8 bits de alto desempeño fabricado por Atmel con arquitectura RISC, en formato de encapsulado superficial o SMD. Es el microcontrolador utilizado en el Arduino Nano/Uno SMD/Mini.

Posee características como: 32 KB de memoria flash; con la capacidad de leer-mientras-escribe, 1 KB de memoria EEPROM, 2 KB de SRAM, 23 líneas de E/S de propósito general, 32 registros de proceso general, tres temporizadores flexibles/contadores con modo de comparación, interrupciones internas y externas, programador de modo USART, una interfaz serial orientada a byte de 2 cables, SPI e I2C, 8-canales 10-bit Conversor A/D (2 más que el Arduino Uno), "watchdog timer" según **Sourabh Halder (2017)**.

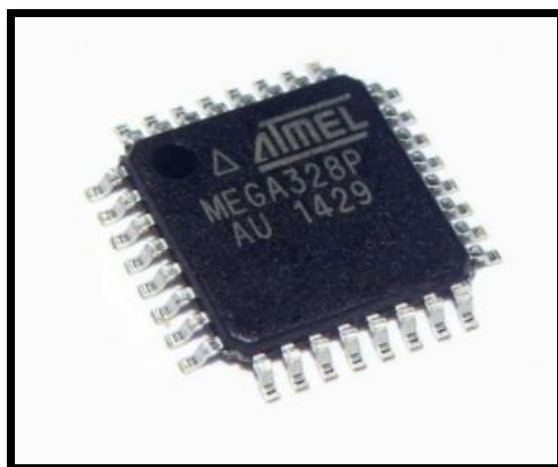


Figura 9. Atmega 328p SMD

Fuente:<https://spanish.alibaba.com/product-detail/atmega328-atmega-328-atmega328p-smd-au-atmega328-au-tqfp-ic-atmega328p-au-60814910401.html>

1.1.2.12. **ESP8266**

Está basado en el SoC (*System on Chip*) ESP8266, un chip altamente integrado, diseñado para las necesidades de un mundo conectado. Integra un potente procesador con Arquitectura de 32 bits y conectividad Wifi, como se muestra en la figura 10. Ofrece una completa y auto contenida solución *Wifi Networking*, permitiéndole trabajar como host de aplicaciones o reducir la carga de *Wifi Networking* de otro procesador. a nivel de conectividad el modulo puede trabajar en 2 modos: como estación *Wifi (Wifi Station)* o como Punto de Acceso (*Access Point*). Al trabajar como estación el módulo se conecta a la red Wifi presente en nuestro hogar. El modo Access Point se usa si queremos crear una red propia en el chip y así conectarnos directamente según **Novianty et al (2018)**.

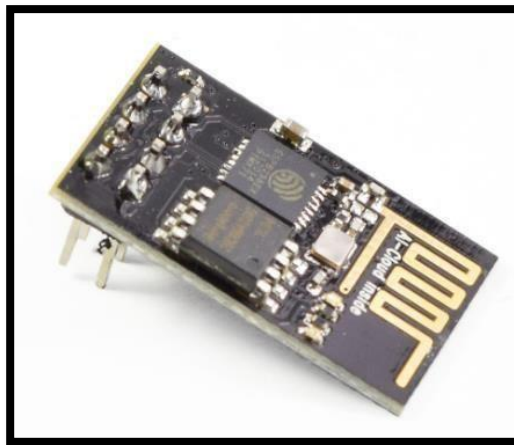


Figura 10. Módulo ESP8266
Fuente: Elaboración propia

1.1.2.13. **IOT**

Internet of Thing (IoT) es la conexión de millones de dispositivos inteligentes y sensores conectados a Internet. Estos dispositivos y sensores conectados recopilan y comparten datos para que muchas organizaciones las usen y evalúen. Estas organizaciones incluyen empresas, ciudades, gobiernos, hospitales y personas. IoT ha sido posible, en parte, debido a la llegada de procesadores asequibles y a las redes inalámbricas. Los objetos previamente inanimados, como picaportes o lámparas, ahora pueden contar con un sensor inteligente que puede recopilar y transferir datos

a una red según **Ravi Kishore (2016)**.

1.1.2.14. **Dataloger**

Es un sistema que permite recolectar muestra de datos de sensores y guardarlos en una memoria SD o bien USB además de contener un reloj para poder reconocer en que instante se capturo determinada muestra de datos según **Estalin Nuñez(2018)**.

1.1.2.15. **DS3231**

Contiene un RTC (*Real Time Clock*) o reloj en tiempo real que se usa al integrar mediciones de tiempo real a un proyecto. Este RTC es de muy bajo consumo por lo que pueden ser alimentados por baterías y de esa forma no perder la sincronización. Si bien los microcontroladores poseen contadores internos, estos no son tan exactos como un RTC dedicado. El módulo está basado en el RTC DS3231 de MAXIM y la EEPROM AT24C32 de ATMEL como se muestra en la figura 11. Ambos circuitos integrados comparten el mismo bus comunicación con el Protocolo I2C según **Ravi Kishore (2016)**.



Figura 11 .Módulo DS3231

Fuente: <https://es.aliexpress.com/item/32669670601.html>

1.2. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS:

IoT: *Internet of things*, conocido como internet de las cosas, interconecta los dispositivos mediante internet.

uC: Abreviación más usada para referirse a un microcontrolador.

Arduino: Software y Hardware libre para el uso educativo y creaciones de proyectos.

I2C: Puerto y protocolo de comunicación serial para comunicar varios sensores hacia un microcontrolador.

Microcontrolador: Es un circuito integrado programable capaz de ejecutar las ordenes grabadas en su memoria.

Esp8266: Es un módulo que permite conectar dispositivos mediante WIFI.

WIFI: *Wireless Fidelity*, es una tecnología de transmisión de datos inalámbrica que usa el estándar 802.11

Cazoleta: también llamado balda sirve para la recolección momentánea del agua en el pluviómetro.

Pluviómetro: Equipo que es capaz de medir la cantidad de lluvia en una superficie en un determinado tiempo.

PLA: Es ácido poliláctico y es un polímero biodegradable que se usa como filamento en una impresora 3D

ABS: Es acrilonitrilo butadieno estireno, es un polímero termoplástico de mayor resistencia que el PLA usado en filamentos en una impresora 3D

2. CAPÍTULO II: METODOLOGÍA DE DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL

En ese contexto el autor se encontró trabajando el 2018 en el INAIGEM, para el proyecto de elaboración, diseño y ensamblaje de equipos hidrometeorológicos de bajos costo, que en su primera etapa consistía de la entrega de un informe técnico que incluya el ensamblaje, desarrollo y programación de un equipo de medición de temperatura humedad y precipitación automático de bajo costo, con su propio sistema de transmisión inalámbrico.

Para el cual se tuvo que realizar una visita a campo para contrastar el clima con el reporte climatológico del INAIGEM, tiempo de caminata, tiempo de trabajo sobre el terreno agreste, verificación de la estación meteorológica y alguna observación presentada en el recorrido. Estos datos sirvieron para la seleccionar los dispositivos y materiales a usar para el desarrollo del trabajo profesional. Permitiendo diseñar los equipos requeridos, implementarlos, testearlos y calibrarlos para el monitoreo en tiempo real de las variables climatológicas.

Cabe señalar que en el trabajo profesional para la etapa de monitoreo de las variables meteorológicas, se realizó a través de una interfaz gráfica mediante una página web, la cual se encontraba a cargo del área de sistemas del INAIGEM, por ello no se profundizara el desarrollo de la interfaz en el presente trabajo.

2.1. DELIMITACIÓN TEMPORAL Y ESPACIAL DEL TRABAJO

2.1.1. *DELIMITACIÓN ESPACIAL*

El proyecto se realizó a 300 metros aproximadamente de la laguna del nevado Palcacocha en Huaraz a 4562 m.s.n.m.

2.1.2. *DELIMITACIÓN TEMPORAL*

Comprendió desde el periodo del mes de julio a octubre del 2018.

2.2. DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DEL PROBLEMA

2.2.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

A raíz de la globalización y los drásticos cambios climáticos los cuales se dan debido al calentamiento global, y otros fenómenos naturales, los glaciares de la cordillera blanca en el Perú se van derritiendo cada vez más rápido, creando nuevas lagunas poniendo en peligro a los poblados en lugares aledaños debido al desborde de estos, como el que sucedió en 1941, un pedazo de glaciar cayo a la laguna del Palcacocha (Huaraz), ocasionando la muerte de 1800 habitantes aproximadamente en Huaraz producto del aluvión.

Por ello es necesario medir estas variables climatológicas y así brindar un sistema de prevención en caso que pueda darse algún desastre natural. Por ejemplo, colocando estaciones meteorológicas en lugares estratégicos de la cordillera de los andes del Ecuador como menciona *“Design and implementation of an architecture and methodology applied to remote monitoring of weather variables”* Carlos Calderon, Alex Jaramillo, Crhistian Tinoco y Manuel Quiñones (2016).

Pues en la actualidad en Huaraz no la hay. En este punto interviene la presente investigación, pues plantea el diseño de un equipo de medición de temperatura, humedad y precipitación, de bajo costo para el nevado de Palcacocha en Huaraz (4562 m.s.n.m). Ya que en la actualidad se tiene una estación meteorológica Campbell en calidad de préstamo de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (UNASAM) hacia el Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM) instalada en Palcacocha, pero para poder obtener los datos se tiene que realizar una visita periódica una vez por semana y extraerlos por medio de memoria USB o memoria SD.

2.2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

a) Problema General

¿De qué manera se pueden crear equipos de medición de temperatura, humedad y precipitación de bajo costo en el nevado de Palcacocha-Huaraz?

b) Problema Específico

¿Cómo se monitorean en tiempo real las variables climatológicas en el nevado de Palcacocha?

2.3. MODELO DE SOLUCION PROPUESTO

El Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña tiene un programa piloto que impulsa la instalación de sistemas de monitoreo en las diferentes lagunas de la cordillera blanca del país a través de cámaras de video para monitorear en tiempo real la situación climatológica, una de esas cámaras está ubicado en la laguna del Palcacocha.

Este proyecto consiste en el diseño e implementación un equipo de medición de temperatura humedad y precipitación para el monitoreo en tiempo real de las variables climatológicas usando IOT, para poder validar y comparar datos con la estación meteorológica instalada en Palcacocha

2.3.1. ANÁLISIS PREVIO DEL PROYECTO

A partir del 26 de enero del 2017 como parte del trabajo coordinado entre el Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM), el Centro de Investigación Ambiental para el Desarrollo (CIAD) de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (UNASAM) y la Gerencia de Recursos Naturales del Gobierno Regional de Áncash, se instaló una estación meteorológica científica en el Palcacocha, para el monitoreo y reporte de la temperatura, humedad, viento, lluvia y radiación, durante las 24 horas y 365 días del año. Pues la información es de utilidad para conocer la evolución del clima y los efectos del calentamiento global, que será comunicada de manera oportuna y precisa al gobierno regional de

Ancash, gobiernos locales y población en general.

El equipo meteorológico instalado en Palcacocha necesita del desplazamiento 1 vez por semana del personal encargado desde el centro de Huaraz hacia el nevado, cabe resaltar que solo se puede desplazar personal si el clima es el adecuado, es decir el día debe de comenzar despejado y soleado para continuar con el recorrido para poder extraer por medio de USB los datos registrados en el dataloger de la estación meteorológica del Palcacocha, es allí donde surge la necesidad del INAI GEM de poder tener un monitoreo en tiempo real de las variables meteorológicas y así evitar muchos gastos operativos y poner en riesgo la vida humana del personal encargado del recojo de datos.

2.3.2. **DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

2.3.2.1. **Flujo de trabajo**

El flujograma del presente trabajo se muestra en la figura 12.

- ✓ Primero se tuvo que realizar una visita a campo.
- ✓ Realizar investigaciones relacionadas al proyecto.
- ✓ Luego, la selección de los dispositivos y materiales a usar.
- ✓ Se diseña el equipo de medición de temperatura, humedad y precipitación
- ✓ Se implementa el equipo de medición de temperatura, humedad y precipitación.
- ✓ Se programa el equipo de medición de temperatura, humedad y precipitación.
- ✓ Se realiza el testeo y calibración del equipo de medición de temperatura, humedad y precipitación.
- ✓ Finalmente, se analizan y comparan los resultados del proyecto.

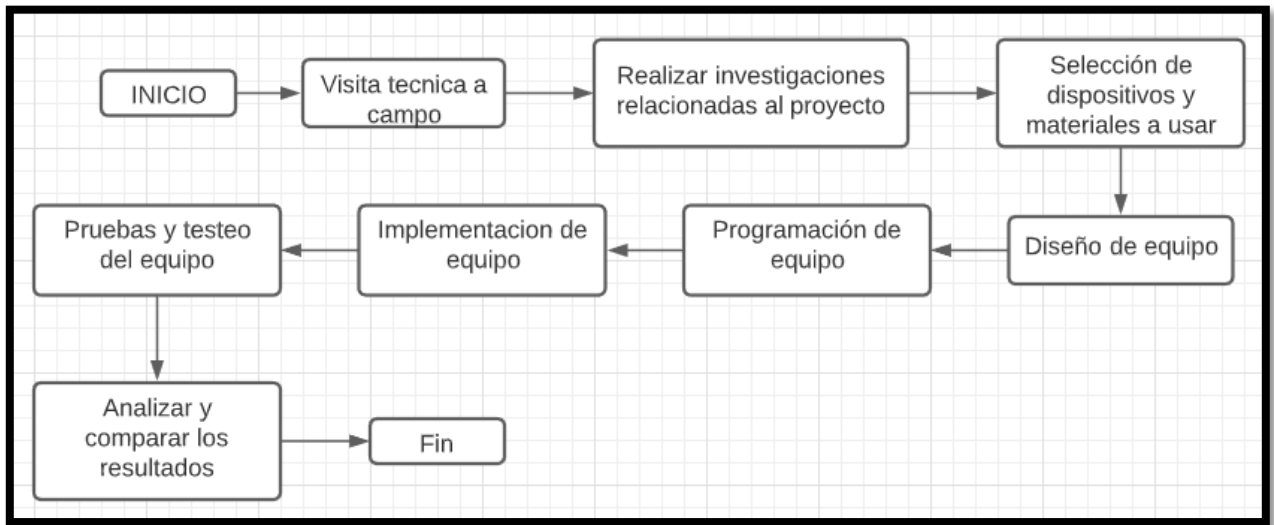


Figura 12.Flujograma del proyecto realizado.

Fuente: Elaboración propia.

2.3.2.2. **Diseño**

En el presente trabajo se utilizó dispositivos y módulos que se encuentran actualmente en el mercado ya que su importación demandaba mayor tiempo del que se disponía. Para el diseño del equipo de medición de temperatura, humedad y precipitación se utilizó el software de Autodesk Inventor donde se simulaba el ensamblado de las piezas de la estructura del equipo. De igual manera para el conexionado de la parte electrónica se usó un software profesional de diseño llamado Autodesk Eagle Fusión 360.

2.3.2.3. **Sensor de Temperatura y Humedad**

Los sensores de temperatura son dispositivos que transforman las variaciones de la temperatura del medio ambiente en señales eléctricas que será procesada por un controlador. La temperatura es una magnitud física que indica la intensidad de calor o frío de un cuerpo, objeto o del medio ambiente, en presente trabajo se estudia la temperatura atmosférica

2.3.2.4. **Temperatura**

La temperatura atmosférica está relacionada directamente a la temperatura que puede tener la atmósfera y se refiere al nivel de calor que tiene el aire en un determinado lugar y tiempo. La unidad de medida en meteorología debe ser en grados Celsius y debe ser medida a una distancia de 150 cm sobre el nivel del suelo. Además, debe tener un margen de error de 0.2° C para considerarlo válido, este requisito está de acuerdo con las regulaciones de OMM según **Ravi Kishore et al (2016)**.

2.3.2.5. **Humedad relativa**

Es la humedad que contiene una masa de aire, en relación con la máxima humedad absoluta que podría admitir sin producirse condensación, conservando las mismas condiciones de temperatura y presión atmosférica. La forma más habitual de expresar a la humedad es la cantidad de agua presente en el aire expresada en porcentaje. La unidad de medida es en porcentaje y debe ser medida a una altura de 150 cm sobre el nivel del suelo. Además, debe tener un margen de error no mayor al 3%. La exactitud operacional requerida suelo. Además, debe tener un margen de error no mayor al 3%. La exactitud operacional requerida en el informe sinóptico es de 5% (sí $RH \leq 50\%$) y 3% (sí $RH > 50\%$) según la OMM como menciona según **Ravi Kishore et al (2016)**.

Como termómetro e higrómetro se utilizó el sensor DHT22 del cual hemos mencionado en **1.1.2.10** del presente trabajo. Debido a que se trata de un sensor digital, por lo cual no requiere acondicionamiento de señal por lo que facilita mucho la conexión con el microcontrolador, solo hay que tener en cuenta que entre el pin que envía datos al

microcontrolador atmega328p y la alimentación tiene que haber una resistencia de pull-up de 10k ohm. Se debe tener en cuenta ese detalle en el momento de realizar el diseño del circuito.

Con estos conocimientos se procede a realizar el equipo de temperatura y humedad teniendo en cuenta 3 partes fundamentales como se muestra en la figura 13.

- Escudo protector del sensor
- Capsula de sensores.
- Soporte del equipo.

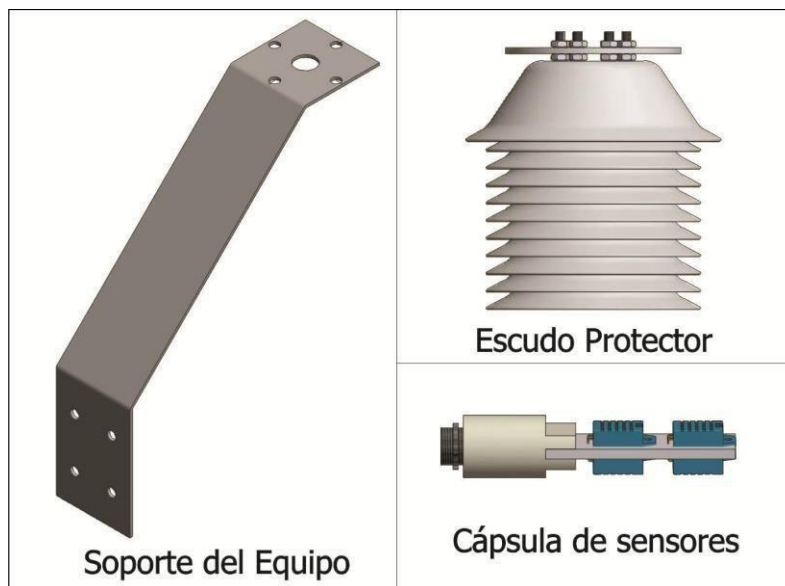


Figura 13. Partes del equipo se temperatura y humedad

Fuente: Elaboración propia

2.3.2.6. ***Diseño del protector del sensor***

Los sensores deben estar ventilados, protegidos de la precipitación y de la radiación solar directa según la OMM (organización meteorológica mundial). Con el fin de medir la temperatura seca, los instrumentos de medida se protegen mediante casetas de madera o plástico, las cuales reciben el nombre de pantallas de protección de Stevenson. Como es lógico estas pantallas serán de color blanco con el fin del que absorba menos radiación solar. Este protector puede proteger con eficacia y reducir el error de medición causados por las condiciones naturales de la radiación ultravioleta, vientos fuertes, lluvia, nieve, etc. Además de prevenir el rápido envejecimiento del instrumento como menciona **Omar Flores (2018)**. Consta de 10 campanas separadas simétricamente entre si creando canales de ventilación natural con una cabina en el centro donde ingresa el sensor, este se encuentra en contacto con el flujo del aire en ambos lados. La campana superior tiene forma de paraguas protegiendo las demás de menor tamaño, todas las campanas son ensambladas concéntricamente para mantener su forma simétrica. En la parte inferior tiene un soporte de metal para poder adherirlo fácilmente a un poste. El material de este protector es de melamina recubierto con pintura anti-ultravioleta, este sensor es de tamaño pequeño, peso ligero y de fácil instalación. La fabricación de este protector recae directamente en el diseño de cada campana, este es la pieza principal del protector por ello se hizo el diseño tomando en cuenta el tamaño final del equipo. La fabricación de este protector recae directamente en el diseño de cada campana, este es la pieza principal del protector por ello se hizo el diseño tomando en cuenta el tamaño final del equipo como se observa en la figura 14.



Figura 14. Dimensiones en mm de la campana base

Fuente: Elaboración propia

Para obtener esta pieza se debe realizar un molde en donde se inyectará el material caliente, este molde se llama matriz, esta matriz se puede diseñar de muchas maneras siendo la más precisa en un centro mecanizado controlado por CNC (control numérico computarizado).

En la figura 15 como se observa un centro mecanizado controlador por CNC. Una vez terminado la matriz ahora se procede a usarlo en la maquina inyectora en donde calentará y enfriará la matriz de ser necesario para derretir el material dándole la forma de la matriz al producto final.



Figura 15. Centro de mecanizado CNC.

Fuente: Elaboración propia



Figura 16. Matriz superior e inferior

Fuente: Elaboración propia

En la figura 16 se muestra una representación del funcionamiento y partes de una maquina inyectora con dos matrices (matriz superior e inferior como se observa en la figura 17) y el material a usar en el producto final.

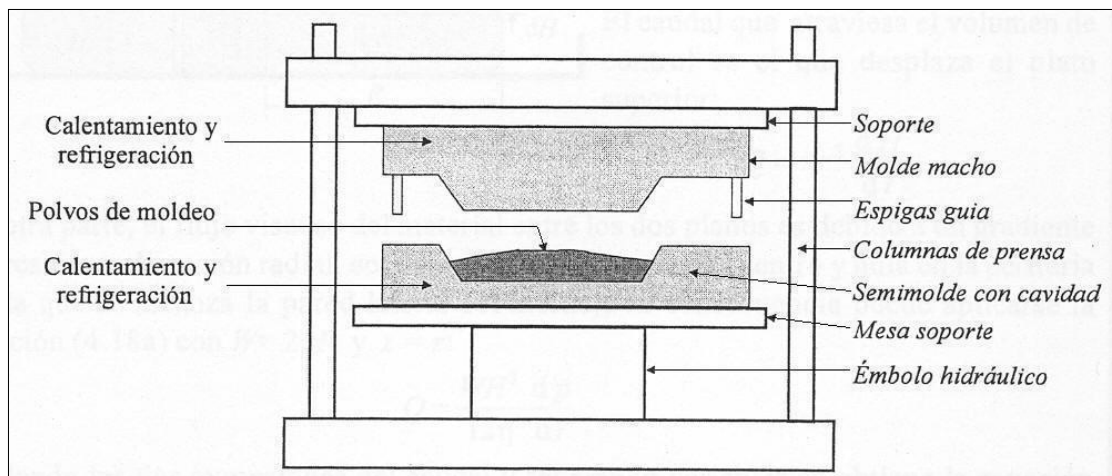


Figura 17. Representación de operación de maquina inyectora

Fuente:

Para fines de experimentación y pruebas, el protector se realizó con un material comercial que se puede encontrar en el mercado, ahorrando de esta manera los costos producidos por la fabricación de las matrices y producción con maquina inyectora. Cabe resaltar que esta pieza comercial ha sido diseñado y producido tal cual como se describe anteriormente (matriz diseñado en CNC e impreso por una maquina inyectora).

Una vez que ya tenemos la pieza base con forma de campana (véase la forma en el ANEXO G), se procede a hacer los orificios internos con la ayuda de cortadora a laser como se muestra figura 20. las medidas se muestran en la figura 18 (para ver los detalles de esta pieza sírvase revisar en anexos el ANEXO F).

Tener en cuenta que son 3 modelos diferentes de cortes que se realizara con la cortadora a laser, a estas piezas se nombró: campana A, campana B y campana C, en orden a la posición del ensamble respectivamente. La diferencia entre campana A y campana B es el corte de los orificios, sin embargo, la campana C es más grande que los anteriores mencionados, esta servirá de protección como un paraguas.



Figura 18. Plano del corte a laser de campanas

Fuente: Elaboración propia



Figura 19. Corte de campanas

Fuente: Elaboración propia



Figura 20.Maquina cortadora a laser

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente realizar un corte a laser de la base superior en acrílico (esta pieza no necesita hacer una matriz para recién llevarlo a corta a laser, simplemente se coloca un retaso de acrílico de 4mm de espesor y se procede a cortar). Podemos ver los detalles en el ANEXO G.



Figura 21. Piezas del protector del sensor de temperatura y humedad.

Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenido todas las piezas para el protector, se procede a ensamblar con tornillos y tuercas de 1/ 4" pulgadas, estas nos darán soporte y rigidez al protector. A continuación, se detalla el ensamble del protector para el sensor de temperatura y humedad mediante imágenes en la figura 22, además sírvase revisar el ensamble terminado en el ANEXO E.

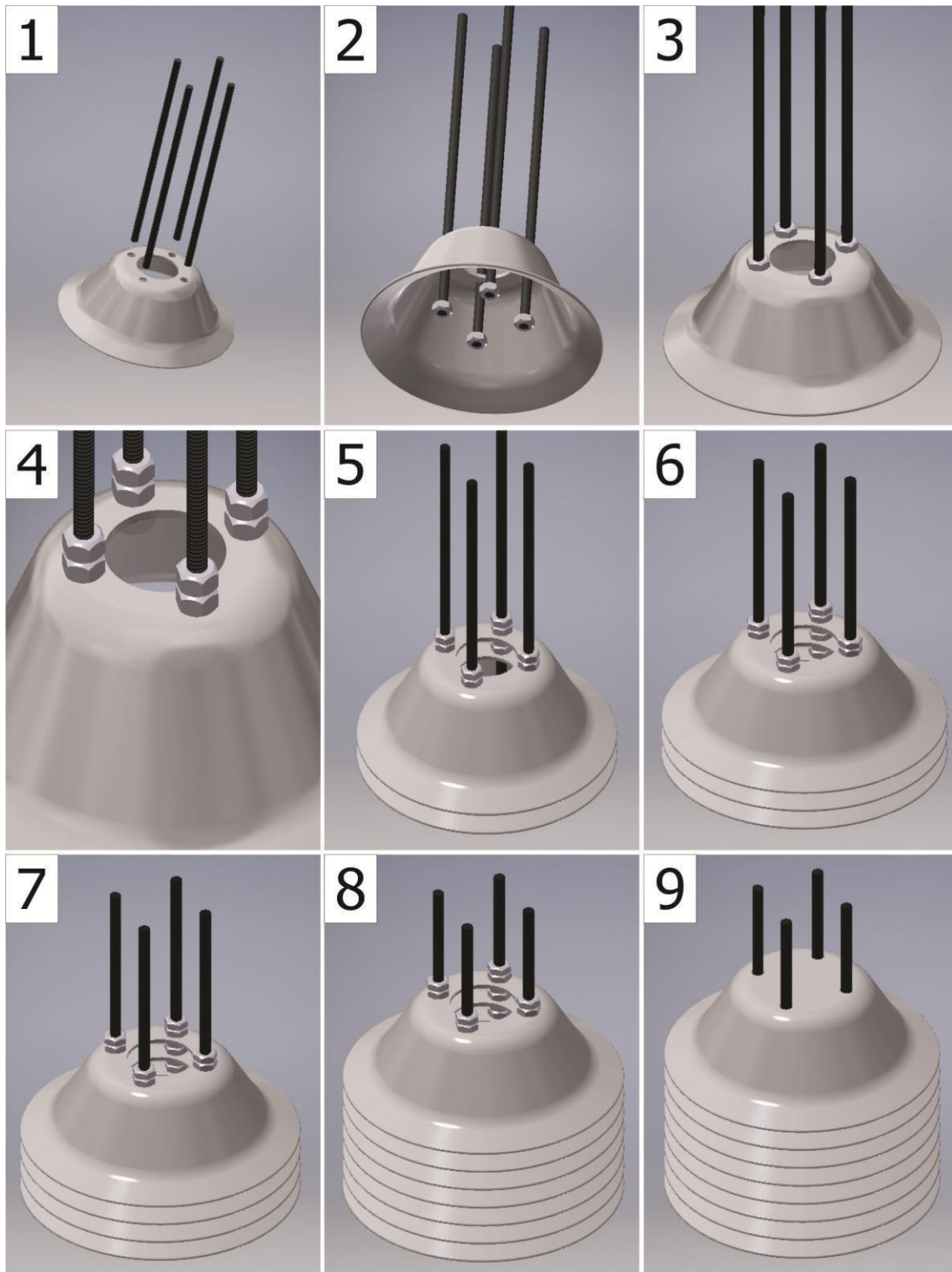


Figura 22.Proceso de ensamble del protector del sensor de temperatura y humedad

Fuente: Elaboración propia

Las primeras 7 campanas que corresponden a la pieza de campana A, tiene un orificio en el centro dejando una cabina en el centro para el sensor de temperatura y humedad, después de la campana 8 son de la pieza campana B, cubriendo la parte superior de la radiación solar.

Seguidamente se coloca la campana 11 correspondiente a la campana C protegiendo a las anteriores del viento, lluvias, etc, como se muestra en la figura 23.

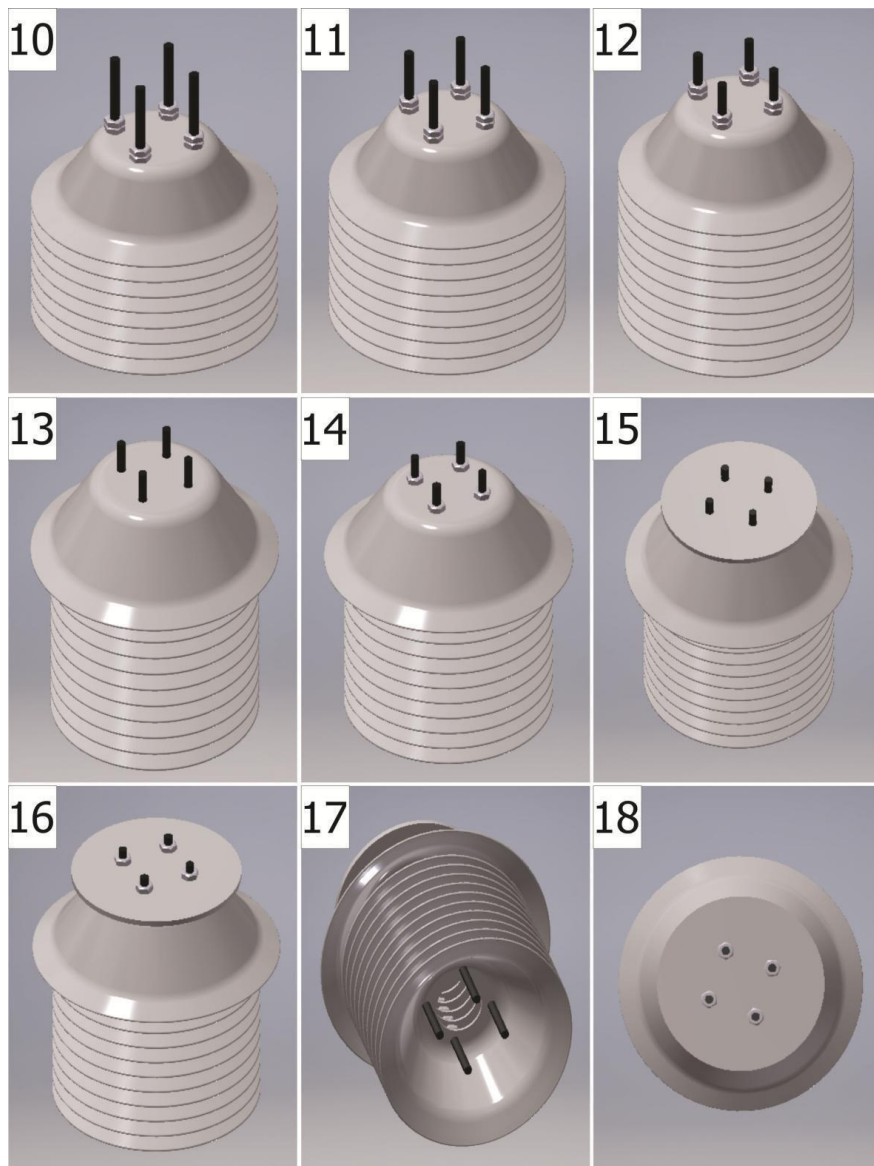


Figura 23. Proceso de ensamblaje completo del protector del sensor de temperatura y humedad

Fuente: Elaboración propia

Para finalizar se coloca la base superior ajustándola a la estructura con 4 tuercas. Para más detalles sobre el ensamble de estas piezas sírvase revisar el ANEXO E ubicado en los anexos.

2.3.2.6.1. Diseño de la capsula de sensores

Para el ensamblado del protector del sensor, se decidió unir los sensores al protector y fijarlos mediante un soporte.

Se inicia el ensamble con el conector hermético de 8 pines, este conector se fija al soporte con una tuerca, seguidamente se introduce el cilindro de base al conector fijando esta pieza. Este cilindro tiene una abertura en donde ingresa el soporte vertical de acrílico, en esta pieza descansan los cuatro sensores DHT22 encargados de captar la temperatura y humedad del aire.

Se utilizó 4 sensores DHT22 como se muestra en la figura 24 debido que se trata de ponderar al dato que se obtiene al medir temperatura y humedad, a su vez como respaldo si en algún momento un sensor DHT22 se malogra debido al clima en el nevado.

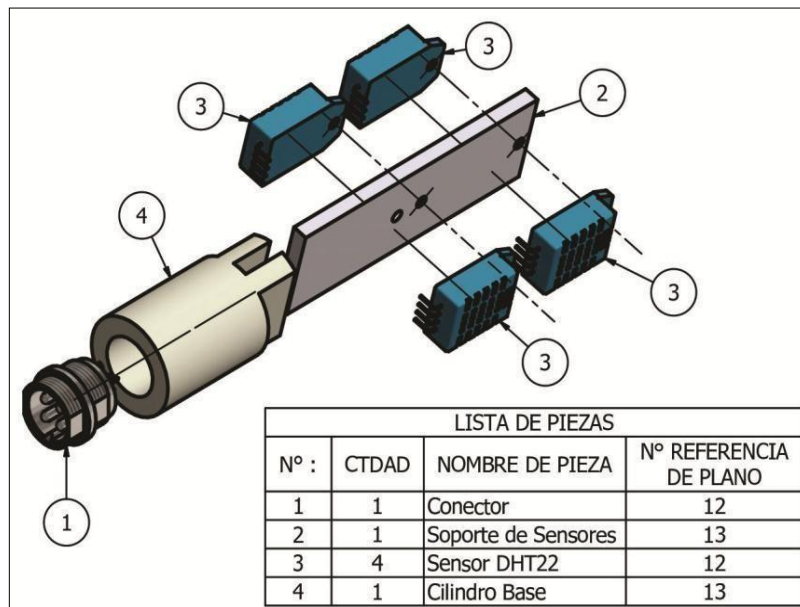


Figura 24. Ensamblaje de capsula de sensores

Fuente: Elaboración propia

2.3.2.7. **Diseño del Pluviómetro**

Un pluviómetro es un instrumento que mide la cantidad de agua precipitada en un determinado lugar. La unidad de medida es en mililitros (mL). Una precipitación de 2mm indica que, si toda el agua de la lluvia se acumulara en un terreno plano sin escurrir ni evaporarse, la altura de la capa de agua sería de 0.25 mm. Los milímetros (mm) son equivalentes a los litros por metro cuadrado. El pluviómetro recoge el agua atmosférica en sus diversos estados. El total se denomina precipitación. Para los estados sólidos, las mediciones se llevan a cabo una vez alcanzado el estado líquido. En esta oportunidad se realizó un pluviómetro con tubo de descarga que consta de un envase en forma de embudo que recolecta el agua de lluvia y la envía por gravedad a un sistema mecánico formado por un balancín compuesto de 2 cazoletas. Siempre una de estas cazoletas se encuentra posicionado debajo del embudo donde colecta el agua de lluvia que cae de este, cuando la cazoleta se llena, esta bascula es obligada a eliminar el agua por efecto del peso de la misma lo cual implica que la segunda cazoleta se posicione bajo el embudo para repetir el proceso, por consiguiente cada vez que la cazoleta balancín se inclina envía una señal electrónica al sistema de control y es aquel que monitorea el nivel de volumen de precipitación en una determinada área como menciona **Sajid Khan (2018)**.

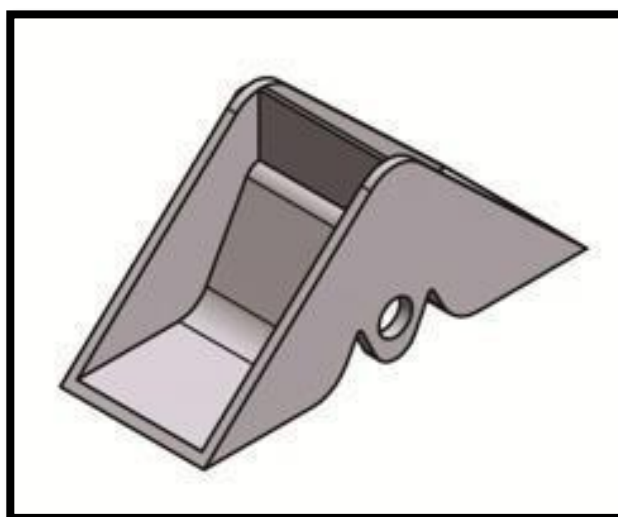


Figura 25. Cazoletas

Fuente: Elaboración propia

Para la construcción del equipo se usó un tubo y tapa de plástico PVC comercial de 4" de diámetro nominal, sírvase a ver el ANEXO P, el cual se convirtió en la cubierta externa del pluviómetro que sirve de protección junto con el filtro, soporte y embudo (ANEXO P). Para las cazoletas se usó plástico ABS, el cual fue impreso en 3D como se muestra en ANEXO S y dividido por un tabique en dos compartimientos para cada cazoleta, de la misma forma la base del balancín. Para la construcción del pluviómetro se realizó en 3 etapas como se muestra en la figura 26:

- Protección externa.
- Proceso electro – mecánico
- Soporte del pluviómetro

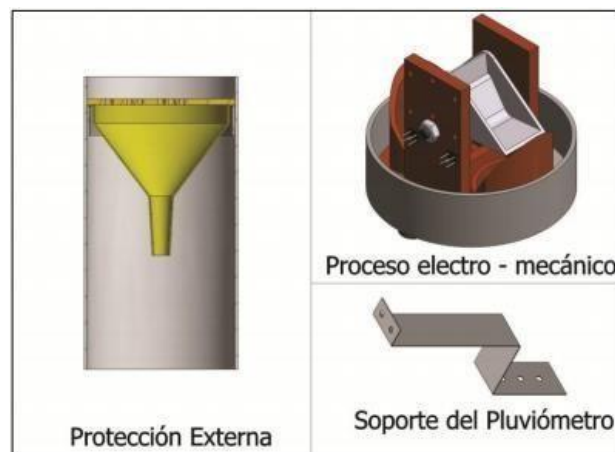


Figura 26. Partes del Pluviómetro

Fuente: Elaboración propia

2.3.2.7.1. Protección externa

Para proteger el equipo del medio en el que lo rodea, debe contar con una protección, para ello se realizó este sistema de protección. Consta de 4 partes diferentes que a continuación daremos la descripción respectiva. El cilindro es el cuerpo base del equipo (sírvase revisar el ANEXO P), se pegó en la parte superior del tubo un soporte de plástico PLA en forma de C a 3 cm, como se muestra en la figura 27, de la superficie superior del tubo (sírvase revisar el ANEXO P) en este soporte descansa el embudo y el filtro.



Figura 27. Protección externa del Pluviómetro

Fuente: Elaboración propia

2.3.2.8. **Proceso electromecánico**

Este proceso consta de 2 partes:

- Proceso mecánico.
- Proceso electrónico.

2.3.2.8.1. *Proceso mecánico.*

Este proceso se basa en un embudo que dirige la precipitación y pues la acción de caída por el peso de la lluvia (precipitación), hace cambiar de posición a las cazoletas. Esta cazoleta está ubicada sobre una base con 2 aberturas para el drenaje del agua y un eje central dándole el movimiento accionado por el peso del agua acumulada como se muestra en la figura 28.

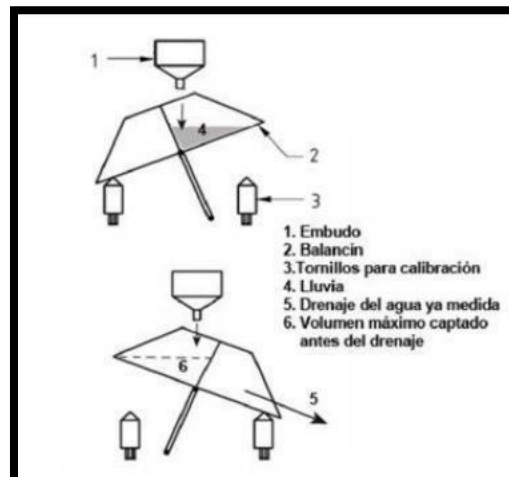


Figura 28. Proceso mecánico del pluviómetro

Fuente: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S168003382013000200007

2.3.2.8.2. Proceso electrónico

Este proceso se basa en detectar el cambio de las cazoletas gracias a sensores infrarrojos CNY70 ubicados estratégicamente como se muestra en la figura 29, para poder brindar medidas de la precipitación ya que cada basculación es registrada, generalmente, dentro de algún dispositivo electrónico como un datalogger o a un aplicativo en una página web. Permitiendo así llevar un monitoreo y cuantificación de los regímenes de precipitación de un lugar en particular. Se dará mayor detalle de este en la implementación y calibración.

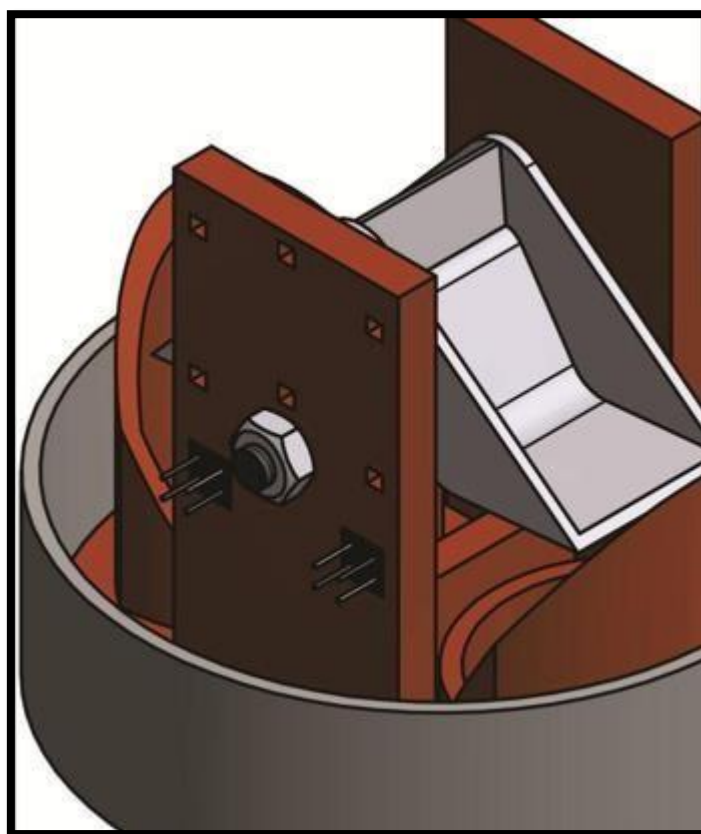


Figura 29. Ubicación del CNY70.

Fuente: Elaboración propia

2.3.2.9. **Soporte del pluviómetro**

Esta pieza consta de un soporte de hierro procesado, con doblez en 2 partes para poder ensamblar a una superficie plana.

2.3.3. **PANEL SOLAR**

Para el cálculo del panel solar que se usó se necesitó conocer los siguientes parámetros:

- Energía consumida diaria (Wh)
- Horas solar pico (HSP)
- Potencia del panel a usar (W)

Se verifica que la energía diaria que se necesitó el presente proyecto es de 18.268Wh como se muestra en la siguiente tabla 1:

Tabla 1. Parámetros de consumo de potencia

Elemento	I(A)	cantidad	I(A) total	potencia(W)	horas diaras	Energia(Wh)
Tarjeta	0.05	1	0.05	0.25	24	6
Cny70	0.02	2	0.04	0.2	24	4.8
Dht22	0.0025	4	0.01	0.05	24	1.2
esp8266	0.25	1	0.25	0.75	5	3.75
DS3231	0.00015	1	0.00015	0.00075	24	0.018
Modulo SD	0.1	1	0.1	0.5	5	2.5
			0.45015		total	18.268

Fuente: Elaboración propia.

Para calcular el número de paneles a usa se usa la siguiente formula:

$$N = \frac{E \times Sd}{HSP \times Wp}$$

N: Numero de paneles solares

HSP: Horas solar pico en Huaraz: 4 h

Wp: Potencia del panel :10W

E: Energía consumida diaria :18.268 Wh

Sd: Sobredimensionamiento 30%

Reemplazando en la fórmula se obtiene que N=0.59:

$$N = \frac{18.268Wh \times 1.3}{4h \times 10W}$$

$$N = 0.59$$

Por lo tanto, se usará 1 panel solar de 10W, como se muestra en la figura 30.



Figura 30. Panel solar 10W, 12V
Fuente: Elaboración propia

2.3.4. **BATERÍA**

Para la batería que se usó se tomó en cuenta el consumo del proyecto que fue de 450mA, por ello se decidió usar una batería seca 10Ah, por lo tanto, con solo batería el proyecto tendría una duración de 22, 22H =22h13mint como se verifica en la siguiente operación:

$$\text{Horas} = \frac{10000mAh}{450mA}$$

$$\text{Horas} = 22.22h = 22h 13mint$$

Como se muestra en figura 31, se utilizó la batería marca Yuasa 12V, 10Ah.



Figura 31. Batería YUASA 12, 10Ah.
Fuente: Elaboración propia

2.3.5. ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES

2.3.5.1. Acondicionamiento de señal para el sensor de temperatura

y humedad DHT22

Para el funcionamiento del DHT22 solo es necesario conectar el pin VCC de alimentación a 3-5V, el pin GND a Tierra (0V) y el pin de datos a un pin digital del microcontrolador Atmega328p. En este caso se usó los pines digitales de 8, 6, 9 y 10. Según el fabricante recomienda una resistencia de 4.7k ohm por cada sensor DHT22 que se usa en configuración pull-up entre el pin de datos y el VCC (5v), como se observa en la figura 32, se adicione unos diodos 1N4148 de alta velocidad de switching (4ns) que permiten proteger el puerto digital del microcontrolador en caso se presenten sobre voltajes, ya sean negativos (menores a 0 voltios) o positivos (mayores a 3.3 voltios).

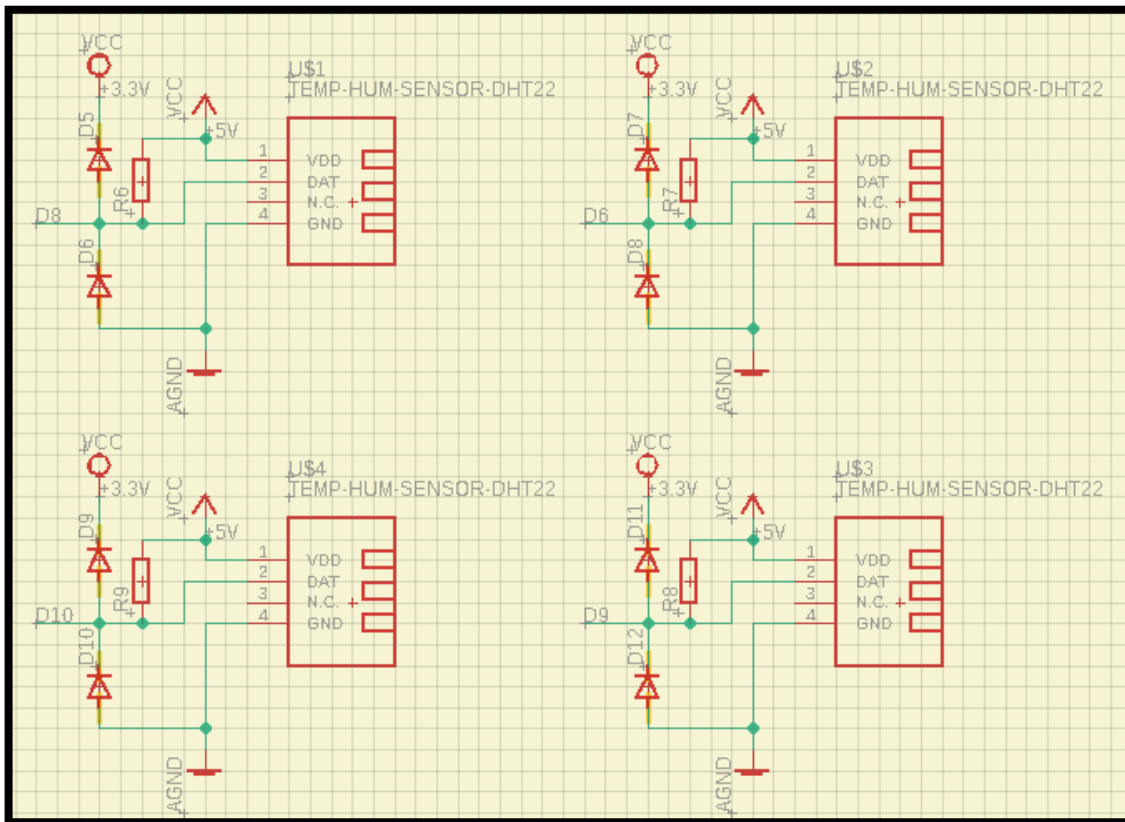


Figura 32.Esquemático del sensor DHT22

Fuente: Elaboración propia

2.3.5.2. **Acondicionamiento de señal para el Pluviómetro**

Para el funcionamiento del pluviómetro se basa en el circuito que acondicionamiento de un CNY70 en configuración pull-up en el fototransistor, con una alimentación VCC de 5V, como se muestra en la figura 33 en CNY70 está compuesto por un diodo led infrarrojo y un fototransistor, según datasheet del fabricante de CNY70, para el uso del diodo IR se requiere que el led infrarrojo proporcione una corriente de 20mA.

Para calcular la resistencia que usara el diodo led infrarrojo se usó la ley de Ohm.

Para calcular la resistencia y obtener 20mA, entonces se despeja de la primera ecuación.

$$V=I.R \qquad V_{cc}=5v \qquad V_{diodo}=1.25v \qquad I=20mA$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{5V-1.25V}{20mA} = 187.5 \text{ Ohm}$$

El voltaje de 1.25V es el voltaje de caída del diodo emisor. Este valor depende de cada CNY70 y según la hoja de datos, puede ir desde 1.25V hasta 1.6V. Entonces para el sensor CNY70 que uso resulto ser de 1.25V. El valor comercial más cercano que se acerca 187.5 Ohm fue de 220 Ohm.

En cuanto al fototransistor se usó la configuración pull-up con Vcc=5v y una resistencia de 10k ohm, entre el emisor y la resistencia se encuentra la señal de dato que se dirige hacia el pin analógico del microcontrolador Atmega328p.

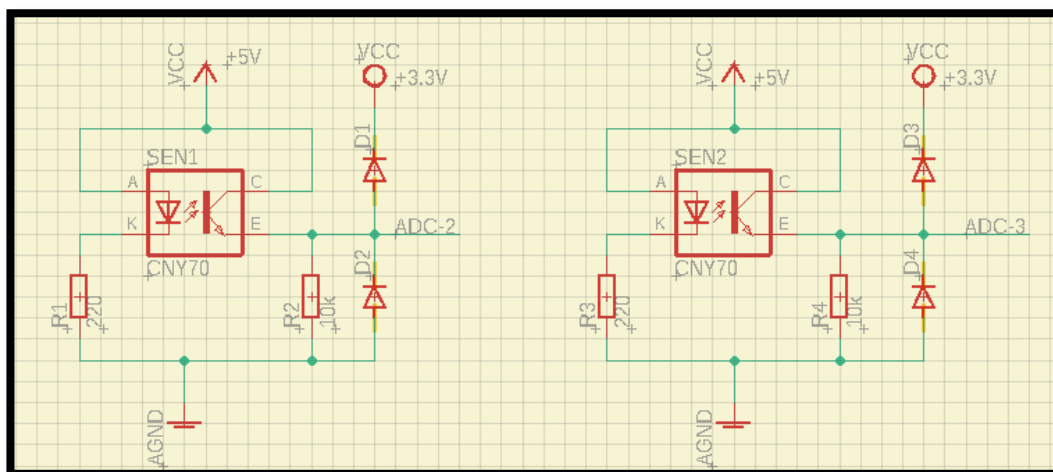


Figura 33. Acondicionamiento del CNY70

Fuente: Elaboración propia

2.3.6. SELECCIÓN DEL MICROCONTROLADOR

Para la selección del microcontrolador se consideró diversos parámetros que fueron útiles en el presente proyecto los cuales se muestra en la tabla 2.

En base a sus características se decidió utilizar como microcontrolador el Atmega328p, ya que tiene el número de pines necesarios para conectar los diferentes dispositivos y se usara como plataforma de programación Arduino debido a la integración de librerías y fácil uso al programar.

Tabla 2. Características de microcontroladores

	Atmega328p	Pic16f628a	Atmega32u4	Pic16f877a	Pic18f4550
Memoria flash	32K bytes	1K bytes	32K bytes	8k bytes	32k bytes
Memoria Eeprom	1K bytes	128 bytes	1K bytes	256K bytes	256K bytes
Memoria RAM	2K bytes	224 bytes	2.5K bytes	368 bytes	2048 bytes
Temporizador de 8 bits	2	2	0	2	1
Temporizador de 16 bits	1	1	2	1	3
PWM	6	2	7	2	2
Pines I/O	23	16	20	35	35
Pines totales	32	18	44	40	40
Oscilador frecuencia máxima	20 MHz	20 MHz	16 MHz	20 MHz	48 MHz
Oscilador interno	8Mhz	4 MHz	0	31Khz -8Mhz	31Khz -8Mhz
ADC 10bits	8	0	12	14	13
Vin	3.3v-5v	3.3v-5.5v	2.7v-5.5v	2v-5.5v	4.2v-5.5v
Lenguaje de programación	Arduino, C, C++	C, C++, assembler	Arduino, C C++	C, C++, assembler	C, C++, assembler
Monitor Serial	Arduino	hyperterminal	Arduino	hyperterminal	hyperterminal
Costo en soles	10	10	20	25	30

Fuente: Elaboración propia

2.3.7. SELECCIÓN DEL DISPOSITIVO IOT

Para la selección del dispositivo IOT se consideró diversos parámetros que son necesarios en el proyecto, en base a lo mencionado se decidió utilizar como dispositivo el ESP8266-12, ya que tiene la versión mejorada del ESP8266-01, además utiliza características necesarias como el tipo de comunicación, frecuencia de reloj, modos de configuración utilización de comandos AT para cambiar de modo de uso.

Tabla 3. Características de dispositivos IOT

	ESP8266-01	ESP8266-12	NodeMCU	ESP32
Vin	3.3v-3.7v	3.3v	5v	5v
Voltaje de I/O	3.3v	3.3v	3.3v	3.3v
Comunicación tipo de interfaz	Serial, UART	SPI, Serial, UART	SPI, Serial, UART	SPI, Serial, UART
CPU	32 bits	32 bits	32 bits	32 bits
Frecuencia de Reloj	80MHz/160MHz	80MHz/160MHz	80MHz/160MHz	160MHz/240MHz
Instrucción RAM	32KB	32KB	32KB	448KB
Data RAM	96KB	96KB	96KB	520KB
Memoria Flash Externa	4MB	4MB	4MB	4MB
Modos	AP, STA, AP + STA	AP, STA, AP + STA	AP, STA, AP + STA	Access point y Station
Protocolos soportados	802.11 b/g/n – TCP/IP	802.11 b/g/n – TCP/IP	802.11 b/g/n	802.11 b/g/n/e/l , Bluetooth 4.2v
Soporte de red	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz
Configuración	comandos AT	LUA, AT	Lua, AT, Arduino, Microphyton, C, C++	Esp-idf, Arduino, Python, Lua, Java script, C, C+
ADC	1	1	1	18
Rango de temperatura	-40 ~ 125 °C	-40 ~ 125 °C	-40 ~ 125 °C	-40 ~ 125 °C
Tamaño	24 mm x 14 mm	24 mm x 16 mm	49mmx 26mm	55mm x 28mm
Potencia de salida	0,15 (W); +19.5dBm en modo 802.11b	0,15 (W); +19.5dBm en modo 802.11b	+19.5dBm en modo 802.11b	+12 dBm en transmisión
Costo en soles	15	18	30	60

Fuente: Elaboración propia.

2.3.8. DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO

Para el diseño de la tarjeta de control se utilizó los dispositivos seleccionados, también el acondicionamiento de las señales del sensor de temperatura, humedad y precipitación, y por último el dispositivo IoT esp8266 incluido en la tarjeta mediante conectores para su ensamblaje, tomando como criterios el voltaje de alimentación de 5v y 3.3v respectivamente, tamaño de la tarjeta de control como se muestra en la figura 34.

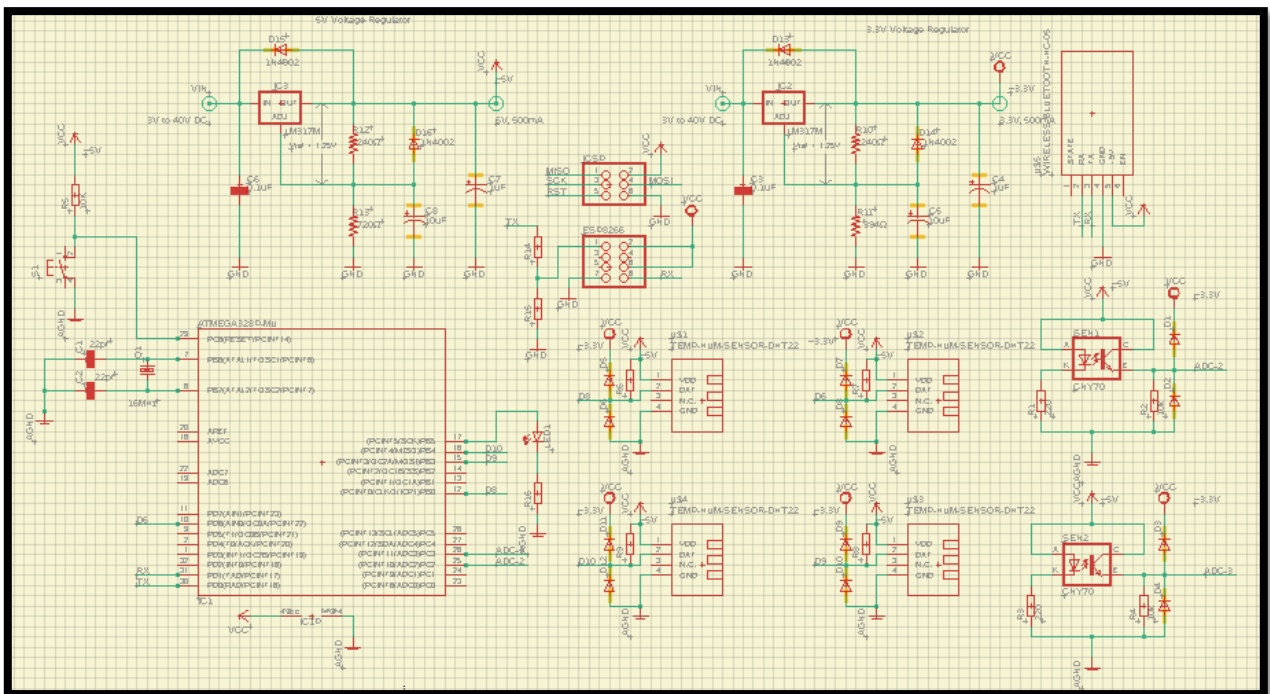


Figura 34. Esquemático del sistema de monitoreo

Fuente: Elaboración propia

2.3.9. **DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA DE MONITOREO**

En la figura 35 muestra en diagrama de bloques planteado para la solución.

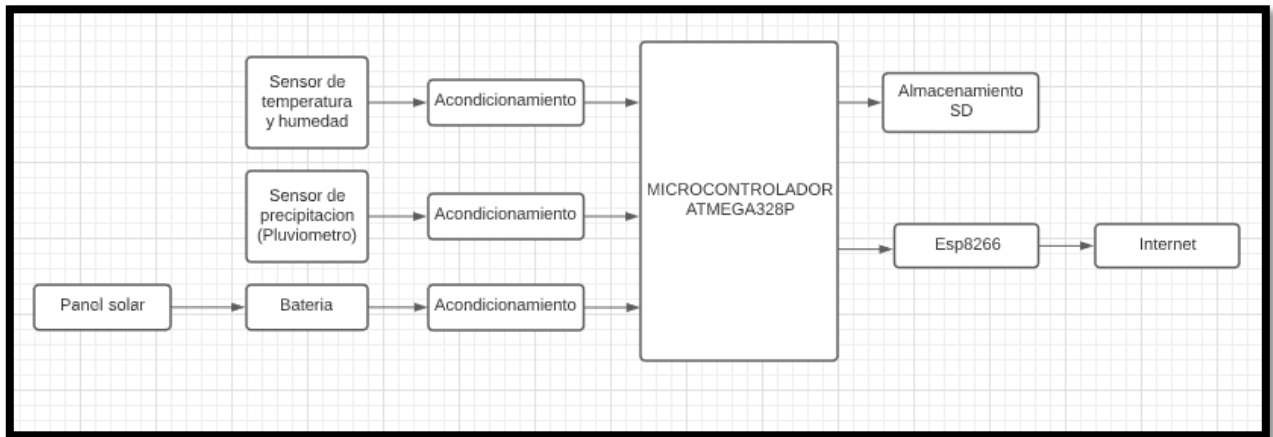


Figura 35. Diagrama de bloques
Fuente elaboración propia

2.3.10. **COMUNICACIÓN del ESP8266**

Para él envío de datos de la tarjeta de control se tuvo que configurar el ESP8266 de la siguiente manera:

2.3.10.1. **Configuración del ESP8266**

Para configurar el ESP8266 se tuvo que conocer el nombre de la red (SSID) y la contraseña (password) para estar conectado en la red de INAIGEM, por eso se conectó al access point (AP) del puesto de vigilancia de la laguna del Palcacocha que se encuentra a 20m del proyecto instalado.

En la configuración del ESP8266 como se muestra en la figura 36, se tuvo en cuenta los siguientes parámetros mediante comandos AT:

- Prueba del módulo si responde correctamente.
- Cambio de baudios a 9600.
- Configuración modo cliente-servidor.
- Unirse a una red de Access point.
- Activación del modo multiconexion.
- Inicio de servicio en 1 y servidor en el puerto 80.
- Habilitar conexión TCP para garantizar la entrega de paquetes.

- Obtención de dirección IP generada por DHCP que tiene asignado el ESP8266 en la red local.



Figura 36. Respuesta del AP con la IP del ESP8266
Fuente: Elaboración propia

2.3.11. **PROGRAMACIÓN**

Para la escritura del código se empleó la interfaz de desarrollo de Arduino, ya que los módulos que se utilizaron necesitaban de librerías que se descargaron desde Arduino. El lenguaje de programación que se usó fue de C++, funciones de Arduino, Atmel estudio, comandos AT.

Para la programación del equipo se temperatura, humedad y precipitación se utilizó el siguiente diagrama de flujo como se muestra en la figura 37:

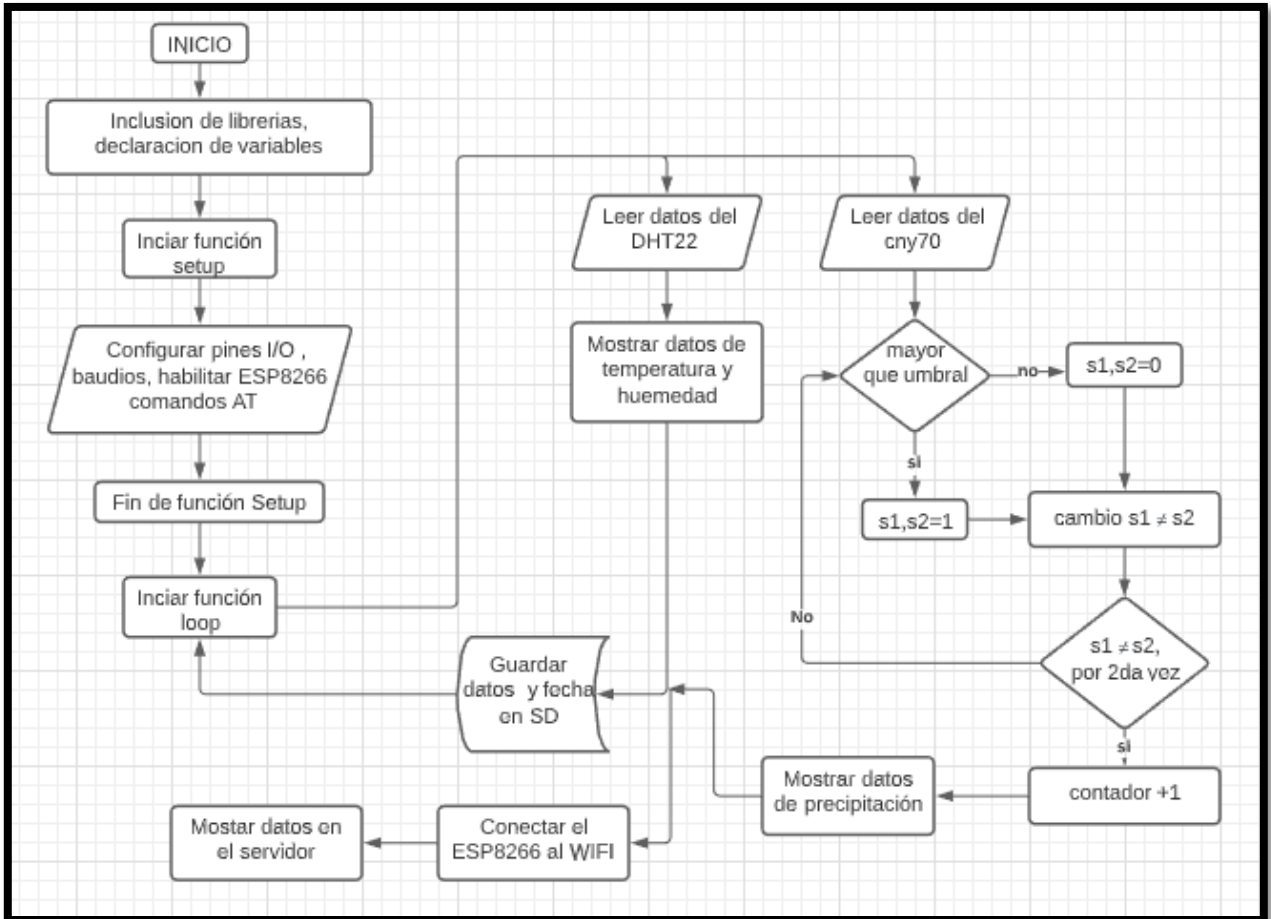


Figura 37. Diagrama de flujo de la programación del proyecto

Fuente: Elaboración propia

2.3.12. **INTERFAZ**

Para el diseño de la interfaz del proyecto es decir el Front-End se encargó de desarrollarla el área de sistemas del INAIGEM, por tal motivo se realizó una interfaz básica, iniciándose un servidor en el puerto 80, el modulo envía un mensaje en HTML y datos de temperatura humedad y precipitación.

Como se muestra en la figura 38, si introducimos la dirección IP y el puerto: 192.168.1.17:80 en la barra URL de un navegador web, sucede que el navegador cargará, mostrará los datos enviados por el ESP8266 y se actualizará cada 5 minutos.

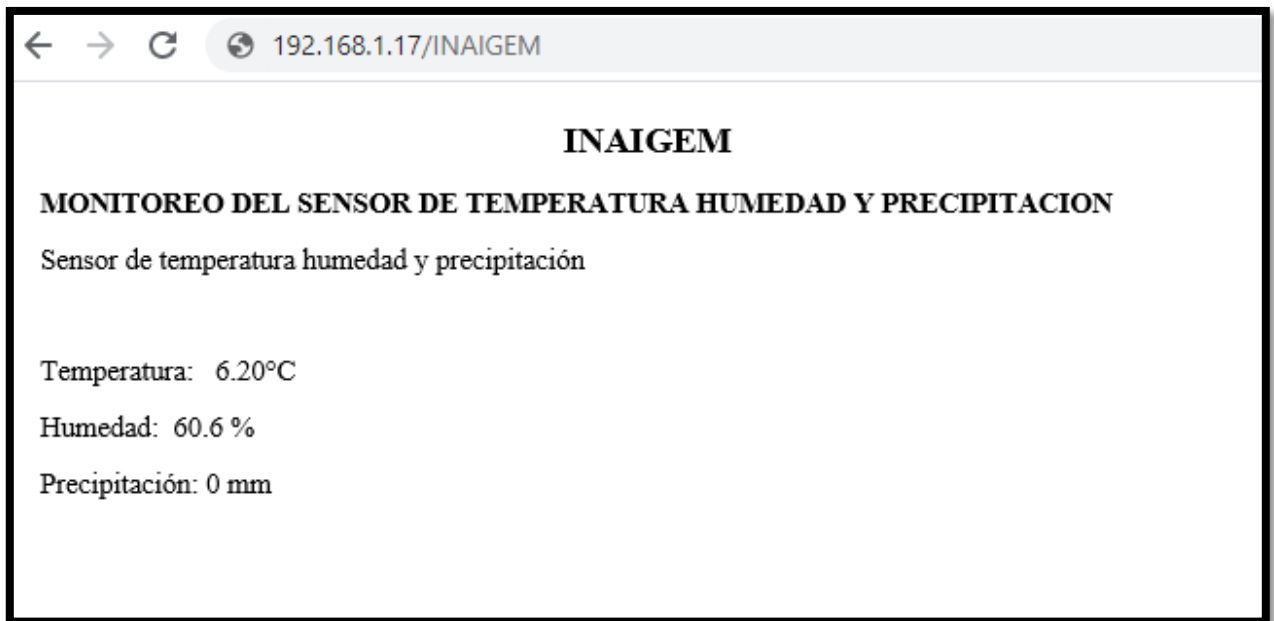


Figura 38. Interfaz gráfica básica del proyecto

Fuente: Elaboración propia

2.3.13. **IMPLEMENTACIÓN**

2.3.13.1. **Implementación del sensor de temperatura**

Para la implementación del sensor de temperatura y humedad se tuvo de armar las 11 campanas concéntricas fijadas por 4 tornillos y aseguradas por tuercas de 1/4" de pulgadas respectivamente, se utilizó 92 tuercas para el armado del protector como se muestra en la figura 39.

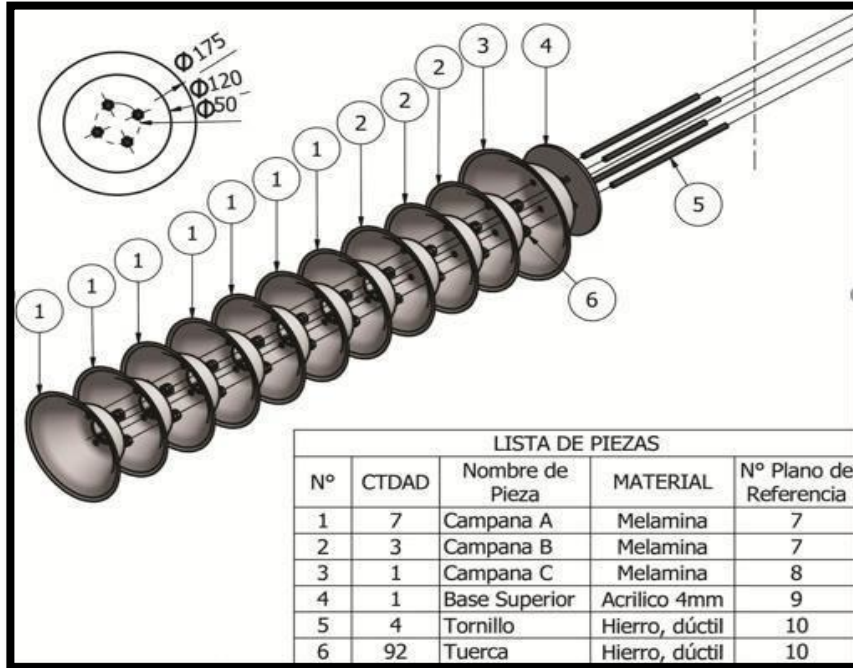


Figura 39. Ensamblaje del protector del sensor de temperatura y humedad

Fuente: Elaboración propia

Luego de ensamblar el protector del sensor de humedad y temperatura se introduce en forma concéntrica la capsula de sensores que contiene los 4 sensores DHT22 y se fijan en el escudo protector mediante 4 tuercas, como se verifica en la figura 40.

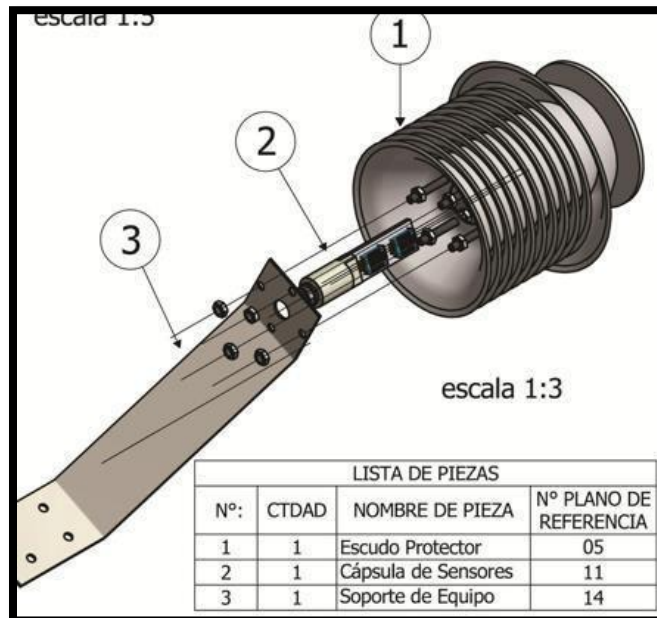


Figura 40. Implementación de la capsula de sensores

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, el equipo de temperatura y humedad ya ensamblado se visualiza de la siguiente figura 41.



Figura 41. Equipo de temperatura y humedad ensamblado
Fuente: Elaboración propia

2.3.13.2. **implementación del pluviómetro**

Para el armado del pluviómetro se tuvo que imprimir las cazoletas para luego colocarlo en el sistema de balancín mediante un tornillo en el eje central del soporte del balancín que es donde se sostiene las cazoletas como se observa en la figura 42.

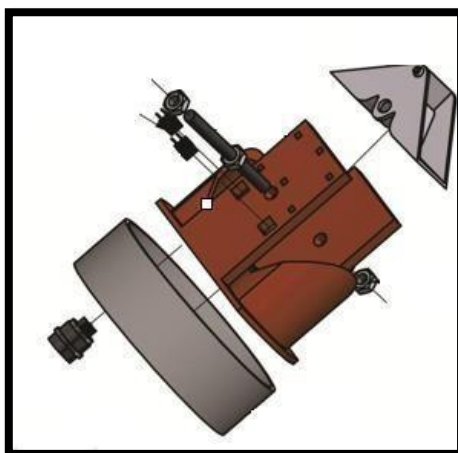


Figura 42. Ensamblaje del sistema de balancín del pluviómetro
Fuente: Elaboración propia

El siguiente paso es de colocar los sensores CNY70 en el soporte de balancín que hay un espacio para la colocación a presión de los sensores, luego se procede a soldar los pines del CNY70 como se muestra en la figura 43 y figura 44

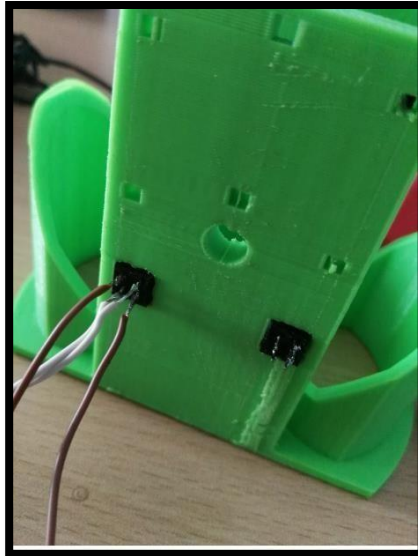


Figura 43. Colocación del CNY70 en el soporte del balancín
Fuente: Elaboración propia

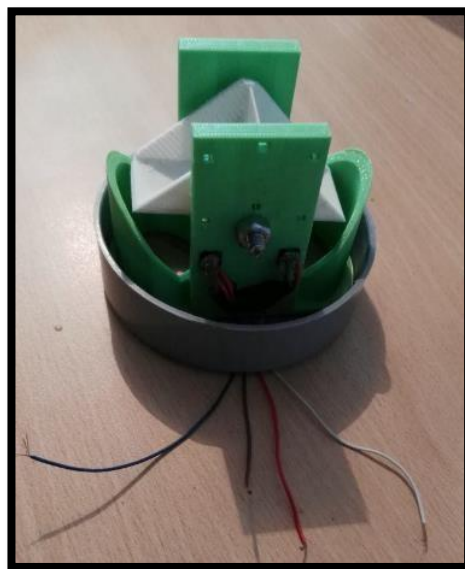


Figura 44. Sensor CNY70 implementado en el sistema de balancín
Fuente: Elaboración propia

Posterior a ello se coloca el soporte del filtro en el cilindro protector del pluviómetro seguido del embudo de plástico y encima el filtro como se muestra en la figura 45.

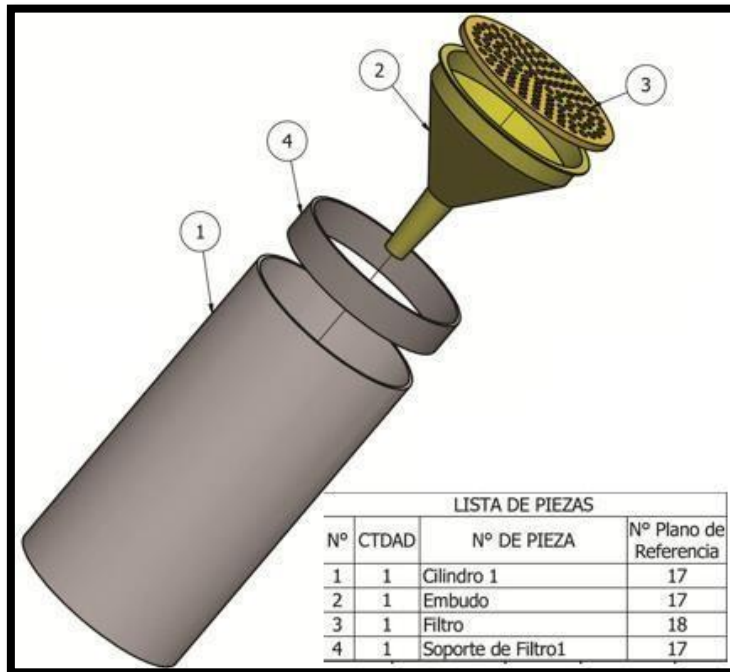


Figura 45. Implementación del embudo y filtro al cilindro protector del pluviómetro.
Fuente: Elaboración propia

Finalmente se acoplo el sistema electro-mecánico con la protección externa del pluviómetro como se muestra en la figura 46.

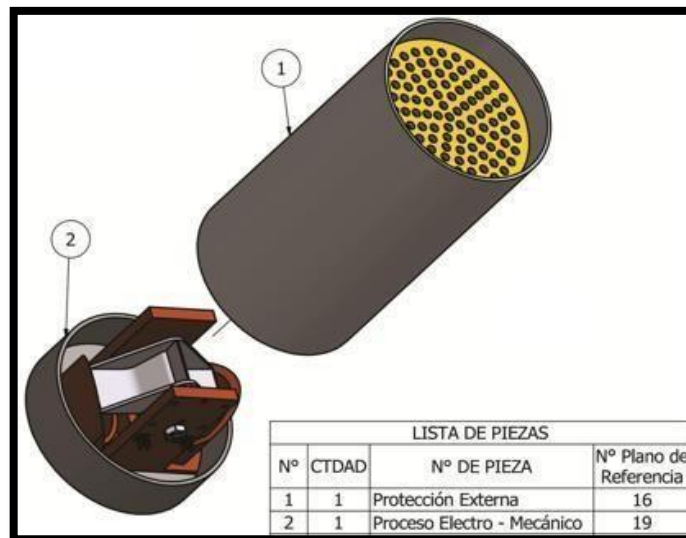


Figura 46. Acople del sistema electro-mecánico a la protección externa del pluviómetro

Fuente: Elaboración propia

En la figura 47 y figura 48, se muestra como que el equipo precipitación(Pluviómetro) quedo terminado.



Figura 47. Equipo de precipitación ensamblado

Fuente: Elaboración propia



Figura 48. Vista inferior del equipo de medición de precipitación

Fuente: Elaboración propia

2.3.13.3. **Implementación de la tarjeta de adquisición de datos**

En la figura 49 se muestra el circuito implementado en el cual está compuesto por el microcontrolador, acondicionamiento de los sensores y conectores al cual iban conectados los sensores mediante un cable de 8 hilos apantallado categoría 6, el modulo regulador de voltaje 5v DC y batería dentro de la caja gabinete impermeable como se muestra en la figura 50.

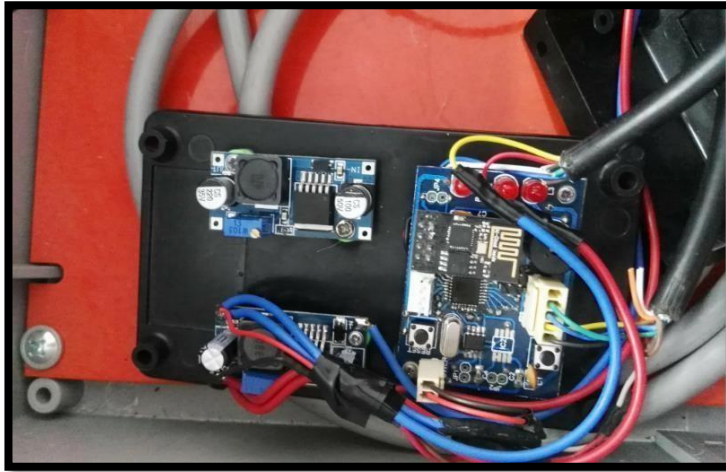


Figura 49. Implementación de la tarjeta de adquisición de datos.
Fuente: Elaboración propia

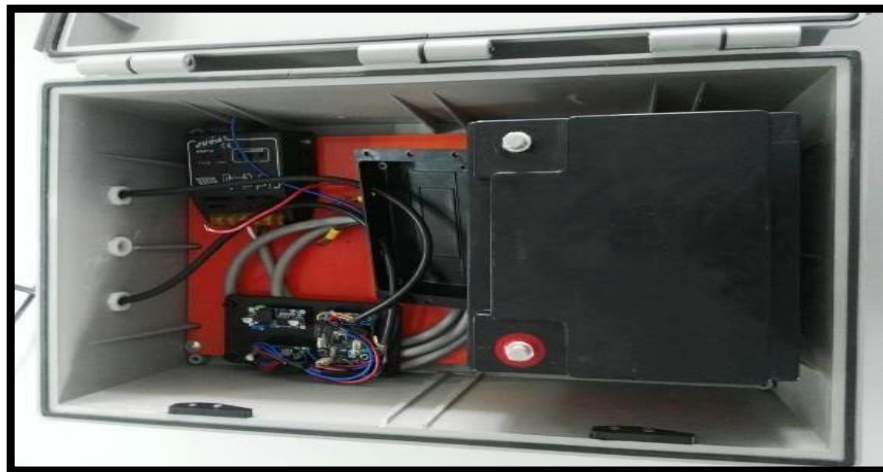


Figura 50. Colocación de batería y tarjeta de adquisición de datos
Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la conexión del equipo de medición de temperatura, humedad y precipitación a la caja gabinete como se verifica en la figura 51 y figura 52.

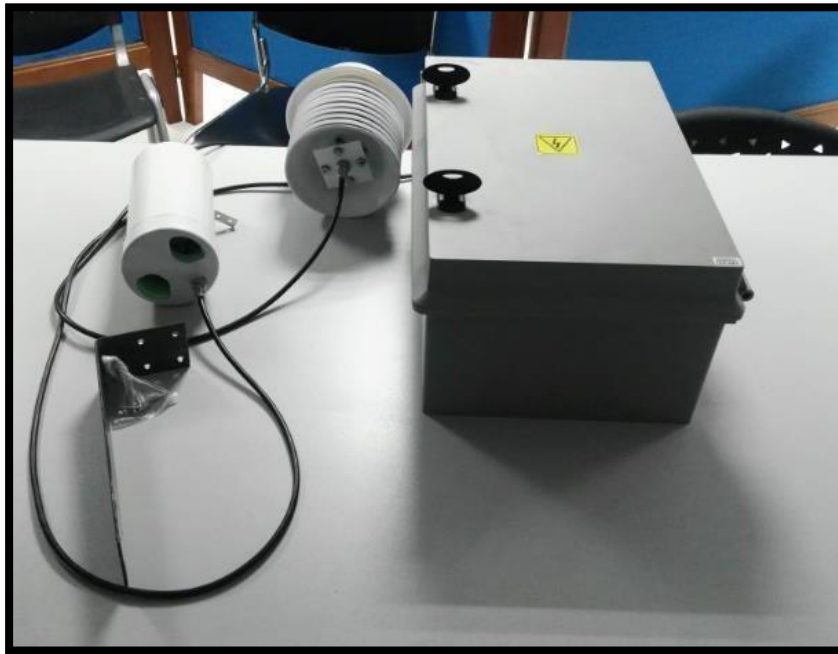


Figura 51. Conexión del equipo de temperatura, humedad y precipitación
Fuente: Elaboración propia



Figura 52. Implementación del equipo de temperatura humedad y precipitación
en Palcacocha.
Fuente: Elaboración propia

2.3.14. PRUEBAS Y TESTEO

2.3.14.1. Testeo del sensor de temperatura y humedad

Para el testeo del sensor humedad y precipitación se realizaron las primeras pruebas en campo previas a la calibración como se muestra en la figura 53 y posterior de la calibración en la figura 54.

Fecha y hora	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	H1 (%)	H2 (%)	H3 (%)	H4 (%)
29/08/2018 10:10:00	4.90	5.00	4.90	4.90	36.30	38.30	37.00	36.50
29/08/2018 10:15:00	4.70	4.60	4.70	4.95	36.90	38.30	37.30	36.50
29/08/2018 10:20:00	4.90	4.70	4.80	4.90	37.10	39.30	36.60	37.50
29/08/2018 10:25:00	5.00	5.00	4.90	4.90	36.20	38.20	36.00	36.80
29/08/2018 10:30:00	5.20	5.00	5.10	5.00	37.30	38.30	37.00	37.10
29/08/2018 10:35:00	4.90	5.00	4.90	4.90	36.30	38.30	37.00	36.50
29/08/2018 10:40:00	4.40	4.70	5.00	4.60	35.30	37.50	36.10	35.80
29/08/2018 10:45:00	4.60	5.00	4.70	4.90	35.30	37.30	36.00	35.50
29/08/2018 10:50:00	4.50	5.10	4.90	4.70	35.00	35.30	34.00	35.10
29/08/2018 10:55:00	4.30	4.50	4.40	4.40	35.30	34.80	34.50	36.50
29/08/2018 11:00:00	5.00	4.90	4.90	4.80	34.30	35.30	34.00	34.50
29/08/2018 11:05:00	5.10	5.20	5.10	5.20	34.30	35.10	35.50	35.50
29/08/2018 11:10:00	4.50	4.80	4.70	4.70	34.20	35.00	36.00	35.10
29/08/2018 11:15:00	4.70	4.90	4.80	4.80	34.00	35.00	35.40	35.50
29/08/2018 11:20:00	4.30	4.50	4.60	4.70	35.00	35.30	35.10	35.50
29/08/2018 11:25:00	4.60	4.80	4.60	4.70	34.00	34.80	35.00	35.10
29/08/2018 11:30:00	5.20	5.00	4.90	4.90	34.30	34.80	34.80	35.00
29/08/2018 11:35:00	4.80	5.00	4.90	4.90	34.50	35.00	35.10	35.10

Figura 53. Testeo de los valores del sensor de temperatura y humedad sin calibrar.

Fuente: Elaboración propia

Fecha y hora	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	H1 (%)	H2 (%)	H3 (%)	H4 (%)	Prom T (°C)	Prom H (%)
29/08/2018 12:25:00	6.90	6.80	6.90	6.90	33.30	33.30	33.40	33.30	6.87	33.32
29/08/2018 12:30:00	6.70	6.70	6.70	6.70	33.50	33.50	33.50	33.40	6.70	33.47
29/08/2018 12:35:00	6.90	6.90	6.90	6.90	34.10	34.10	34.10	34.20	6.90	34.12
29/08/2018 12:40:00	7.00	7.00	6.90	6.90	33.20	33.20	33.10	33.10	6.90	33.15
29/08/2018 12:45:00	7.10	7.00	7.10	7.00	34.30	34.30	34.30	34.30	7.05	34.30
29/08/2018 12:50:00	6.90	7.00	6.90	6.90	34.10	34.00	34.00	34.00	6.92	34.02
29/08/2018 12:55:00	6.40	6.50	6.50	6.40	32.50	33.50	33.50	33.60	6.45	33.27
29/08/2018 13:00:00	6.60	6.80	6.70	6.70	33.00	33.10	33.00	33.10	6.70	33.05
29/08/2018 13:05:00	6.90	6.90	6.90	6.80	32.00	32.10	32.00	32.00	6.87	32.02
29/08/2018 13:10:00	6.40	6.50	6.40	6.40	32.60	32.70	32.50	32.50	6.42	32.57
29/08/2018 13:15:00	7.00	6.90	6.90	6.90	31.50	31.40	31.40	31.50	6.92	31.45
29/08/2018 13:20:00	7.10	7.20	7.10	7.20	32.00	32.10	32.10	32.10	7.15	32.07
29/08/2018 13:25:00	6.70	6.80	6.70	6.70	31.20	32.00	33.00	32.10	6.72	32.07
29/08/2018 13:30:00	6.90	6.80	6.80	6.80	31.00	32.00	32.40	32.50	6.82	31.97
29/08/2018 13:35:00	6.60	6.60	6.60	6.70	32.40	32.40	32.40	32.40	6.62	32.40
29/08/2018 13:40:00	6.70	6.70	6.60	6.70	32.00	32.00	32.00	32.10	6.67	32.02
29/08/2018 13:45:00	7.20	7.10	7.10	7.20	31.30	31.20	31.30	31.30	7.15	31.27
29/08/2018 13:50:00	6.90	7.00	6.90	6.90	32.00	32.10	32.00	32.10	6.92	32.05

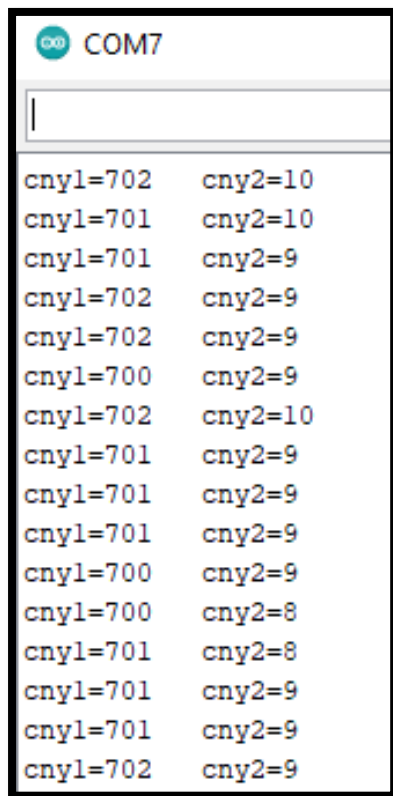
Figura 54. Ajuste del sensor de temperatura y humedad

Fuente: Elaboración propia

2.3.14.2. Testeo del pluviómetro

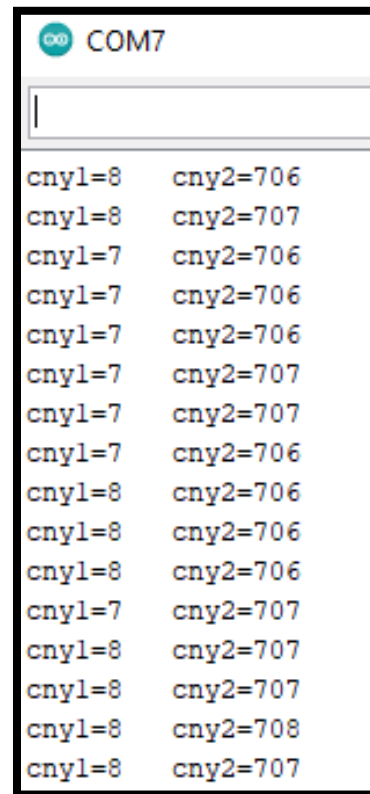
Para el testeo del pluviómetro se tuvo que verificar los valores analógicos máximos y mínimos que envió el sensor cny70, este sensor a través del ADC es capaz de dar un rango de medición de 1024 valores cuando un objeto se encuentre entre 0,5mm a 1cm, pues el canal ADC del microcontrolador Atmega328p es de 10 bits.

La configuración pull-up que se realizó en el cny70 permite al sensor enviar 2 tipos de valores: En el primer caso cuando se encuentre con un objeto el cny1 de color claro envíe valores analógicos altos como se muestra en la figura 55 y el segundo caso cuando se encuentre con un color oscuro y el cny1 envíe valores analógicos bajos como se muestra en la figura 56.



```
COM7
|
|
cny1=702   cny2=10
cny1=701   cny2=10
cny1=701   cny2=9
cny1=702   cny2=9
cny1=702   cny2=9
cny1=700   cny2=9
cny1=702   cny2=10
cny1=701   cny2=9
cny1=701   cny2=9
cny1=701   cny2=9
cny1=700   cny2=9
cny1=700   cny2=8
cny1=701   cny2=8
cny1=701   cny2=9
cny1=701   cny2=9
cny1=702   cny2=9
```

Figura 55 Cny1 con valor alto
Fuente: Elaboración propia



```
COM7
|
|
cny1=8     cny2=706
cny1=8     cny2=707
cny1=7     cny2=706
cny1=7     cny2=706
cny1=7     cny2=706
cny1=7     cny2=707
cny1=7     cny2=707
cny1=7     cny2=706
cny1=8     cny2=706
cny1=8     cny2=706
cny1=8     cny2=706
cny1=7     cny2=707
cny1=8     cny2=707
cny1=8     cny2=707
cny1=8     cny2=708
cny1=8     cny2=707
```

Figura 56. Cny1 con valor bajo
Fuente: Elaboración propia

2.4. RESULTADOS

2.4.1. RESULTADOS DEL SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

Para calibrar al sensor de DHT22, se tuvo que sumar y restar unidades a los datos brindados tanto a la medida de temperatura promedio sumarle 2 y a la humedad restarle 3,5 unidades mediante el programa Arduino como se muestra en la figura 59, para que los datos se aproximen a los datos de la estación meteorológica Campbell.

```
{
delay(1500);
conexionID = Serial.read()-48;

h = dht.readHumidity();t = dht.readTemperature();
h2 = dht2.readHumidity();t2 = dht2.readTemperature();
h3 = dht3.readHumidity();t3 = dht3.readTemperature();
h4 = dht4.readHumidity();t4 = dht4.readTemperature();

t_end=((t+t2+t3+t4)/4)+2;
h_end=((h+h2+h3+h4)/4)-3.5;
```

Figura 59. Calibración del sensor DHT22 mediante un promedio aritmético
Fuente: Elaboración propia

Debido al ajuste realizado se comparó los datos obtenidos del proyecto elaborado con los datos de la estación meteorológica Campbell y se verifica un error relativo para el sensor de temperatura menor al 1% y con respecto al sensor de humedad se verifico se tuvo un error relativo menor al 1.5% como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Comparación de datos del sensor de temperatura y humedad - setiembre 2018.

Fecha	Equipo Palcacocha		Estacion Campbell			
	Temp C° prom	Hum% prom	Temp C°	Hum%	%Error temp	% Error Hum
3/09/2018 10:15	8.30	13.10	8.35	13.26	0.60	1.21
3/09/2018 10:20	8.00	12.85	8.00	12.97	0.00	0.93
3/09/2018 10:25	8.25	13.00	8.21	12.93	0.49	0.54
3/09/2018 10:30	7.55	13.00	7.62	12.90	0.92	0.78
3/09/2018 10:35	7.35	13.50	7.41	13.43	0.81	0.72
3/09/2018 10:40	8.10	14.50	8.03	14.70	0.87	1.36
3/09/2018 10:45	8.25	13.50	8.21	13.56	0.49	0.44
3/09/2018 10:50	8.50	14.20	8.54	14.27	0.47	0.49
3/09/2018 10:55	8.55	14.35	8.62	14.23	0.81	0.84
3/09/2018 11:00	8.65	14.45	8.61	14.33	0.46	0.84
3/09/2018 11:05	8.70	14.10	8.66	14.17	0.46	0.49
3/09/2018 11:10	8.75	13.50	8.69	13.58	0.69	0.59
3/09/2018 11:15	8.50	13.00	8.56	13.12	0.70	0.91
3/09/2018 11:20	8.75	13.10	8.71	13.26	0.46	1.21
3/09/2018 11:25	8.75	13.20	8.80	13.36	0.57	1.20
3/09/2018 11:30	8.90	14.20	8.85	14.36	0.56	1.11

Nota. Elaboración propia.

2.4.1.1. **Análisis de correlación de la temperatura**

Para el análisis de la correlación de la temperatura se realizó la prueba de hipótesis donde

se sabe que:

$$H_0: \rho = 0 \text{ (No existe una correlación lineal)}$$

$$H_1: \rho \neq 0 \text{ (Existe una correlación lineal)}$$

Para ello se usó el estadístico de prueba “t” y se necesita conocer la correlación de las temperaturas del equipo de Palcacocha y la estación Campbell como se verifica en la tabla 5.

De la tabla mencionada se obtiene como resultado que el:

Estadístico de prueba (t) > valor crítico,
32.09419 > 2.144786688

Decisión: Se debe rechazar la hipótesis nula

Conclusión: Existe evidencia estadística suficiente para concluir que el coeficiente de correlación es diferente de 0, por lo tanto, existe correlación lineal.

Tabla 5: Correlación de la temperatura

	Temp Palcacocha	Temp Campbell
Media	8.365625	8.366875
Varianza	0.19490625	0.179369583
Desviación estándar	0.44148188	0.423520464
Covarianza	0.174111328	
Coefficiente de correlación	0.993272632	
n	16	
grados de libertad	14	
nivel de significancia	0.05	
valor crítico	2.144786688	
Estadístico de prueba (t)	32.09419	

Nota: Elaboración propia

Se verifica en la figura 60 que la correlación de la temperatura del equipo Palcacocha y la estación Campbell tienen una correlación fuerte directa.

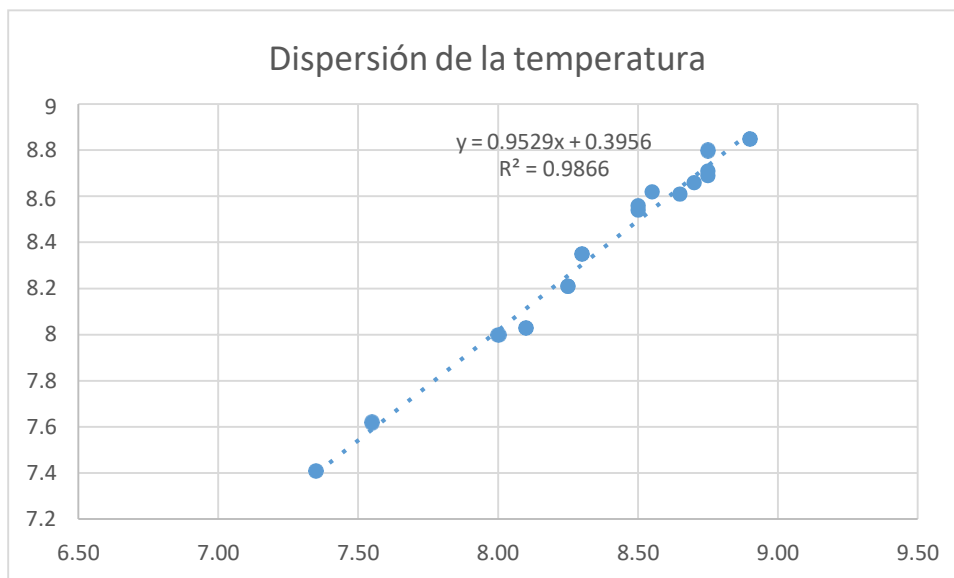


Figura 60: Dispersión de la Temperatura
Fuente: Elaboración propia

2.4.1.2. **Análisis de la correlación de la Humedad**

Para el análisis de la correlación de la humedad se realizó la prueba de hipótesis donde se sabe que:

$$H_0: \rho = 0 \text{ (No existe una correlación lineal)}$$

$$H_1: \rho \neq 0 \text{ (Existe una correlación lineal)}$$

Para ello se usó el estadístico de prueba “t” y se necesita conocer la correlación de la humedad del equipo de Palcacocha y la estación Campbell como se verifica en la tabla 6.

De la tabla mencionada se obtiene como resultado que el:

Estadístico de prueba (t) > valor crítico, $19.565125 > 2.144786688$

Decisión: Se debe rechazar la hipótesis nula

Conclusión: Existe evidencia estadística suficiente para concluir que el coeficiente de correlación es diferente de 0, por lo tanto, existe correlación lineal.

Tabla 6: Correlación de la Humedad

	Hum Palcacocha	Hum Campbell
Media	13.596875	13.651875
Varianza	0.359822917	0.355602917
Desviación estándar	0.599852412	0.596324506
Covarianza	0.329380859	
Coefficiente de correlación	0.982200193	
n	16	
grados de libertad	14	
nivel de significancia	0.05	
valor critico	2.144786688	
Estadístico de prueba (t)	19.565125	

Nota. Elaboración propia

Se verifica en la figura 61 que la correlación de la humedad del equipo Palcacocha y la estación Campbell tienen una correlación fuerte directa.

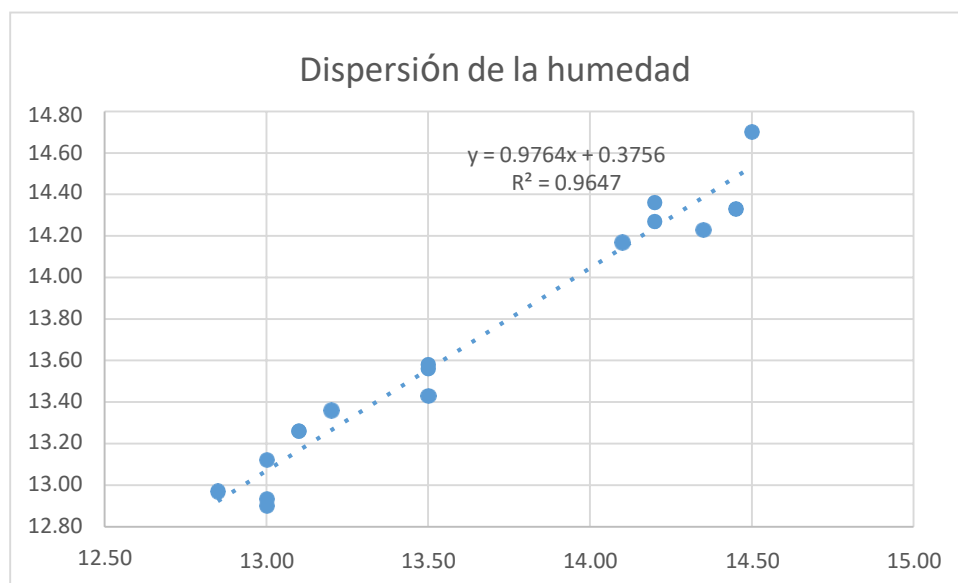


Figura 61. Dispersión de la humedad

Fuente: Elaboración propia

2.4.2. RESULTADOS DEL SENSOR DE PRECIPITACIÓN (PLUVIÓMETRO)

Para el resultado del pluviómetro se tiene que por cada volcada de la cazoleta en el balancín el sensor cny70 envía una señal digital S1, el pluviómetro enviara 1 lógico y se sumara mediante un contador cada volcada de la cazoleta que almacena 0.25 mm, el registro acumulado por día se muestra en la tabla 5.

Tabla 7. Comparación de datos del pluviómetro Campbell - Palcacocha

Dias	Equipo Palcacocha	N° de volcadas	Estacion Campbell	N° de volcadas Campbell		
	Pluviometro (mm)	Resolución 0.25mm	Pluviometro (mm)	Resolución 0.20mm	% Error pluv	%Error volcada
13/09/2018	0	0	0	0	0	0
14/09/2018	0	0	0	0	0	0
15/09/2018	0	0	0	0	0	0
16/09/2018	5.75	23	5.80	29	0.86	20.69
17/09/2018	3.75	15	3.80	19	1.32	21.05
18/09/2018	2.50	10	2.60	13	3.85	23.08
19/09/2018	1.75	7	1.80	9	2.78	22.22
20/09/2018	0	0	0	0	0	0
21/09/2018	0	0	0	0	0	0
22/09/2018	0	0	0	0	0	0
23/09/2018	1.75	7	1.80	9	2.78	22.22
24/09/2018	0	0	0	0	0	0
25/09/2018	0	0	0	0	0	0
26/09/2018	4.50	18	4.60	23	2.17	21.74
27/09/2018	5.75	23	5.80	29	0.86	20.69
28/09/2018	0	0	0.20	1	100	100
29/09/2018	0	0	0	0	0	0
30/09/2018	1.75	7	1.80	9	2.78	22.22

Notas. Elaboración propia.

En la figura 62 se muestra los datos obtenidos por la estación meteorológica Campbell que se encuentra instalado al lado del presente proyecto realizado, los datos extraídos son del mes de (Setiembre-octubre 2018) y se verifica que los datos del proyecto realizado se acercan a los de la gráfica, como se verifica del día 16 hasta el día 30 de Setiembre se presentó precipitaciones tal.

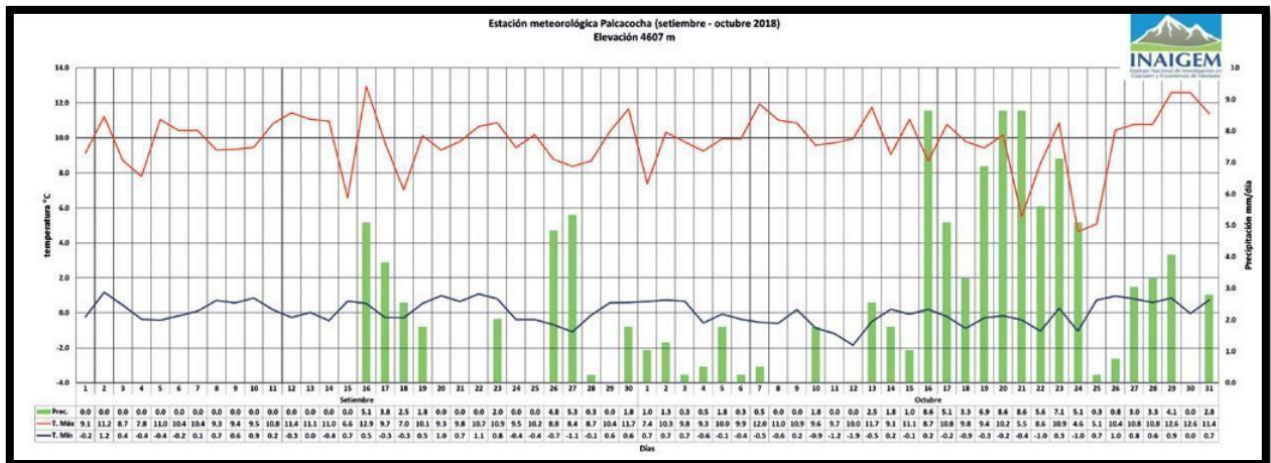


Figura 62. Datos de la estación Campbell durante el mes de Setiembre-Octubre 2018
Fuente: Boletín hidrometeorológico N°17- INAIGEM

2.4.2.1. **Análisis de correlación de la precipitación**

Para el análisis de la correlación de la precipitación se realizó la prueba de hipótesis donde se sabe que:

$$H_0: \rho = 0 \text{ (No existe una correlación lineal)}$$

$$H_1: \rho \neq 0 \text{ (Existe una correlación lineal)}$$

Para ello se usó el estadístico de prueba "t" y se necesita conocer la correlación de la precipitación del equipo de Palcacocha y la estación Campbell como se verifica en la tabla 8.

De la tabla mencionada se obtiene como resultado que el: Estadístico de prueba (t) > valor crítico, $158.3780394 > 2.119905299$

Decisión: Se debe rechazar la hipótesis nula

Conclusión: Existe evidencia estadística suficiente para concluir que el coeficiente de correlación es diferente de 0, por lo tanto, existe correlación lineal.

Tabla 8: Correlación de la Precipitación

	Pluv Palcacocha	Pluv Campbell
Media	1.527777778	1.566666667
Varianza	4.344771242	4.424705882
Desviación estandar	2.084411486	2.103498486
Covarianza	4.139814815	
Coefficiente de correlación	0.99972105	
n	18	
grados de libertad	16	
nivel de significancia	0.05	
valor critico	2.119905299	
Estadístico de prueba (t)	158.3780394	

Nota. Elaboración propia

2.4.3. **COSTO**

El proyecto tuvo un costo para el equipo de temperatura humedad y precipitación para poder replicar el proyecto en los diferentes nevados de la cordillera blanca que se encuentran en estudio, en base a ello se muestra en presupuesto brindado por el INAIGEM el cual se distribuyó como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9. Costo de proyecto

Elemento	Cantidad	Precio unit (soles)	Precio total (soles)
Atmega328p	1	10	10
Esp8266	1	20	20
modulo SD card	1	12	12
DS3231	1	13	13
Led	10	0.2	2
Resistencia	18	0.2	3.6
Tuerca 1/4"	100	0.1	10
Tornillo 1/4" 1m	2	5	10
cables varios	2	1	2
Espadines hembra - macho	4	2	8
DTH22	4	20	80
Conector eurodim 8 pin	2	3.5	7
Conector eurodim 6 pin	2	3.5	7
Conectores para placa	4	1	4
Impresión 3D	1	65	65
Bacteria	1	60	60
panel solar	1	250	250
Placa fibra de vidrio	1	30	30
Cny70	2	2	4
plato melamine	12	2	24
PLA	1	60	60
tubo 4"	1	5	5
Embudo plastico	1	1.5	1.5
Cable utp apantallado 1m	6	2.8	16.8
conector hermetico	2	2.5	5
caja gabinete hermetico	1	180	180
pasajes bus ida y vuelta	3	120	360
hospedaje por dia	10	50	500
alimentacion por dia	10	25	250
Mano de obra	1	3000	3000
		TOTAL	4999.9

3. CONCLUSIONES

1. En el presente trabajo se diseñó e implementó un equipo de medición de temperatura, humedad y precipitación para el monitoreo del nevado Palcacocha mediante IOT usando dispositivos y materiales de bajo costo, como el uso del Atmega328p y el modulo WIFI ESP8266 que se usó para él envió de datos de temperatura, humedad y precipitación de forma inalámbrica cada 5 minutos al servidor creado en el ESP8266 y que se muestra en la red WIFI de INAIGEM.
2. Se diseñó un equipo de medición de temperatura, humedad y precipitación para ello fue necesario del software inventor para la creación de piezas en 3D para el ensamblaje previo a su construcción, también se usó el software Autodesk Eagle Fusión 360 para el diseño de la placa electrónica del sistema de monitoreo que enviaba datos de forma inalámbrica.
3. Se Implementó un equipo de medición de temperatura, humedad y precipitación en el nevado de Palcacocha, para ello se tuvo de soldar los componentes electrónicos en la placa del sistema de monitoreo, armar el equipo de temperatura humedad y precipitación con sus respectivos protectores externos, en el caso del pluviómetro acoplar el sistema electro-mecánico.
4. Se Testeo y calibró un equipo de medición de temperatura, humedad y precipitación mediante el software de Arduino, se testeó los valores de temperatura y humedad del DHT22 y se calibró con los datos de la estación meteorológica Campbell mediante la suma de 2 unidades al promedio de temperatura y restándole 3.5 al promedio de humedad del DHT22. Para los datos de precipitación se tuvo que convertir datos analógicos a digital mediante un valor umbral en programación para visualizar los datos en milímetros.

4. RECOMENDACIONES

Culminado el presente trabajo y en función de los resultados obtenidos se formulan algunas sugerencias, esto con la finalidad de aumentar el conocimiento y aportar ideas a futuros trabajos en el área de meteorología, por ello se hace llegar las siguientes recomendaciones:

- Para una mejor adquisición de datos de temperatura se recomienda usar un sensor que tenga una menor resolución menor o igual que 0.1°C
- Para la construcción de un pluviómetro se debe tener en cuenta la resolución que almacena cada cazoleta debe ser menor o igual a 2mm.
- Se recomienda usar switch magnético y un imán para el conteo de precipitación en un pluviómetro, en el caso del presente trabajo no se usó debido a la precisión de la construcción y la distancia que deben estar separados el switch magnético y el imán de 2mm a 3mm.
- Para un correcto calibrado de un pluviómetro se debe realizar mediciones de tiempo de respuesta y error de basculación a 5 diferentes intensidades de precipitación según la Organización Mundial de Meteorología.
- Para una interfaz amigable y didáctica se recomienda usar aplicativos IOT como por ejemplo Cayenne y thingspeak que nos brindan un servidor donde se almacenan los datos y generan gráficas para su mejor entendimiento.

BIBLIOGRAFIA

FERNANDO ALONSO LEÓN MÁRQUEZ (2013) Sistema Automático de Monitoreo de Mercurio en Tiempo Real en aguas aledañas a Explotaciones Mineras y Petroleras usando una plataforma IoT. Tesis para optar el Título de Ingeniero Mecatrónico. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ, Lima, Perú.

Lis Mariela Villanueva Blas(2014); diseño e implementación de un equipo de metrología para el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos y eólicos. Tesis para optar el grado de Ingeniero Electrónico, PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ, Lima, Perú.

1942 La tragedia, en 13 de Diciembre de 1941: crónicas completas de la tragedia, Justo Fernández Cuenca, [s/p] 21-34. Huaraz, Editorial Perú Libre.

Darko Gabriel de Jesús Malasquez Huayapa(2018), IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO ELÉCTRICO Y FLUVIAL BASADO EN TECNOLOGÍA GSM PARA UNA MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA , Tesis para optar el Título de Ingeniero Electrónico, PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ, Lima, Perú.

Estalín Jhordy Encarnacion Nuñez(2018) Diseño de un sistema de seguridad basado en microcontrolador PIC para la central hidroeléctrica en el centro poblado Rapaz, Tesis para optar el Título de Ingeniero Electrónico, UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN, HUACHO, PERU.

Miguel Angel Bonilla Vergara(2014)diseño e implementación de un prototipo inalámbrico utilizando el estándar IEEE 802.15.4"zigbee" para el monitoreo y adquisición de datos de los sensores meteorológicos del inamhi, proyecto previo a la obtención del título de ingeniero en electrónico y telecomunicaciones ESCUELA POLITECNICA NACIONAL, ECUADOR

Fabián Ricardo Montenegro Solís(2006), Sistema electrónico inalámbrico para la recolección y almacenamiento de datos de telemetría, con un alcance de 15 Km y alimentación independiente de la red eléctrica, para la estación meteorológica Plástico de la estación biológica La Selva. VInstituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, costa rica.

Higuera Astudillo, Luis Alberto (2019), Diseño de una tarjeta de desarrollo con ESP8266 orientada a wireless y microcontroladores para IoT , Componente práctico

del examen complejo previo a la obtención del grado de INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL, Guayaquil, Ecuador.

J. S. Carranco, F. D. Salgado, C. Sellers and H. Torres, "Comparative analysis of meteorological monitoring using an integrated low-cost environmental unit based on the Internet of Things (IoT) with an Automatic Meteorological Station (AWS)," *2017 IEEE Second Ecuador Technical Chapters Meeting (ETCM)*, Salinas, 2017, pp. 1-6, doi: 10.1109/ETCM.2017.8247466.

Y. Mittal, A. Mittal, D. Bhateja, K. Parmaar y VK Mittal, "*Correlation between Environmental parameters using an Smart Weather Station System en línea*", *Conferencia Anual IEEE India 2015 (INDICON)* , Nueva Delhi, 2015, págs. -6, doi: 10.1109 / INDICON.2015.7443621.

R. C. Brito, F. Favarim, G. Calin and E. Todt, "*Development of a low cost weather station using free hardware and software*," 2017 Latin American Robotics Symposium (LARS) and 2017 Brazilian Symposium on Robotics (SBR), Curitiba, 2017, pp. 1-6, doi: 10.1109/SBR-LARS-R.2017.8215292.

M. Kusriyanto and A. A. Putra, "*Weather Station Design Using IoT Platform Based On Arduino Mega*," 2018 *International Symposium on Electronics and Smart Devices (ISESD)*, Bandung, 2018, pp. 1-4, doi: 10.1109/ISESD.2018.8605456.

I. Novianty, A. Ferdika, W. Sholihah, R. Siskandar e IP Sari, "*Design of Portable Weather Station Using MQTT Protocol*", 2019 *2nd International Conference of Computer and Informatics Engineering (IC2IE)* , Banyuwangi, Indonesia, 2019, págs. 199-202, doi: 10.1109 / IC2IE47452.2019.8940893.

T. S. Kumar and P. Jangid, "*Design and development of weather station for the 3.6 m Devasthal Optical Telescope*," 2018 *3rd International Conference On Internet of Things: Smart Innovation and Usages (IoT-SIU)*, Bhimtal, 2018, pp. 1-5, doi: 10.1109/IoT-SIU.2018.8519924.

S. Halder and G. Sivakumar, "*Embedded based remote monitoring station for live streaming of temperature and humidity*," 2017 *International Conference on Electrical, Electronics, Communication, Computer, and Optimization Techniques (ICEECCOT)*, Mysuru, 2017, pp. 284-287, doi: 10.1109/ICEECCOT.2017.8284683.

H. Üçgün and Z. K. Kaplan, "*Arduino based weather forecasting station*," 2017 *International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK)*, Antalya,

2017, pp. 972-977, doi: 10.1109/UBMK.2017.8093397.

R. K. Kodali and A. Sahu, "An IoT based weather information prototype using WeMos," 2016 2nd International Conference on Contemporary Computing and Informatics (IC3I), Noida, 2016, pp. 612-616, doi: 10.1109/IC3I.2016.7918036.

M. S. Khan, H. Sharma and A. Haque, "IoT Enabled Real-Time Energy Monitoring for Photovoltaic Systems," 2019 International Conference on Machine Learning, Big Data, Cloud and Parallel Computing (COMITCon), Faridabad, India, 2019, pp. 323-327, doi: 10.1109/COMITCon.2019.8862246.

R. K. M. Math and N. V. Dharwadkar, "IoT Based Low-cost Weather Station and Monitoring System for Precision Agriculture in India," *2018 2nd International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC)**I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC), 2018 2nd International Conference on*, Palladam, India, 2018, pp. 81-86, doi: 10.1109/I-SMAC.2018.8653749.

S. Adhya, D. Saha, A. Das, J. Jana and H. Saha, "An IoT based smart solar photovoltaic remote monitoring and control unit," 2016 2nd International Conference on Control, Instrumentation, Energy & Communication (CIEC), Kolkata, 2016, pp. 432-436, doi: 10.1109/CIEC.2016.7513793.

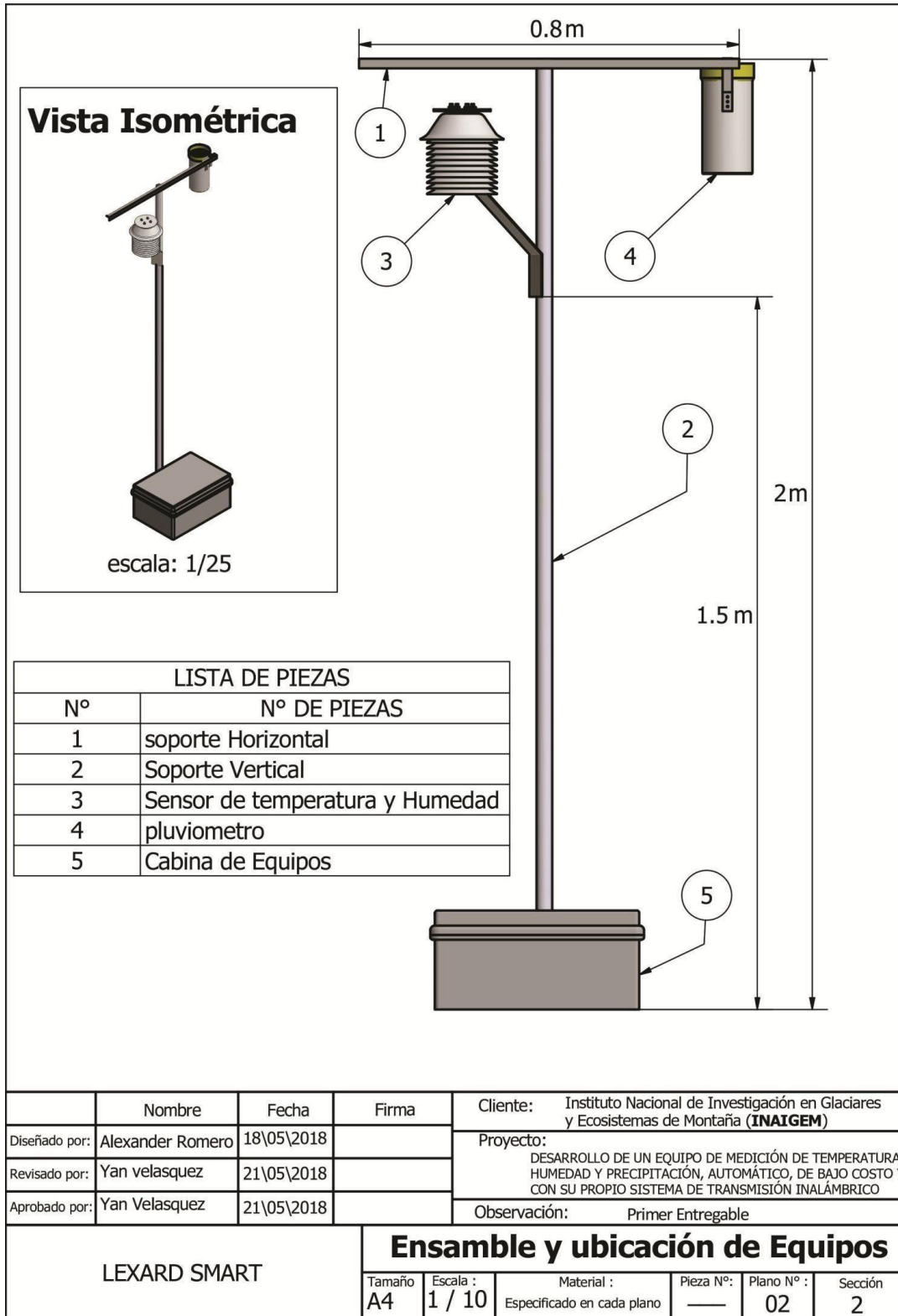
ANEXOS

**ANEXOS A:
LEYENDA DE PLANOS**

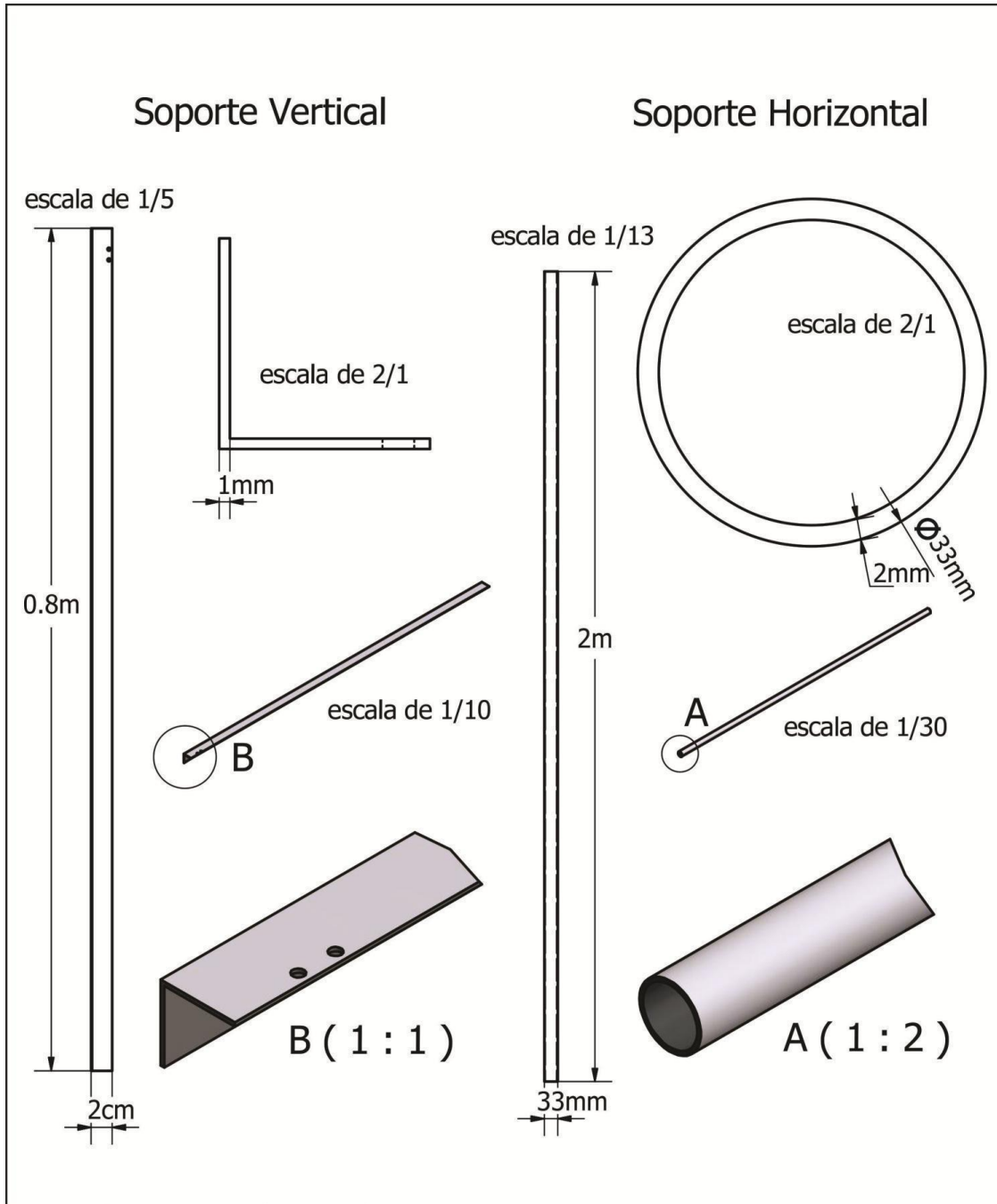
Leyenda de planos		
Numero de Plano	Descripción	Sección
01	Leyenda de Planos	-
02	Ensamble y Ubicacion de Equipos	2
03	Soporte Vertical y Horizontal	2.1
04	Sensor de temperatura y Humedad	2.2
05	Protector del sensor	2.2.1
06	campana A y B matriz	2.2.1.1
07	campana A y B	2.2.1.1.1.
08	Campana C y matriz	2.2.1.2
09	Tapa Superior	2.2.1.3
10	Tornillos y Tuerca	2.2.1.4
11	Cápsula de Sensores	2.2.2
12	conector y Sensor DHT22	2.2.2.1
13	Cilindro base y soporte de sensores	2.2.2.2
14	Soporte de Equipo	2.2.3
15	Sensor de Precipitación (PLuviometro)	2.3
16	proteccion externa	2.3.1
17	cilindro 1, soporte de filtro y filtro	2.3.1.1
18	embudo	2.3.1.2
19	proceso electro - mecánico	2.3.2
20	base del balancin	2.3.2.1
21	cazoletas tapa base	2.3.2.2
22	tornillo central y tuerca	2.3.2.3
23	sensor optico CNY70 y conector	2.3.2.4
24	Soporte	2.3.2.5

	Nombre	Fecha	Firma	Cliente: Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM)	
Disexado por:	Alexander Romero	09/06/2018		Proyecto: DESARROLLO DE UN EQUIPO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA, HUMEDAD Y PRECIPITACIÓN, AUTOMÁTICO, DE BAJO COSTO Y CON SU PROPIO SISTEMA DE TRANSMISIÓN INALÁMBRICO	
Revisado por:	Yan velasquez	10/06/2018			
Aprobado por:	Yan Velasquez				
				Observación: Primer Entregable	
LEXARD SMART			LEYENDA DE PLANOS		
			Tamaño A4	Escala : —	Material : —

ANEXOS B: ENSAMBLAJE Y UBICACIÓN DE EQUIPOS

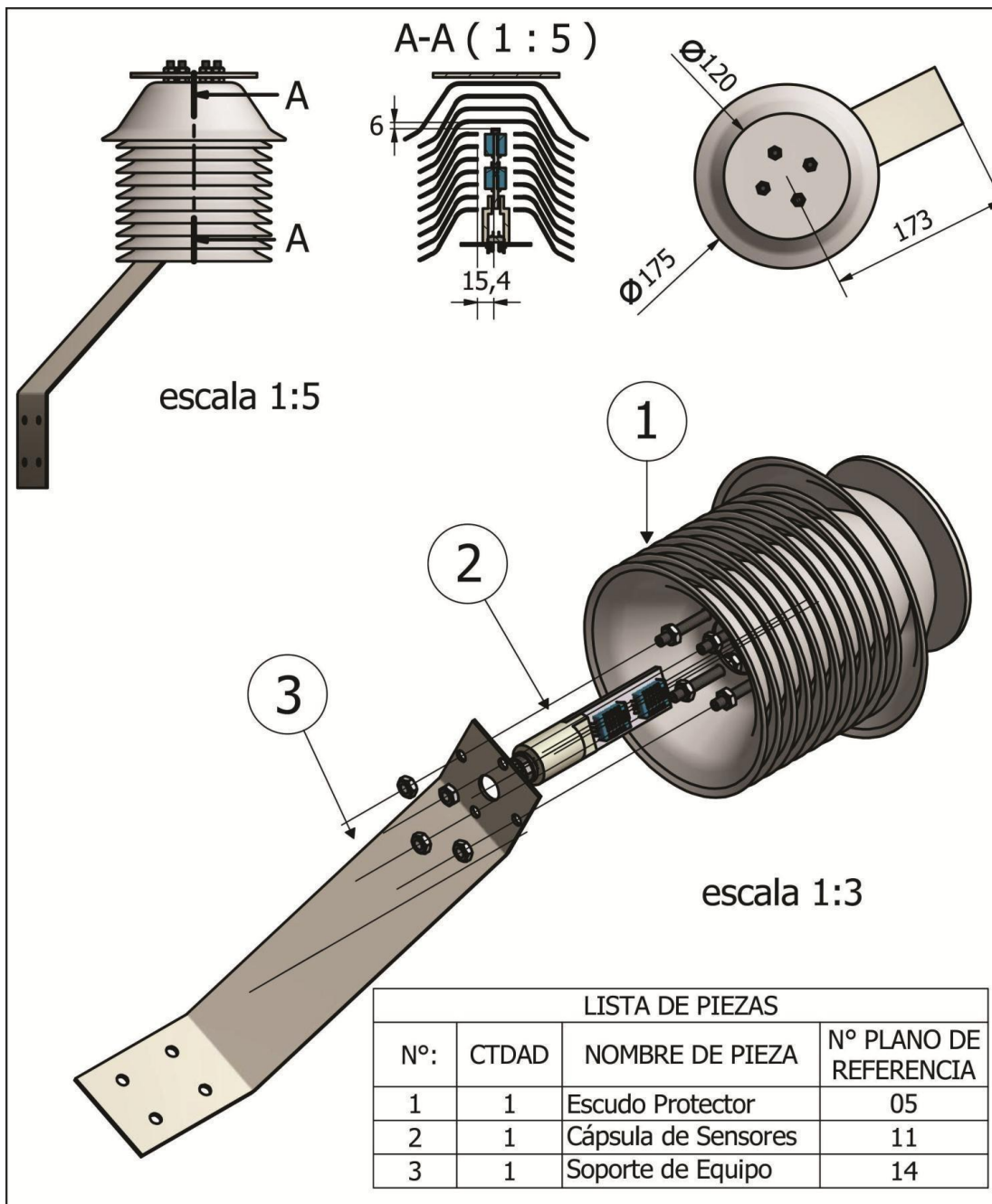


ANEXOS C:
SOPORTE VERTICAL Y HORIZONTAL



	Nombre	Fecha	Firma	Cliente:	Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM)	
Diseñado por:	Alexander Romero	18/05/2018		Proyecto:	DESARROLLO DE UN EQUIPO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA, HUMEDAD Y PRECIPITACIÓN, AUTOMÁTICO, DE BAJO COSTO Y CON SU PROPIO SISTEMA DE TRANSMISIÓN INALÁMBRICO	
Revisado por:	Yan velasquez	21/05/2018		Observación:	Primer Entregable	
Aprobado por:	Yan Velasquez	21/05/2018				
LEXARD SMART				Soporte Vertical y Horizontal		
				Tamaño A4	Escala : Especificado	Material : Metálico

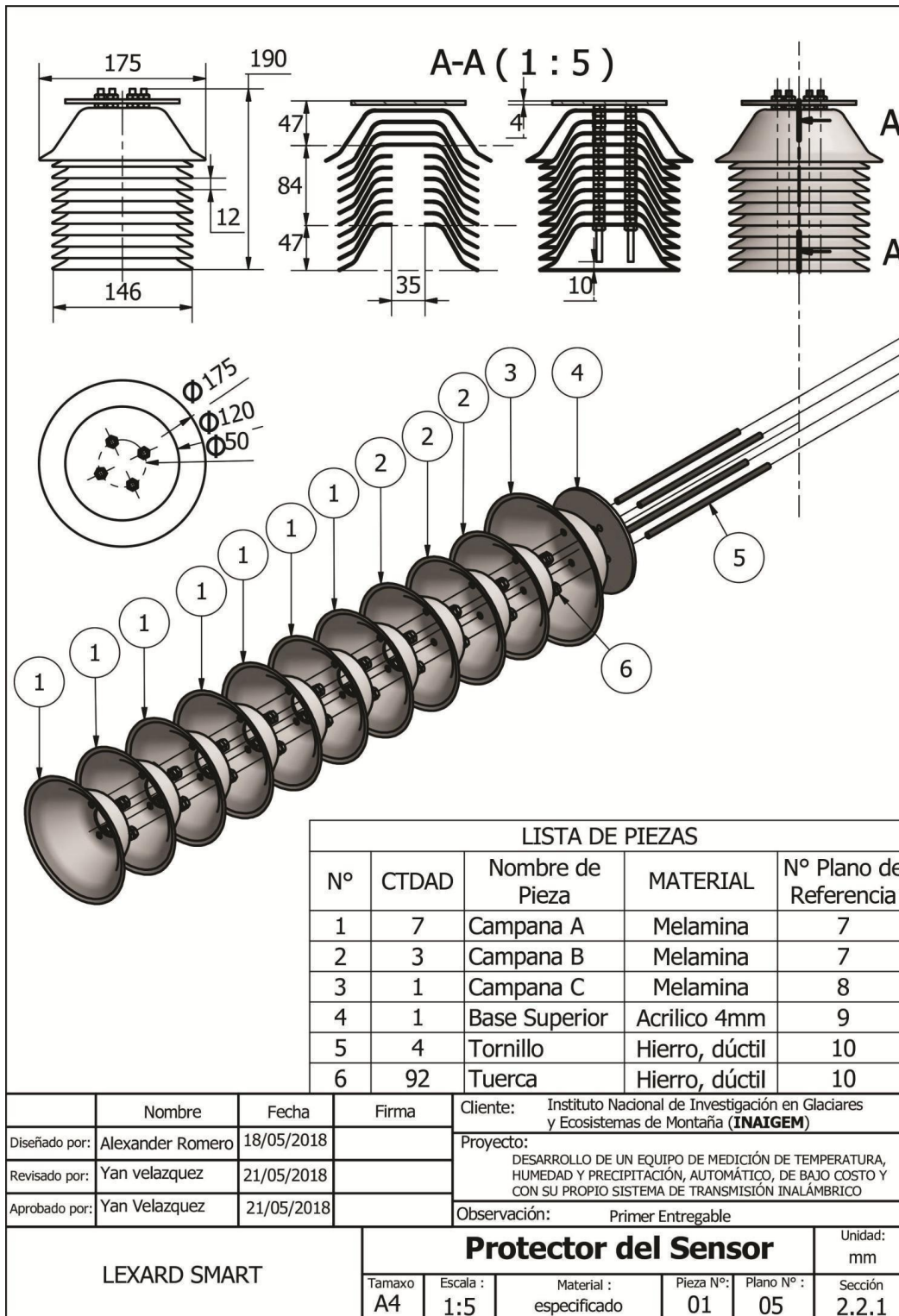
ANEXOS D:
SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD



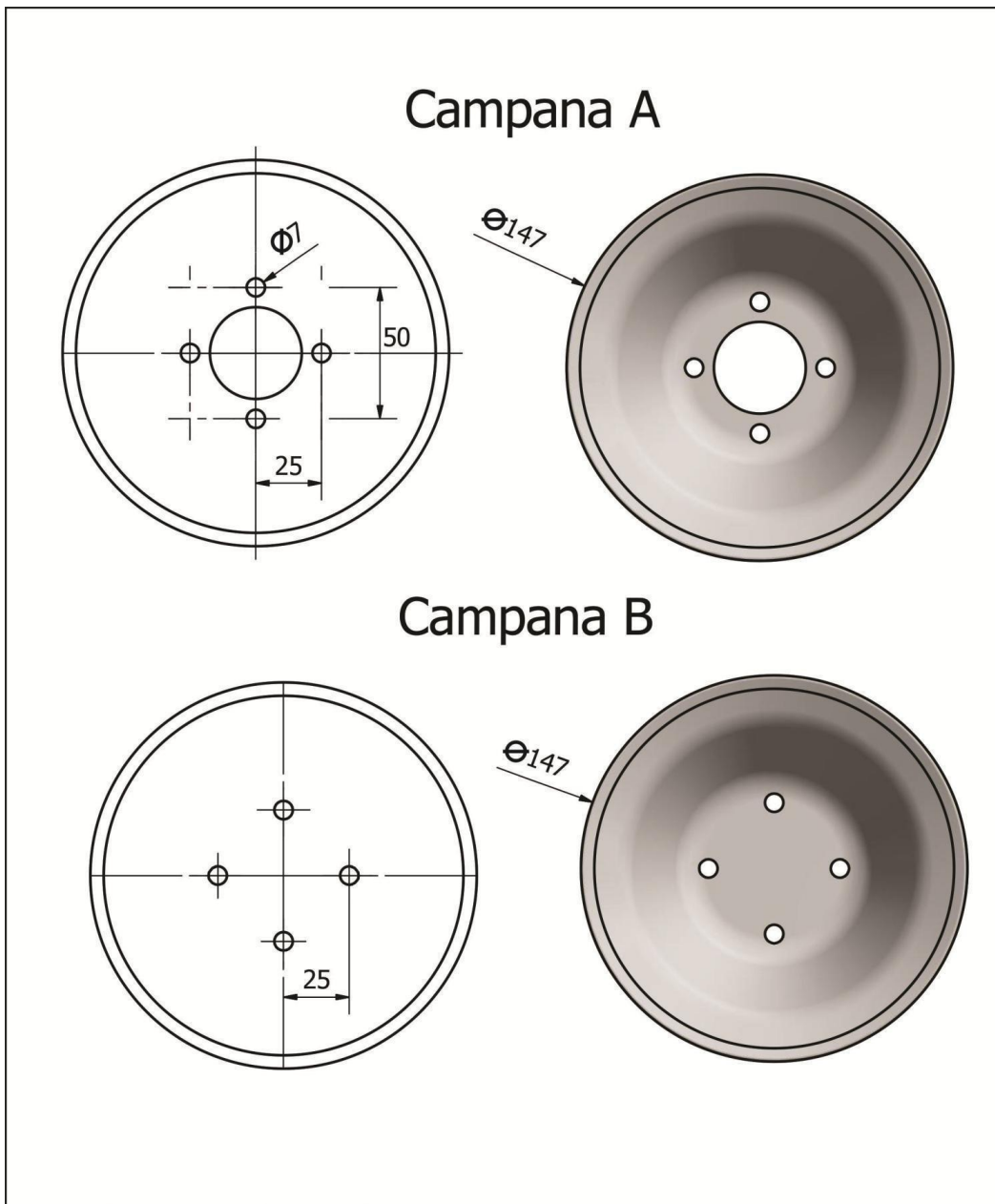
LISTA DE PIEZAS			
Nº:	CTDAD	NOMBRE DE PIEZA	Nº PLANO DE REFERENCIA
1	1	Escudo Protector	05
2	1	Cápsula de Sensores	11
3	1	Soporte de Equipo	14

	Nombre	Fecha	Firma	Cliente:	Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM)	
Diseñado por:	Alexander Romero	18/05/2018		Proyecto:	DESARROLLO DE UN EQUIPO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA, HUMEDAD Y PRECIPITACIÓN, AUTOMÁTICO, DE BAJO COSTO Y CON SU PROPIO SISTEMA DE TRANSMISIÓN INALÁMBRICO	
Revisado por:	Yan velazquez	21/05/2018		Observación:	Primer Entregable	
Aprobado por:	Yan Velazquez	21/05/2018				
LEXARD SMART				Sensor de Temperatura y Humedad		Unidad: mm
				Tamaño A4	Escala : especificado	Material : especificado

ANEXOS E:
PROTECTOR DEL SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

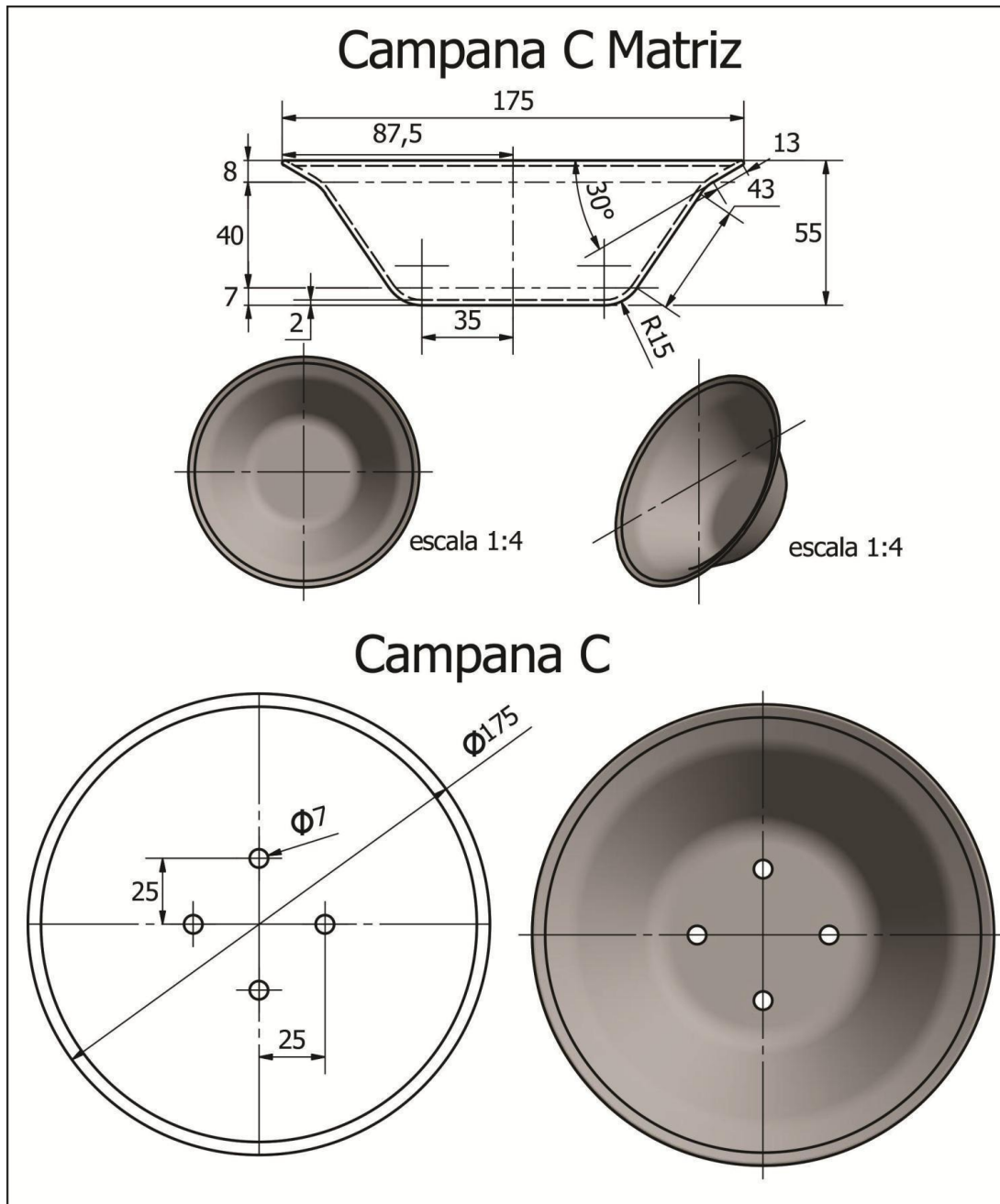


ANEXOS F:
DISEÑO DE CAMPANA A Y B



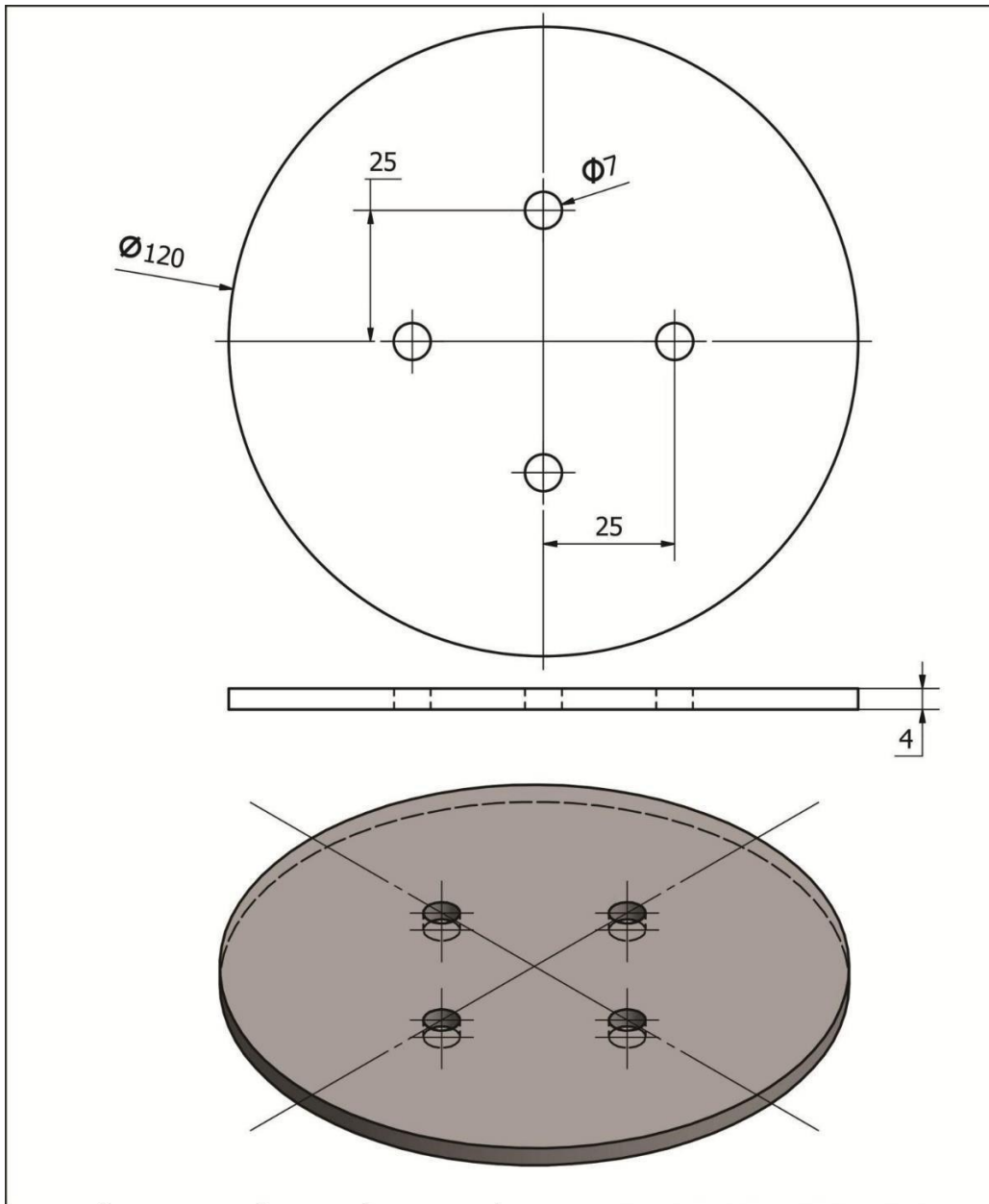
	Nombre	Fecha	Firma	Cliente:	Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM)				
Diseñado por:	Alexander Romero	18/05/2018		Proyecto:	DESARROLLO DE UN EQUIPO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA, HUMEDAD Y PRECIPITACIÓN, AUTOMÁTICO, DE BAJO COSTO Y CON SU PROPIO SISTEMA DE TRANSMISIÓN INALÁMBRICO				
Revisado por:	Yan velazquez	21/05/2018		Observación:	Primer Entregable				
Aprobado por:	Yan Velazquez	21/05/2018							
LEXARD SMART				Campana A y B			Unidad:	mm	
				Tamaño	Escala :	Material :	Pieza N°:	Plano N° :	Sección:
				A4	1:2	Melamina	1 y 2	07	2.2.1.1.1

ANEXOS G:
DISEÑO DE CAMPANA C Y MATRIZ



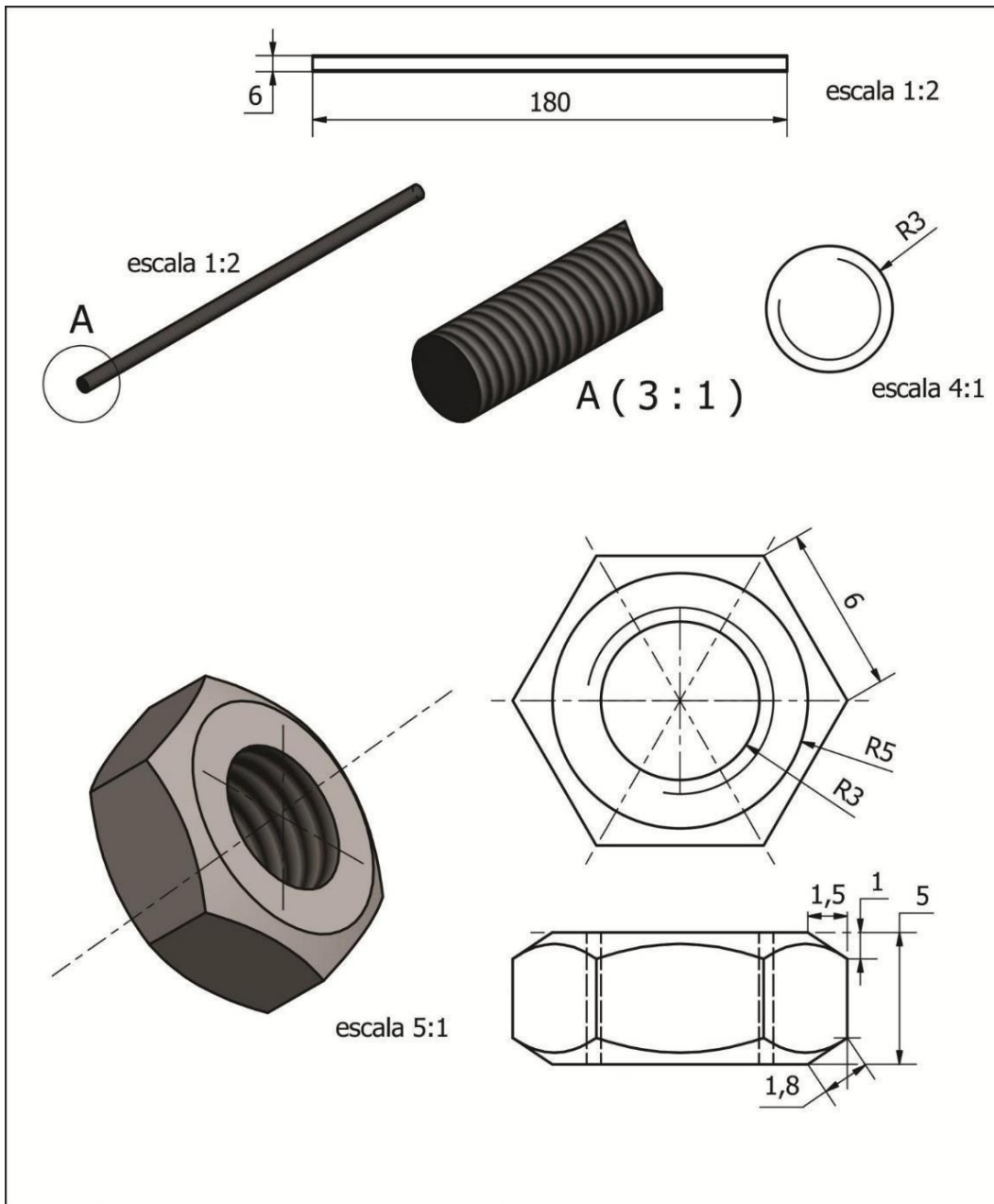
	Nombre	Fecha	Firma	Cliente:	Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM)
Diseñado por:	Alexander Romero	18/05/2018		Proyecto:	DESARROLLO DE UN EQUIPO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA, HUMEDAD Y PRECIPITACIÓN, AUTOMÁTICO, DE BAJO COSTO Y CON SU PROPIO SISTEMA DE TRANSMISIÓN INALÁMBRICO
Revisado por:	Yan velazquez	21/05/2018		Observación:	Primer Entregable
Aprobado por:	Yan Velazquez	21/05/2018			
LEXARD SMART			Campana C y Matriz		
Tamaño A4	Escala : 1:2	Material : Melamina	Pieza N°: 03	Plano N° : 08	Unidad: mm Sección: 2.2.1.2

**ANEXOS H:
DISEÑO DE LA BASE SUPERIOR**



	Nombre	Fecha	Firma	Ciente:	Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM)		
Diseñado por:	Alexander Romero	18/05/2018		Proyecto:	DESARROLLO DE UN EQUIPO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA, HUMEDAD Y PRECIPITACIÓN, AUTOMÁTICO, DE BAJO COSTO Y CON SU PROPIO SISTEMA DE TRANSMISIÓN INALÁMBRICO		
Revisado por:	Yan velazquez	21/05/2018		Observación:	Primer Entregable		
Aprobado por:	Yan Velazquez	21/05/2018					
LEXARD SMART				Base Superior			Unidad:
				Tamaño A4	Escala : 1:1	Material : Acrílico Termoformado	Pieza N°: 04

**ANEXOS I:
DISEÑO DE TUERCA Y TORNILLO**



	Nombre	Fecha	Firma	Ciente: Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM)	
Diseñado por:	Alexander Romero	18/05/2018		Proyecto: DESARROLLO DE UN EQUIPO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA, HUMEDAD Y PRECIPITACIÓN, AUTOMÁTICO, DE BAJO COSTO Y CON SU PROPIO SISTEMA DE TRANSMISIÓN INALÁMBRICO	
Revisado por:	Yan velazquez	21/05/2018			
Aprobado por:	Yan Velazquez	21/05/2018			
				Observación: Primer Entregable	
LEXARD SMART			Tornillo y Tuerca		Unidad: mm
Tamaño A4	Escala : especificado	Material : Hierro Procesado	Pieza Nº : 5 y 6	Plano Nº : 10	Sección: 2.2.1.4

ANEXOS J: DISEÑO DE CAPSULA DE SENSORES

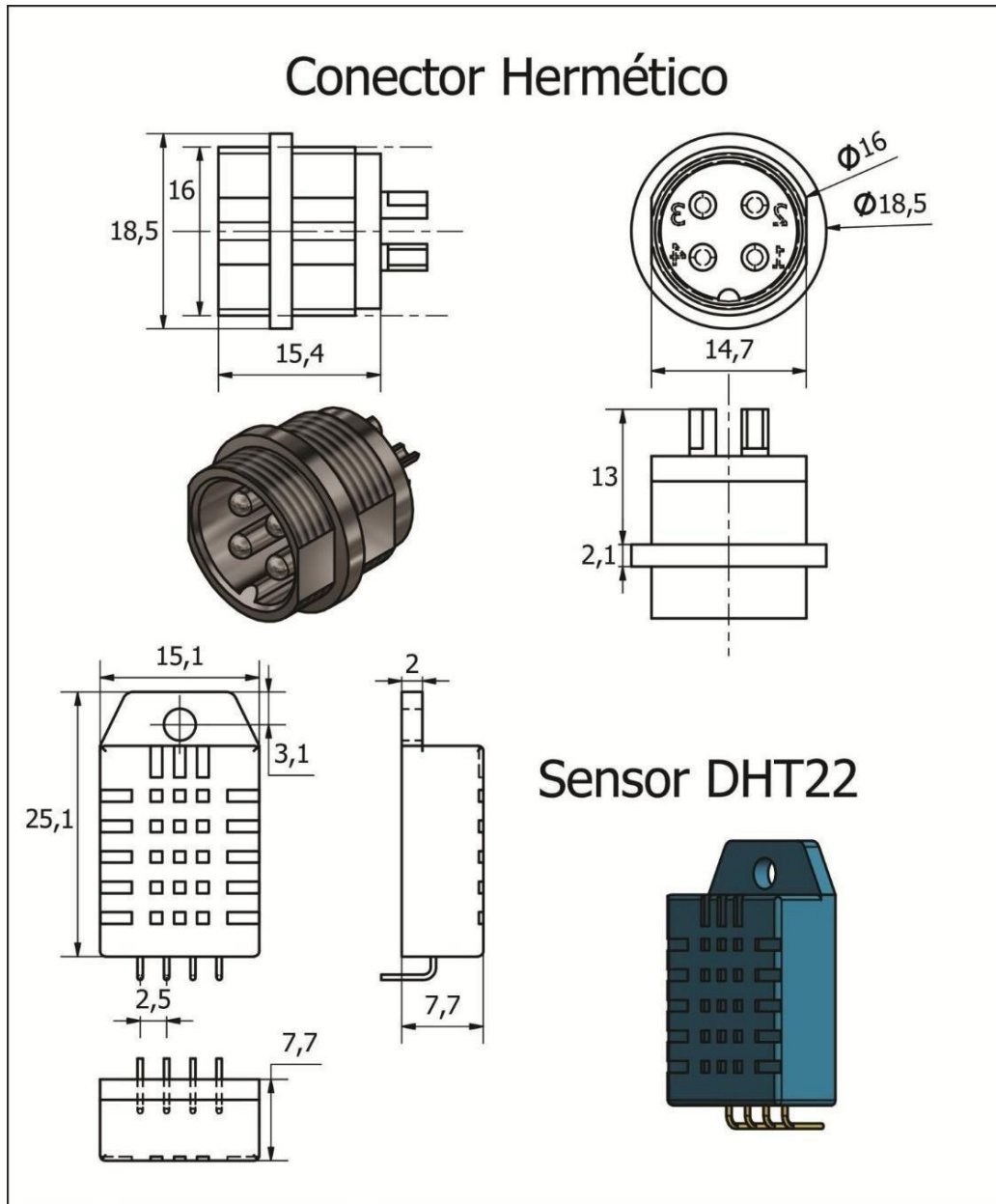
LISTA DE PIEZAS

N° :	CTDAD	NOMBRE DE PIEZA	N° REFERENCIA DE PLANO
1	1	Conector	12
2	1	Soporte de Sensores	13
3	4	Sensor DHT22	12
4	1	Cilindro Base	13

	Nombre	Fecha	Firma	Cliente: Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM) Proyecto: DESARROLLO DE UN EQUIPO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA, HUMEDAD Y PRECIPITACIÓN, AUTOMÁTICO, DE BAJO COSTO Y CON SU PROPIO SISTEMA DE TRANSMISIÓN INALÁMBRICO
	Diseñado por: Alexander Romero	18/05/2018		Observación: Primer Entregable
	Revisado por: Yan velazquez	21/05/2018		
	Aprobado por: Yan Velazquez	21/05/2018		
LEXARD SMART		Cápsula de Sensores		
Tamaño A4	Escala : 1:1	Material : especificado	Pieza N°: 2	Plano N° : 11
				Unidad: mm Sección 2.2.2

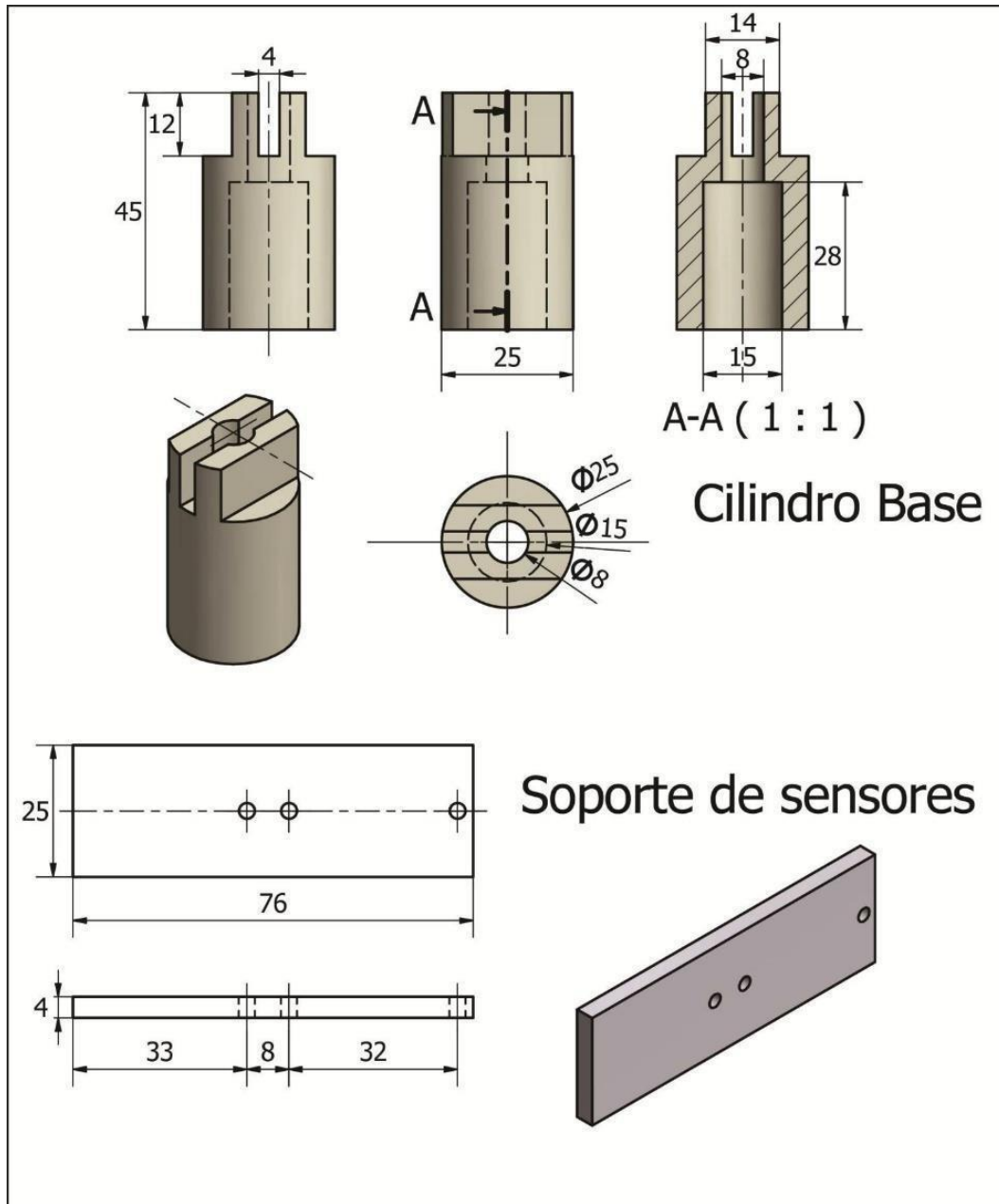
ANE

ANEXOS K:
DISEÑO DEL CONECTOR Y SENSOR DHT22



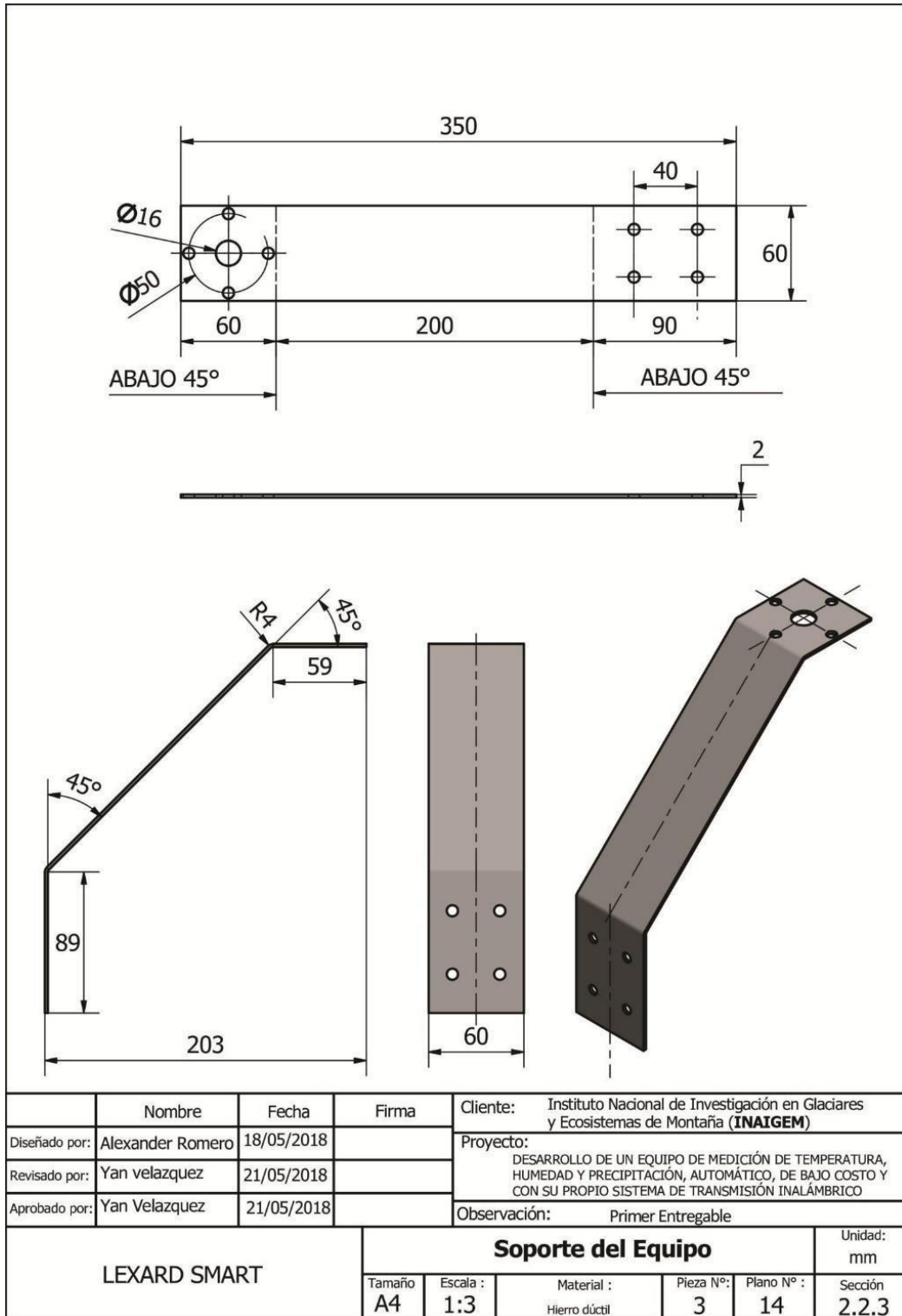
	Nombre	Fecha	Firma	Cliente:	Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM)	
Diseñado por:	Alexander Romero	18/05/2018		Proyecto:	DESARROLLO DE UN EQUIPO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA, HUMEDAD Y PRECIPITACIÓN, AUTOMÁTICO, DE BAJO COSTO Y CON SU PROPIO SISTEMA DE TRANSMISIÓN INALÁMBRICO	
Revisado por:	Yan velazquez	21/05/2018		Observación:	Primer Entregable	
Aprobado por:	Yan Velazquez	21/05/2018				
LEXARD SMART				Conector y Sensor DHT22		Unidad: mm
				Tamaño A4	Escala : 2:1	Material : Componentes Electrónicos

ANEXOS L:
DISEÑO DEL CILINDRO BASE Y SOPORTE DE SENSORES



	Nombre	Fecha	Firma	Cliente:	Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM)	
Diseñado por:	Alexander Romero	18/05/2018		Proyecto:	DESARROLLO DE UN EQUIPO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA, HUMEDAD Y PRECIPITACIÓN, AUTOMÁTICO, DE BAJO COSTO Y CON SU PROPIO SISTEMA DE TRANSMISIÓN INALÁMBRICO	
Revisado por:	Yan velazquez	21/05/2018		Observación:	Primer Entregable	
Aprobado por:	Yan Velazquez	21/05/2018				
LEXARD SMART				Cilindro base y Soporte de Sensores		Unidad: mm
				Tamaño A4	Escala : 1:1	Material : Teflón y acrílico respectivamente

ANEXOS M:
SOPORTE DEL SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD



ANEXOS N: DISEÑO DEL PLUVIOMETRO

escala 1:4

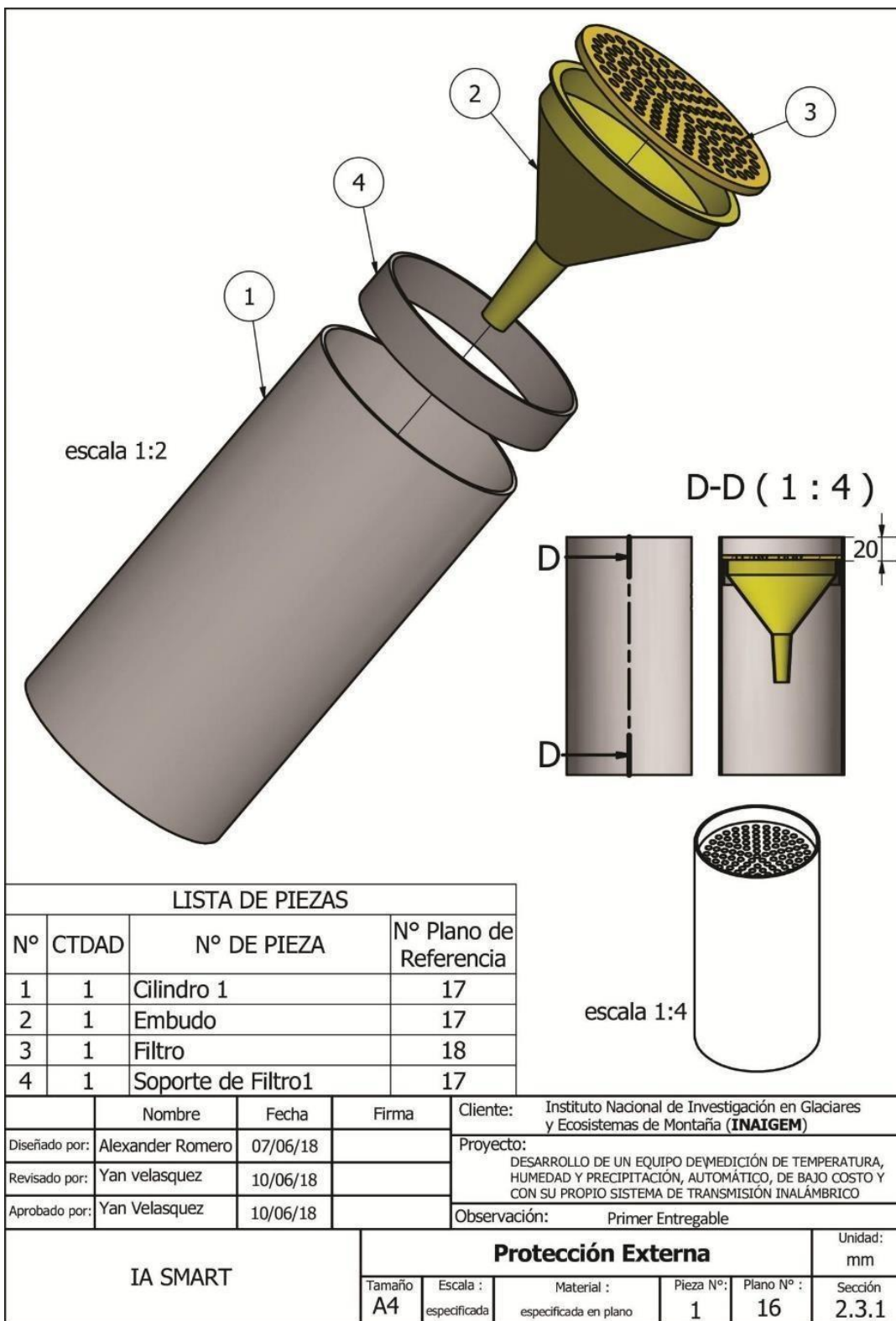
escala 1:2

LISTA DE PIEZAS			
N°	CTDAD	N° DE PIEZA	N° Plano de Referencia
1	1	Protección Externa	16
2	1	Proceso Electro - Mecánico	19
3	1	Soporte	18

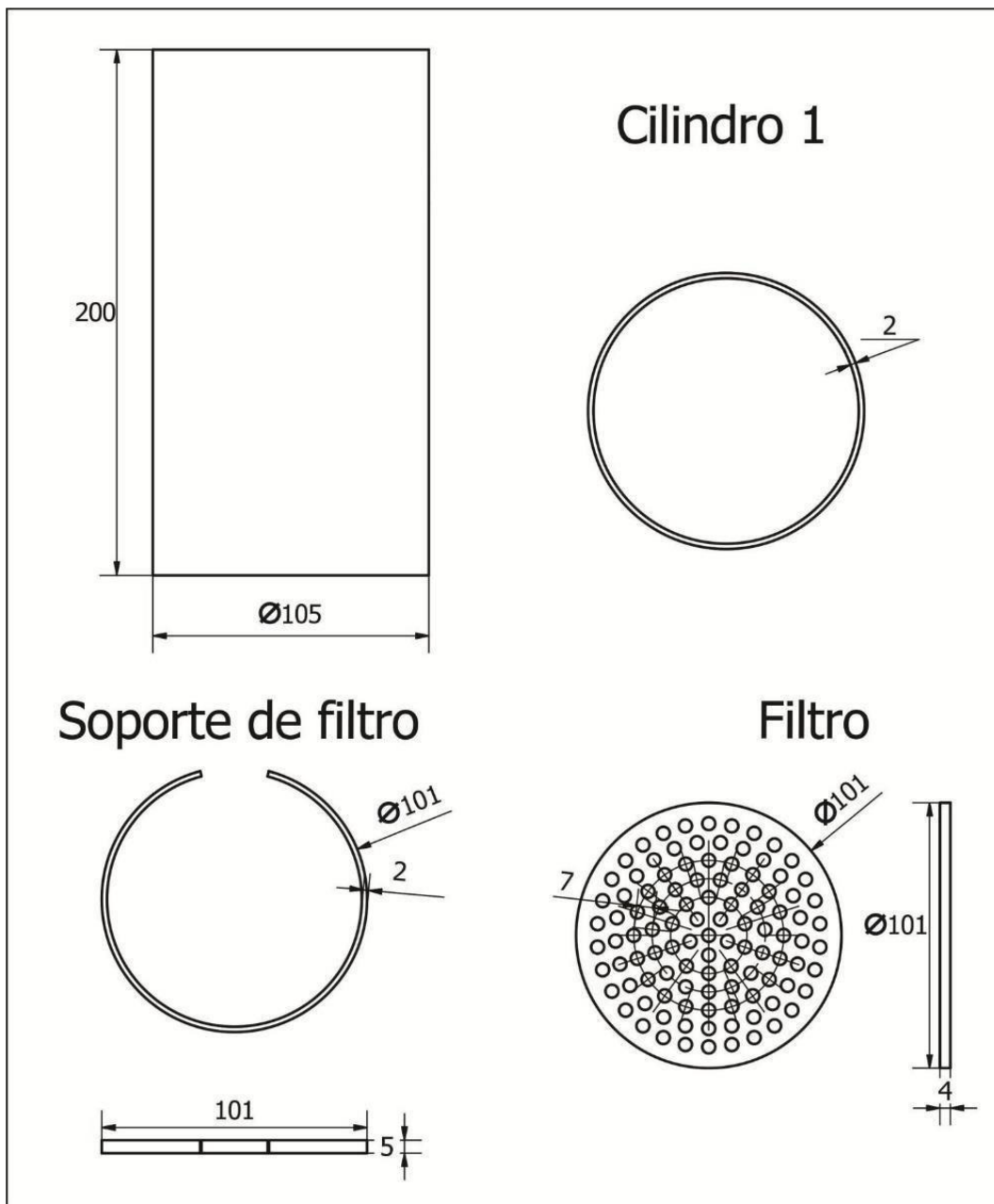
	Nombre	Fecha	Firma	Cliente: Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM) Proyecto: DESARROLLO DE UN EQUIPO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA, HUMEDAD Y PRECIPITACIÓN, AUTOMÁTICO, DE BAJO COSTO Y CON SU PROPIO SISTEMA DE TRANSMISIÓN INALÁMBRICO Observación: Primer Entregable
Diseñado por:	Alexander Romero	07/06/18		
Revisado por:	Yan velasquez	10/06/18		
Aprobado por:	Yan Velasquez	10/06/18		

IA SMART		Pluviometro			Unidad: mm
Tamaño A4	Escala : especificada	Material : especificada en plano	Pieza N°: 2	Plano N° : 15	Sección 2.3

ANEXOS O:
PROTECTOR EXTERNA DEL PLUVIOMETROO

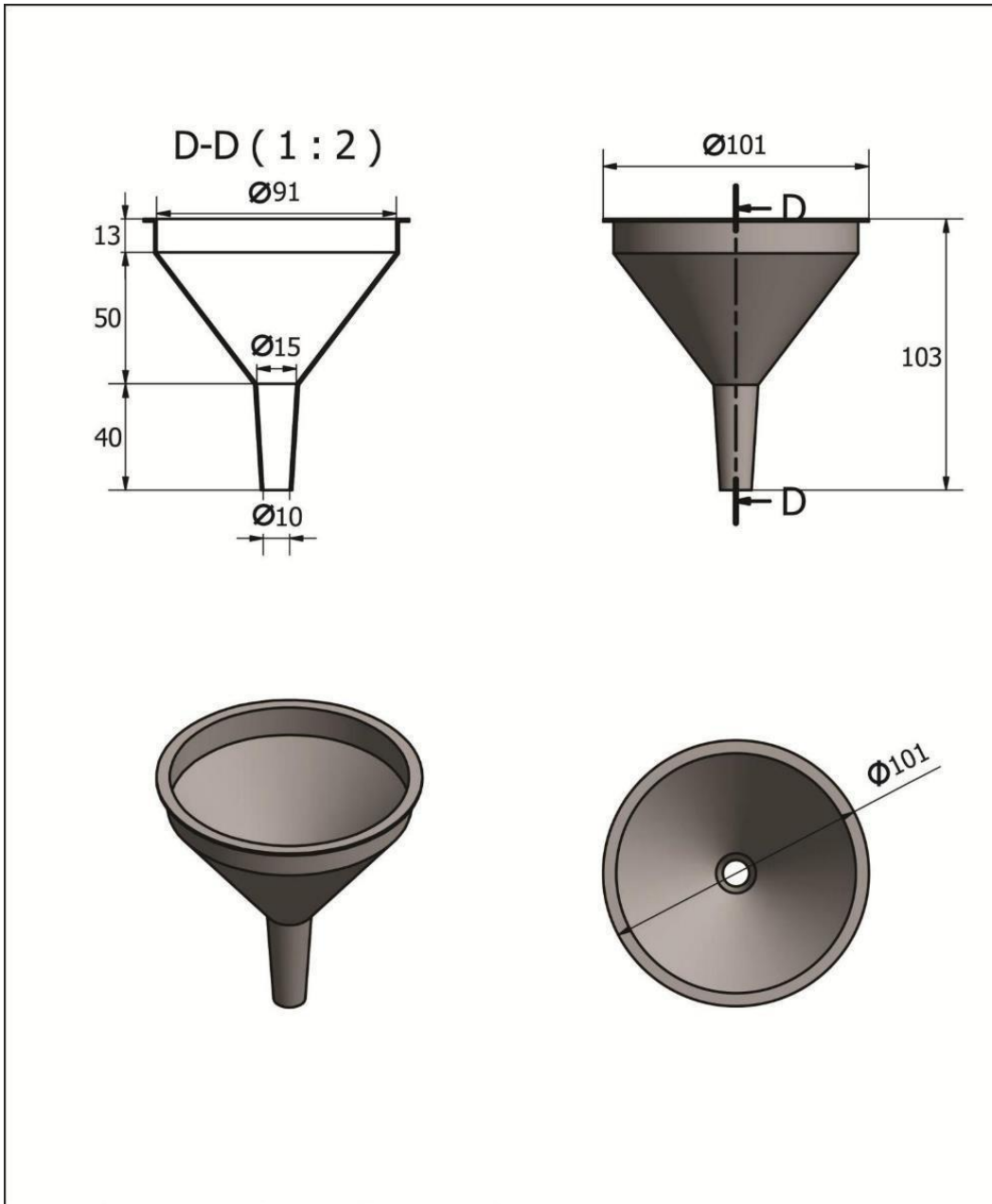


ANEXOS P:
CILINDRO, SOPORTE DE FILTRO DEL PLUVIOMETRO



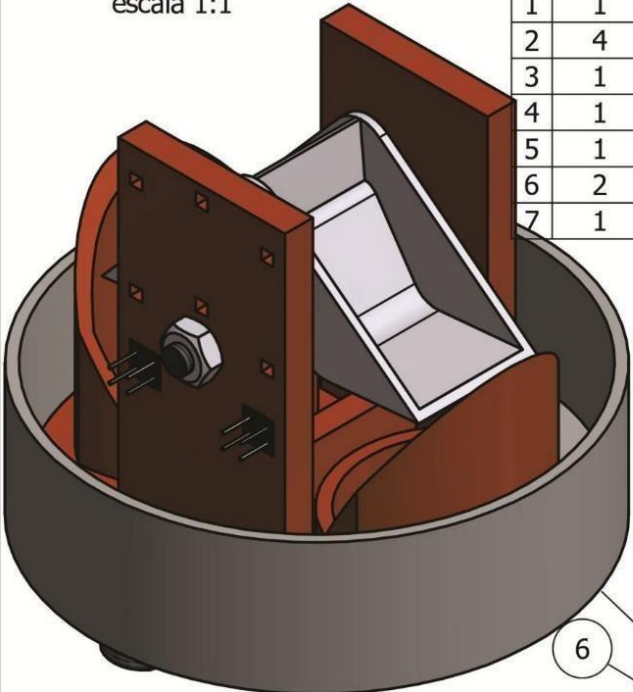
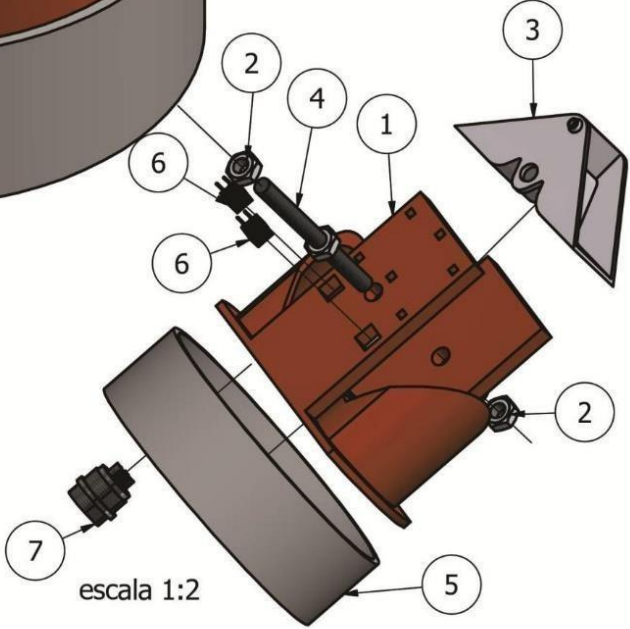
	Nombre	Fecha	Firma	Cliente:	Instituto Nacional de Investigaciyn en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM)	
Diseñado por:	Alexander Romero	07/06/18		Proyecto:	DESARROLLO DE UN EQUIPO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA, HUMEDAD Y PRECIPITACIÓN, AUTOMÁTICO, DE BAJO COSTO Y CON SU PROPIO SISTEMA DE TRANSMISIÓN INALÁMBRICO	
Revisado por:	Yan velasquez	10/06/18		Observación:	Primer Entregable	
Aprobado por:	Yan Velasquez	10/06/18				
LEXARD SMART				Cilindro 1, Soporte de Filtro y Filtro		Unidad: mm
				Tamaño A4	Escala : 1:2	Material : PVC, plastico PLA

ANEXOS Q:
DISEÑO DEL EMBUDO



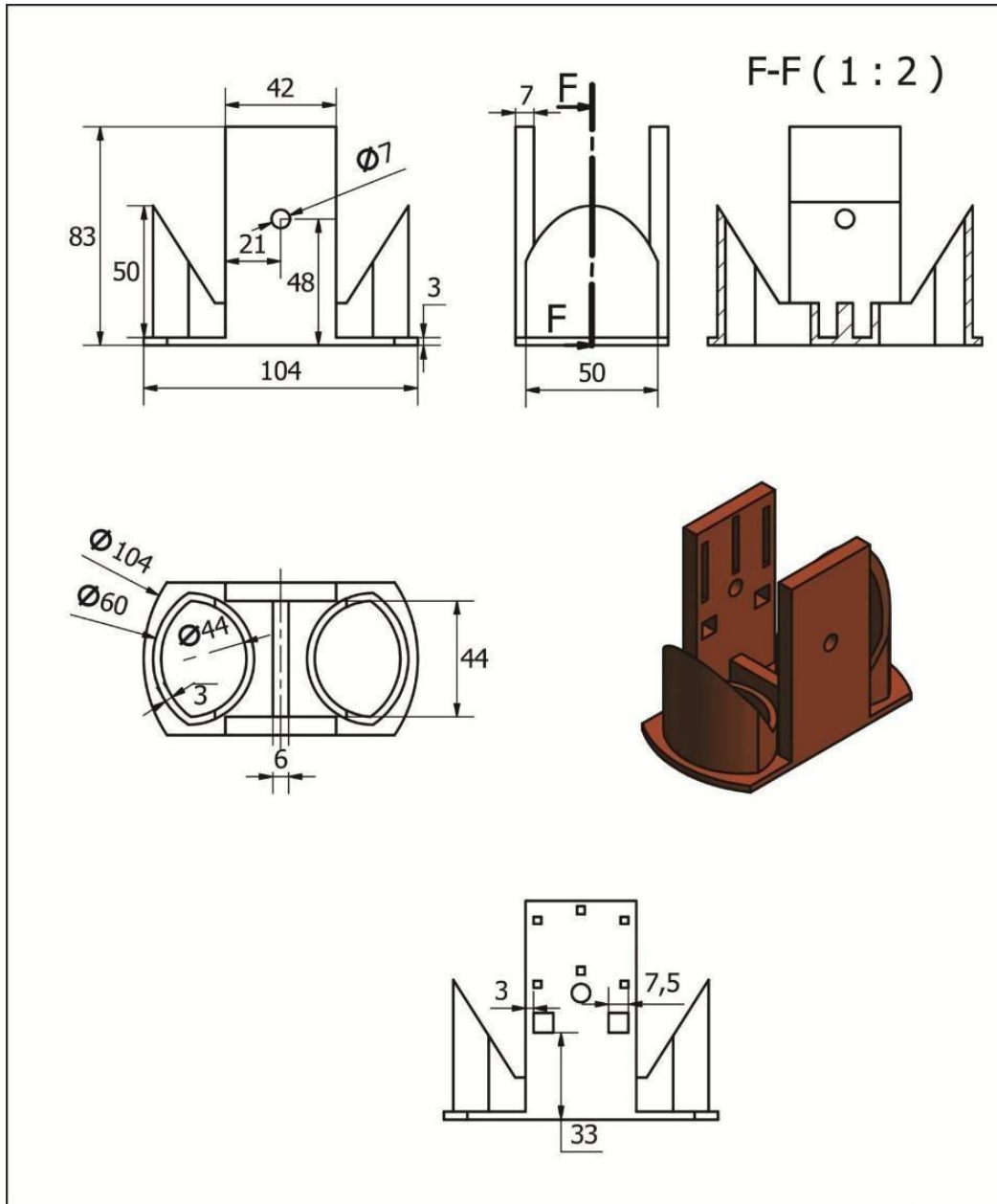
	Nombre	Fecha	Firma	Cliente:	Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM)		
Diseñado por:	Alexander Romero	07/06/18		Proyecto:	DESARROLLO DE UN EQUIPO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA, HUMEDAD Y PRECIPITACIÓN, AUTOMÁTICO, DE BAJO COSTO Y CON SU PROPIO SISTEMA DE TRANSMISIÓN INALÁMBRICO		
Revisado por:	Yan velasquez	10/06/18		Observación:	Primer Entregable		
Aprobado por:	Yan Velasquez	10/06/18					
IA SMART				Embudo			Unidad: mm
				Tamaño A4	Escala : 1:2	Material : plastico termoformado	Pieza N°: 4

ANEXOS R: PROCESO ELECTRO-MECANICO

				LISTA DE PIEZAS			
				N°	CTDAD	N° DE PIEZA	N° Plano de Referencia
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>escala 1:1</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>escala 1:2</p>  </div> </div>				1	1	Base del Balancin	20
				2	4	Tuercas	22
				3	1	Casoletas	21
				4	1	Eje Balancin	22
				5	1	Tapa Base	21
				6	2	Sensor CNY 70	23
				7	1	Conector Hermético	23

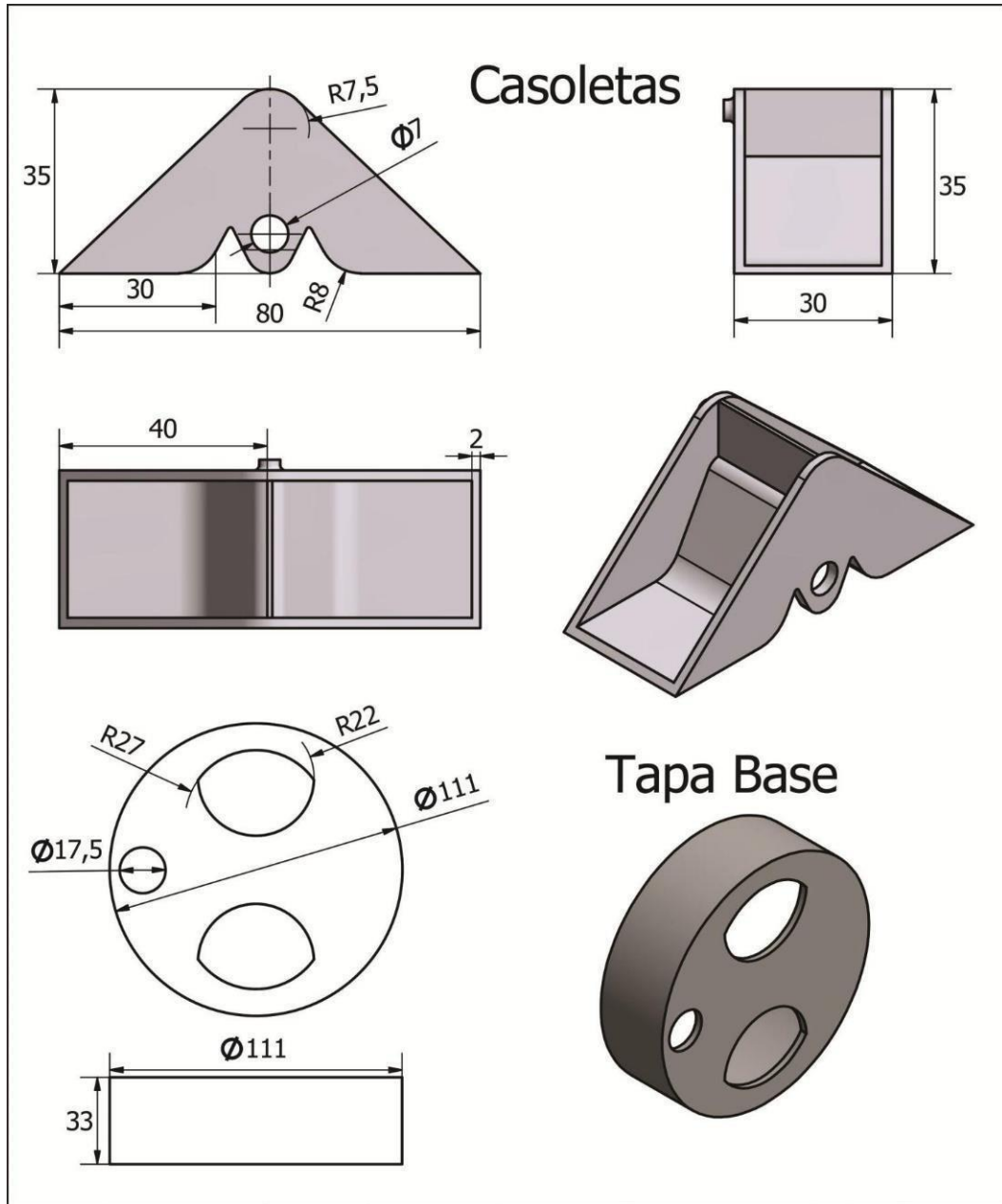
	Nombre	Fecha	Firma	Cliente: Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM)	
Diseñado por:	Alexander Romero	07/06/18		Proyecto: DESARROLLO DE UN EQUIPO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA, HUMEDAD Y PRECIPITACIÓN, AUTOMÁTICO, DE BAJO COSTO Y CON SU PROPIO SISTEMA DE TRANSMISIÓN INALÁMBRICO	
Revisado por:	Yan velasquez	10/06/18			
Aprobado por:	Yan Velasquez	10/06/18			
				Observación: Primer Entregable	
IA\SMART			Proceso Electro - Mecánico		Unidad: mm
Tamaño A4	Escala : especificada	Material : especificado en plano	Pieza N°: 2	Plano N° : 19	Sección 2.3.2

**ANEXOS S:
BASE DEL BALANCIN**



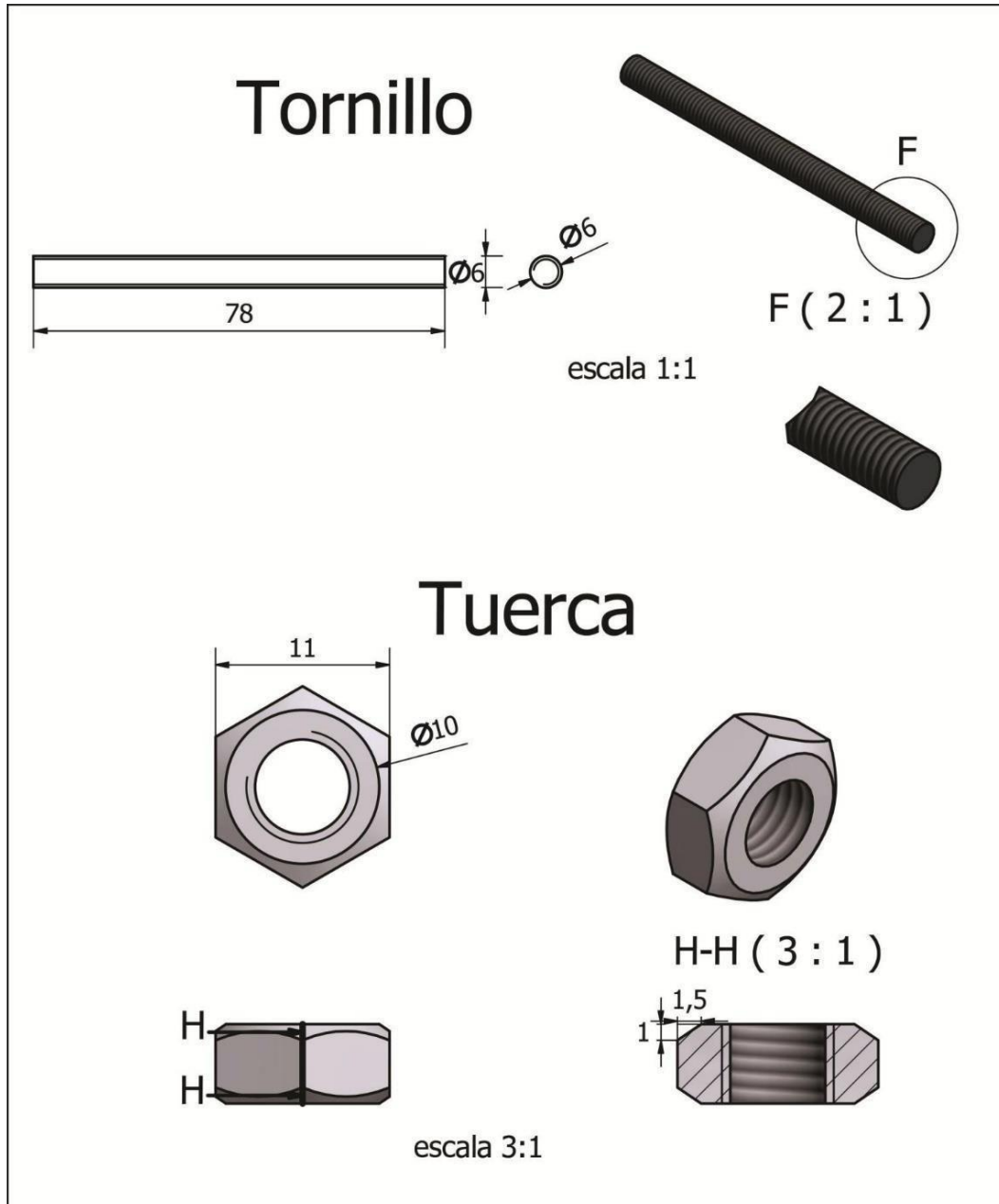
	Nombre	Fecha	Firma	Cliente: Instituto Nacional de Investigaciyn en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM)	
Diseñado por:	Alexander Romero	07/06/18		Proyecto: DESARROLLO DE UN EQUIPO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA, HUMEDAD Y PRECIPITACIÓN, AUTOMÁTICO, DE BAJO COSTO Y CON SU PROPIO SISTEMA DE TRANSMISIÓN INALÁMBRICO	
Revisado por:	Yan velasquez	10/06/18			
Aprobado por:	Yan Velasquez	10/06/18			
				Observación: Primer Entregable	
IA SMART			Base del Balancin		Unidad: mm
Tamaño	Escala :	Material :	Pieza N°:	Plano N° :	Sección
A4	1:2	plastico PLA	1	20	2.3.2.1

ANEXOS T:
PROTECTOR DEL SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD



	Nombre	Fecha	Firma	Cliente:	Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM)	
Diseñado por:	Alexander Romero	07/06/18		Proyecto:	DESARROLLO DE UN EQUIPO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA, HUMEDAD Y PRECIPITACIÓN, AUTOMÁTICO, DE BAJO COSTO Y CON SU PROPIO SISTEMA DE TRANSMISIÓN INALÁMBRICO	
Revisado por:	Yan velasquez	10/06/18		Observación:		
Aprobado por:	Yan Velasquez	10/06/18		Primer Entregable		
IA SMART				Cazoletas y tapa Base		
Tamaño	Escala :	Material :	Pieza N°:	Plano N° :	Unidad:	
A4	1:1	plastico ABS y PLA	2 y 3	21	mm	
					Sección	
					2.3.2.2	

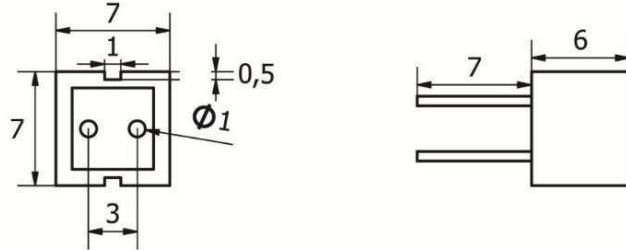
ANEXOS U:
TORNILLO CENTRAL Y TUERCA



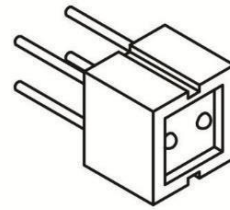
	Nombre	Fecha	Firma	Cliente:	Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM)	
Diseñado por:	Alexander Romero	07/06/18		Proyecto:	DESARROLLO DE UN EQUIPO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA, HUMEDAD Y PRECIPITACIÓN, AUTOMÁTICO, DE BAJO COSTO Y CON SU PROPIO SISTEMA DE TRANSMISIÓN INALÁMBRICO	
Revisado por:	Yan velasquez	10/06/18		Observación:	Primer Entregable	
Aprobado por:	Yan Velasquez	10/06/18				
IA SMART				Tornillo Central y Tuerca		Unidad: mm
				Tamaño A4	Escala : especificada	Material : Hierro procesado

**ANEXOS V:
SENSOR CNY70 Y CONECTOR**

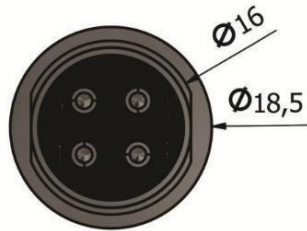
sensor optico CNY70



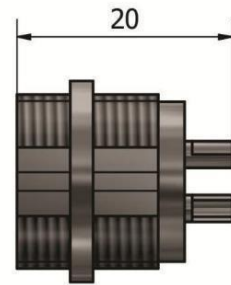
escala 3:1



Conector Hermetico



escala 2:1



	Nombre	Fecha	Firma	Cliente:	Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM)		
Diseñado por:	Alexander Romero	07/06/18		Proyecto:	DESARROLLO DE UN EQUIPO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA, HUMEDAD Y PRECIPITACIÓN, AUTOMÁTICO, DE BAJO COSTO Y CON SU PROPIO SISTEMA DE TRANSMISIÓN INALÁMBRICO		
Revisado por:	Yan velasquez	10/06/18		Observación:	Primer Entregable		
Aprobado por:	Yan Velasquez	10/06/18					
IA SMART				Sensor CNY70 y Conector			Unidad: mm
				Tamaño A4	Escala : especificada	Material : Hierro y polimeros	Pieza N°: 3 y 4

**ANEXO W:
ORDEN DE SERVICIO**



INAIGEM

ORISINA - PROTECTOR

Certificado: 000000150
Fecha: 11.25.20
Pag: 1 de 2

ORDEN DE SERVICIO N° S000057

DA	ME	AÑO
11	4	2018

SEÑOR: VELASQUEZ HUMAYAN KENEDY RUC N°: 10731130898

DIRECCION: AV 27 DE NOVIEMBRE ASENTAMIENTO HUMANO H TRENOL AZUL - SAN JUAN DE MIRAFLORES - LIMA

Lo siguiente: SERVICIO DE UN PROFESIONAL PARA LA ELABORACION ,DI

Referencia N°: MEMORANDO N°033-2018-INAIGEM/DIGG

Facturar a nombre de: INAIGEM RUC N°: 30500104263

Dirección: Jr. Juan Bautista Mejía N° 887 - Haaraz - Ancash - Perú

SERVICIOS **IMPORTE S/.**

CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
997700	<p>SERVICIO DE UN PROFESIONAL PARA LA ELABORACION , DISEÑO Y ENSAMBLAJE DE EQUIPOS HERMETEOROLOGICOS DE BAJO COSTO, CON SU PROPIO SISTEMA DE TRANSMISION INALAMBRICO</p> <p>ENTREGABLES</p> <p>1er ENTREGABLE CONSISTIRA EN UN INFORME TECNICO QUE INCLUYA EL ENSAMBLAJE ,DESARROLLO Y PROGRAMACION Y ENTREGA DE UN EQUIPO DE MEDICION DE TEMPERATURA ,HUMEDAD Y PRECIPITACION , AUTOMATICO DE BAJO COSTO Y CON SU PROPIO SISTEMA DE TRANSMISION INALAMBRICO HASTA 35 DIAS CALENDARIOS , DESPUES DE NOTIFICADO LA ORDEN DE SERVICIO , POR UN MONTO DE S/ 5000.00 SOLES.</p> <p>2do ENTREGABLE , CONSISTIRA INFORME TECNICO QUE INCLUYA EL ENSAMBLAJE ,DESARROLLO Y PROGRAMACION Y ENTREGA DE UN EQUIPO DE MEDICION DE CAUDALES , AUTOMATICO DE BAJO COSTO Y CON SU PROPIO SISTEMA DE TRANSMISION INALAMBRICO HASTA 35 DIAS CALENDARIOS DESPUES DE ENTREGADO EL 1er ENTREGABLE , POR UN MONTO DE S/4500.00 SOLES.</p> <p>3er ENTREGABLE , CONSISTIRA INFORME TECNICO QUE INCLUYA EL ENSAMBLAJE ,DESARROLLO Y PROGRAMACION Y ENTREGA DE UN EQUIPO DE MEDICION DE SONIDO POR MOVIMIENTO DE MASAS , AUTOMATICO DE BAJO COSTO CON SU PROPIO SISTEMA DE TRANSMISION INALAMBRICO .</p>	1000	2400.00	2400.00

SOM: VEINTICUATRO MIL Y 00/100 Soles *****

CATEGORIA	Afectación Presupuestal	Clasificador	Importe S/	SUB TOTAL	TOTAL
0000	0000 0001 07 500514 17 200 00	20 2 1 211	2400.00	2400.00	2400.00

SISTEMA CONTABLE

cuotas por pagar

S/ **2400.00**

Fin Fin/An: **00** Días Restantes

C/P: _____

STAF: _____

ES CONFORME:

Representante de la Entidad Ejecutora
 CPC MARCELA ANDRÉS ARROYO
 Jefa de la Oficina de Administración
 OLVA FERNANDEZ
 Jefa de Administración

Representante de la Entidad Ejecutora
 Jefe de Oficina de Servicios
 ALDO MORALES
 Jefe de Abastecimiento

CONTADOR

DA	ME	AÑO

Para cada copia de este ODS las Entidades Ejecutoras del Director de Administración y Mantenimiento
 (Cada copia debe facturarse por separado. No conservarse el original de resolver la dependencia que se este
 acordado con las respectivas entidades.

ANEXO X: PROGRAMACION

```
#include "DHT.h"
// DEFINIR PINES
#define DHTPIN      8
#define DHTPIN2    6
#define DHTPIN3    10
#define DHTPIN4    9
#define DHTTYPE    DHT22 #define btn1 A6
#define pres1 A2 #define pres2 A3

#define DEBUG true #define led 13

//DEFINIR RUTINAS
#define ON '[' #define OFF ']'

// DEFINIR variables char inicioTime=''; int mseg=0;
int valpre1,valpre2; int s1,s2;

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE); DHT dht2(DHTPIN2, DHTTYPE); DHT dht3(DHTPIN3,
DHTTYPE);
DHT dht4(DHTPIN4, DHTTYPE);

//DEFINIR VARIABLES
float h,h2,h3,h4,h_end;

float t,t2,t3,t4,t_end; float temp;
int conexionID;
String comandoWebpage;

void setup()
{
  Serial.begin(9600); pinMode(led, OUTPUT); pinMode(pres1, INPUT); pinMode(pres2,
INPUT); dht.begin();
  dht2.begin();
  dht3.begin();
  dht4.begin();
  for(int BlinkInit=0;BlinkInit<3;BlinkInit++) {
    digitalWrite(led,HIGH);delay(300);digitalWrite(led,LOW);delay(300);}
  Serial.begin(115200); delay(1000); sendData("AT+RST\r\n",2000,DEBUG);delay(2000);
  sendData("AT+CIOBAUD=9600\r\n",1000,DEBUG);
  Serial.begin(9600); delay(1000); sendData("AT+CWMODE=3\r\n",1000,DEBUG);
  sendData("AT+CWJAP='INAIGEM_WIFI','*****'\r\n",2000,DEBUG);
  sendData("AT+CIPMUX=1\r\n",1000,DEBUG);
  sendData("AT+CIPSERVER=1,80\r\n",1000,DEBUG);
  for(int BlinkInit=0;BlinkInit<3;BlinkInit++) {
    digitalWrite(led,HIGH);delay(100);digitalWrite(led,LOW);delay(100);}
}
```

```

void loop()
{
valpre1=analogRead(pres1);

valpre2=analogRead(pres2); if(valpre1<320) s1=0;else s1=1; if(valpre2<350) s2=0;else s2=1;
Serial.print(s1);Serial.print(" ");Serial.println(s2);

if(Serial.available())
{
if(Serial.find("+IPD,") //Busca el campo de texto +IPD
{
delay(1500);
conexionID = Serial.read()-48;

h = dht.readHumidity();t = dht.readTemperature();
h2 = dht2.readHumidity();t2 = dht2.readTemperature(); h3 = dht3.readHumidity();t3 =
dht3.readTemperature(); h4 = dht4.readHumidity();t4 = dht4.readTemperature();

t_end=((t+t2+t3+t4)/4)+2; h_end=((h+h2+h3+h4)/4)-3.5;

String webpage = ""; webpage += "<html>"; webpage += "<head>";
webpage += "<META HTTP-EQUIV='REFRESH' CONTENT='60000'>";
webpage += "</head>"; webpage += "<body>";
webpage += "<h1> INAIGEM </h1>";//+(String)newState;
webpage += "<p> MONITOREO DE SENSORES EN LAGUNA PALCACOCHA </p>";
webpage += "<h3> Sensor de temperatura, Humedad y precipitaci&oacuten </h3>";

webpage += "<pre> Temperatura : " +(String)t_end;webpage += " &degC </pre>";

webpage += "<pre> Humedad :      " +(String)h_end;webpage += " % </pre>"; webpage +=
"</body>";
webpage += "</html>";

comandoWebpage = "AT+CIPSEND="; comandoWebpage+=conexionID;
comandoWebpage+=","; comandoWebpage+=webpage.length(); comandoWebpage+="\r\n";
sendData(comandoWebpage,200,DEBUG); sendData(webpage,200,DEBUG);

comandoCerrar+=conexionID; comandoCerrar+="\r\n"; sendData(comandoCerrar,5,DEBUG);
}
}
}

```