

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE APLICACIÓN WEB PARA  
GENERAR ISOMAPAS GEO-REFERENCIADOS DE INFORMACIÓN  
METEOROLÓGICA A TRAVÉS DE UNA ESTACIÓN REMOTA CON  
CONEXIÓN A INTERNET, PARA ZONAS DE REDUCIDA  
EXTENSIÓN GEOGRÁFICA.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**JOSÉ FERNANDO LEDESMA CARRILLO**

**DIRECTOR: ING. RICARDO LLUGSI CAÑAR PhD.**

**CODIRECTOR: ING. PABLO LUPERA MORILLO PhD.**

**Quito, enero 2021**

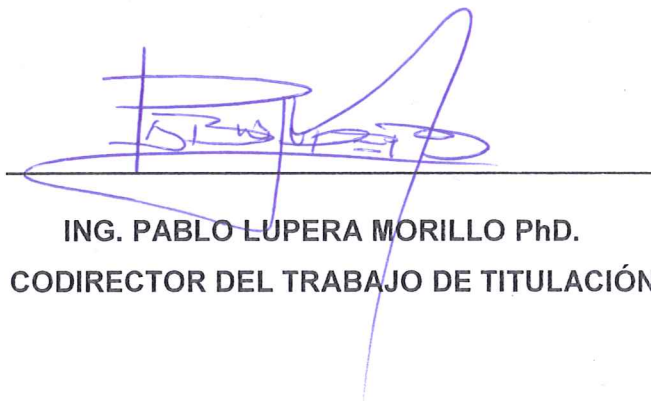
## AVAL

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por José Fernando Ledesma Carrillo, bajo nuestra supervisión.



---

**ING. RICARDO LLUGSI CAÑAR PhD.  
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**



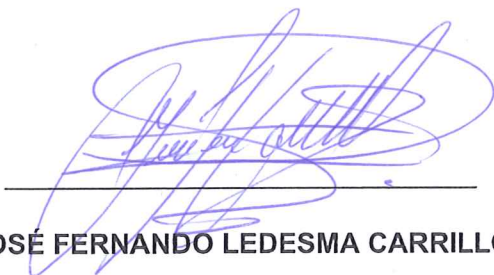
---

**ING. PABLO LUPERA MORILLO PhD.  
CODIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, José Fernando Ledesma Carrillo, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración dejo constancia de que la Escuela Politécnica Nacional podrá hacer uso del presente trabajo según los términos estipulados en la Ley, Reglamentos y Normas vigentes.



**JOSÉ FERNANDO LEDESMA CARRILLO**

# DEDICATORIA

Con inmenso e infinito amor, a ti MADRE...

José Fernando

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios y a la Virgen María, por permitirme continuar en compañía de mi familia pese a las adversidades y descensos que se produjeron en estos últimos tiempos.

A mi madre Diana América que se adelantó muy temprano al cielo, estuvo siempre pendiente y atenta a cada momento para que culminase esta etapa de mi vida; a mi padre Arturo, a mis hermanos: Edwin, Geovanny, Jefersson y Diana; especialmente a mi hija Emma Luciana, que por más duros que fueron los caminos a seguir, los obstáculos presentados y los parajes más dolorosos, nunca faltó esa entrega absoluta, esa fuerza, sacrificio y amor incondicional.

A mi director, el Ing. Ricardo Llugsí PhD. por su confianza, su apoyo, sus consejos, su comprensión frente a los problemas y sobre todo el tiempo dedicado al seguimiento y atención a la elaboración de este Proyecto de Titulación.

A mi co-director, Ing. Pablo Lupera PhD y al Ing. Ramón Chango por la valiosa contribución académica y colaboración en las guías principales del presente trabajo.

A mis amigos y hermanos del alma: Paúl, Jorge, Nathalia, Darwin, Alex, Johanna y Cristiano por ser parte neurálgica, fundamental e indispensable en este proceso, sobre todo por brindarme esa buena energía, apoyo en los momentos oscuros y el continuo optimismo para el cumplimiento de esta meta.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

AVAL .....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
RESUMEN .....	VII
ABSTRACT .....	VIII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 OBJETIVOS .....	1
1.2 ALCANCE .....	2
1.3 MARCO TEÓRICO.....	3
1.3.1. LA METEOROLOGÍA .....	3
1.3.1.1. Temperatura.....	4
1.3.1.2. Humedad.....	4
1.3.1.3. Presión atmosférica .....	4
1.3.1.4. Viento.....	5
1.3.1.5. Precipitación.....	5
1.3.2. ANÁLISIS DE GRÁFICAS INAMHI.....	5
1.3.2.1. Productos y servicios que brinda el INAMHI .....	6
1.3.3. DATOS METEOROLÓGICOS E HIDROLÓGICOS.....	10
1.3.3.1. Red de Estaciones Meteorológicas.....	10
1.3.3.2. Red de radares en DMQ .....	11
1.3.4. SERVICIOS DE METEOROLOGÍA EN OTROS PAÍSES.....	11
1.3.4.1. Servicio Meteorológico en Estados Unidos.....	11
1.3.4.2. Servicio Meteorológico en Argentina.....	12
1.3.5. PREDICCIÓN DEL ESTADO DEL TIEMPO EN EL ECUADOR.....	12
1.3.6. METOLOGOGÍA KANBAN .....	13
1.3.6.1. Principios de la Metodología Kanban.....	13
1.3.6.2. Kanban como metodología de desarrollo de software .....	14
1.3.6.3. Pasos a seguir para trabajar con Kanban .....	14
1.3.7. DESARROLLO DE APLICACIONES WEB.....	15
1.3.7.1. Modelo SDLC.....	15
1.3.7.2. Capas de negocios en el desarrollo de las aplicaciones web ....	17
1.3.8. CONFIGURACIÓN DE LA TARJETA RASPBERRY PI CON UN MODEM PARA TRANSMISIÓN DE DATOS .....	21
1.3.8.1 Tarjetas Raspberry PI .....	21
1.3.8.2. Características del módem 3G.....	23
1.3.8.3. Configuración de los dispositivos para la transmisión de datos .	24
1.3.9. FUNCIONAMIENTO DEL ALGORITMO DE INTERPOLACIÓN.....	27

1.3.9.1. Nearest Neighbor Interpolation.....	27
1.3.9.2. Linear Interpolation.....	28
1.3.9.3. Natural Neighbor Interpolation. ....	28
2. METODOLOGÍA.....	30
2.1. SISTEMA AÉREO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	30
2.1.1. SISTEMA AÉREO (móvil).....	30
2.1.1.1 Dron .....	30
2.1.1.2. BLOQUE AÉREO (móvil) .....	31
2.1.2. SISTEMA EN TIERRA (fijo).....	32
2.1.3. SISTEMA CONECTADO Y FUNCIONAL.....	33
2.1.3.1. Lugar de pruebas – Volcán Pululahua .....	33
2.1.3.2. Lugar y fechas y desarrollo de las pruebas.....	34
2.1.3.3. Procedimiento de recopilación de información.....	36
2.1.3.4. Novedades encontradas .....	38
2.1.4. CONCEPTOS Y ESTRUCTURAS.....	39
2.1.5. METODOLOGÍA DE DESARROLLO.....	40
2.1.5.1. Fase de exploración .....	40
2.1.5.2. Backend.....	42
2.1.5.3. Frontend .....	45
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	47
3.1. DESARROLLO.....	47
3.1.1. MAPAS PROGRAMA MATLAB.....	47
3.1.1.1. Consideraciones 15 de julio de 2018: .....	49
3.1.1.2. Consideraciones 10 de noviembre 2018:.....	54
3.1.2. MAPAS EN PÁGINA WEB .....	55
3.1.2.1. Manipulación de la aplicación web.....	57
3.1.3. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS.....	58
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	59
4.1. CONCLUSIONES.....	59
4.2. RECOMENDACIONES .....	60
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	62
ANEXOS .....	68

## RESUMEN

En el Ecuador tenemos el INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología) que es la entidad encargada de brindar información oficial meteorológica, dicha información es presentada de forma global, basados en tomas de medida de aparatos propios implantados en todo el país y dispositivos externos pertenecientes a organizaciones internacionales, obteniéndose así información promediada, que al momento de estudiar una reducida región geográfica, no se cuenta con la aproximación y veracidad que se requiere de los datos de esa zona, por ello en el presente trabajo se ilustra de manera gráfica, el procesamiento de los datos obtenidos de varios sobrevuelos, sobre dicha zona específica, que al analizar los resultados se puede observar que se producen microclimas y cambios considerados de los factores meteorológicos de un periodo de tiempo determinado.

En el primer capítulo se describen los aspectos fundamentales de la meteorología, y un análisis de las gráficas que presenta el INAMHI y la situación actual en el Ecuador, se menciona sobre la implementación de un servicio web, la negociación entre la base de datos con la aplicación, la configuración de transmisión en las tarjetas Raspberry PI y el funcionamiento de los algoritmos de interpolación.

En el segundo capítulo se detalla el procesamiento de los datos obtenidos de la UAV, la aplicación del algoritmo y la manera de cómo se construye los distintos tipos de isomapas para ser presentados en el aplicativo web, además de la descripción de implementación del sistema de comunicación a través de un modem y el uso de servidores de datos espaciales.

En el tercer capítulo se presentan los isomapas, y los análisis respectivos para las mediciones obtenidas previamente del sistema de adquisición de datos UAV.

El cuarto capítulo hace referencia a las conclusiones y recomendaciones obtenidas de los diferentes isomapas para que puedan ser de guía en investigaciones en zonas geográficas puntuales.

**PALABRAS CLAVE:** Meteorología, UAV, microclimas, interpolación, isomapas



## **ABSTRACT**

*In Ecuador, we have the National Institute of Meteorology and Hydrology (INAMHI), which is the entity in charge of provide official meteorological information. This information is presented globally, based on measurements of our own instruments installed throughout the country and external devices belonging to international organizations, obtaining average information that when studying a small specific region, do not have the approximation and veracity of the data from the area. For this reason in the present project, graphically illustrates the processing of data obtained from an overflight over a small geographical area in which we can be observe different microclimates and changes that can be obtained over a period of time.*

*The first chapter describes fundamentals aspects of meteorology, an analysis of the graphs presented by INAMHI and the current situation in Ecuador, mentioning the implementation of a web service, the negotiation between database with the application, transmission settings on Raspberry PI cards and the interpolation algorithms functioning.*

*The second chapter details the processing of the data obtained from the UAV, its application of the algorithm and the way in which the different types of isomaps are building to be present in the web application, in addition to the description of the implementation of the communication system through a modem and the use of spatial data servers.*

*The third chapter presents the isomaps and respective analyzes for measurements previously obtained from the UAV data acquisition system.*

*The fourth chapter refers to the conclusions and recommendations obtained from the different isomaps, so that these can be a guide in investigations on specific geographical areas.*

**KEYWORDS:** *Meteorology, UAV, microclimates, interpolation, isomaps.*

# 1. INTRODUCCIÓN

Los constantes cambios climáticos han venido afectado a distintas regiones del planeta, en unos países más que otros, de manera que las predicciones del clima que comúnmente solían permanecer constantes, se han vuelto impredecibles, haciendo que la población genere, modifique y actualice sus sistemas de monitoreo para tratar de mitigar desastres poblacionales, pérdidas agrarias, ganaderas e incluso humanas; nuestro país no es la excepción, por ello el presente trabajo se enfoca en aportar con el estudio de una zona de reducida extensión geográfica que bajo registros de parámetros meteorológicos obtenidos previamente en sobrevuelos, se pueda representar gráficamente y ser presentados en isomapas.

El prototipo de aplicación web que se desarrolla es en base a información obtenida en texto plano de un sistema prototipo de adquisición de datos georreferenciados, conformado por dos partes: aire (dron – adquisición de datos: temperatura, humedad y presión) y tierra (recepción y almacenamiento de datos) basado en un UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*, Vehículo Aéreo no Tripulado) de baja altura, que previamente realizó los sobrevuelos necesarios para adquirir los parámetros meteorológicos con la intervención de las tarjetas Raspberry Pi.

Del sistema UAV fijo en tierra, se envía la data mediante internet a un servidor de datos espaciales, que a continuación son tratados y procesados a través de un programa que realiza la construcción de distintos isomapas con la ayuda de algoritmos.

Los isomapas obtenidos e ilustrados en el prototipo de aplicación web, servirán de ayuda para mantener registros históricos, llevar estudios estadísticos y poder analizar las variaciones del clima en cierto lugar para a futuro poder implementar aplicaciones de distintos tipos en bien del sector en estudio.

## 1.1 OBJETIVOS

Desarrollar un prototipo de aplicación web que indique gráficamente, a través de tres isomapas, las condiciones meteorológicas de un área geográfica reducida.

Los objetivos específicos del Plan de Titulación son:

- Revisar los antecedentes del clima en el país y analizar los requerimientos importantes que necesita la meteorología para cuantificar el comportamiento climatológico de cierta zona.
- Investigar la elaboración de mapas virtuales a partir de datos puntuales.
- Estudiar los principales conceptos relacionados al desarrollo de aplicaciones web.
- Implementar un sistema de comunicación entre los datos previamente almacenados en una tarjeta Raspberry Pi utilizando una conexión a internet.
- Montar un servidor de datos espaciales, para tratar y procesar la información a diagramar.
- Analizar algunos algoritmos de interpolación para graficar un grupo específico de isolíneas y representarlos a manera de mapas.
- Realizar pruebas del funcionamiento del prototipo de aplicación web desarrollada en el proyecto.

## **1.2 ALCANCE**

Una ambición prometedora y eficaz para aportar de manera ecológica en la recuperación de pequeñas zonas agrícolas y ganaderas, es poder estudiar, investigar y tratar de manipular de cierta manera el clima predominante en dicho sector de interés, que por afectaciones del calentamiento global no solo en Ecuador, sino en varias regiones del mundo han sido afectadas drásticamente; en países desarrollados han avanzado con éxito en la aplicación de métodos de generación, control y dominio de precipitaciones según la necesidad, ya sea para mejorar la agricultura, tratar de mantener los microclimas de zonas determinadas de flora y fauna e incluso presentar un clima apropiado y favorable previo a eventos deportivos, culturales, etc., que abarquen varias concentraciones de personas y que se encuentren expuestas en lugares abiertos.

Con la premisa anterior el presente prototipo de aplicación propuesto, desea ilustrar de manera gráfica los datos obtenidos en los sobrevuelos realizados por un sistema UAV de baja altura, y así poder orientar y aportar a futuros estudios e investigaciones atmosféricas previo a la implementación de soluciones climatológicas en áreas geográficamente pequeñas.

El objetivo es tratar de obtener de manera aproximada los parámetros de temperatura, humedad y presión, sobre una área específica, un sistema UAV obtiene ventajas sobre los dispositivos que dispone el INAMHI tanto en tierra como en el aire; indicando las

desventajas se menciona: en tierra, la apreciación de los valores tienden a ser poco alejados de la veracidad, pese a que los dispositivos de medición tienen su respectiva separación de altura, desde el suelo, sus valores pueden ser afectados por las condiciones que presente su alrededor y la corteza terrestre; y en aire; los dispositivos de monitoreo se encuentran en movimiento constante, que para nuestro análisis son de poca efectividad debido a que las masas de aire cambian sus características en periodos cortos de tiempo.

El lugar en donde se realizaron las pruebas es el Volcán Pululahua, localizado en la parte norte de las afueras del cantón Quito, colindante con las poblaciones de San Antonio de Pichincha, Calacalí y Pomasqui, es un volcán apagado cuya caldera está conformado a su alrededor por varios domos, entre ellos el más sobresaliente el Sincholagua con 3356 msnm. [1]. El sistema UAV que se utilizó, es un prototipo que permite adquirir datos meteorológicos georreferenciados durante sobrevuelos en zonas pequeñas geográficas, los mismos que son almacenados en archivos de texto, el proceso de recopilación está constituido por dos etapas: la primera parte del sistema está instalada en un sistema aéreo móvil - dron, con sensores de parámetros meteorológicos, dispositivos GPS, tarjeta de comunicación inalámbrica y una tarjeta Raspberry PI, el cual recopila la información georreferenciada del ambiente (temperatura, humedad y presión), y que transmite utilizando un enlace inalámbrico de 2.4 GHz a la base, la segunda parte es un dispositivo fijo en tierra que se encarga de la recepción inalámbrica de dicha información y el almacenamiento en archivos de texto, los guarda en la memoria de una segunda tarjeta Raspberry PI cada cierto tiempo, esto dependiendo de la posición y altura que vaya posicionándose el dron sobre el área de estudio en forma de capas [2].

## **1.3 MARCO TEÓRICO**

Para realizar los análisis en el campo de la atmósfera, es necesario nombrar y citar conceptos básicos de los parámetros principales que la componen.

### **1.3.1. LA METEOROLOGÍA**

La meteorología es la ciencia que se encarga del estudio de los fenómenos producidos en la atmósfera, especialmente se enfoca en las capas bajas, basándose en parámetros principales que la constituyen, como es la temperatura, humedad, presión atmosférica, viento y precipitaciones.

### **1.3.1.1. Temperatura**

Es el grado de calor específico del aire en un lugar y momento determinado, constituye el elemento más importante dentro de la atmósfera porque es el que diferencia y delimita los diferentes tipos de clima, es inversamente proporcional a la altura porque a medida que se asciende en altitud la temperatura baja. Las unidades en que se representa el clima generalmente son en la escala de grados Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ), pero dependiendo la región o el Sistema Internacional de Unidades en que se manejen, se puede utilizar la escala de grados Kelvin ( $^{\circ}\text{K}$ ) o grados Fahrenheit ( $^{\circ}\text{F}$ ), su equivalencia para la temperatura absoluta es  $K = (^{\circ}\text{C} + 273.15)$ .

Es importante mencionar que en meteorología se diferencian varias temperaturas como son: la temperatura de la superficie, la temperatura del suelo, la temperatura del agua, temperatura del aire, temperatura en altitud, pero como regla general se considera la temperatura aire como la temperatura ambiente. Como la temperatura depende en gran medida de la altitud, se concluyó que el aire se enfría en aproximadamente  $1^{\circ}\text{C}$  por cada 100 m de altura; el instrumento con el que se mide la temperatura ambiente es el termómetro.

### **1.3.1.2. Humedad**

La humedad atmosférica es la cantidad o el volumen de vapor de agua presente en la masa del aire, se encuentra ligada directamente a la temperatura del lugar, es decir donde la temperatura es alta, existirá elevada humedad, y en lugares donde la temperatura es baja, existirá poca humedad; en nuestro país las regiones que poseen esta característica son: la región oriental, costera e insular; la humedad también depende de la geografía de la zona, es decir aumenta en presencia de grandes extensiones de bosques, el instrumento con el que se mide la humedad es el higrómetro [3].

### **1.3.1.3. Presión atmosférica**

La masa de aire que rodea al planeta, que por efecto de la gravedad ejerce una fuerza hacia el centro de la tierra se lo llama presión atmosférica, está relacionado inversamente con la altura, la temperatura y la humedad, siendo así, a mayor altitud la presión baja, la temperatura baja y la humedad también baja; por lo que se concluye que la columna de aire en cada metro cuadrado de la superficie en tierra, pesa aproximadamente 10 toneladas, las unidades se las expresa en Newton sobre metro cuadrado ( $\text{N}/\text{m}^2$ ) o en Pascales (Pa), correspondiendo así que la presión al nivel del mar es  $101.300 (\text{N}/\text{m}^2)$  o

10.300 (Pa) o 1.013 (hPa), generalmente se usa esta última unidad de HectoPascuales porque a nivel ambiente la presión atmosférica es grande, el instrumento que se usa para su medición es el barómetro [3].

#### **1.3.1.4. Viento**

El viento es el movimiento de aire que se desplaza en una dirección determinada, se produce por los cambios de temperatura o de presión atmosférica influenciada por la radiación solar; los leves vientos de velocidad regular son de gran ayuda, por ejemplo, producen energía eólica, ayudan al desplazamiento de las semillas y facilitan la navegación fluvial, así mismo pueden ser perjudiciales cuando aumenta su velocidad, produciendo tormentas, huracanes, tornados y ciclones, la fuerza que genera el viento puede arrancar árboles de raíz, hasta destruir grandes estructuras; las unidades que generalmente se usan son kilómetro por hora (km/h), metros por segundo (m/s) o nudos (kn), siendo este último su equivalente  $1kn = 1.852 \text{ km/h}$ , el instrumento utilizado para la medición es el anemómetro, oficialmente en meteorología las mediciones se los hace desde una altura de 10 metros sobre el suelo.

#### **1.3.1.5. Precipitación**

Es el depósito de agua natural sobre la superficie terrestre, cuando el vapor de agua se condensa, se crean pequeñas gotitas suspendidas, las cuales dan paso a la formación de nubes, al seguir variando la temperatura y presión se agrupan hasta formar gotas más grandes que cuando alcanzan un peso considerable caen en forma de lluvia (líquido), pero cuando la variación de temperatura en escala inferior es considerable, las gotas se cristalizan y descienden a la superficie en formas pequeñas de hielos (sólido) llamado granizo, un punto intermedio entre los dos fenómenos mencionados es la nieve; la precipitación se la mide en unidades de milímetros (mm), se considera que un milímetro de lluvia corresponde a 1 litro de agua por metro cuadrado de superficie, su instrumento de medida es el pluviómetro.

### **1.3.2. ANÁLISIS DE GRÁFICAS INAMHI**

Es necesario mencionar un antecedente de cómo el INAMHI presenta las gráficas de meteorología e indicar los diferentes servicios que ofrece a la comunidad para compararlo con otro país.

El INHAMI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología) es una institución pública con representación a nivel nacional e internacional, es miembro de la OMM (Organización Meteorológica Mundial) que es el organismo especializado de las Naciones Unidas para Meteorología, hidrología y ciencias conexas. Su función es suministrar información actualizada sobre el clima, el tiempo y los recursos hídricos, para proteger a la humanidad de los desastres naturales y precautelar el medio ambiente.

### **1.3.2.1. Productos y servicios que brinda el INAMHI**

El INAMHI mantiene un sistema de cooperación y suministro de información oportuna y segura con los medios de comunicación, prensa, radio, televisión; además asiste a la ciudadanía mediante: números telefónicos especiales, correo electrónico y conversación directa con un meteorólogo para la entrega del pronóstico diario del tiempo.

Los productos informativos que entrega el INAMHI a la ciudadanía se encuentran en: Boletines de avisos donde se informa sobre la probabilidad de ocurrencia o no de un evento extremo, Boletín de alertas el cual confirma el aviso de un evento extremo, boletín de prensa, Boletines decadales explican las condiciones climáticas observadas en los últimos 10 días y como estas pueden evolucionar en el mismo período.

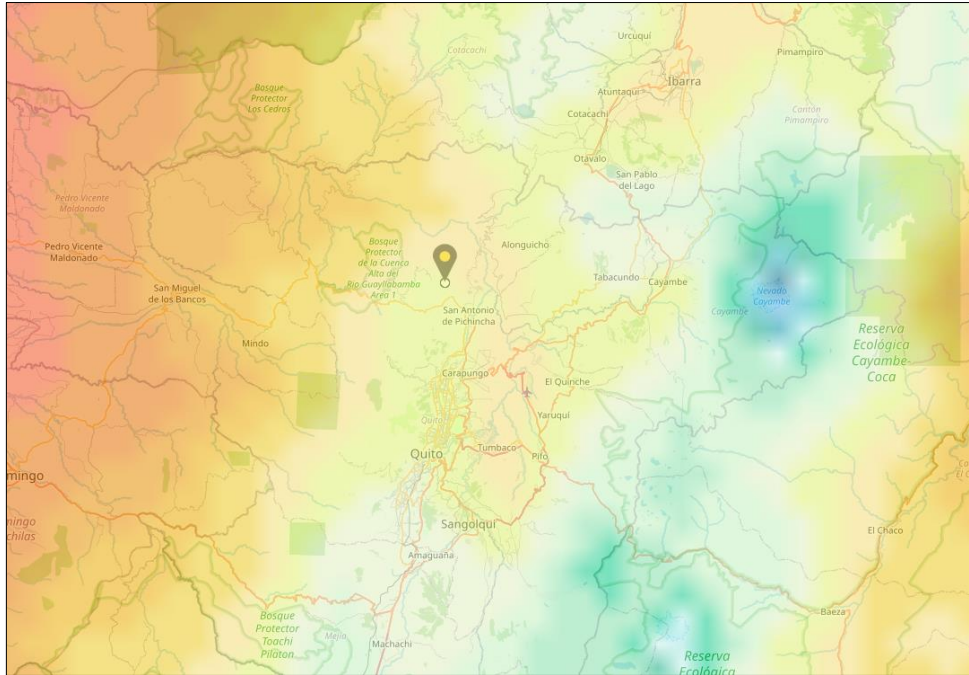
A continuación, se describen de manera breve los diferentes servicios de pronóstico que el INAMHI ofrece a la ciudadanía:

#### **1.3.2.1.1. Pronóstico del tiempo**

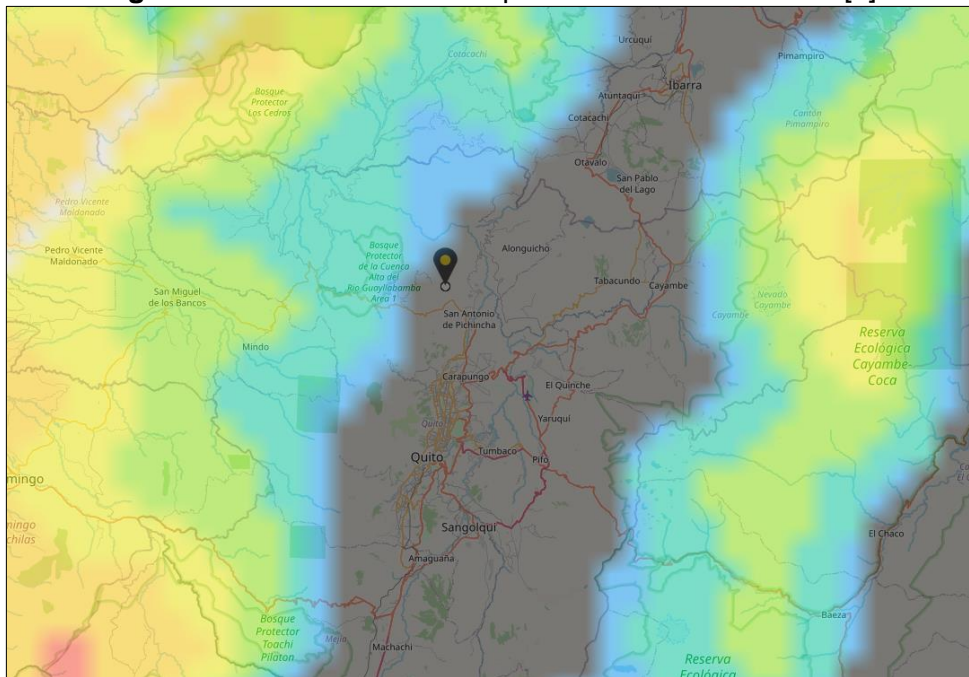
Se muestran los fenómenos meteorológicos que tendrán incidencia en los próximos 3 días, existe un detalle por hora de los mismos para todas las partes del Ecuador.

A continuación, se muestra dos gráficas, la Figura 1.2. es un pronóstico de temperatura de la ciudad de Quito, capturada el 01 de septiembre de 2018, la segunda Figura 1.2. presenta las precipitaciones para ese mismo lugar, fecha y hora. y la Figura 1.3. muestra toda la incidencia que existe en el país de rayos ultravioletas.

Las gráficas son tomadas de la página pública del INAMHI.



**Figura 1.1.** Pronóstico de Temperatura 2018-09-01 7:00 [5].



**Figura 1.2.** Pronóstico de Precipitación 2018-09-01 7:00 [5].

**1.3.2.1.2. Pronóstico de radiación ultravioleta**

Es una previsión de los niveles de Radiación Ultravioleta para el próximo día, esta información está basada en información satelital.



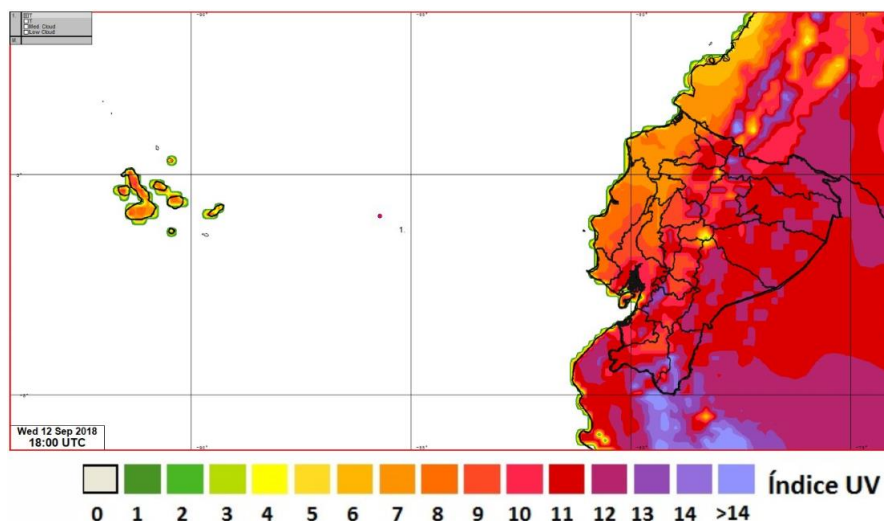


Figura 1.3. Pronóstico diario de máximo índice UV 2018-09-11 [5].

### 1.3.2.1.3. Pronóstico de focos de calor

Es una emisión diaria que se realiza en horas de la noche de las variables que podrían desencadenar y propagar incendios forestales.

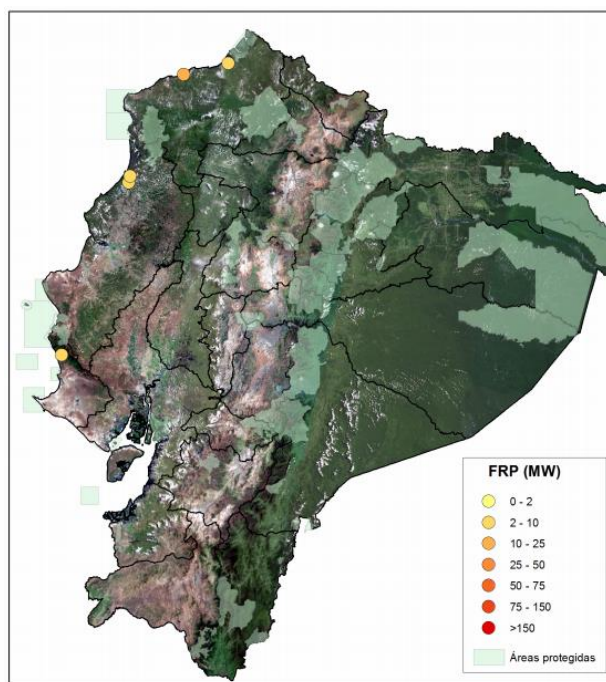


Figura 1.4. Pronóstico diario de máximo índice UV 2018-09-11 [5].

### 1.3.2.1.4. Nowcasting

En esta sección encontramos un pronóstico de la incidencia de los fenómenos meteorológicos en las próximas 3 horas, convirtiéndose en un pronóstico a muy corto plazo.

#### **1.3.2.1.5. Pronóstico agroclimático**

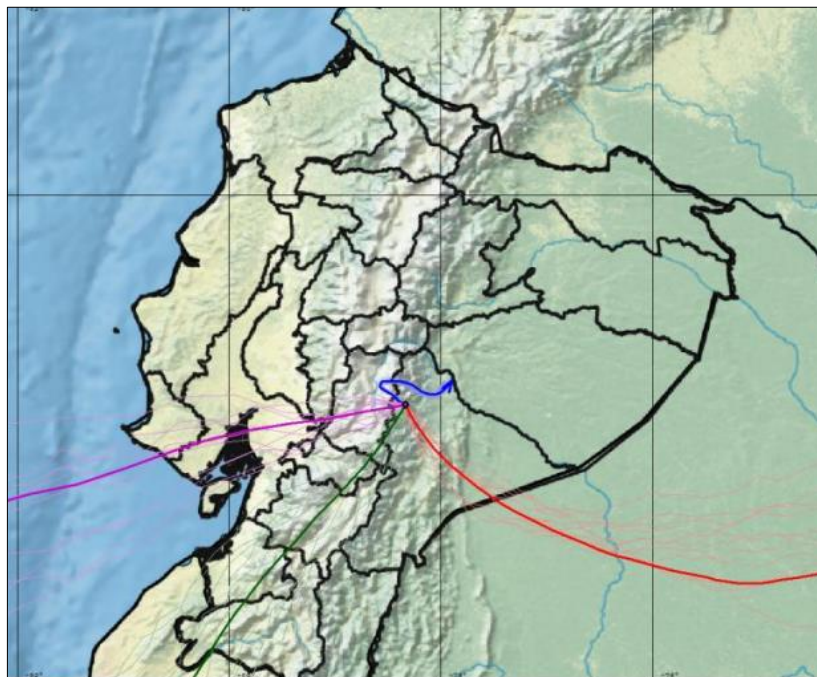
Es un pronóstico climatológico aplicado a los diferentes productos agrícolas de las diferentes regiones del Ecuador.

#### **1.3.2.1.6. Pronóstico cuantitativo**

Se trata de un pronóstico estadístico acerca de la cantidad de lluvia que se tiene prevista para cada localidad del Ecuador.

#### **1.3.2.1.7. Pronóstico de trayectoria de viento**

Es un pronóstico de la dirección del viento en localidades específicas donde pueden existir casos de dispersión de ceniza por actividad volcánica.



**Figura 1.5.** Trayectoria del viento en los distintos niveles de altitud Volcán Sangay [5].

- ➡ En 3000 m.s.n.m. (700 hPa) se dirige hacia el Oeste y luego gira al Este a 8 km/h.
- ➡ En 5500 m.s.n.m. (500 hPa) se dirige hacia el Sureste a 23 km/h.
- ➡ En 9000 m.s.n.m. (300 hPa) se dirige hacia el Suroeste a 40 km/h.
- ➡ En 12.500 m.s.n.m. (200 hPa) se dirige hacia el Suroeste a 74 km/h.

### 1.3.2.1.8. Pronóstico de perspectiva hidrológica

Usados para determinar el comportamiento de los caudales de los ríos en las cuencas del Ecuador. Para eso se usa softwares basados en estadísticas sumado al análisis meteorológico.

### 1.3.3. DATOS METEOROLÓGICOS E HIDROLÓGICOS

Se refiere a la recopilación de información proveniente de las estaciones automáticas meteorológicas e hidrológicas, la visualización se realiza gracias a la aplicación de modelos matemáticos, a continuación, se va a indicar las redes de captación de información.

#### 1.3.3.1. Red de Estaciones Meteorológicas

El INAMHI tiene implementado la red de estaciones meteorológicas en todo el país, por citar, la institución administra alrededor de 300 CWS (*Convencional Weather Stations*, Estaciones Meteorológicas Convencionales) y 30 AWS (*Automatic Weather Stations*, Estaciones Meteorológicas Automáticas), las cuales se muestran en la Figura 1.6 [4]

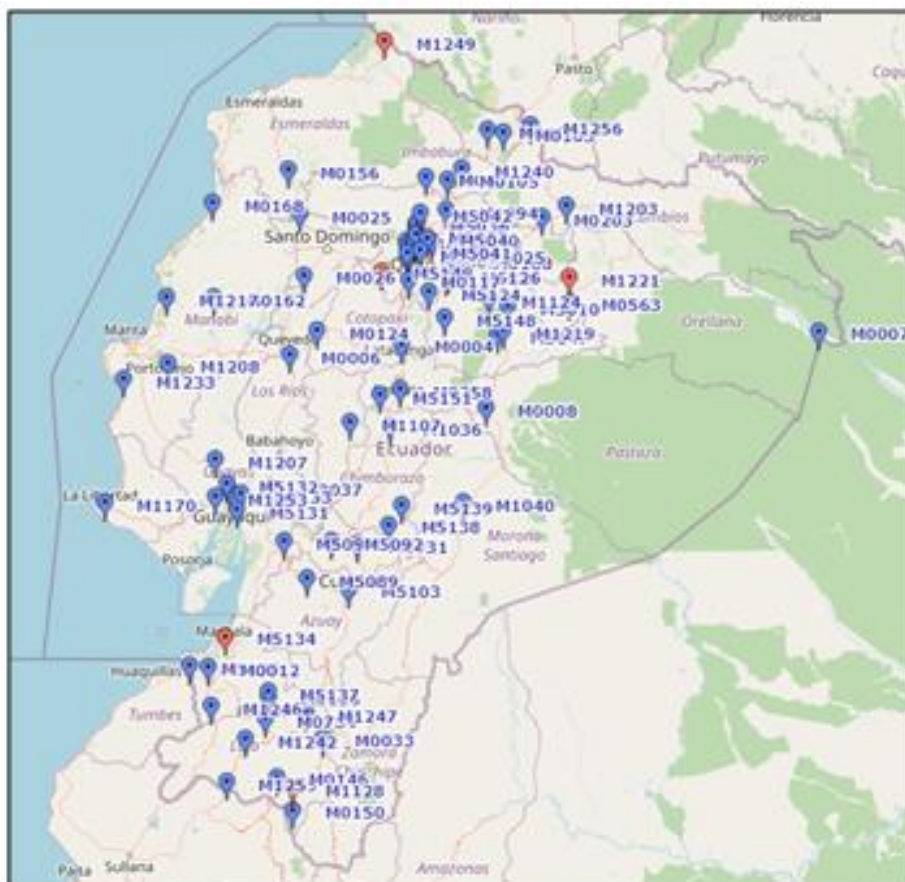


Figura 1.6. Red de estaciones meteorológicas en Ecuador [4].

### 1.3.3.2. Red de radares en DMQ

De manera tipo informativo en la Figura 1.7 se muestra la ubicación de los diferentes dispositivos que se encuentran instalados en el Distrito Metropolitano de Quito para que brinden información meteorológica en tiempo real.

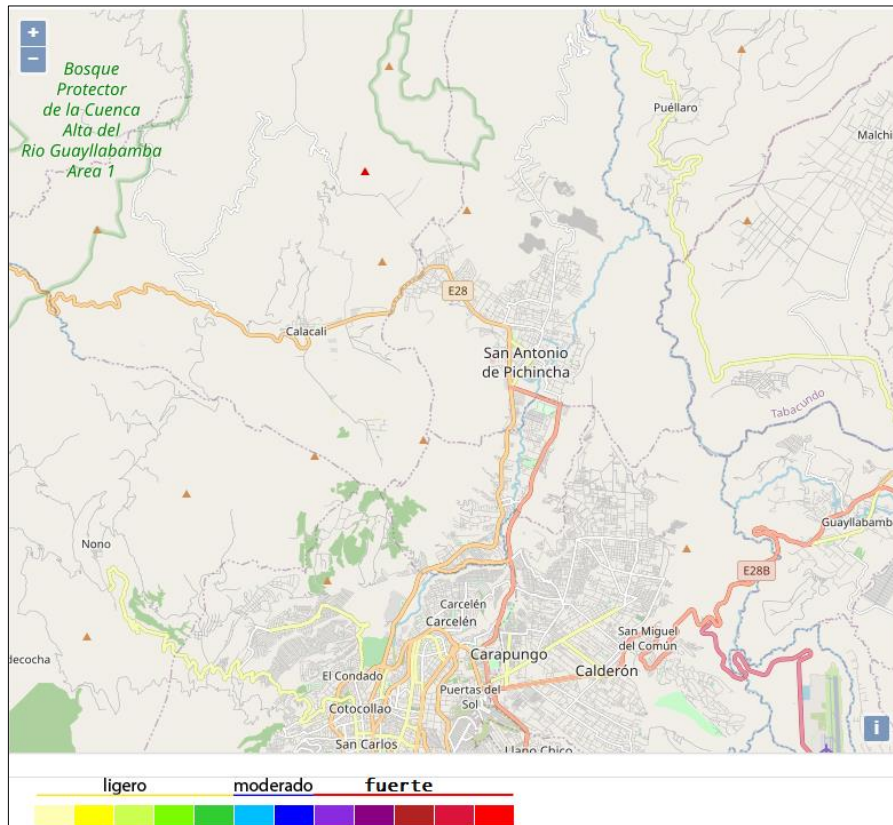


Figura 1.7. Red de radares DMQ [5].

### 1.3.4. SERVICIOS DE METEOROLOGÍA EN OTROS PAÍSES

Por mencionar y tener una idea clara del cómo es nuestro servicio meteorológico por hoy, se va a nombrar el cómo se maneja la información en otros dos países.

#### 1.3.4.1. Servicio Meteorológico en Estados Unidos

En Estados Unidos la NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*, La Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica), es la responsable de describir y predecir los cambios climáticos mediante la investigación de la atmósfera, los océanos el espacio y el sol. Además, es responsable de conservar y manejar los recursos marinos y costeros. El Servicio Nacional de Meteorología o con su nombre en inglés "*National Weather Service*" es parte de la NOAA.

La NAQFC (*National Air Quality Forecast Capability*, La Capacidad Nacional del Pronóstico de la Calidad del Aire) desarrolló e implementó una guía operativa de pronóstico de calidad del aire para los Estados Unidos. Las predicciones operativas actuales incluyen ozono, humo, polvo y partículas finas (PM2.5)<sup>1</sup> en la superficie del aire que se respira [5].

Estados Unidos está monitoreando continuamente en todos sus estados, por posibles Tornados, Huracanes, Tsunamis y Radiación UV. Tiene activos varios métodos para notificar cuando existe una alerta una de ellos es por medio Wireless en el cual se envía mensajes de emergencia a la operadora de telefonía móvil. El servicio meteorológico de los Estados Unidos cuenta con imágenes satelitales de alta calidad del Norte de América, Sur América, Caribe y el Océano Pacífico. En La cuales se puede observar variables como el ozono, vapor de agua, nubosidad y dióxido de carbono.

#### **1.3.4.2. Servicio Meteorológico en Argentina**

En Argentina el Servicio Meteorológico Nacional SMN es la entidad encargada de brindar la información oportuna de pronósticos meteorológicos, alertas climáticas basadas en el monitoreo continuo de la atmósfera y en el conocimiento científico. Su objetivo es proteger a la comunidad, ayudar a la defensa nacional y favorecer el desarrollo sustentable.

A diferencia del INAMHI el SMN añade a sus servicios meteorológicos al sector Aeronáutico y Marino. Argentina además cuenta con imágenes satelitales de Sudamérica y la Antártida en las cuales puede observar Topes Nubosos y niveles medios de Vapor de Agua. Argentina actualmente utiliza el modelo numérico WRF (*Weather Research and Forecasting*, Investigación del Pronóstico del Tiempo) y GFS (*Global Forecast System*, Sistema Global del Pronóstico) para realizar los pronósticos del tiempo en base a las variables Temperatura precipitación, viento y nubosidad.

#### **1.3.5. PREDICCIÓN DEL ESTADO DEL TIEMPO EN EL ECUADOR**

El proceso de elaboración de pronósticos empieza con la toma de datos desde el observador, quién es el que transmite la información de los parámetros meteorológicos en tiempo real, desde cualquiera de las estaciones meteorológicas.

En los centros de predicción meteorológica ubicados en Quito, Guayaquil y Loja se recibe

---

<sup>1</sup> **PM2.5.** – Se las denomina así a una materia partícula que tiene un diámetro de 2.5 micrones o menos, comparado con el grosor del cabello, y que es uno de los contaminantes más comunes que están en el aire.



se realiza el análisis de los modelos numéricos los cuales muestran áreas en 2 dimensiones y cuerpos tres dimensiones aplicando funciones aproximadas de tiempo.

El INAMHI también receipta y analiza, las imágenes satelitales proporcionadas por el satélite GOES, este satélite capta toda la superficie de América en forma visual, infrarroja y vapor de agua. A su vez se usa los Gráficos de Wingrids que son una herramienta del modelo GFS, para visualizar el viento en diferentes alturas de esta manera y de la mano con el monitoreo de información de otros servicios Meteorológicos del mundo se finaliza la elaboración del pronóstico.

### **1.3.6. METOLOGOGÍA KANBAN**

Se consideró seguir los conceptos y definiciones del sistema Kanban para tener una línea base en todo el desarrollo del plan de titulación, para ello se inicia revisando un poco de historia. Fue creado en la empresa Toyota por la década de los 50, esta metodología fue generada como plan de mejora en la producción de automóviles utilizando tarjetas, para indicar los procesos y las materias primas, de ahí la palabra Kanban que en el japonés significa registro visual o tarjeta. Por esos mismos años, las empresas japonesas realizaban pronósticos sobre la demanda de producción, porque hubo un momento que se producía más de lo que exigía el público, produciéndose el denominado *efecto látigo*, que significa mayor producción, mayor stock y menor servicio. Los ingenieros japoneses preocupados por ese tema, se enfocaron en las costumbres del occidente, observando que en cualquier producción cuando el indicador de salida lance números mínimos, se implementaría una tarjeta para dar mayor atención y solución de forma puntual sin que afecte la demás línea de producción.

#### **1.3.6.1. Principios de la Metodología Kanban**

La metodología Kanban forma parte de las metodologías ágiles, está basada en varios principios que la diferencian del resto de metodologías conocidas, se considera estos pasos a seguir porque en el trabajo que se presenta, se tiene que discriminar y analizar la sobresaturación de puntos medidos en una zona, para así poder obtener los mejores puntos y de ahí partir para diagramar y mostrar en mapas.

### 1.3.6.2. Kanban como metodología de desarrollo de software

La metodología de Kanban se basa en una simple idea, el trabajo en curso debe limitarse, a empezar algo nuevo cuando lo anterior se haya entregado. Generando una señal visual para mostrar que hay nuevos procesos o bloques de trabajo que pueden ser iniciados [12].

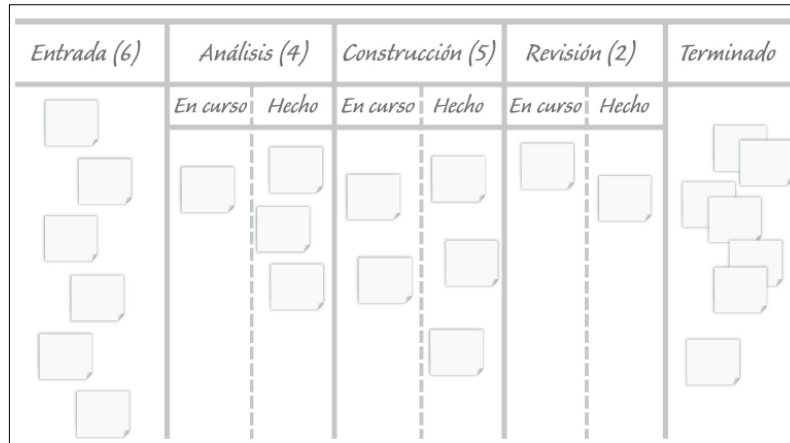
Cuando los equipos usan Kanban para el desarrollo de software, el trabajo se realiza según lo permita la capacidad. El trabajo nunca se fuerza a través del proceso. Este sistema ayuda en la toma de decisiones sobre cuánto, qué y cuándo producir algo [14]. La organización de un tablero Kanban permite una mejor comprensión del flujo de trabajo. Reduce el desperdicio de la multitarea y el cambio de contexto, muestra todos los problemas operativos y ayuda con la colaboración para mejorar el sistema.

### 1.3.6.3. Pasos a seguir para trabajar con Kanban

Los pasos que se debe seguir para trabajar con Kanban de forma simplificada son los siguientes:

- **Visualizar el flujo de todo el trabajo:** En un panel organizado en columnas debe estar representado todo el flujo del trabajo que hay que realizar en el proyecto, desde el principio hasta el último momento. Cada actividad se representa por una tarjeta. El panel debe estar accesible y bien visible para todos los miembros del equipo. Para que el panel sea útil tiene que representar en qué estado del flujo está cada ítem en cada momento [17]. La primera columna representa el Backlog del producto, es decir, la lista priorizada de las necesidades o actividades pendientes. Se puede usar tantas columnas como estados sean necesarios para que todo el flujo de trabajo esté contemplado [6].
- **Divida el trabajo en ítems pequeños y escriba cada uno en una tarjeta.** Se debe colocar en orden de prioridad en la primera columna del tablero. Se debe tratar de clasificar los ítems de forma que la carga de trabajo sea similar; lo cual proporciona una ventaja visual al trabajo [15].
- **Limite el trabajo en curso:** Se debe poner un límite permitido de ítems en cada columna, evitando cuellos de botella, colapsos y eliminando las cosas que impidan trabajar a un ritmo sostenible. Se debe colocar un número en la parte superior de cada columna, que indicará el límite permitido [16].
- **Mida el tiempo empleado en completar un ciclo completo:** Se debe realizar un cálculo del tiempo que tomará en realizar cada tarea desde el inicio hasta que es cerrada, tratando

de minimizar cada vez es te tiempo. Esto ayuda a ser predecibles y poder hacer estimaciones para futuras tareas.



**Figura 1.8.** Panel de Kanban [6].

Esta metodología fue de bastante utilidad, porque al tener demasiados datos dispersos en campo se obstruye de cierta manera la objetividad de las medidas para construir los mapas que se necesitan y desean.

### **1.3.7. DESARROLLO DE APLICACIONES WEB**

El desarrollo de aplicaciones web inicia siguiendo una línea base de metodologías y procesos, en este capítulo se determina el modelo SDLC (*Systems Development Life Cycle*).

#### **1.3.7.1. Modelo SDLC**

Modelo SDLC (Sistemas de Ciclos de Vida del Desarrollo) facilita y garantiza el desarrollo de sistema de información, abarcando la vida completa del sistema desde el inicio del proyecto hasta cuando se finaliza la vida útil del sistema de información y se desecha. A continuación, se encuentran descritos ciertas sugerencias y puntos importantes:

##### **1.3.7.1.1. Análisis de requerimientos**

Una evaluación inicial de riesgos de seguridad: se debe realizar una revisión de los puntos que serán más críticos mientras se desarrolla la aplicación, con el objetivo de poder recopilar información suficiente para la construcción del software.



Asegurarse de que los requisitos sean comprobables: como parte de los requisitos generales dentro del proyecto para un sistema de información, es importante que se desarrolle requisitos de seguridad de la información comprobables. Es decir, cuando se desarrolla un requisito que no se pueda probar, es probable que se haya desarrollado un requisito incorrecto.

A continuación, se muestra un ejemplo donde el primer requisito es vago. Si en el mismo se implementa el registro, pero sin la capacidad de registrar eventos específicos, no se podrá proteger el sistema de información adecuadamente. En el segundo ejemplo es mejor, ya que se proporciona elementos comprobables específicos que se pueden usar para desarrollar la capacidad de registro del sistema de información.

Ejemplo de requisito incorrecto: el sistema de información debe implementar el registro.

Ejemplo de requisito incorrecto: el sistema de información debe auditar los eventos relacionados con el inicio y cierre de sesión exitosos de usuarios privilegiados. [7]

#### **1.3.7.1.2. Diseño**

**Desarrollar el plan de prueba:** una vez que se cuenta con los requisitos comprobables para el sistema de información y que el mismo se encuentre en la fase de diseño, llega el momento de desarrollar el plan de prueba, procedimientos de prueba y mecanismos a usarse para comunicar los resultados de la prueba de seguridad de la información que realiza.

Para realizar el plan de prueba se debe responder las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es el alcance de la prueba? ¿Quién la realiza?
- ¿Qué se requiere para realizar la prueba (personal, herramientas, etc.)?
- ¿Cómo se deben manejar los resultados de las pruebas (propiedad de la empresa, confidencial, etc.)?
- En caso de producirse una interrupción del sistema o un evento de seguridad. ¿A quién se debe contactar?

Los procedimientos de prueba deben incluir todos los pasos necesarios para poder efectuar la prueba, por lo que deberá planificarse cuidadosamente. Se debe incluir también la información necesaria para determinar si una prueba pasa o no.

#### **1.3.7.1.3. Prueba**

La fase de prueba junto con la fase de desarrollo, van a estar en un ciclo continuo hasta que se completen ambas. Se debe probar las veces necesarias hasta observar que la funcionalidad sea del 100%.

Además, se hacen evaluaciones para evitar errores, incluyendo la evaluación de módulos, programas, productos, y finalmente evaluación con el cliente final. La clave para conseguir un software eficiente y confiable es encontrar errores y arreglarlos a tiempo [18].

#### **1.3.7.1.4. Despliegue**

En esta sección se instala el software y se evalúa la integración, la portabilidad, la adaptabilidad además se deben instalar las posteriores configuraciones necesarias.

### **1.3.7.2. Capas de negocios en el desarrollo de las aplicaciones web**

A continuación, se mencionan las capas importantes y necesarias para levantar los servicios en una aplicación web:

#### **1.3.7.2.1. RMM (Relationship Management Methodology)**

Es un proceso de análisis, diseño y desarrollo de aplicaciones *hipermedia*<sup>2</sup>. Esta metodología es apropiada para objetos con clases bien definidas y con claras relaciones entre estas, es decir para dominios con estructuras regulares [19].

Como ejemplo se pueden incluir catálogos o bases de datos tradicionales.

Este modelo sugiere un lenguaje con el que podamos describir los objetos del dominio, sus interrelaciones y los mecanismos de navegación hipermedia de la aplicación.

Con la ayuda de atributos, entidades y relaciones asociativas, se definen los objetos del dominio, siendo sus principales características las siguientes [20].

- Aproximación para el diseño de sitios web, bajo una aproximación centrada en la información.

---

**2 hipermedia.** – Sirve para designar al conjunto de métodos y procedimientos para escribir, diseñar o componer contenidos que integran soportes tales como: texto, imagen, video, audio, mapas y otros soportes tecnológicos permanentes.

- Lenguaje de modelado de sitios web a nivel lógico (dominio de información + estructuras de navegación + elementos de presentación).
- Integrado en una metodología de desarrollo.
- Facilitar la estructuración de páginas web complejas que contienen elementos de distintas entidades (vistas múltiples).
- Permitir la reutilización de elementos en el diseño (vistas jerárquicas).
- Diseño de enlaces más potentes y versátiles.
- Mantener el contexto durante la navegación.

#### **1.3.7.2.2. OOHDM (Object Oriented Hypermedia Design Method)**

El diseño de hipermedia orientado a objetos plantea un desarrollo de aplicaciones hipermedia por medio de un proceso compuesto cuatro etapas: diseño conceptual, diseño navegacional, diseño de interfaces abstractas e implementación. Cada una de estas etapas se detallan a continuación:

- **Diseño Conceptual.** En el desarrollo de este método se inicia diseñando la capa conceptual, con objetivo principal de capturar los conceptos involucrados en el dominio de la aplicación y describirlos a detalle. Se hace uso de diagramas para expresar con claridad el comportamiento, la estructura y las relaciones entre estos conceptos [21].

OOHDM facilita la conducción del diseño conceptual a la implementación, proporcionando al programador de herramientas que permiten disminuir la distancia entre el problema del mundo real y la solución de programación en la computadora.

- **Diseño Navegacional.** Se compone de objetos construidos a partir de objetos conceptuales, los cuales constituyen los elementos canónicos de las aplicaciones hipermedia tradicionales: enlaces, nodos, anclas y estructuras de acceso. Estas clases pueden ampliar el comportamiento característico para funcionar como adaptadores de los objetos conceptuales y delegar de esta manera operaciones específicas del dominio.

Entonces, los objetos navegacionales pueden actuar como observadores, para construir vistas de objetos conceptuales. Así como pueden actuar como adaptadores, extendiendo la actividad navegacional de un nodo y aprovechando el comportamiento conceptual del objeto adaptado.

- **Diseño de Interfaz Abstracta.** Se deben especificar los aspectos de interfaz una vez que las estructuras navegacionales son definidas. Lo cual significa definir la forma en la que los objetos navegacionales aparecerán, cómo los objetos de interfaz activarán la navegación y el resto de la funcionalidad de la aplicación, qué transformaciones de la interfaz son pertinentes y cuándo es necesario realizarlas [22].

Una separación entre diseño de interfaz abstracta y diseño navegacional permite hacer diferentes interfaces para el mismo modelo navegacional, dejando un alto grado de independencia de la tecnología de interfaz de usuario. Un punto crítico que se tiende a descuidar en el desarrollo de las modernas metodologías tiende es el aspecto de la interfaz de usuario de aplicaciones interactivas (en particular las aplicaciones web). Para describir la interfaz del usuario de la aplicación de hipermedia en el OOHDM se usa el diseño de interfaz abstracta. Para especificar la organización y comportamiento de la interfaz se utiliza el modelo ADVs (Vista de Datos Abstracta) pero en la fase de implementación es cuando se realiza la apariencia física real o de los atributos y la disposición de las propiedades de las ADVs en la pantalla real.

- **Implementación.** Es la fase donde el diseñador implementará el diseño. Al momento todos los modelos fueron construidos independientes de la plataforma de implementación, dentro de esta fase será donde se tiene en cuenta el entorno particular en el cual se va a correr la aplicación.

En esta fase, el diseñador empezará definiendo los ítems de información que son parte del dominio del problema. También deberá identificar, cómo se organizan los ítems según con el perfil del usuario y su tarea; tendrá que decidir qué interfaz debería ver y cómo debería comportarse. Con el fin de implementar todo dentro de un entorno web, el diseñador debe decidir la información que será almacenada [23].

### **1.3.7.2.3. UML-Based Web**

Método que especifica aplicaciones hipermedia haciendo uso de técnicas procedentes de la orientación a objetos. Planteando un enfoque iterativo y progresivo cuyas actividades fundamentales son:

- Análisis de requisitos
- Diseño conceptual de la navegación y de la presentación.

En este método los elementos hipermedia se representan por medio de elementos propios de los diagramas de clases UML<sup>3</sup>. Así, por ejemplo, los nodos son clases, los enlaces son asociaciones estereotipadas y las ayudas a la navegación (como índices o mapas) son clases estereotipadas [8].

Se hace uso de modelos de tarea y diagramas de estado para modelar aspectos dinámicos, mientras que la navegación y presentación se hacen por medio de UML y de estereotipos creados al efecto.

El UWE<sup>4</sup> se fundamenta principalmente en los siguientes aspectos:

Uso de una notación estándar, para todos los modelos (UML: Lenguaje de modelado unificado).

Definición de métodos: Definición de pasos para la construcción de los diferentes modelos.

Especificación de Restricciones: Para incrementar la exactitud de los modelos se recomienda el uso de restricciones escritas OCL (*Object Constraint Language*, Lenguaje de Construcción de Objetos) [24].

Este proceso de autoría está dividido en cuatro pasos o actividades:

- **Análisis de Requisitos:** Fija los requisitos funcionales de la aplicación Web para reflejarlos en un modelo de casos de uso. Esto da lugar a los diagramas de casos de uso.
- **Diseño Conceptual:** Se construye el modelo conceptual del dominio de la aplicación considerando los requisitos reflejados en los casos de uso. El resultado es el diagrama de clases de dominio.
- **Diseño Navegacional:** Se obtienen el modelo de espacio de navegación y el de estructura de navegación, que muestra como navegar a través del espacio de navegación. El resultado son diagramas de clases que representan estos modelos.
- **Diseño de Presentación:** Representa las vistas del interfaz del usuario mediante modelos estándares de interacción UML.

---

**3 diagrama de clases UML.** – UML (*Unified Modeling Language*, Lenguaje Unificado de Modelado) se utiliza mucho en programación, es un tipo de diagrama de estructura estática que describe la estructura de un sistema, mostrando las clases del sistema, sus atributos, operaciones y relación entre objetos.

**4 UWE.** – Es una metodología basada en UML para el desarrollo de aplicaciones web, cubriendo todo el ciclo de vida de la web, además su atención se concentra en aplicaciones personalizadas o adaptativas.

#### **1.3.7.2.4. Los componentes de una aplicación Web**

- **Lógica de negocio.**
  - Parte más importante de la aplicación.
  - Define los procesos que involucran a la aplicación.
  - Conjunto de operaciones requeridas para proveer el servicio.
- **Administración de los datos.**
  - Manipulación de BD y archivos.
- **Interfaz**
  - Los usuarios acceden a través de navegadores, móviles, PDAs, etc.
  - Funcionalidad accesible a través del navegador.
  - Limitada y dirigida por la aplicación.

Las aplicaciones web se modelan mediante lo que se conoce como modelo de capas, Una capa representa un elemento que procesa o trata información [8]. Los tipos son:

- Modelo de dos capas: La información atraviesa dos capas entre la interfaz y la administración de los datos.
- Modelo de n-capas: La información atraviesa varias capas, el más habitual es el modelo de tres capas.

#### **1.3.8. CONFIGURACIÓN DE LA TARJETA RASPBERRY PI CON UN MODEM PARA TRANSMISIÓN DE DATOS**

Para el desarrollo de la aplicación en la que se va a generar mapas a partir de datos meteorológicos provenientes de un UAV, es necesario hacer mención al componente principal del Sistema Aéreo de Medición y Almacenamiento de Parámetros Meteorológicos, que es la tarjeta Raspberry Pi y su modem para la transmisión de información [2].

##### **1.3.8.1 Tarjetas Raspberry Pi**

La tarjeta Raspberry Pi es un ordenador pequeño “aguarda en su interior un importante poder de cómputo en un tamaño no más grande que el de una tarjeta de crédito” [9].

Describiendo de forma general la placa Raspberry Pi, dentro de esta se encuentra un semiconductor cuadrado, conocido como chip o circuito integrado. “Este es el módulo *system-on-chip* (SoC) Broadcom BCM2835, el encargado de proporcionarle a la Raspberry

Pi sus capacidades de procesamiento de propósito general, de renderización de gráficos y de entrada/salida” [9]. Sobre este se encuentra otro semiconductor, el cual provee la memoria para el almacenamiento temporal (Memoria RAM) cuando los programas están ejecutándose, esta memoria es volátil es decir cualquier cosa almacenada se puede perder cuando la Raspberry Pi corta su energía [30].

La tarjeta también cuenta con puerto HDMI que no transmite audio; el audio es proporcionado como una señal analógica a través de un conector de audio de 3.5 mm.

La Raspberry Pi también contiene un conector con entradas-salidas de propósito general (GPIO) para poder conectarse con otros hardware, frecuentemente se usa este puerto para conectar una placa de expansión (Add-On) [29].

En la parte baja del puerto GPIO se encuentra el puerto DSI (*Display Serial Interface*) que es un conector de plástico y metal, el cual es utilizado para conectarse a sistemas de pantalla plana controladas digitalmente, aunque se prefiere usar el puerto HDMI que es más flexible.

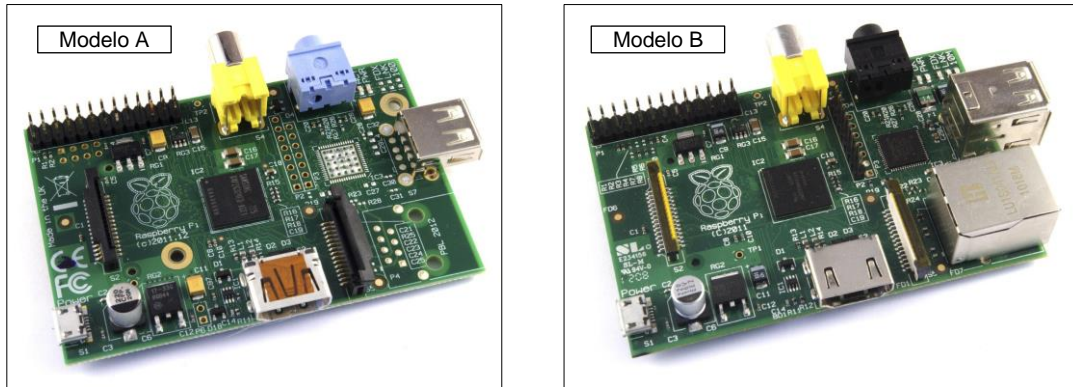
A la derecha del puerto HDMI, se encuentra el puerto CSI (*Camera Serial Interface*), que brinda una conexión de alta velocidad para módulos de cámaras con conexión CSI compatibles con la Raspberry Pi.

La toma de alimentación se encuentra en la esquina inferior, es una toma micro-USB. Al conectar el cable micro-USB a un adaptador de energía se encenderá la Raspberry Pi; la Raspberry Pi arranca inmediatamente cuando se conecta el cable de la alimentación, no tiene botón de encendido.

Contiene también una ranura para tarjetas SD. La cual se usa para el almacenamiento del sistema operativo, programas, datos y otros archivos [28].

El borde a mano derecha de la Raspberry Pi dependiendo el modelo que se tenga, se tiene diferentes conectores. Arriba de éstos se encuentran LEDs que están etiquetados con ACT y PWR que dan una notificación de actividad y energía respectivamente.

Existen 2 modelos de Tarjetas Raspberry Pi, modelo A y Modelo B. La diferencia entre estos dos modelos está básicamente en su funcionalidad; ya que el Modelo A sacrifica funcionalidad para bajar el costo y los requerimientos de energía [31].



**Figura 1.9.** Tarjeta Raspberry Pi Modelo A y B [9].

La placa Raspberry tiene varios modelos, entre los cuales encontramos los siguientes: Raspberry Pi Modelo A+, Raspberry Pi Modelo B+, Raspberry Pi 2 Modelo B, Raspberry Pi 3 Modelo B, Raspberry Pi 3 Modelo B+, Raspberry Pi Zero y Raspberry Pi Zero W [26].

Para el proyecto que antecede al de este trabajo se utilizó la placa Raspberry Pi 2 Modelo B, que es el que más se adapta a las necesidades de sistema. Este modelo fue implementado en el año 2014, cambiando el procesador por uno de igual marca, pero de diferente modelo BCM2836. Pasa de ser de un núcleo a cuatro, y de 700MHz a 900MHz [27]. Con respecto a la memoria RAM dobla la cantidad a 1GB. Utiliza el mismo sistema operativo Linux 32 bits. Incluye 40 pines en la GPIO. La alimentación micro USB es de 5V, 2A. Continúa manteniendo cuatro puertos y suprime la conexión RCA [33].

### **1.3.8.2. Características del módem 3G**

Un módem 3g, es un dispositivo USB que permite conectarse a Internet desde cualquier lugar, usa tecnología 3G a través de las redes de telefonía móvil de un país. Es compatible con cualquier sistema operativos en computadores portátiles y fijas [25].

Para este proyecto se usará módem USB 3G Huawei E3531 3.5G con diseño compacto y portátil, compatible con sistemas operativos Windows y Mac y es auto instalable sus características son:

- GSM 850/900/1800/1900 GHz
- 3G UMTS/HSPA 900/2100 GHz
- Módem 3G (HSDPA hasta 21.6Mbps, HSUPA hasta 5.76Mbps)
- GPRS de 57.6 KBit/s y EDGE 236.8 KBit/s
- Interfaz USB 2.0 [10]





**Figura 1.10.** Modem USB 3G Huawei [10].

### 1.3.8.3. Configuración de los dispositivos para la transmisión de datos

La tarjeta Raspberry no puede ser conectada a Internet por medio de una red Wi-fi i ethernet, por lo que debemos usar módems USB 3G, que permitirá conectarse a internet [35].

Los puertos USB de la tarjeta Raspberry generalmente reconocen al modem 3G como un dispositivo de almacenamiento, por lo que esta debe ser configurada para que reconozca al modem como lo que es. Para esto se utiliza el programa `usb-modeswitch`<sup>5</sup>.

Antes de iniciar se debe confirmar que la Raspberry este alimentada, porque el modem 3G en ocasiones consume alta potencia [34].

Para poder configurar el módem 3G, se sigue tres pasos para poder conectarse a Internet, y tener una conexión estable (que no se caiga cada 30 segundos):

- Primero se instala el paquete **pppd**, para poder instalar el demonio del protocolo punto a punto de conexión entre nuestro equipo y el módem.

```
1 sudo apt-get install ppp
```

**Figura 1.11.** Instalación del paquete pppd [11].

---

**5 usb-modeswitch.** – Es una herramienta de modo de conmutación que sirve para el control de dispositivos USB cuando se quieren conectar a tarjetas que utilicen como sistema operativo Linux

- Como segundo paso, se instala el UMTSKeeper que será el encargado de reconectar el módem usando el script Sakis3g cuando la conexión se desconecte (cosa que sucederá regularmente). Para poder instalarlo deberemos bajar y descomprimir el programa, para ello ingresamos en la terminal:

```

1 sudo mkdir umtskeeper
2 cd umtskeeper
3 sudo wget
  "http://mintakaconciencia.net/squares/umtskeeper/src/umtskeeper.tar.gz"
4 sudo tar -xvzf umtskeeper.gz
5 sudo chmod +x umtskeeper
6 sudo chmod +x sakis3g

```

**Figura 1.12.** Programa de reconexión UMTSK [11].

Estos comandos lo que harán es crear la carpeta umtskeeper en la carpeta donde estemos situados, luego se descarga el UMTSKeeper y se lo descomprimirá.

- Finalmente, instalaremos el scrip Sakis3g. Este script generara nuestra conexión, para ello habrá que proveerle algunos datos como: APN, PIN, usuario y contraseña según lo requiera nuestra operadora.

**Sakis3g:** Este script es utilizado para generar la conexión. Sera necesario proveer algunos datos como son APN, PIN de la tarjeta SIM, Nombre de usuario y contraseña de conexión con el proveedor. Esta información se puede conseguir fácilmente para los operadores de Internet, para ello se deben realizar pequeños pasos para su implementación:

- Primero, se hace la prueba usando el script únicamente. Para esto, el Sakis3g provee un modo interactivo, que solicita la información para conectarse. En la terminal, entonces se ingresa.

```

1 ./sakis3g --interactive

```

**Figura 1.13.** Instalación de Sakis3g [11].

Siguiente paso se realiza la configuración de la contraseña. Si la APN no posee nombre de usuario o contraseña, ingresaremos '0'. Una vez conectados, se verifica la conexión haciendo ping a una página, por ejemplo:

```
1 ping -c 4 google.com
```

**Figura 1.14.** Implementación de contraseña [11].

**UMTSkeeper:** Se testea el UMTSkeeper, al tener inconvenientes se puede modificar de ser el caso para que personal que no esté familiarizado con los comandos comunes puedan ayudarse.

```
1 ./umtskeeper --sakisoperators "USBINTERFACE='0' OTHER='USBMODEM'
USBMODEM='12d1:1506' APN='CUSTOM APN' CUSTOM APN='claro' SIM PIN='1234'
APN USER='claro3g' APN PASS='cas'" --sakisswitches "--sudo --console" --
devicename 'Huawei' --log --silent --monthstart 8 --nat 'no'
```

Los parámetros que se deben cambiar básicamente son:

USBMODEM: Es el ID del dispositivo, que se encuentra usando el comando “lsusb”

CUSTOM\_APN, APN\_USER, APN\_PASS, SIM\_PIN: Esta información es la del proveedor y de la SIM card.

Una vez corroborado el funcionamiento en armonía entre el UMTSkeeper y el Sakis3g, se inserta el procedimiento al inicio del equipo para que se conecte automáticamente. Se traslade a consola y colocar la siguiente línea de código:

```
1 sudo nano /etc/rc.local
```

En esta parte es donde se inserta la línea de código modifica, previo al llenado con la información de la compañía ISP que va a entregar el internet.

```
PATH/umtskeeper --sakisoperators "USBINTERFACE='0' OTHER='USBMODEM'
USBMODEM='12d1:1506' APN='CUSTOM_APN' CUSTOM_APN='safaricom'
1SIM_PIN='1234' APN_USER='saf' APN_PASS='data'" --sakisswitches "--sudo
--console" --devicename 'Huawei' --log --silent --monthstart 8 --nat
'no' &
```

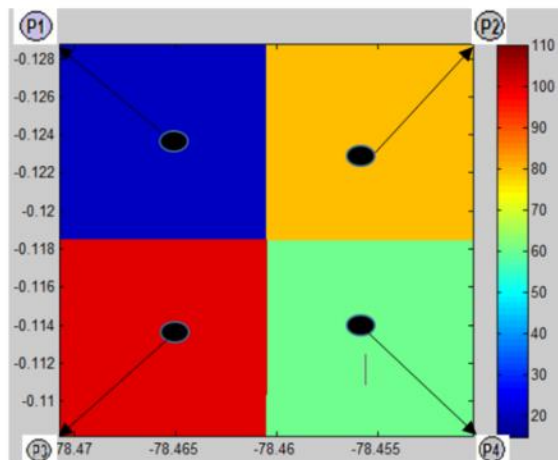
Una vez modificado el archivo, se puede reiniciar el equipo y corroborar que inicia automáticamente la conexión a Internet. Se considera que cuando inicia el equipo, puede abarcar un tiempo prolongado de unos 2 minutos [11].

### 1.3.9. FUNCIONAMIENTO DEL ALGORITMO DE INTERPOLACIÓN

La interpolación se ha de entender como un proceso en el que se incrementa la velocidad de muestreo de la imagen digital, la determinación de los valores de intensidad para los nuevos píxeles que se insertarán dentro de las originales [12], estos métodos se los puede simular en MATLAB para poder observar la distribución de las dispersión de los puntos en los mapas que se desea presentar, los algoritmos de interpolación principales son : *Nearest Neighbor Interpolation*, *Linear Interpolation* y *Natural Interpolation*, a continuación se describen [39].

#### 1.3.9.1. *Nearest Neighbor Interpolation*.

Este algoritmo es una interpolación sencilla. En este método cada pixel de salida interpolado se le asigna el valor del punto de muestra más cercano a la imagen de entrada [13]. Es un método simple y requiere menos cálculo, porque usan píxeles del vecino más cercano para cubrir puntos interpolados. En la figura siguiente se muestra la comparación entre una imagen original y la imagen mediante interpolación del vecino más cercano (*nearest neighbor*) [36].



**Figura 1.15.-** *Nearest Neighbor Interpolation* – interpolación de 4 puntos [14].

El núcleo de interpolación para cada dirección para este método es:

$$h(x) = \begin{cases} 0 & |x| > 0,5 \\ 1 & |x| < 0,5 \end{cases} \quad (1.1.)$$

La respuesta de frecuencia del núcleo del vecino más cercano es:

$$H(\omega) = \text{sinc}\left(\frac{\omega}{2}\right) \quad (1.2.)$$

Pese a que este método es muy eficiente, la calidad de imagen es muy pobre, porque la transformada de Fourier de una función rectangular, es equivalente a una función sinc; con su ganancia en la banda de paso se cae rápidamente.

### 1.3.9.2. *Linear Interpolation.*

Es utilizada para conocer la posición aleatoria de la media ponderada de los cuatro píxeles más cercanos a las coordenadas de entrada especificada, y asigna ese valor a las coordenadas de salida [13]. Es decir, que las interpolaciones bilineales se llevan a cabo en una dirección y la dirección perpendicular. El núcleo de interpolación se da como:

$$u(x) = \begin{cases} 0 & |x| > 1 \\ 1 - |x| & |x| < 1 \end{cases} \quad (1.3.)$$

Donde  $x$  es la distancia entre dos puntos a interpolar. Para la interpolación bilineal, una sola área espacial nueva surge, causada por el modesto filtro pasa bajo que utiliza la *Linear Interpolation*.

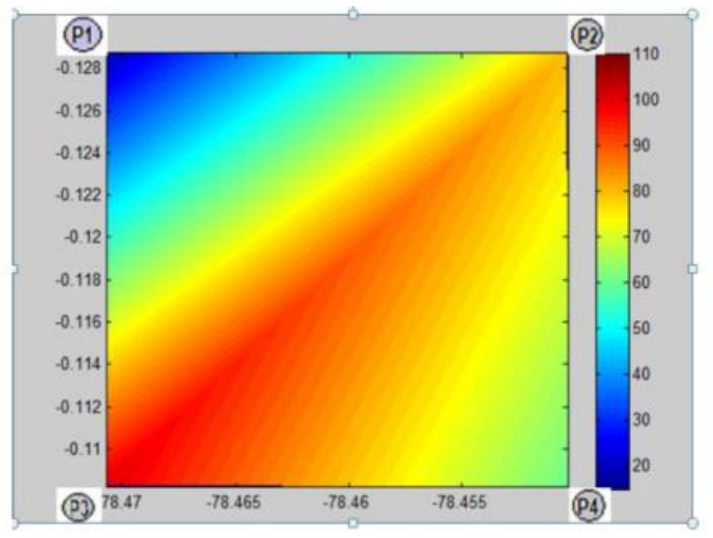
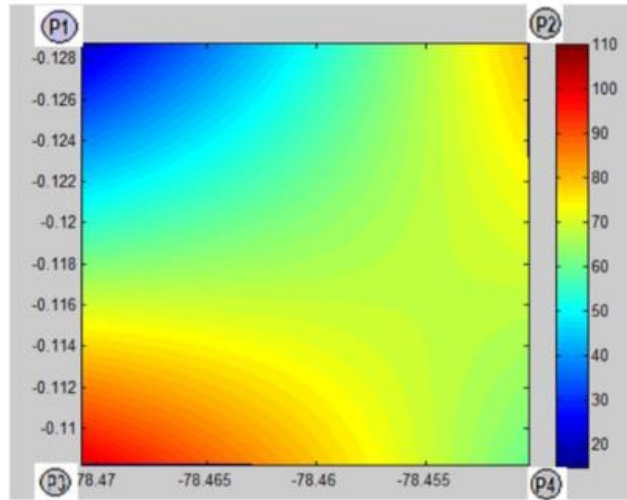


Figura 1.16.- *Linear Interpolation* – interpolación de 4 puntos [14]

### 1.3.9.3. *Natural Neighbor Interpolation.*

Es el avance sobre la interpolación cúbica en dos dimensiones de cuadrícula regular. La superficie interpolada, es más suave que las superficies obtenidas por métodos de interpolación bilineal e interpolación de vecino más cercano [13]. En este método, el punto interpolado se llena de dieciséis píxeles más cercanos al promedio ponderado de las entradas especificadas, tal como se muestra en la Figura 1.17 [14].



**Figura 1.17.-** *Natural Neighbor Interpolation* – interpolación 3 puntos [14]

La interpolación cúbica asigna valores a las coordenadas de salida, los cuatro primeros de una sola dimensión. Por interpolación bicúbica (interpolación de convolución cúbica en dos dimensiones), el número de puntos de la rejilla necesarios para evaluar la función de interpolación es de 16, dos puntos de la rejilla a cada lado del punto bajo consideración para ambas direcciones horizontal y perpendicular [13]. El núcleo de convolución bicúbica interpolación es:

$$W(x) = \begin{cases} (a+2)|x|^3 - (a+3)|x|^2 + 1 & |x| \leq 1 \\ a|x|^3 - 5a|x|^2 + 8a|x| - 4a & 1 < |x| < 2 \\ 0 & \text{demás} \end{cases} \quad (1.4.)$$

## 2. METODOLOGÍA

El desarrollo de un prototipo de la aplicación web surge con el afán de continuar con la línea de investigación denominado “Implementación de un sistema piloto que permite la geolocalización de zonas con mejores características meteorológicas a la generación artificial de nubes” [4], con esta premisa de debe referenciar el trabajo previo, en la que se obtuvieron y generaron los datos principales a partir de la “Implementación de un sistema aéreo de medición y almacenamiento de parámetros meteorológicos geo-referenciados para zonas pequeñas” [2].

La aplicación lo que pretende es presentar de manera clara y gráfica, los valores que se obtuvieron del sistema de adquisición de datos UAV, representados en isomapas, a distintas alturas y en diferentes fechas para que también puedan servir para futuros estudios de zonas de reducida extensión geográfica.

### 2.1. SISTEMA AÉREO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

De manera resumida y breve se describirá los componentes, su funcionamiento y el almacenamiento de los datos que para la aplicación a desarrollarse es materia prima, el sistema aéreo de medición y almacenamiento de parámetros de meteorológicos consta de dos bloques estructurados: aéreo (móvil) y terrestre (fijo).

#### 2.1.1. SISTEMA AÉREO (móvil)

Tanto el dispositivo móvil como el terrestre, tienen en su estructura como elemento principal la tarjeta Raspberry Pi, el cual es un pequeño ordenador que se encarga del procesamiento de los datos, producto de la convergencia de sensores y dispositivos electrónicos que la componen.

##### 2.1.1.1 Dron

Se denomina al vehículo aéreo no tripulado que por su utilidad se pueden clasificar en domésticos, industriales, de investigación y defensa; por su composición en, drones de ala fija, ala rotatoria, globos estáticos y *alas aleteante*<sup>6</sup>

Todos los UAV están compuestos por dos elementos: el dispositivo que se desplaza en el

---

<sup>6</sup> **alas aleteantes.** – Es un UAV con alas flexibles y morfológicas que pueden tener configuraciones híbridas.

aire y el control remoto que maneja el operador en tierra. El dron que se utilizó para montar el sistema de recolección de datos meteorológicos es el DJI Phantom 3 Standard, las características de composición, funcionamiento, configuración, calibración, normativas de regulación de vuelo, etc., no se profundizan debido a que no es parte del objetivo general.

#### 2.1.1.2. BLOQUE AÉREO (móvil)

Es el elemento que va suspendido en la parte inferior del dron, es el encargado de ir generando la información meteorológica en los puntos que el piloto geo-posicione para el estudio con la ayuda de la tarjeta Raspberry Pi en la que están conectados: los sensores de humedad y temperatura, *sensor DHT22*<sup>7</sup>, el de presión, *sensor BMP180*<sup>8</sup>, el receptor de GPS, *receptor GY-GPS6MV2*<sup>9</sup>, y el dispositivo para la comunicación analógica y digital, *dispositivo XBee Pro S1*<sup>10</sup>. Como se observa en la Figura 2.1, todo el bloque se encuentra suspendido con alambres, (no sujeto o pegado al dron) y a su vez trata de estar alejado de los motores y las hélices porque pueden generar calores parásitos y afectar a las lecturas.



**Figura 2.1.** Sistema aéreo móvil

---

**7 sensor DHT22.** – Es un sensor digital que utiliza un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante, presentando de manera digital los datos, se necesita rigurosidad al momento de su configuración, tiene la capacidad de toma de medidas cada 2 segundos.

**8 sensor BMP180.** – El sensor de presión barométrica está diseñado para leer la presión atmosférica y estimar indirectamente la altura sobre el nivel del mar.

**9 receptor GY-GPS6MV2.** – Este módulo encapsula el transceptor GPS NEO-6, incorpora una antena de cerámica, incluye una memoria EPROM que guarda la información cuando se apaga y contiene una batería de backup, se comunica directamente con Arduino.



### 2.1.2. SISTEMA EN TIERRA (fijo)

Corresponde al bloque que se encuentran fijo en tierra, es el encargado de recibir la información que, de forma continua, cada cierto tiempo, va transmitiendo el sistema aéreo, lo guarda, lo procesa y presenta los datos en pantalla.

Este elemento está conformado por tres partes fundamentales: el receptor inalámbrico que con la ayuda del dispositivo XBee Pro S1 recibe la señal continua, emitida por el sistema aéreo móvil, esto pasa al segundo elemento que es otra tarjeta Raspberry Pi, donde procesa con un software *Raspbian Jessie*<sup>11</sup> todos los datos para posteriormente ser presentados en un monitor externo (previamente son conectados a la tarjeta Raspberry Pi los periféricos: ratón y teclado) [32].

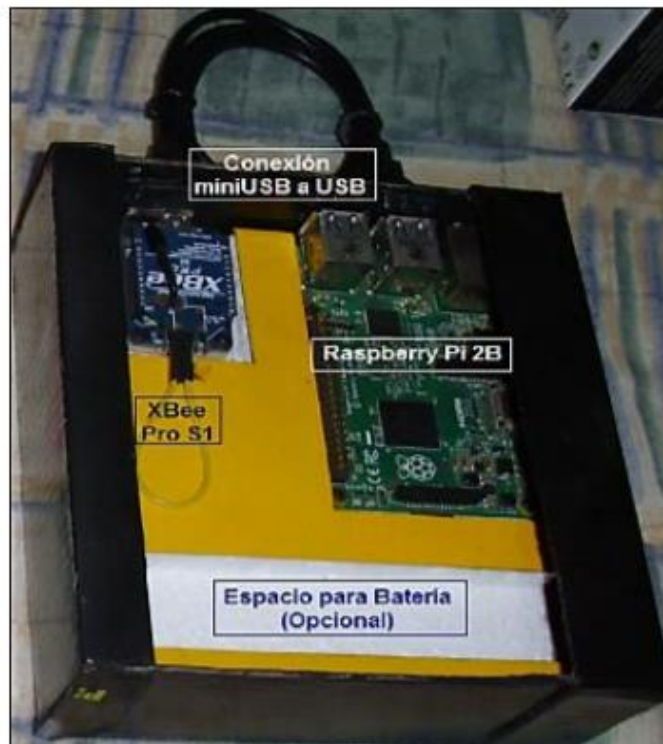


Figura 2.2. Sistema en tierra fijo

**10 dispositivo XBee Pro S1.** – Es un módulo de comunicaciones RF que actúa como pequeño radio de comunicación analógica y digital, puede transmitir y recibir información hasta una distancia de 1600 m en línea de vista.

**11 Raspbian Jessie.** – Es un sistema operativo Linux basado en Debian, es el software que recomienda usar la Organización mundial Raspberry para la programación dentro de la tarjeta.

### 2.1.3. SISTEMA CONECTADO Y FUNCIONAL

Al tener identificado y determinado los elementos físicamente del sistema aéreo y terrestre, a continuación, se conectan, configuran e instalan los softwares correspondientes de cada dispositivo, para luego realizar pruebas de comunicación de todo el sistema antes del vuelo, en la siguiente Tabla 2.1 se indica el tiempo que toma cada dispositivo en captar la información antes de ser transmitido [2].

**Tabla 2.1.** Tiempo de toma de medidas de cada dispositivo [2].

Parámetro	Tiempo de Adquisición	Equipo de medición
Temperatura	1 dato cada 20 segundos	Sensor DHT22 y BMP180
Humedad	1 dato cada 20 segundos	Sensor DHT22
Presión	1 dato cada minuto	Sensor BMP180
Latitud	1 dato cada minuto	GPS
Longitud	1 dato cada minuto	GPS
Altitud	1 dato cada minuto	GPS
Hora	1 dato cada minuto	GPS
Fecha	1 dato cada minuto	Raspberry Pi

#### 2.1.3.1. Lugar de pruebas – Volcán Pululahua

Tanto el desarrollo del presente trabajo como el que le antecede, con la adquisición y recolección de datos meteorológicos, están realizados en el mismo lugar geográfico, es decir en el interior del cráter del volcán Pululahua que al momento se encuentra inactivo, está ubicado a 20km del norte del Distrito Metropolitano de Quito a unos 3356 m.s.n.m., su valle creado en la caldera del volcán es utilizado para la agricultura y el turismo.

De acuerdo a las características geográficas del sitio, su ambiente formado en el interior presta las condiciones óptimas para realizar diversas investigaciones, esto gracias a que la masa de aire contenida no varía mucho para realizar las pruebas necesarias.

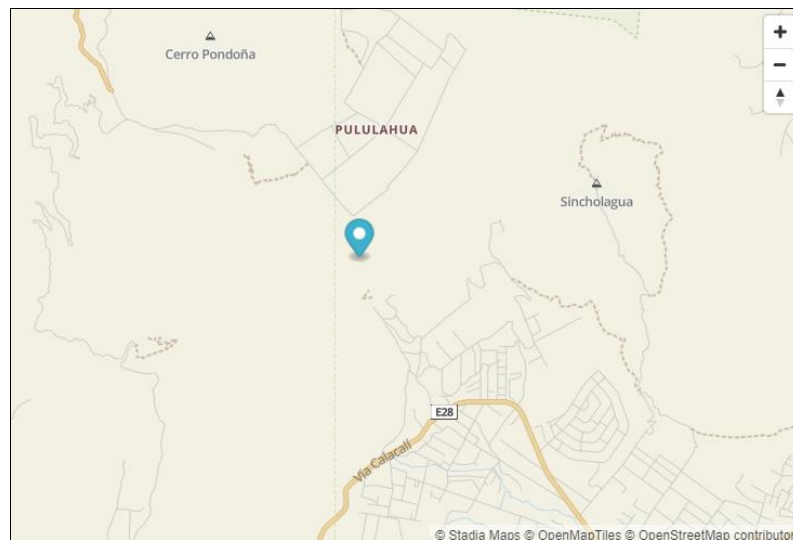
Todos los registros que se recabaron y se consideran para el estudio y construcción de los isomapas son basados en información que se recolectó en campo el año 2017, [48] en el tiempo de las etapas finales del proyecto de titulación de recolección de datos en base a los UAV que antecede a este trabajo e inicios del actual, para medidos del año 2019 se emitió un informe sobre los resultados obtenido para la elaboración de un “Estudio Básico del Comportamiento Ambiental en la Caldera del Volcán Inactivo Pululahua” [4].

### 2.1.3.2. Lugar y fechas y desarrollo de las pruebas

Para obtener los datos de las medidas para poder diagramar, se tomaron registros de tres sobrevuelos en tres distintos lugares del volcán, esto con el fin de abarcar la mayoría de puntos en las diferentes condiciones climáticas y poder mostrar las variaciones que presentan las masas de aire existentes dentro de la caldera [40].

El primer registro fue tomado de uno de los sobrevuelos que se realizó en las fechas del 31 de agosto del 2016, el sobrevuelo fue realizado específicamente en la entrada al parque de la Reserva Geobotánica del Pululahua, en la parte sur del cráter del volcán, sitio donde geográficamente se forma una entrada de aire entre los domos, en las coordenadas: 0.0291 °N, -78.4844 °O, los registros fueron tomados en consideración más que todo para saber el comportamiento de la masa de aire cuando ingresa al valle interno de la caldera.

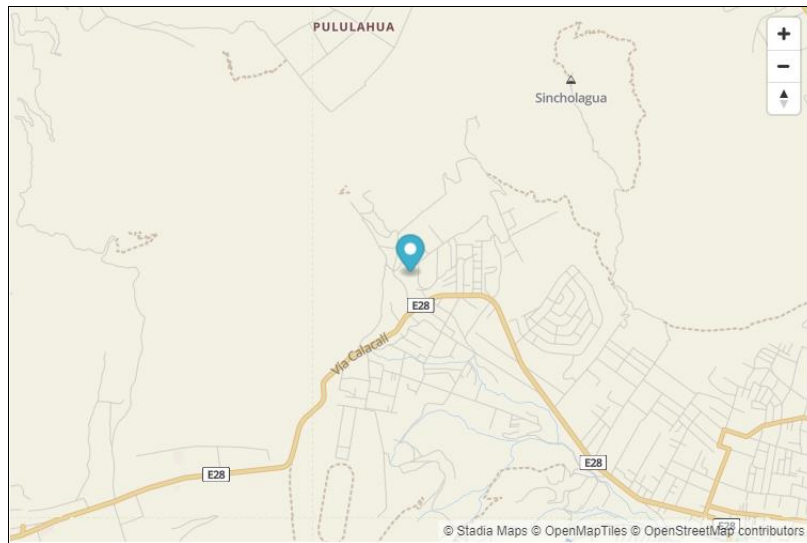
En las figuras de los archivos .txt, que se muestran, representan uno de los archivos de las carpetas que se guarda cuando el dron hace los sobrevuelos en la Figura 2.3 indica la referencia geográfica y los datos generados en eses sector.



Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda
'08/31/16'	'16:01:33'	'-78.4378993'	'-0.0050587'	'2425.3 m', '22.87 C', '33.20 %', '762.00 hPa' ] [
'08/31/16'	'16:02:33'	'-78.4378977'	'-0.0050590'	'2425.5 m', '22.22 C', '33.13 %', '761.00 hPa' ] [
'08/31/16'	'16:03:33'	'-78.4378958'	'-0.0050547'	'2438.4 m', '22.23 C', '34.30 %', '761.00 hPa' ] [
'08/31/16'	'16:04:33'	'-78.4378572'	'-0.0049465'	'2439.8 m', '22.42 C', '34.20 %', '761.00 hPa' ] [
'08/31/16'	'16:05:33'	'-78.4378568'	'-0.0049438'	'2441.1 m', '22.20 C', '34.60 %', '761.00 hPa' ] [

**Figura 2.3.** Entrada Reserva Puluahua -Registro 31- 08-2016

El segundo registro se lo realiza en la parte inferior de la ladera externa, entre el camino que va de San Antonio de Pichincha a Calacalí y en el camino que conduce hacia la Reserva Geobotánica del Pululahua, en este lugar, las condiciones se prestan para recopilar datos de la masa que aire previo al ingreso a la caldera, desde la toma de estos registro se inicia hacer solapamientos con mayor distancia entre los vuelos, se realiza las tomas e datos el 15 de julio del 2017, las coordenadas son las siguientes 0.0195 °N, 78,4785 °O como se puede observar en la Figura 2.4.



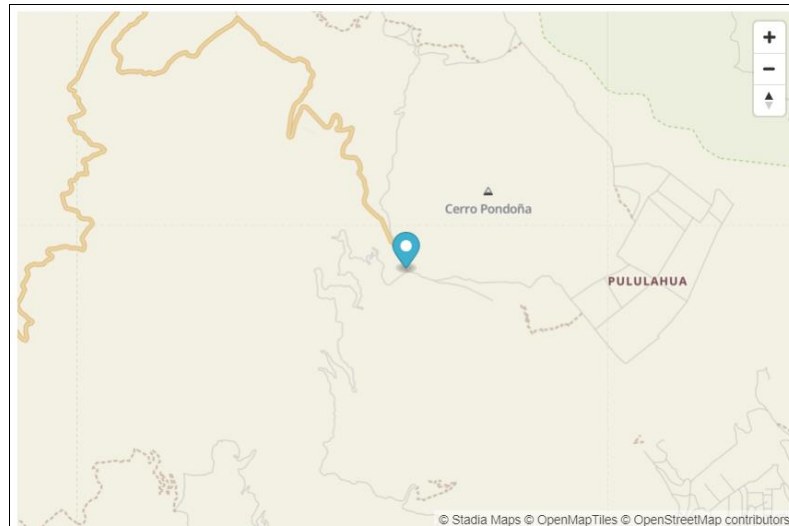
Archivo Edición Formato Ver Ayuda

```
[ '07/15/17', '18:00:48', '-78.4774952', '0.0196782', '2783.8 m', '19.37 C', '51.30 %', '733.00 hPa' ]
[ '07/15/17', '18:01:48', '-78.4774592', '0.0198502', '2787.0 m', '19.17 C', '51.73 %', '732.00 hPa' ]
[ '07/15/17', '18:02:48', '-78.4777152', '0.0200518', '2786.6 m', '18.97 C', '57.97 %', '731.00 hPa' ]
[ '07/15/17', '18:03:48', '-78.4779292', '0.0196583', '2786.9 m', '18.48 C', '63.40 %', '732.00 hPa' ]
[ '07/15/17', '18:04:48', '-78.4779003', '0.0192862', '2788.2 m', '17.63 C', '65.53 %', '731.00 hPa' ]
```

**Figura 2.4.** Ladera sur del volcán - Registro 15-07-2017

Para la tercera recolección de datos, se lo realizó en la parte interior de la caldera extremo norte, en este sitio, se recabó mayor información porque se trató de incluir elementos para poder estabilizar la temperatura en los planos de sobre vuelo del dron, las coordenadas son 0.0402 °N 78.5030 °O tomadas en diferente día, unos vuelos se hicieron en 28 de octubre de 2017, que presento un día lluvioso, no muy apto para datos que podamos observar la variación y la otra fue el 10 de noviembre de 2017 en cual se encontró totalmente despejado, las dos tomas fueron de vital importancia debido a que se pudo analizar las variaciones de temperatura en el mismo sitio en condiciones diferentes, más adelante se explica al detalle cada uno de los hallazgos.

En la Figura 2.5 muestra el lugar de las tomas, hay que tomar en cuenta que cuando se toma datos en sobrevuelo de un punto, abarca toda la zona que permite distanciarnos del dron.



Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda
[ '11/10/17'	, '16:14:46'	, '-78.5029928'	, '0.0403200'	, '2497.4 m', '17.52 C', '68.77 %', '755.00 hPa' ]
[ '11/10/17'	, '16:16:46'	, '-78.5032047'	, '0.0408223'	, '2500.5 m', '18.47 C', '67.60 %', '755.00 hPa' ]
[ '11/10/17'	, '16:17:46'	, '-78.5032055'	, '0.0408213'	, '2501.8 m', '18.28 C', '66.83 %', '755.00 hPa' ]
[ '11/10/17'	, '16:18:46'	, '-78.5038987'	, '0.0406168'	, '2499.7 m', '18.07 C', '66.70 %', '755.00 hPa' ]
[ '11/10/17'	, '16:19:46'	, '-78.5040493'	, '0.0412333'	, '2500.1 m', '18.10 C', '68.63 %', '755.00 hPa' ]

**Figura 2.5.** Caldera interna, sector norte - Registro 11-10-2017

### 2.1.3.3. Procedimiento de recopilación de información.

Con el objetivo que en todos los sobrevuelos se recabe información importante para procesarla, se menciona los pasos a seguir:

- El lugar geográfico escogido como base, se procura que sea despejado, con vegetación no muy elevada para poder tener mejor visión del área que se va a sobrevolar y la vez poder estar precavidos para cualquier cambio climático brusco.
- Procurar evitar cables de energía eléctrica y telecomunicaciones, puesto que en el interior de volcán existe una pequeña población agrícola y turística que hace uso de ello; esto con el fin de tener un descenso rápido, seguro y sin obstrucciones para el cambio de batería del dron.
- Una vez en sitio, se realiza la activación de los programas, conexiones de telemetría y estar listos para los cambios de batería del dron.

Se menciona los cambios de batería del dron debido a que se necesita contar con más tiempo en el aire para mantener una continuidad en los datos, se utilizaron 6 baterías adicionales para conseguir el objetivo de la recolección de datos.

- Las tomas se inician cuando el dron se encuentra elevado aproximadamente a una altura de unos 30 metros, el piloto imaginariamente traza una superficie 20 metros cuadrados, para que en las esquinas se posicione el dron y obtenga el dato, una vez completado ese plano, el piloto asciende unos 5 metros más y se realiza la misma rutina, las tomas se las realiza hasta cuando el mando del dron indique batería baja, tomar en cuenta que no podemos agotar al mínimo la batería, debido a que se debe guardar energía para el retorno.
- Al descender el dron, se retira cuidadosamente el equipo aéreo de mediciones y se procede al cambio de batería, al colocar nuevamente el dispositivo de medición evita que tenga contacto con las hélices del dron, porque los ligeros cambios de temperatura que genera los motores por el sobrevuelo, tenderían a afectar las mediciones del sensor, y para encerrarlos se tendría que esperar un corto periodo de tiempo.
- Al retornar nuevamente al punto, de va continuando con las tomas en el perímetro, también se cubre áreas aledañas a la primera zona de sobrevuelo para ir cubrir más volumen de área del sector, esto se logra con las herramientas de monitoreo y veulo del dron.
- Cuando ya hemos culminado con las tomas, se procede a conectar periféricos al dispositivo (pantalla, teclado y ratón) para observar los datos.

Todos los datos que se van generando, son recopilados en una carpeta, configurados con anterioridad, cada carpeta de archivos .txt se encuentran compuesta por 5 tomas, cada archivo el archivo que se muestra en la Figura 2.6

[ '11/10/17', '15:48:44', '-78.5029653', '0.0402715', '2421.2 m', '23.13 C', '52.67 %', '762.00 hPa' ]

Fecha	Hora UTC	Longitud	Latitud	Altitud	Temperatura	Humedad	Presión
MM/DD/AA	HH:MI:SS	[.]deg.ddddddd	[.]deg.ddddddd	alt.dd m	temp.dd C	hum.dd %	press.dd hPa
MM: Mes DD: Día AA: Año	HH: Hora MI: Minutos SS: Segundos	+/-: Este/Oeste deg: grados d: decimales	+/-: Norte/Sur deg: grados d: decimales	alt: altitud d: decimales m: metros	temp: temperatura d: decimales C: °C	hum: humedad d: decimales %: por ciento	press: presión d: decimales hPa: Hectopascal

**Figura 2.6.** Formato del punto georreferenciado



#### 2.1.3.4. Novedades encontradas

Una vez indicado el procedimiento de toda de datos, presentamos algunas novedades que se consideran para toar en cuenta para futuras pruebas:

- Se debe observar constantemente el movimiento de las nubes de alrededor, cuando el dron se encuentra sobrevolando la zona, esto debido a que, en uno de los vuelos, el dron recorría el perímetro normalmente hasta ser alcanzado por una pequeña nubosidad y ser arrastrado varios metros de la base, llegando incluso a perder el control del mismo. Se tiende a perder porque el dron sobrepasa el límite de distancia para la telemetría o a su vez, teniendo conexión inalámbrica correcta, no se puede visualizar la geografía para poder retornar, ya que se encuentra dentro de la nube.
- En la segunda toma dentro de la caldera, se realizó un experimento para solventar en algo el tiempo que se demora en cambio de baterías el dron, y cuando se retorne a sitio, tienda a mantener los mismos factores de temperatura, se experimentó realizando un sobrevuelo previo con dióxido de carbono en estado sólido (hielo seco) por la zona que estuvo el dron, para que las zonas de esa parte de la masa de aire procurar no variar mucho,



**Figura 2.7.** Vuelo con dióxido de carbono

#### 2.1.4. CONCEPTOS Y ESTRUCTURAS

Tomando en referencia el origen de los datos y cómo fueron obtenidos, se puede tener una visión clara de lo que se desea diagramar para desplegar en una aplicación web que permita mostrar las coordenadas donde fueron capturados los datos.

El momento de las tomas no ponemos fijarnos con exactitud desde tierra, si el dron sigue dentro de la zona de estudio o se movió, provocando resultados no satisfactorios, al momento de plasmar en el sistema puede haber puntos que se encuentren fuera del sector de vuelo, por ello, se trabaja con los máximos y mínimos de las coordenadas para delimitar la región, la aplicación maneja este tipo de distribuciones haciendo uso de los *Bounding Box*.

***Bounding Box***. - es una zona delimitadores de datos, que según se lo programa o defina, discriminará, o a su vez no se pondrá mucha atención a datos que se encuentren fuera de la caja. Esto es de mucha ayuda el momento de delimitar sectores dentro de mapa, como ejemplo de *Bounding Box* podemos observar en la Figura 2.7 el producto de tener delimitado un sector, generalmente bajo este principio vienen los programas y los lentes de las cámaras actuales.



**Figura 2.8.** Ejemplo de *Bounding Box*

En la Figura 2.7 se observa el diagrama de como el código hace restricciones para observar la fotografía, las propiedades de la parte derecha de la Figura 2.7 son importantes para indicar el origen de la discriminación en los mapas a utilizar, porque todo es bajo relación:

*Height*. \_La altura del cuadro delimitador expresada proporcionalmente, respecto a la altura total de la imagen.

*Left*. \_La coordenada izquierda del recuadro delimitador expresada proporcionalmente respecto a la anchura total de la imagen.



*Top.* \_La coordenada superior del recuadro delimitador expresada proporcionalmente respecto a la altura total de la imagen.

*Width.* \_La anchura del cuadro delimitador expresada proporcionalmente respecto a la anchura total de la imagen.

Al tener la información de los puntos de los sobrevuelos en forma de coordenadas, debe ser almacenados dentro de una base de datos para que después de delimitar la zona con los puntos, sean compaginados correspondientemente con los datos de temperatura, humedad y presión.

### **2.1.5. METODOLOGÍA DE DESARROLLO**

Para iniciar con la implementación, se irá haciendo referencia a varios conceptos que se abarca en la programación a más de metodologías que nos llevan a producto final. Se indica que se aplicará una metodología de desarrollo *Xp* (*extreme programming*) que abarca cuatro puntos fundamentales:

- Entender lo que la aplicación necesita – Fase de exploración.
- Estimar el esfuerzo – Fase de planificación.
- Crear la solución – Fase de iteraciones.
- Entrega de producto final - Fase de puesta de producción.

El objetivo está en tratar de realizar iteraciones pequeñas con entrega de valores enfocados a la satisfacción del usuario.

#### **2.1.5.1. Fase de exploración**

Para iniciar con la exploración es necesario asentar las bases para a arquitectura del producto, como se va a manejar el entorno y la implementación del sistema, una vez estudiando los conceptos, se lo menciona a continuación:

- La aplicación debe estar disponible en la web de acceso universal.
- La aplicación debe disponer de u mapa base donde se pueda visualizar las coordenadas geográficas de manera entendible para el usuario.
- Las coordenadas deben estar almacenadas en u repositorio centralizado y administrable, Que garantice su integridad.

- El proceso de carga de datos hacia el repositorio centralizado debe ser automatizado.
- La lógica del negocio debe estar desacoplado de la capa de presentación *frontend*.
- Se debe construir un algoritmo para calcular la interpolación de un grupo de coordenadas con su variable escalar de (temperatura, humedad y presión) [37].
- El resultado de la aplicación debe ser una imagen.
- La imagen debe ser proyectada sobre un mapa para poder comparar datos obtenidos en el proceso.

En el campo de desarrollo de las aplicaciones, antes de continuar con la culminación de la misma, se van probando etapas, para saber si la orientación del aplicativo va a cumplir con la necesidad, para ello, se aplica las historias de usuarios, es como una retro alimentación para saber si al estar en una fase avanzada del aplicativo, se encuentra entendible para el usuario.

Este tópico en mención es hacerlo como buena práctica, y se menciona en este documento como fortalecimiento de la línea base a seguir, mas no será un tema a profundizar debido a que ese no es el fin de este trabajo.

Se debe construir una arquitectura que soporte el despliegue de aplicaciones web de acceso universal, en algunos casos se diagrama y estructura las arquitecturas para satisfacer la necesidad vigente, para la aplicación la arquitectura a seguir es:

- Web Based.
- Alojamiento en la nube.
- SO Linux (se lo realiza en este ambiente por el problema de costos).
- Soporte para visualizar mapas.
- Base de datos relacional.

La aplicación como objetivo va a recoger los datos que están guardados previamente en un servidor de datos espaciales, para después procesarlos y mediante la utilización de técnicas de interpolación, representarlos en pantalla.

### 2.1.5.2. Backend

El lenguaje programación que se utilizó en la programación del *backend* es Python, por las prestaciones de entendimiento frente a los errores de código cuando se presentan, se va a indicar las partes de código que se utilizaron para la elaboración del *backend*.

En la Figura 2.7. se presenta la estructura de la parte interna de la aplicación, dentro de los archivos se encuentran una pequeña estructura con el nombre de *api.py* que fue el más representativo en las pruebas, debido a que al ingresar los datos y querer leerlos, se produjo un encolamiento.

__pycache__	initial commit
static	initial commit
templates	initial commit
api.py	arreglo en ejecucion de truncado de tablas
coords.csv	initial commit
idw.py	initial commit
map.png	initial commit

Figura 2.9. Estructura del *backend*.

En las 3 carpetas primeras se encuentran el repositorio de las coordenadas y las imágenes y los archivos base.

Los datos son cargados dentro de la base para ser llamados con la sentencia.

5 lines (5 sloc)	505 Bytes
1	['07/15/17', '17:50:48', '-78.4774957', '0.0194055', '2769.8 m', '19.60 C', '52.83 %', '734.00 hPa']
2	['07/15/17', '17:51:48', '-78.4773743', '0.0195630', '2768.9 m', '19.53 C', '53.07 %', '733.00 hPa']
3	['07/15/17', '17:52:48', '-78.4774625', '0.0197845', '2771.4 m', '19.63 C', '51.93 %', '733.00 hPa']
4	['07/15/17', '17:53:48', '-78.4777247', '0.0198222', '2769.5 m', '19.42 C', '51.93 %', '734.00 hPa']
5	['07/15/17', '17:54:48', '-78.4779950', '0.0197267', '2770.7 m', '19.47 C', '52.40 %', '733.00 hPa']

Figura 2.10. Carga de los datos almacenados.

En la siguiente línea de código se muestra, cómo a partir del archivo en texto que se obtiene de la base del sistema UAV se desagrega por partes en tablas para diferencias, discriminar y procesarlos.

1	fecha	hora	long	lat	alt	temp	hum	pres
2	'07/15/17'	'19:03:48'	-78.4770437	0.0195165	'2857.6 m'	'15.88 C'	'80.20 %'	'731.00 hPa'
3	'07/15/17'	'19:05:48'	-78.4775903	0.0192618	'2747.0 m'	'18.78 C'	'84.47 %'	'733.00 hPa'
4	'07/15/17'	'19:06:48'	-78.4775770	0.0195543	'2760.5 m'	'19.00 C'	'78.10 %'	'732.00 hPa'

**Figura 2.11.** Segregación de datos a partir de los archivos de texto.

En la Figura 2.11 en adelante se encuentran una parte de las líneas de código correspondiente a la carga de datos de las coordenadas y parámetros de temperatura, humedad y presión, cuando se las diagrama y se les presenta en pantalla. El ejemplo es para diagramar el isomapa de presión, pero se extrapola a los demás parámetros, para las ilustraciones de este capítulo lo realizaremos con la presión.

```

1  import numpy as np
2  import pandas as pd
3  import matplotlib.pyplot as plt
4  from scipy.interpolate import Rbf
5
6  def main():
7
8
9
10     # Setup: Generate data...
11     n = 10
12     nx, ny = 100, 100
13     #x, y, z = map(np.random.random, [n, n, n])
14     y = np.array([-78.4771628, -78.4768582, -78.4768690, -78.4761548 , -78.4763388])
15     x = np.array([0.0183425 ,0.0197352, 0.0197663, 0.0181757, 0.0181647])
16     z = np.array([79.23, 86.77, 87.43, 85.50, 72.20])
17

```

**Código 2.1.** Carga de las coordenadas y parámetros de presión.

Al cargar en un arreglo de variables de las coordenadas (longitud, latitud, presión), se procede a escribir la línea de código para diagramar las rejillas y realizar una matriz para colocar los valores de la presión y así poner colocarlo en escalas.

```

20     #print(x)
21     xi = np.linspace(x.min(), x.max(), nx)
22     yi = np.linspace(y.min(), y.max(), ny)
23     xi, yi = np.meshgrid(xi, yi)
24     xi, yi = xi.flatten(), yi.flatten()
25
26     # Calculate IDW
27     grid1 = simple_idw(x,y,z,xi,yi)
28     print(type(grid1))
29     grid1 = grid1.reshape((ny, nx))
30
31     # Calculate scipy's RBF
32     grid2 = scipy_idw(x,y,z,xi,yi)
33     #print(grid2)
34     grid2 = grid2.reshape((ny, nx))
35
36     grid3 = linear_rbf(x,y,z,xi,yi)
37     #print grid3.shape
38     grid3 = grid3.reshape((ny, nx))

```

**Código 2.2.** Construcción de las rejillas para elaborar una matriz.

```

41     # Comparisons...
42     plot(x,y,z,grid1)
43     plt.title('Homemade IDW')
44
45     plot(x,y,z,grid2)
46     plt.title("Scipy's Rbf with function=linear")
47
48     plot(x,y,z,grid3)
49     plt.title('Homemade linear Rbf')
50
51     plt.show()
52
53
54
55     def simple_idw(x, y, z, xi, yi):
56         dist = distance_matrix(x,y, xi,yi)
57
58         # In IDW, weights are 1 / distance
59         weights = 1.0 / dist
60
61         # Make weights sum to one
62         weights /= weights.sum(axis=0)
63
64         # Multiply the weights for each interpolated point by all observed Z-values
65         zi = np.dot(weights.T, z)
66         return zi

```

**Código 2.3.** Inicio de programar la interpolación.

```

105
106     df = pd.read_csv('python_backend/coords.csv')
107
108     map = plt.imread('python_backend/map.png')
109     BBox = (-78.48439, -78.47253, 0.01479, 0.02180)
110     fig, ax = plt.subplots(figsize = (8,7))
111
112     print(BBox)
113     ax.scatter(y, x, zorder=1, alpha= 1, c=z, s=30)
114
115     ax.set_title('Pululahua')
116     ax.set_xlim(BBox[0],BBox[1])
117     ax.set_ylim(BBox[2],BBox[3])
118
119     ax.imshow(map, extent = BBox, aspect= 'equal')
120     ax.imshow(grid, alpha= .5, extent=(x.min(), x.max(), y.min(), y.max()))
121
122

```

**Código 2.4.** Delimitación del sector usando valores máximos y mínimos.

En las figuras colocadas previamente se indica la programación del *backend* y las líneas de código en donde son colocados los valores y procesados, para luego de pasar por la interpolación.

### 2.1.5.3. *Frontend*

Una vez explicado las líneas de código generadas en lenguaje Python para la arquitectura, pasamos a la presentación, en esta parte la programación es netamente PHP, al ser código abierto del lado del servidor, generalmente es considerado como herramienta para las páginas web dinámicas, PHP al ejecutarse directamente en el servidor, los scripts que se generan el código HTML navegador web en el momento de abrir una página, el código PHP se ejecuta en el servidor web. Allí es donde los scripts de PHP generan el código HTML que se envía después al navegador.

A continuación, se indica la estructura del *frontend*.

css	initial commit
static	agregar banner de laepn
vendor	initial commit
.gitignore	initial commit
.travis.yml	initial commit
LICENSE	initial commit
README.md	initial commit
gulpfile.js	initial commit
index.html	ajustes en visual
package-lock.json	initial commit
package.json	initial commit

**Figura 2.12.** Delimitación del sector usando valores máximos y mínimos.

```
6 <meta charset="utf-8">
7 <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1, shrink-to-fit=no">
8 <meta name="description" content="">
9 <meta name="author" content="">
10
11 <title>Análisis IDW medición DRON - Pulumahua</title>
12
13 <!-- Bootstrap core CSS -->
14 <link href="vendor/bootstrap/css/bootstrap.min.css" rel="stylesheet">
15
16 <!-- Custom styles for this template -->
17 <link href="css/simple-sidebar.css" rel="stylesheet">
18
19 <link rel="stylesheet" href="https://unpkg.com/leaflet@1.7.1/dist/leaflet.css"
20 integrity="sha512-xodzBNTC5n17Xt2atTPuE1HxjVMSvLVW9ocqUKLsCC5CXdbqCmblAshOMAS6/keqq/sMZM19scr4PsZChSR7A=="
21 crossorigin=""/>
22
23 <script src="https://unpkg.com/leaflet@1.7.1/dist/leaflet.js"
24 integrity="sha512-XQoYMqHTK8LvdxXYG3nZ448h0EQiglfqkJs1NOQV44cWnUrBc8PkA0cXy20w0vlaXaVUearIOBhiXZ5V3ynxwA=="
25 crossorigin=""></script>
26
27 <style>
```

**Código 2.5.** Cabecera de la programación en PHP de la página web.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. DESARROLLO

En esta sección se muestra los resultados obtenidos en el programa Matlab y en la solución que se presenta para este proyecto de Tesis, que conta en desarrollar y desplegar una aplicación web que permita visualizar las coordenadas donde fueron capturados los datos de medición del DRON. La aplicación web permite visualizar los resultados de la interpolación de un grupo de puntos dados, dentro de un *Bounding box* definido por las coordenadas mínimos y máximos (lo que garantiza que la imagen resultante de la interpolación se ajusta solo al área geográfica de análisis).

#### 3.1.1. MAPAS PROGRAMA MATLAB

La primera parte del proyecto para la obtención de datos a través de sistema electrónico anclado a un dron, fue ejecutado en el Trabajo de Titulación del Ing. Alexander Suárez titulado “Implementación de un sistema aéreo de medición y almacenamiento de parámetros meteorológicos geo-referenciados para zonas pequeñas”.

Los datos obtenidos en las pruebas de vuelo fueron almacenados en la tarjeta Raspberry, dicha información se encuentra dentro de en un archivo de 5 tomas, cada dato separado por corchetes, y segmentados por comilla simple los parámetros metrológicos como se indica a continuación:

Fecha: '11/10/18' (mes, día, fecha)  
Hora: '15:40:47' (formato UTC)  
Longitud: '-78.5029877' (grados decimales)  
Latitud: '0.0403243' (grados decimales)  
Altura: '2425.3 m' (msnm)  
Temperatura: '25.05 C' (medida en grados Celsius)  
Humedad: '51.37 %' (porcentaje de Humedad)  
Presión atmosférica: '764.00 hPa'

A continuación, se indica como es el formato que se obtiene de la tarjeta Raspberry en formato de texto plano, con el cual se procesa para realizar los isomapas

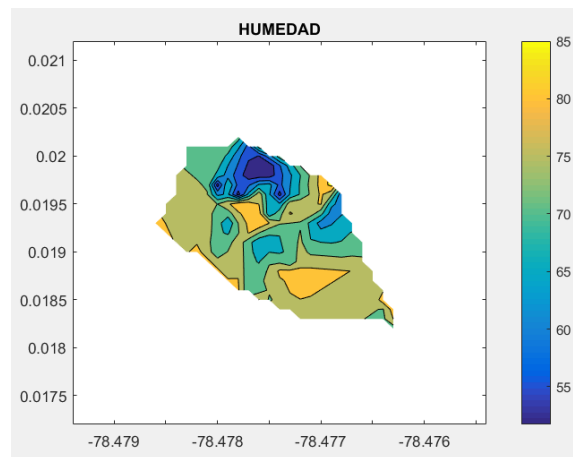
```
[ '11/10/18', '15:40:47', '-78.5029877', '0.0403243', '2425.3 m', '25.05 C', '51.37 %', '764.00 hPa' ]
```



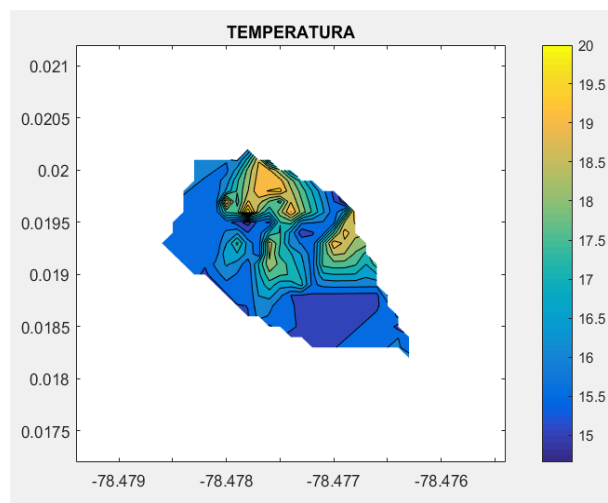
Varios datos son repetidos en el lapso de un cierto tiempo, debido a la duración de batería del dron, se utilizó 6 baterías adicionales para lograr recopilar la mayor cantidad de información.

En un inicio se presentó una solución piloto desarrollada en Matlab. En este caso para la elaboración de isomapas los datos obtenidos se almacenaron en una sola carpeta, estos fueron ingresados en el script de Matlab y se cargan en una hoja de Excel para ir variando las alturas y así apreciar lo que sucede a cada cierta altura [45].

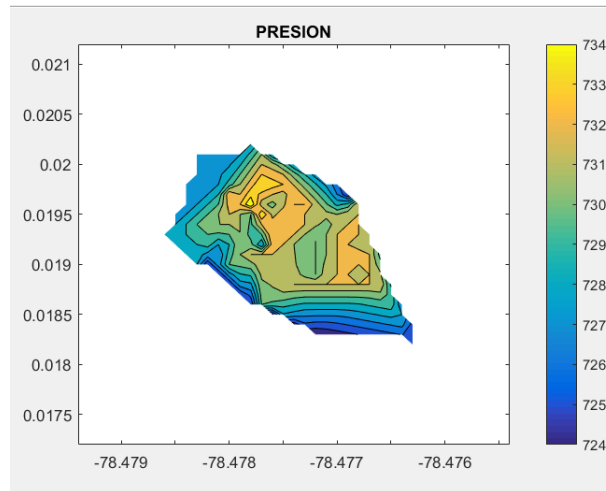
Las siguientes figuras muestran le isomapas (Humedad, Temperatura y Presión) generados en los distintos días que se realizaron los vuelos. Los datos fueron tomados el 15 de julio de 2018 [46].



**Figura 3.1.** Isomapa de humedad 15-07-2018



**Figura 3.2.** Isomapa de temperatura 15-07-2018



**Figura 3.3.** Isomapa de presión 15-07-2018

Las siguientes tablas muestran los valores máximos y mínimos de cada parámetro.

**Tabla 3.1.** Valores máximos 15-07-2018

Parámetros	Valor	Longitud	Latitud	Altura
Humedad	87,43	-78,4769	0,0198	2858
Temperatura	22,28	-78,4777	0,0196	2758
Presión	735,00	-78,4778	0,0196	2771

**Tabla 3.2.** Valores mínimos 15-07-2018

Parámetros	Valor	Longitud	Latitud	Altura
Humedad	47,83	-78,4777	0,0196	2758
Temperatura	14,48	-78,4769	0,0198	2858
Presión	724,00	-78,4776	0,0196	2861

### 3.1.1.1. Consideraciones 15 de julio de 2018:

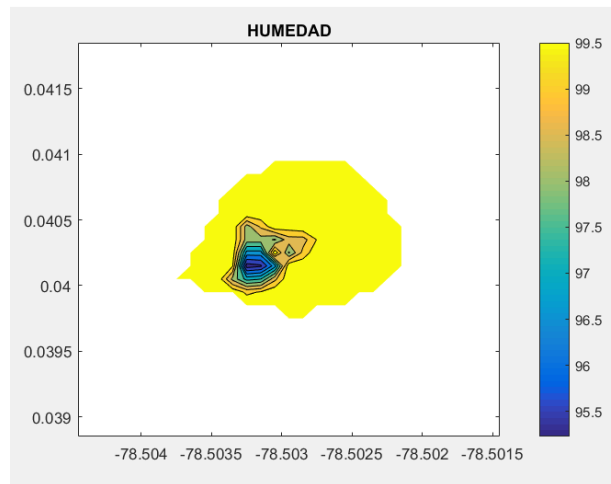
Las pruebas se realizaron a unos 300 metros de la carretera principal Manuel Córdova Galarza, en un terreno despejado y sin edificaciones elevadas, en el 30 % de tomas final, las condiciones climáticas variaron drásticamente que las masas de aire empezaron a moverse de manera brusca, llevando al dron varios metros alejado dese la posición de despegue, imposibilitando varios minutos el manejo y comando del dron.

Las gráficas que se muestran anteriormente dan lugar a que los puntos se encuentran dentro de un área determinada sin presencia de nubes, solo vientos fuertes.

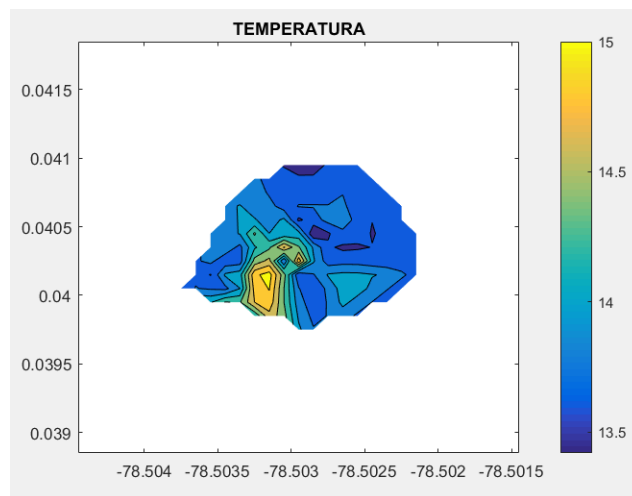


**Figura 3.4.** Zona de vuelo 15-07-2018

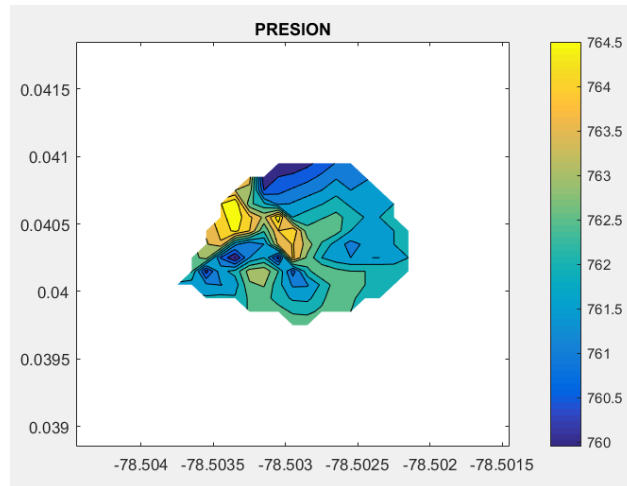
Las siguientes figuras muestran datos del 28 de octubre de 2018.



**Figura 3.5.** Isomapa de humedad 28-10-2018



**Figura 3.6.** Isomapa de temperatura 28-10-2018



**Figura 3.7.** Isomapa de presión 28-10-2018

A continuación, se muestra en las tablas los valores máximos y mínimos de cada parámetro.

**Tabla 3.3.** Valores máximos 28-10-2018

Parámetros	Valor	Longitud	Latitud	Altura
Humedad	99,90	-78,5026	0,0401	2450
Temperatura	22,38	-78,503	0,0403	2417
Presión	766,00	-78,503	0,0403	2417

**Tabla 3.4.** Valores mínimos 28-10-2018

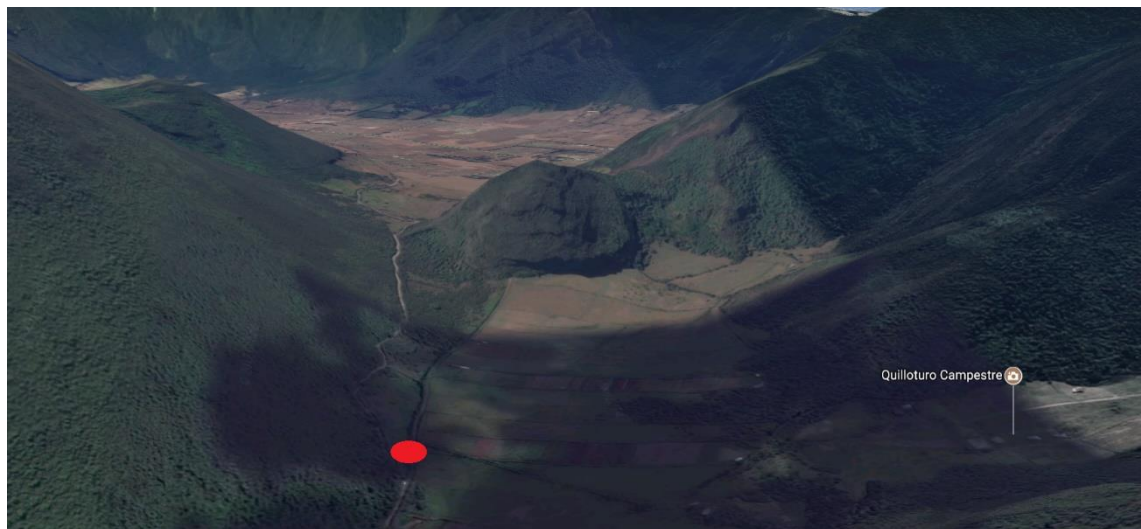
Parámetros	Valor	Longitud	Latitud	Altura
Humedad	75,20	-78,503	0,0403	2413
Temperatura	13,35	-78,5028	0,0404	2459
Presión	759,00	-78,5033	0,0403	2464

Las pruebas se realizaron a un costado del cráter Pululahua, en la parte interna de la ladera junto al cerro El Chivo, en la vía que conecta hacia el poblado de Pululahua, de igual manera los vuelos fueron llevados a cabo en un terreno despejado sin ningún tipo de edificación civil, el cual se puede apreciar en el punto de color rojo.

Las condiciones meteorológicas el día de las pruebas fueron con presencia de nube y ligera llovizna, en la primera gráfica de Humedad presenta un valor constante, esto se debe a que para proteger de la lluvia el sistema electrónico, se cubrió con fundas plásticas causando así el colapso y saturación del sensor de humedad, esto puede darse cuenta, ya que al tener un factor externo en contacto por varios minutos cerca del sensor, éste tiende

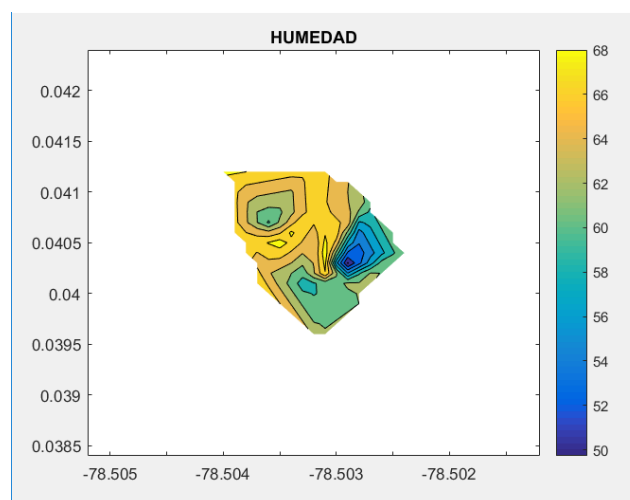
a sufrir una especie de pasmo, la acción inmediata después de ir observando la irregularidad de obtención de los datos, fue liberar de las fundas plásticas y buscar otra manera de proteger el circuito, sin afectar a la lectura de los componentes, una vez despejado y limpiado el sensor se reinicia nuevamente el programa en el transmisor.

Esta experiencia sirvió de manera objetiva, para tomar las debidas precauciones en la protección del dispositivo y a su vez observar el comportamiento de los sensores y obtención de datos cuando son sometidos a diferentes ambientes.

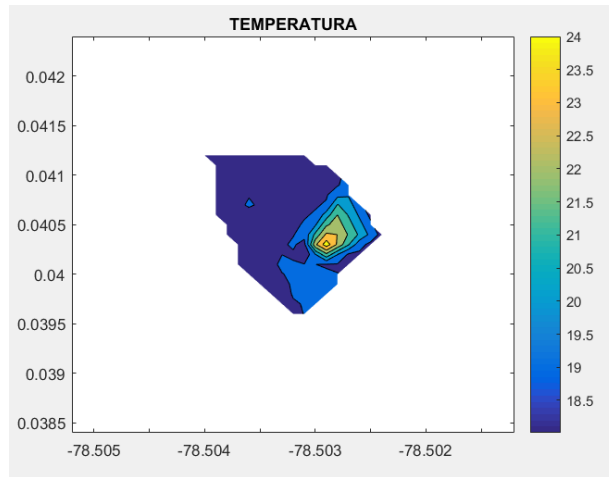


**Figura 3.8.** Zona de vuelo 28-10-2018

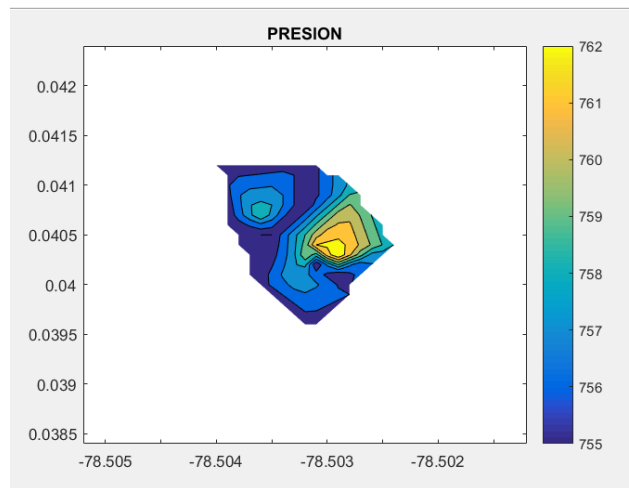
Las figuras muestran datos del 10 de noviembre de 2018.



**Figura 3.9.** Isomapa de humedad 10-11-2018



**Figura 3.10.** Isomapa de temperatura 10-11-2018



**Figura 3.11.** Isomapa de presión 10-11-2018

A continuación, se muestra en las tablas los valores máximos y mínimos de cada parámetro.

**Tabla 3.5.** Valores máximos 10-11-2018

Parámetros	Valor	Longitud	Latitud	Altura
Humedad	69,23	-78,5031	0,0404	2453
Temperatura	25,28	-78,503	0,0403	2424
Presión	764,00	-78,503	0,0403	2425

**Tabla 3.6.** Valore mínimos 10-11-2018

Parámetros	Valor	Longitud	Latitud	Altura
Humedad	49,10	-78,503	0,0403	2420
Temperatura	17,52	-78,503	0,0403	2497
Presión	755,00	-78,5029	0,0401	2466

### **3.1.1.2. Consideraciones 10 de noviembre 2018:**

Las pruebas se realizaron en el mismo lugar de la fecha 28 de octubre del 2018, esto es a un costado del cráter Pululahua, en la parte interna de la ladera junto al cerro El Chivo, en la vía que conecta hacia el poblado de Pululahua, de igual manera los vuelos fueron llevados a cabo en un terreno despejado sin ningún tipo de edificación civil.

Se tuvo la colaboración de estudiantes de la Escuela Politécnica Nacional para que realizaran las tomas fotográficas de los acontecimientos que se desarrollen una vez emitido el CO<sub>2</sub> en un lugar puntual obtenido de las gráficas, para la excitación y posible creación de nube artificial. Para ello las cámaras se ubicaron a una distancia de 1 Km en la parte interna del cráter, ya que desde la posición de despegue se observa que la corriente del viento desemboca en la parte interna del cráter, si bien las pruebas de vuelo son un lugar, la creación de la posible nube se dará varios metros alejado por el constante movimiento de las masas de aire. En la fotografía a continuación se indica con un punto rojo la zona de despegue y toma de pruebas, y de color azul la posición de la ubicación de las cámaras para observar el posible cambio.

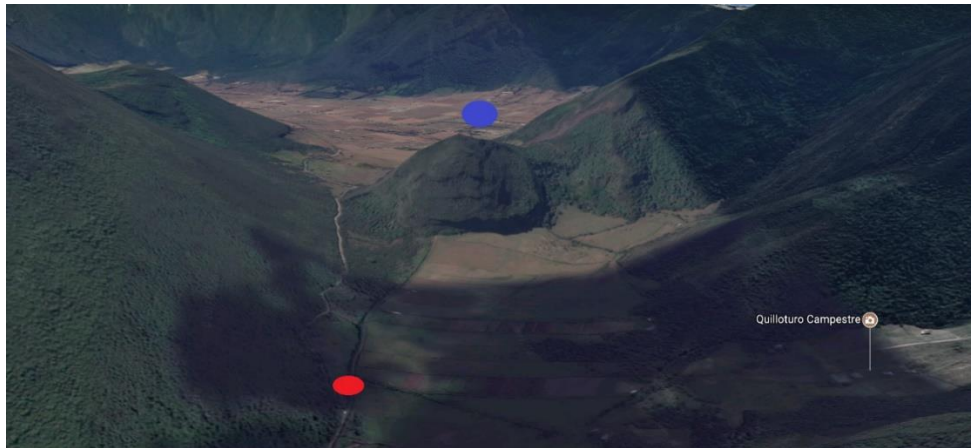
El día de las pruebas, se contó con un cielo despejado y con mucha presencia de sol, por lo que ya se podría predecir que las pruebas con CO<sub>2</sub> pudieran fracasar.

Una vez localizado el punto máximo de humedad, se envió nuevamente el dron anclado con pedazos pequeños de CO<sub>2</sub>, en las misma se tuvo varias observaciones y acciones a tomar:

- 1.- Se colocó en una botella con varios huecos, trozos de CO<sub>2</sub>, que previamente y bajo la acción de agua caliente, se produjo la reacción necesaria para generar el factor de excitación, dando como resultado, el colapso temprano de la cantidad de CO<sub>2</sub>.
- 2.- En un nuevo vuelo se modificó los huecos y se modificó las aberturas de la botella para que la reacción con el ambiente sea más directa, el efecto fue similar con el de la primera opción.
- 3.- Mientras se realizaba las dos pruebas de vuelo, se pudo notar que, si el recipiente que contiene el CO<sub>2</sub> no se encuentra colocado con el centro de gravedad respectivo, las afectaciones recaen en el manejo del dron.

4.- La cantidad de CO<sub>2</sub> debe ser colocada de tal manera que no cae efecto secundario en el vuelo del dron y a su vez pueda generar el efecto que se espera en el sitio puntual que se obtuvo.

5.- En la tercera prueba de vuelo con el CO<sub>2</sub> se optó por no utilizar recipiente alguno, se colocó directamente un pedazo de hielo seco para mejor interactividad con el ambiente, dando mejores resultados.



**Figura 3.12.** Zona de vuelo

### 3.1.2. MAPAS EN PÁGINA WEB

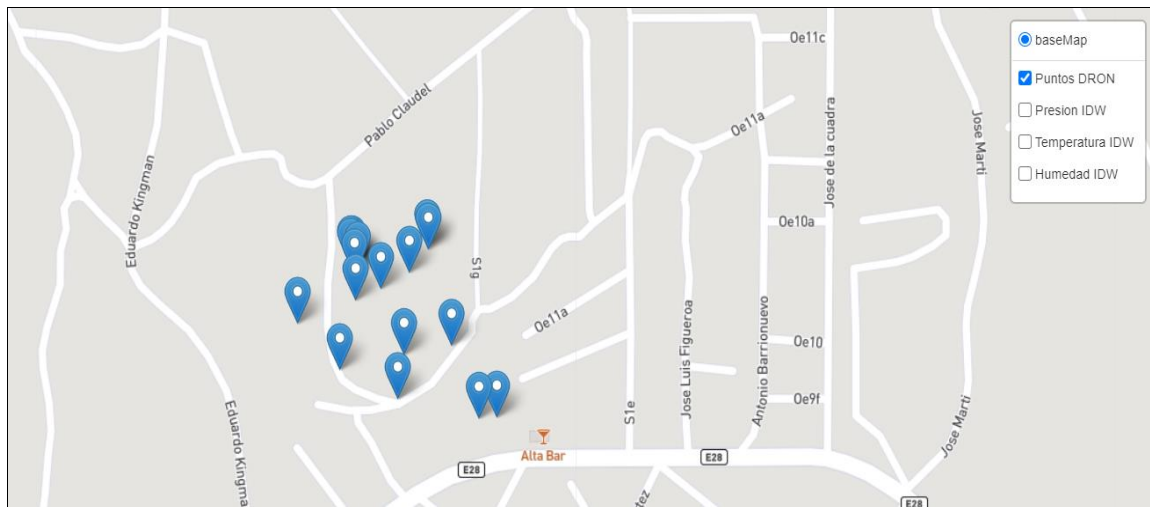
Para una mejor visibilidad se desarrolló una página web, que pueda mostrar los resultados obtenidos en las pruebas realizadas. Para divisar los resultados, se debe ingresar a la dirección IP <http://35.239.252.118/>. La figura muestra la página web realizada.



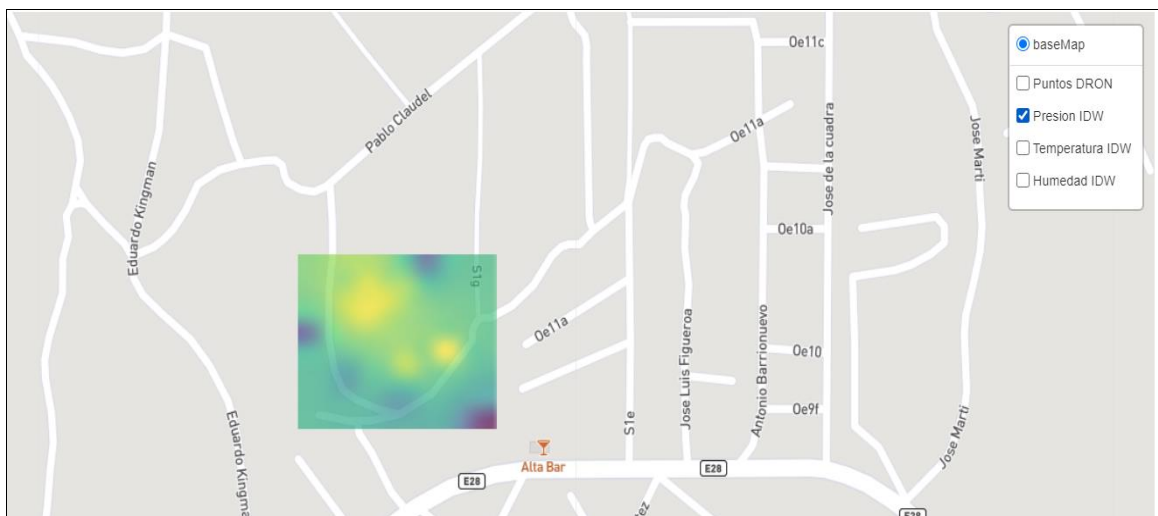
**Figura 3.13.** Presentación de inicio de página web.



En la página web se debe cargar el archivo excel de los datos obtenidos. En la página web se puede distinguir varias opciones: puntos dron, presión, temperatura y humedad.

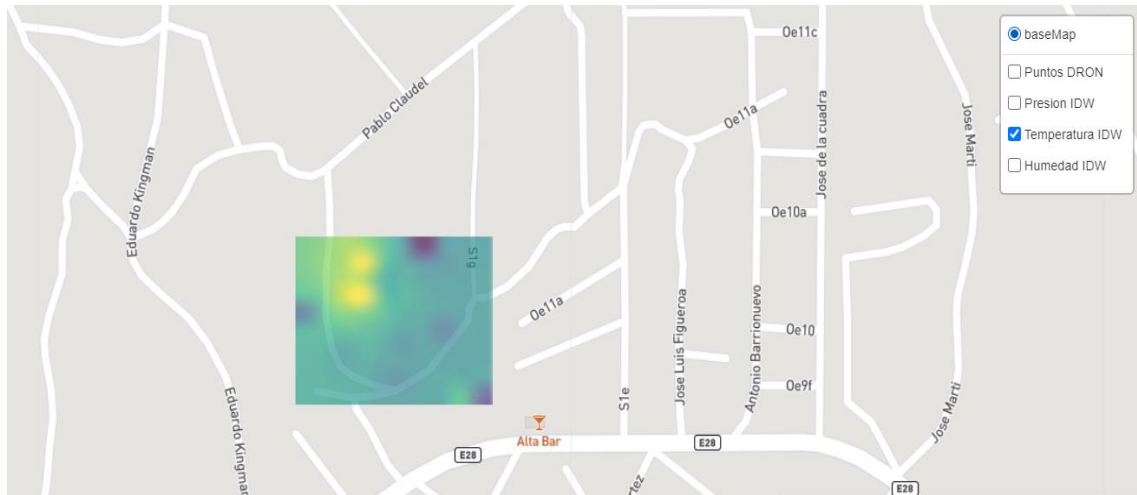


**Figura3.14.** Puntos de dron



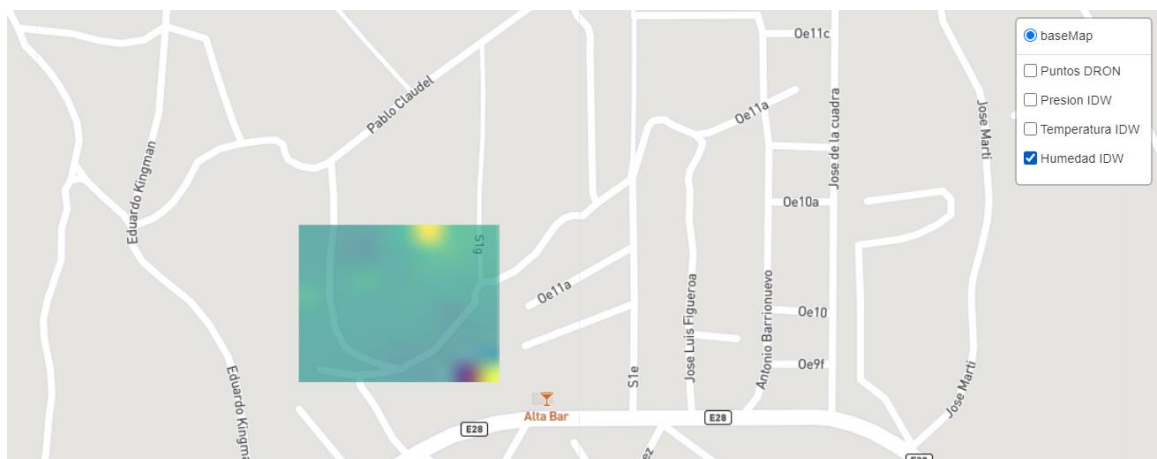
**Figura 3.15.** Isomapa de presión

El valor de salida para una celda que utiliza la distancia inversa ponderada (IDW) se limita al rango de valores utilizados para la interpolación. Dado que la IDW es un promedio de distancia ponderada, el promedio no puede ser mayor que la entrada máxima o inferior que la entrada mínima. Por lo tanto, no puede crear crestas o valles si estos extremos aún no se han muestreado (Watson y Philip 1985).



**Figura 3.16.** Isomapa de temperatura

Los mejores resultados de la IDW se obtienen cuando la muestra es lo suficientemente densa respecto de la variación local que intenta simular. Si la muestra de los puntos de entrada es dispersa o despareja, los resultados pueden no representar en forma suficiente la superficie deseada (Watson y Philip 1985).



**Figura 3.17.** Isomapa de humedad.

### 3.1.2.1. Manipulación de la aplicación web

Para que se pueda visualizar los dato obtenidos, se debe cargar un archivo `.txt` dentro de la aplicación web, como se muestra en la Figura 3.18.

Para continuar por favor cargar archivos de datos de captura

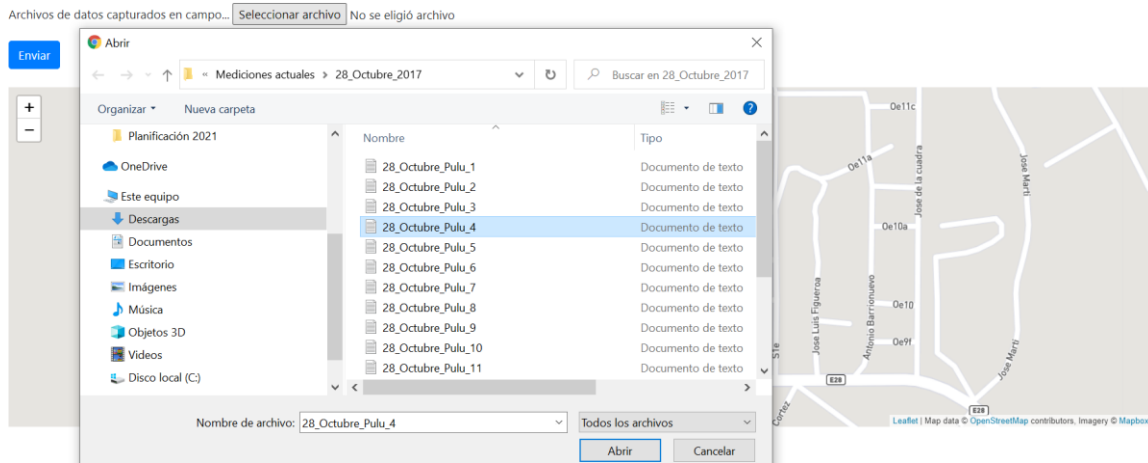


Figura 3.18. Cargar datos dentro de la aplicación web

Se verifica que le archivo haya sido cargado correctamente, la figura muestra los resultados cargados.

Para continuar por favor cargar archivos de datos de captura

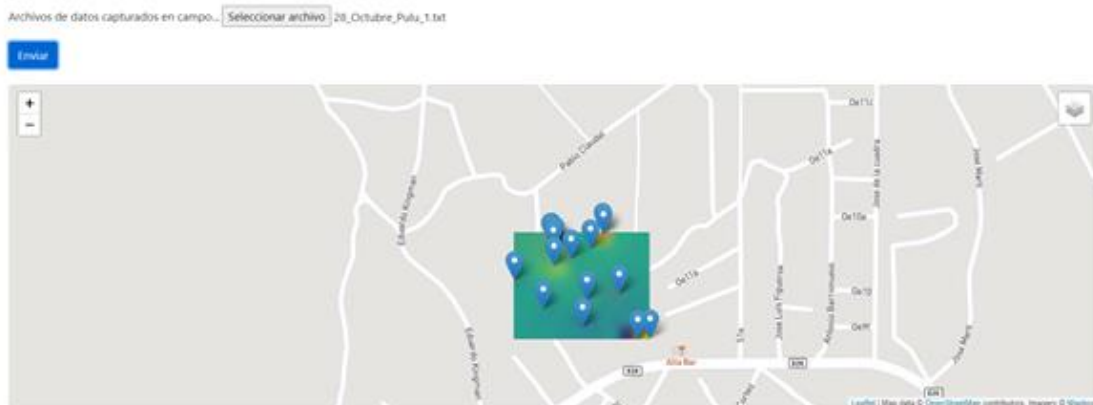


Figura 3.19. Carga de datos para muestra de isomapas

### 3.1.3. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

De los datos obtenidos en las mediciones se comprueba que al ingresar los archivos de texto al programa Matlab, el primer dato generalmente no lo reconoce porque frecuentemente presenta errores, de preferencia se considera a partir de la segunda medida, si fuere el caso que se repita el dato, simplemente no le considera para la ubicación de los puntos.

Una vez ejecutados el programa tanto en elemento transmisión como receptor, empieza a generar datos el sistema, dando como resultado valores similares a la misma altura, esto

a causa de varias consideraciones con los tiempos como: calibración del dron, tiempo de acople de dispositivos al dron, calibración y ajuste del celular para la sincronización con el control remoto, entre otros. Los datos al ser pasados a Matlab van siendo discriminados según las repeticiones a la misma altura.

Como se puede observar los datos que se muestran en la aplicación web en comparación con el programa Matlab son más exactos en cuanto a la ubicación geográfica.

## **4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **4.1. CONCLUSIONES**

De las tomas de datos en los sobrevuelos se concluye que, al enviar el dron a diferentes alturas, se procure realizar mínimo unas 5 mediciones en cada sección de altura, de forma que se pueda considerar el recorrido del vuelo de forma poligonal y así ir la realizando por capas, esto para lograr una mejor interpolación.

Al graficar isomapas y mostrarlos en la web, se puede observar los cambios significativos que se puede encontrar dentro de una más de aire, con los datos que se recopilamos en un inicio y los que se suministraron en la última toma, se puede observar claramente como es el comportamiento del clima tanto fuera como dentro de un cráter, esto aportaría significativamente a los estudios del clima.

Se podría apreciar de mejor manera la zona, y prácticamente en directo, si tuviéramos varios drones sobrevolando la zona a diferentes alturas, en diferentes planos, anclados en cada uno de ellos los bloques de recepción de información, se convertiría en una importante red de suministro de información meteorológica, con esto se concluye que el presente estudio al extrapolar puede dar soluciones en tiempos muy cortos para cualquier aplicación, especialmente en la agricultura.

En el desarrollo de la aplicación para presentar los tres isomapas, se concluyó que, al estudiar otra zona geográfica en donde se encuentre dispositivos meteorológicos instalados, se podría cruzar información de los aparatos con los datos que se recopile con el dron, se obtuviese un diagrama de isomapa que abarcara una mayor zona de cobertura, incluso se podría tomar los históricos.

Una consideración muy importante se lo realizó en la última toma de datos, al tener precedente que cambia los valores meteorológicos en poco tiempo, se envió un sobrevuelo con dióxido de carbono sólido para poder en cierta manera estabilizar las condiciones de clima en la zona de sobre vuelo, mientras se toma el tiempo del cambio de batería del dron, se concluyó que después de varias pruebas con el hielo seco en recipientes con orificios laterales, sería tener el hielo seco al descubierto implementado un pequeño sistema de coteo de agua caliente para que surta el efecto de evaporación y pueda modificar la zona.

En el desarrollo de la programación, después de varias pruebas y la manera de limitar la diagramación dentro de una zona, se concluyó que los conceptos de *Bounding Box* que utilizan las cámaras para fijar la concentración en un punto fue de valiosa aportación al momento de programar líneas de código que diera esos resultados y evitar que se me dispares los datos al presentar.

Se concluye que es de vital importancia una línea base de conocimientos de estructura y organización al momento de iniciar la programación, porque al no tener esto muy claro, se generan líneas de código que no aportan nada a lo que se desea llegar o alcanzar el objetivo final, perdiendo tiempo y recursos, hoy en día existen metodologías, cadena de procesos, etcétera que justamente sirve para eso y que talvez dejamos pasar en alto.

Se concluye que la aplicación se limita únicamente se limita a presentar isomapas de datos ya preestablecidos, definiendo como preestablecido, que fueron generados a partir de un sistema de recolección de datos particular, si se pudiera obtener datos similares con los que se trabajó provenientes de otros dispositivos, no habría inconveniente en cargarlos y presentarlos, con su proceso de conversión respectivo.

## **4.2. RECOMENDACIONES**

Se recomienda culminar el proyecto global, incluyendo a la empresa privada para que con la inyección económica que se necesita para adquirir equipos, se pueda desarrollar a plenitud la idea completa, vista desde muchos puntos (investigación, agrícola, turística) cómo una idea innovadora y original que promete mucho.

En los últimos tiempos, en el país se están creando organizaciones y empresas que están prestando el servicio nuevo de proyección de figuras en el cielo para proyectar publicidad en la noche, se recomienda generar conversaciones para aprovechar la cantidad de

vehículos aéreos no tripulados que disponen y así poder tener con mayor celeridad los datos, tomando en cuenta que las proyecciones de publicidad con estos drones ya se encuentran previamente sincronizados.

Se recomienda poner en consideración con el INAMHI el proyecto completo para que, con la unión de conocimientos, estrategias y recursos se pueda mejorar el sistema meteorológico, especialmente de gran utilidad en sectores y regiones que se encuentran afectados por las sequias.

Se recomienda extender aún más, el estudio de aplicaciones con este prototipo, visto que de hoy en día, no solo el campo de la agricultura se beneficia, incluso se conoce estudios y planes ya operativos en el sector de construcción, entretenimiento, control, etcétera.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, “Pululahua, vulcanología, descripción, ubicación, características”. 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.igepn.edu.ec/publicaciones-vulcanologia/bibl-pululahua>. Último acceso: Jul. 20, 2020.
- [2] A. Suarez, “Implementación de un sistema aéreo de medición y almacenamiento de parámetros meteorológicos georreferenciados para zonas pequeñas”, Trabajo de grado, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2017.
- [3] Meteoblu “Especificaciones meteorológicas”, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://content.meteoblue.com/es/especificaciones/variables-meteorologicas/presion>. Último acceso: Sept. 3, 2020.
- [4] R. Llugsí, P. Lupera, R. Chango, F. Ledesma, A. Suarez, “Estudio básico del comportamiento ambiental en la caldera del volcán inactivo Pululahua utilizando un sistema de adquisición y procesamiento de datos basados en UAV”, Escuela Politécnica Nacional, Revista Politécnica, Vol 43, No2, 2019.
- [5] S. Peralta, “Evaluación de configuraciones de parametrización física para la simulación numérica de temperatura y lluvia en el Ecuador”, Trabajo de grado, Universidad San Francisco de Quito, Quito, 2016. Disponible: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/5704/1/126410.pdf>.
- [6] INHAMI, “Situación Meteorológica Regional”, Boletín Climatológica Semestral 2016 N°001, 2016, pp 2.
- [7] INAMHI, “Productos y Servicios INHAMI”, 2020. [En línea]. Disponible en: <http://www.serviciometereologico.gob.ec>. Último acceso: Sept. 3, 2020.
- [8] P. Pourrut, “Los Climas del Ecuador- Fundamentos Explicativos”, *Principales Ragos Geográficos*, 1983.
- [9] R. Jimenez, B. Agueda, A. Portela, “Meteorología y Climatología”, *Las variables Meteorológicas*, Edición 1, 2004, pp 12-33.

- [10] Servicio Meteorológico Nacional Argentina, “Plan Estratégico 2020”, 2020, Disponible en: <https://www.smn.gov.ar/informes-climaticos>
- [11] Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, “Pululahua, vulcanología, descripción, ubicación, características”. 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.igepn.edu.ec/publicaciones-vulcanologia/bibl-pululahua>. Último acceso: Jul. 20, 2020.
- [12] Kanbanize, “Qué es Kanban: Definición, Características y Ventajas”, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://kanbanize.com/es/recursos-de-kanban/primeros-pasos/que-es-kanban>. Último acceso: Sept. 25, 2020.
- [13] Artia, “Kanban”, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://artia.com/kanban>. Último acceso: Sept. 30, 2020.
- [14] APD, “En que consiste la metodología Kanban y cómo utilizarla”, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.apd.es/metodologia-kanban/#:~:text=La%20metodologia>. Último acceso: Sept. 10, 2020.
- [15] J. Mesh, “Metodología Kanban: revoluciona tu manera de trabajar más ágil”, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.apd.es/metodologia-kanban/#:~:text=La%20metodologia>. Último acceso: Oct. 5, 2020.
- [16] Kanban Tool, “¿Por qué utilizar la metodología Kanban?”, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://kanbantool.com/es/metodologia-kanban>. Último acceso: Oct. 10, 2020.
- [17] R. Jimenez, B. Agueda, A. Portela, “Kanban”, *Métodos ágiles Scrum, Kanaban, Lean*, Edición 1, Madrid, España: Anayamultimedia, 2018, pp 38.
- [18] Wiboo, “¿Qué son las Aplicaciones Web? Ventajas y Tipos de Desarrollo Web” 2020. [En línea]. Disponible en: <https://wiboomedia.com/que-son-las-aplicaciones-web-ventajas-y-tipos-de-desarrollo-web/n>. Último acceso: Oct. 14, 2020.
- [19] Auditoría de Código, “Desarrollo de software segur S-SDLC”, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://auditoriadecodigo.com/desarrollo-de-software-seguro-ciclo-de-vida-de-desarrollo-de-software-seguro-s-sdlc>. Último acceso: Oct. 12, 2020.



- [20] Tutoriales Point, "Software - Ciclo de Vida de Desarrollo", 2019. [En línea]. Disponible en: [https://www.tutorialspoint.com/es/software\\_engineering/software\\_development\\_life\\_cycle.htm](https://www.tutorialspoint.com/es/software_engineering/software_development_life_cycle.htm). Último acceso: Oct. 28, 2020.
- [21] P. Milano, "Seguridad en el ciclo de vida de desarrollo de software", 2007. [En línea]. Disponible en: [http://www.cybsec.com/upload/cybsec\\_Tendencias2007\\_Seguridad\\_SDLC.pdf](http://www.cybsec.com/upload/cybsec_Tendencias2007_Seguridad_SDLC.pdf). Último acceso: Oct. 28, 2020.
- [22] B. Cholca, "Desarrollo de una aplicación web de pedidos y facturación para la empresa oftálmica Elens", Trabajo de grado, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2014. Disponible: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/7422>.
- [23] E. Salazar, F. Sanchez, "Desarrollo de una aplicación web para Servicio de entrega de comida a domicilio", Trabajo de grado, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2013. Disponible: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5909/1/CD-4715.pdf>.
- [24] J. Grajales, "Desarrollo de aplicaciones Web", en *Programación Web*, Cali, Colombia, 2009.
- [25] E. Upton, "Conozca la Raspberry Pi", en *Raspberry Pi Guía del usuario*, Edición 2, 2014, pp 8-22. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/225682222/Raspberry-Pi-Guia-Del-Usuario-2da-Ed-en-Espanol>
- [26] F. Moya, "La Raspberry Pi", en *Taller de Raspberry Pi*. Edición 3, Castilla, España: Unv. La Mancha, 2018, pp 5-13. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/387189047/Taller-de-Raspberry-Pi>
- [27] E. López, "La Raspberry Pi", en *Raspberry Pi Fundamentos y aplicaciones*. Edición 1. Madrid, España: RA-MA, 2017, pp 5-13. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/387189047/Taller-de-Raspberry-Pi>.
- [28] M. Caiza, "Implementación de un prototipo domótico para seguridad y control de iluminación de una vivienda utilizando un microcomputador Raspberry Pi 3", Trabajo de grado, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2018. Disponible: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19242/1/CD-8615.pdf>.
- [29] A. Villacis, "Desarrollo de un prototipo para la monitorización de parámetros ambientales utilizando un Raspberry Pi y un agente multiprotocolo", Trabajo de grado, Escuela

- Politécnica Nacional, Quito, 2019. Disponible:  
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20345/1/CD%209816.pdf>
- [30] W. Herrera, "Diseño y construcción de un prototipo para el control y monitoreo de registro de tiempos de transporte urbano mediante el uso de tecnología RFID, Arduino Mega y Raspberry Pi 2", Trabajo de grado, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2017. Disponible:  
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/18366/1/CD-8130.pdf>
- [31] J. Cordova, R. Flor, "Prototipo para gestión y monitoreo de la seguridad del Laboratorio de Interconectividad de la EPN usando Raspberry Pi", Trabajo de grado, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2018. Disponible:  
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19536/1/CD-8933.pdf>
- [32] G. O'Regan, "Fundamentals of Software testing", *Concise Guide to Software Testing*, Switzerland: Springer Nature, 2019.
- [33] Owasp, "OWASP Application Security Fragmentation", 2020. [En línea]. Disponible en:  
[https://owasp.org/www-project-integration-standards/writeups/owasp\\_in\\_sdgc](https://owasp.org/www-project-integration-standards/writeups/owasp_in_sdgc). Último acceso: Sept. 19, 2020.
- [34] Zoominformática, "Huawei 3531", 2019. [En línea]. Disponible en:  
<https://www.zoominformatica.com/huawei-e3531-modem-3g-usb-libre.html>. Último acceso: Jul. 20, 2020.
- [35] Euastat, "Modem 3G", 2019. [En línea]. Disponible en:  
[https://www.euastat.eus/documentos/opt\\_0/tema\\_471/elem\\_16603/definicion.html](https://www.euastat.eus/documentos/opt_0/tema_471/elem_16603/definicion.html). Último acceso: Jul. 21, 2020.
- [36] C. García, "Planteamiento de una metodología para la determinación de posibles zonas de sombra mediante algoritmos de interpolación en la banda de frecuencias UHF de TDT (TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE)", Trabajo de grado, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2016. Disponible: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/13743?mode=full>.
- [37] A. Acosta, "Análisis comparativo de métodos de interpolación de HRFTs basados en ponderaciones mediante simulaciones en Matlab", Trabajo de grado, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2019. Disponible:  
<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20382?locale=en>.

- [38] F. García, “Estudio Comparativo de Métodos de Interpolación para el Cálculo de la Información Mutua en Registro de Imágenes Médicas”, Trabajo de grado, Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, 2008. Disponible: <https://core.ac.uk/download/pdf/60416132.pdf>
- [39] Gidahatari, “¿Cuáles son los métodos de interpolación espacial de SAGA GIS?”, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://gidahatari.com/ih-es/cuantos-metodos-de-interpolacion-espacial-hay-en-saga-gis>. Último acceso: Nov. 10, 2020.
- [40] MathWorks “Vecinos más cercanos”, 2020. [En línea]. Disponible en: [https://es.mathworks.com/help/stats/nearest-neighbors-1.html?s\\_tid=CRUX\\_lftnav](https://es.mathworks.com/help/stats/nearest-neighbors-1.html?s_tid=CRUX_lftnav). Último acceso: Nov. 12, 2020.
- [41] Wikipedia “Interpolación bilineal”, 2020. [En línea]. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Interpolaci%C3%B3n\\_bilineal](https://es.wikipedia.org/wiki/Interpolaci%C3%B3n_bilineal). Último acceso: Nov. 12, 2020.
- [42] A. Coca, “Effects of Interpolation on Segmentation in Cell Imaging”, Centro de Investigaciones Biomédicas, Vol 18, No 1, 2014.
- [43] S. Fadnavis, “Image Interpolation Techniques in Digital Image Processing”, Pune Institute of Computer Technology, Vol 4, 2014. [En línea]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/25523628.pdf>
- [44] A. Prajapati, “Evaluation of Different Image Interpolation Algorithms”, International Journal of Computer Applications, 2012. [En línea]. Disponible en: <http://doi.org/10.5120/9332-3638>. [Último acceso: 21 08 2019].
- [45] Franz “Crear un mapa de isoyetas e isotermas en ArcGIS”, 2011. [En línea]. Disponible en: <https://acolita.com/crear-mapa-de-isoyetas-isotermas-isobaras-en-arcgis-isolineas>. Último acceso: Nov. 15, 2020.
- [46] GEOScéntricos “Mapas con isolíneas”, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://medium.com/@geos.centricos/isol%C3%ADneas-d489000c5964>. Último acceso: Nov. 15, 2020.

- [47] Redgeomecanica “Mapas de isolíneas”, 2020. [En línea]. Disponible en: <http://redgeomatica.rediris.es/cartos2/pdf/pdfT/tema5t.pdf>. Último acceso: Nov. 15, 2020.
- [48] SIG “Mapas de isolíneas con ArcGIS”, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.geasig.com/isolineas-con-arccgis>. Último acceso: Nov. 15, 2020.

## ANEXOS

### FORMACION DE LAS NUBES

Una nube no es vapor de agua como se la conoce erróneamente; ya que este es invisible. Una nube es un volumen de aire que se hace perceptible a la vista al contener una mayor o menor cantidad de minúsculas gotas de agua o cristales de hielo, o una combinación de las dos. Estas gotas de agua o cristales de hielo suelen tener un tamaño muy pequeño su diámetro generalmente es de 0,01 mm, por lo que pueden flotar en el aire, formando un número de unas 1000 por centímetro cúbico. Las nubes se forman bien por condensación o por sublimación, estas dos reacciones se producen sobre algunas partículas sólidas microscópicas en suspensión que se encuentran en la atmósfera que reciben el seudónimo de núcleos de condensación y de sublimación. Por lo que en una nube podemos hallar las tres formas acuosas que las forman; gotas de agua, gotas de agua congelada y cristales de hielo.

Los procesos que forman la condensación y sublimación y las nubes son sobre todo los ascensos de aire. Al ascender el aire cada vez se enfría más; ya que cada vez se encuentra menos oprimido por el volumen superior de aire. Este aire frío admite menos vapor de agua que el aire cálido por lo que alcanzado un momento se satura y se produce la condensación o la sublimación si la temperatura es muy baja, por lo que en consecuencia se forma una nube.

Los mecanismos de ascenso se clasifican en:

**OROGRÁFICO:** Las nubes causadas por “ascenso orográfico” se producen cuando una altura del terreno fuerza a la masa de aire a ascender. Cuando una masa de aire húmeda arrastrada por el viento se encuentra con una colina, se ve obligada a subir. Las nubes suelen surgir pegadas a la montaña con forma horizontal. La masa de aire continúa su paso, desciende por el otro lado de la colina y se calienta. Pero, está ya ha perdido mucha humedad y ahora el viento es muy seco, conocido como viento Föhn. Este viento cálido y muy seco es conocido por alpinistas por su facultad de derretir la nieve y producir aludes, ya que la calienta y absorbe su humedad. Asimismo, son aliados perfectos de los incendios forestales e inclusive producen migrañas y depresión.



**CONVECCIÓN:** Las nubes de convección son causadas por la recirculación del aire. Generalmente la tierra se calienta más fácilmente que el mar, y por consiguiente el aire sobre la tierra se calienta mucho más que el aire del mar. De tal forma, una isla actúa como una chimenea: el aire en la isla se calienta en contacto con la tierra y asciende. El vacío es llenado con aire frío del mar que “alimenta” la chimenea: esta oscilación de recirculación del aire se conoce como convección. Las nubes de convección pueden producirse en cualquier parte donde haya distintas temperaturas a lo largo de la superficie terrestre. Este tipo de nubosidad produce lluvias muy intensas, pero de corta duración. Opuesto de las lluvias orográficas, las lluvias de convección suelen producirse en zonas llanas.

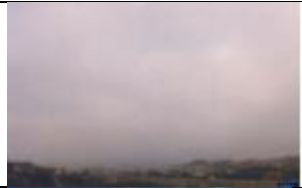


**COLISIÓN DE FRENTE:** Para se originen este tipo de nubes, un frente caliente debe colisionar con un frente frío. Las masas de aire tienden a no mezclarse; al mismo tiempo, el aire frío es más denso que el aire caliente. Al colisionar, la masa de aire caliente pasa por encima de la masa de aire frío, que es más denso. A partir de aquí el proceso es el mismo de siempre: la masa de aire encuentra menos presión, se expande, se enfría y el excedente de agua condensa formando nubes. En General un frente frío es una masa de aire frío que alcanza a una masa de aire caliente. Los frentes fríos se mueven a gran velocidad y pueden producir tormentas eléctricas, chubascos, tornados, vientos fuertes y cortas tempestades de nieve antes del paso del frente frío. Mientras que un frente cálido es una masa de aire caliente que alcanza a una masa de aire frío. Las perturbaciones producidas por un frente cálido son más suaves y suele traer buen tiempo una vez e frente ha pasado.

**BORRASCAS:** En las borrascas el aire sigue una espiral en sentido anti horario en el hemisferio norte convergiendo hacia el interior. Como el aire no puede acumularse indefinidamente se ve obligado a ascender condensándose y formando bastante nubosidad provocando situaciones generalizadas de "mal tiempo", precipitaciones, etc. A diferencia de los anticiclones donde el aire tiende a salir en sentido horario divergiendo y descendiendo haciéndose seco y relativamente cálido, con lo que nos encontraremos generalmente con "buen tiempo".

## CLASIFICACIÓN DE LAS NUBES SEGÚN LA OMM.

La Organización Meteorológica Mundial (OMM), clasifica a las nubes en 10 formas, características, o géneros, que se excluyen mutuamente.

GÉNERO	SIMBOLO	CARACTERÍSTICA	ASPECTO
<b>NUBES ALTAS</b>			
Cirros	Ci	Nubes de aspecto filamentosas, no provocan precipitación.	
Cirrocumulos	Cc	Nubes de aspecto de glóbulos, no provocan precipitación.	
Cirrostratos	Cs	Nubes con aspecto de velo, provocan el halo solar y lunar.	
<b>NUBES MEDIAS</b>			
Alto cumulos	Ac	Con forma de glóbulos, que no dan precipitación.	
Alto sestratos	As	Forman un manto que opaca al sol, no produce lluvias, provocan la corona solar y lunar.	
Nommostratos	Ns	Capa nubosa gris de tipo estable que oculta al sol y provoca las precipitaciones de tipo continuas e intermitente.	
<b>NUBES BAJAS</b>			
Estratocúmulos	Sc	Bancos de nubes cumuliformes que producen lluvias ligeras continuas y lloviznas.	

Estratos	St	Manto de nubes grises que pueden provocar lloviznas al espesarse mucho.	
Cúmulos	Cu	Nube aislada y densa, que se desarrolla verticalmente con protuberancias, no producen lluvias.	
<b>NUBES DE DESARROLLO VERTICAL</b>			
Cumulonimbos	Cb	Nube densa y potente, de considerable desarrollo vertical que produce chubascos y tormentas eléctricas.	



## ANEXO B

### CÓDIGO DEL *FRONTEND*

A continuación, se muestra el código completo del de la aplicación, se encuentra elaborado en HTML, y también se utilizó +CSS y +JS

```
<!DOCTYPE
TYPE
html>

  <html lang="en">

    <head>

      <meta charset="utf-8">
      <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1,
shrink-to-fit=no">
      <meta name="description" content="">
      <meta name="author" content="">

      <title>Análisis IDW medición DRON - Pululahua</title>

      <!-- Bootstrap core CSS -->
      <link href="vendor/bootstrap/css/bootstrap.min.css" rel="stylesheet">

      <!-- Custom styles for this template -->
      <link href="css/simple-sidebar.css" rel="stylesheet">

      <link rel="stylesheet"
href="https://unpkg.com/leaflet@1.7.1/dist/leaflet.css"
  integrity="sha512-
xodZBNTC5n17Xt2atTPuE1HxjVMSvLVW9ocqUKLsCC5CXdbqCmblAshOMAS6/keqq/sMZMZ19sc
R4PsZChSR7A=="
  crossorigin=""/>

      <script src="https://unpkg.com/leaflet@1.7.1/dist/leaflet.js"
  integrity="sha512-
XQoYMqMTK8LvdXXYG3nZ448h0EQiglfqkJs1NOQV44cWnUrBc8PkA0cXy20w0vlaXaVUearIOBh
iXZ5V3ynxwA=="
  crossorigin=""></script>

      <style>
        #mapid { height: 450px; width: 100%;}
      </style>
    </head>
  </html>
```

```

.modal {
  display: none;
  position: fixed;
  z-index: 1000;
  top: 0;
  left: 0;
  height: 100%;
  width: 100%;
  background: rgba( 255, 255, 255, .8 )
              url('http://i.stack.imgur.com/FhHRx.gif')
              50% 50%
              no-repeat;
}

body.loading .modal {
  overflow: hidden;
}

body.loading .modal {
  display: block;
}
</style>
</head>

<body>

  <div class="d-flex" id="wrapper">

    <!-- Page Content -->
    <div id="page-content-wrapper">
      
      <nav class="navbar navbar-expand-lg navbar-light bg-light border-
bottom">

        <button class="navbar-toggler" type="button" data-toggle="collapse"
data-target="#navbarSupportedContent" aria-
controls="navbarSupportedContent" aria-expanded="false" aria-label="Toggle
navigation">
          <span class="navbar-toggler-icon"></span>
        </button>

        <div class="collapse navbar-collapse" id="navbarSupportedContent">

```

```

        <ul class="navbar-nav ml-auto mt-2 mt-lg-0">
            <li class="nav-item dropdown">
                <a class="nav-link dropdown-toggle" href="#"
id="navbarDropdown" role="button" data-toggle="dropdown" aria-
haspopup="true" aria-expanded="false">
                    Herramientas
                </a>
                <div class="dropdown-menu dropdown-menu-right" aria-
labelledby="navbarDropdown">
                    <a class="dropdown-item" id="flushData" >Encerar Datos</a>
                    <div class="dropdown-divider"></div>
                    <a class="dropdown-item" href="#">Mostrar datos</a>
                </div>
            </li>
        </ul>
    </div>
</nav>

```

```

<div class="container-fluid">
    <h1 class="mt-4">Análisis por interpolación IDW Pululahua 2019</h1>
    <h2 class="mt-4">Para continuar por favor cargar archivos de datos
de captura</h2>
    <br>
    <br>
    <div class="container-fluid">

```

```

        <!-- Page Heading -->
        <div class="d-sm-flex align-items-center justify-content-between
mb-4">

```

```

            <form enctype="multipart/form-data" id="formuploadajax"
method="post">
                <div class="form-group">
                    <label for="exampleFormControlFile1">Archivos de datos
capturados en campo...</label>
                    <input type="file" id="file" name="file" />
                </div>
                <input id="uploadBtn" type="submit" class="btn btn-
primary">

```

```

            </form>
            <div id="mensaje"></div>
        </div>
    <div id="mapid"></div>

```

```

    <br>
    <br>

```

```
<p>La información que se ilustra corresponde a la generación de isomapas geo-referenciados, a partir de datos meteorológico obtenidos de sobrevuelos de un vehículo aéreo no tripulado; las referencias se atribuyen a una fecha, hora y lugar dentro de la caldera del Volcán Pululahuá.</p>
```

```
<p>
```

```
<i>
```

```
La vida es una baile en el cráter de un volcán, que en algún y momento hará erupción.
```

```
</i>
```

```
</p>
```

```
</div>
```

```
</div>
```

```
<!-- /#page-content-wrapper -->
```

```
</div>
```

```
<!-- /#wrapper -->
```

```
<!-- Bootstrap core JavaScript -->
```

```
<script src="vendor/jquery/jquery.min.js"></script>
```

```
<script src="vendor/bootstrap/js/bootstrap.bundle.min.js"></script>
```

```
<!-- Menu Toggle Script -->
```

```
<script>
```

```
$body = $("body");
```

```
var baseMap =
```

```
L.tileLayer('https://api.mapbox.com/styles/v1/{id}/tiles/{z}/{x}/{y}?access_token={accessToken}', {
```

```
attribution: 'Map data &copy; <a
```

```
href="https://www.openstreetmap.org/copyright">OpenStreetMap</a>
```

```
contributors, Imagery © <a href="https://www.mapbox.com/">Mapbox</a>',
```

```
maxZoom: 18,
```

```
id: 'mapbox/streets-v11',
```

```
tileSize: 512,
```

```
zoomOffset: -1,
```

```
accessToken:
```

```
'pk.eyJ1IjoieWVudGVyYmV0YVw4ODgiLCJhIjoieY2o4eHJobWR2MjR1ZDM0cXp1cG1ybzdnNiJ
```

```
9.PtvzRR58P4eubaYZo5eMOA'
```

```
//}).addTo(mymap);
```

```
});
```

```

$.get("http://35.239.252.118/api-flask/coordinates", function(data,
status){
    $body.addClass("loading");
    //alert("Data: " + data + "\nStatus: " + status);
    if (data.length === 0) {
        alert("No existen datos para mostrar !!");
        $body.removeClass("loading");
        return;
    }
    var pins = [];
    var lats = []; var lngs = [];
    data.forEach( function(valor, indice, array) {
        console.log("En el índice " + indice + " hay este valor: " +
valor[2]);
        var pin = L.marker([valor[1], valor[2]]).bindPopup('Temperatura ' +
valor[3] + ' -- Presion hPa ' + valor[4] + " -- Humedad " + valor[6])
        pins.push(pin);
        lats.push(valor[1]);
        lngs.push(valor[2]);
    });

    var mymap = L.map('mapid', {
center: [lats[0], lngs[0]],
zoom: 17,
layers: [baseMap]
});

    var baseMaps = {
        "baseMap": baseMap,
    };

    var pinCoords = L.layerGroup(pins).addTo(mymap);

    var minlat = Math.min.apply(null, lats),
        maxlat = Math.max.apply(null, lats);
    var minlng = Math.min.apply(null, lngs),
        maxlng = Math.max.apply(null, lngs);

    bbox = [[minlat,minlng],[maxlat,maxlng]];

$.get("http://35.239.252.118/api-flask/idw", function(data, status){
    //alert("Data: " + data + "\nStatus: " + status);

```

```

        if (data == null || data.length == 0) {
            alert("Ocurrió un problema por favor reintente !! " + status);
            $body.removeClass("loading");
            return;
        }

        var imageUrl = 'http://35.239.252.118/api-
flask/static/images/idw2_pressure.png',
            imageBounds = bbox;
        var pressure = L.imageOverlay(imageUrl, imageBounds).addTo(mymap);

        imageUrl = 'http://35.239.252.118/api-
flask/static/images/idw2_temp.png';
        var temperature = L.imageOverlay(imageUrl,
imageBounds).addTo(mymap);

        imageUrl = 'http://35.239.252.118/api-
flask/static/images/idw2_humidity.png';
        var humidity = L.imageOverlay(imageUrl, imageBounds).addTo(mymap);

        var overlayMaps = {
            "Puntos DRON": pinCoords,
            "Presion IDW": pressure,
            "Temperatura IDW": temperature,
            "Humedad IDW": humidity
        };

        L.control.layers(baseMaps, overlayMaps).addTo(mymap);

        $body.removeClass("loading");

    });

});

$("#menu-toggle").click(function(e) {
    e.preventDefault();
    $("#wrapper").toggleClass("toggled");
});

$(document).ready(function(){

$("#uploadBtn").click(function(){

```

```

var fd = new FormData();
var files = $('#file')[0].files;

// Check file selected or not
if(files.length > 0 ){
    fd.append('file',files[0]);
    console.log(fd);
    $.ajax({
        url: 'http://35.239.252.118/api-flask/upload',
        type: 'post',
        data: fd,
        contentType: false,
        processData: false,
        success: function(response){
            if(response != 0){
                alert('file not uploaded'+res);
            }else{
                alert('file not uploaded');
            }
        },
    });
}else{
    alert("Please select a file.");
}
});

$('#flushData').click(function(){
    $body.addClass("loading");
    $.get("http://35.239.252.118/api-flask/coordinates/flush",
function(data, status){
    $body.removeClass("loading");
    location.reload();
    })
});
});
</script>

<div class="modal"><!-- Place at bottom of page --></div>

</body>

</html>

```





## ANEXO C

### CÓDIGO DEL *BACKEND*

A continuación, se presenta el código en la que se ingresa las coordenadas, y lo parámetros de meteorología que fueron recopilados por el UAV.

```
import
numpy
as np

import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy.interpolate import Rbf

def main():

    # Setup: Generate data...
    n = 10
    nx, ny = 100, 100
    #x, y, z = map(np.random.random, [n, n, n])
    y = np.array([-78.4771628, -78.4768582, -78.4768690, -78.4761548 , -
78.4763388])
    x = np.array([0.0183425 ,0.0197352, 0.0197663, 0.0181757, 0.0181647])
    z = np.array([79.23, 86.77, 87.43, 85.50, 72.20])

    #print(x)
    xi = np.linspace(x.min(), x.max(), nx)
    yi = np.linspace(y.min(), y.max(), ny)
    xi, yi = np.meshgrid(xi, yi)
    xi, yi = xi.flatten(), yi.flatten()

    # Calculate IDW
    grid1 = simple_idw(x,y,z,xi,yi)
    print(type(grid1))
    grid1 = grid1.reshape((ny, nx))

    # Calculate scipy's RBF
    grid2 = scipy_idw(x,y,z,xi,yi)
    #print(grid2)
    grid2 = grid2.reshape((ny, nx))
```

```

grid3 = linear_rbf(x,y,z,xi,yi)
#print grid3.shape
grid3 = grid3.reshape((ny, nx))

# Comparisons...
plot(x,y,z,grid1)
plt.title('Homemade IDW')

plot(x,y,z,grid2)
plt.title("Scipy's Rbf with function=linear")

plot(x,y,z,grid3)
plt.title('Homemade linear Rbf')

plt.show()

def simple_idw(x, y, z, xi, yi):
    dist = distance_matrix(x,y, xi,yi)

    # In IDW, weights are 1 / distance
    weights = 1.0 / dist

    # Make weights sum to one
    weights /= weights.sum(axis=0)

    # Multiply the weights for each interpolated point by all observed Z-
values
    zi = np.dot(weights.T, z)
    return zi

def linear_rbf(x, y, z, xi, yi):
    dist = distance_matrix(x,y, xi,yi)

    # Mutual pairwise distances between observations
    internal_dist = distance_matrix(x,y, x,y)

    # Now solve for the weights such that mistfit at the observations is
minimized
    weights = np.linalg.solve(internal_dist, z)

    # Multiply the weights for each interpolated point by the distances

```

```

zi = np.dot(dist.T, weights)
return zi

def scipy_idw(x, y, z, xi, yi):
    interp = Rbf(x, y, z, function='linear')
    return interp(xi, yi)

def distance_matrix(x0, y0, x1, y1):
    obs = np.vstack((x0, y0)).T
    interp = np.vstack((x1, y1)).T

    # Make a distance matrix between pairwise observations
    # Note: from <http://stackoverflow.com/questions/1871536>
    # (Yay for ufuncs!)
    d0 = np.subtract.outer(obs[:,0], interp[:,0])
    d1 = np.subtract.outer(obs[:,1], interp[:,1])

    return np.hypot(d0, d1)

def plot(x,y,z,grid):
    plt.figure()
    plt.imshow(grid, extent=(x.min(), x.max(), y.max(), y.min()))
    plt.hold(True)
    plt.scatter(x,y,c=z)
    plt.colorbar()

    df = pd.read_csv('python_backend/coords.csv')

    map = plt.imread('python_backend/map.png')
    BBox = (-78.48439, -78.47253, 0.01479, 0.02180)
    fig, ax = plt.subplots(figsize = (8,7))

    print(BBox)
    ax.scatter(y, x, zorder=1, alpha= 1, c=z, s=30)

    ax.set_title('Pululahua')
    ax.set_xlim(BBox[0],BBox[1])
    ax.set_ylim(BBox[2],BBox[3])

    ax.imshow(map, extent = BBox, aspect= 'equal')
    ax.imshow(grid, alpha= .5, extent=(x.min(), x.max(), y.min(), y.max()))

```

```
if __name__ == '__main__':  
    main()
```

## **ORDEN DE EMPASTADO**