



## **Mantenimiento y monitoreo de estaciones meteorológicas automáticas ubicadas en la provincia de Chimborazo-Ecuador**

## **Maintenance and monitoring of automatic weather stations located in the province of Chimborazo-Ecuador**

Christian Barzallo Rojas <sup>1</sup>  
christian.barzallo@epoch.edu.ec  
<https://orcid.org/0000-0003-2740-1202>

Mayra Venegas Ruiz <sup>2</sup>  
mayra.venegas@epoch.edu.ec  
<https://orcid.org/0000-0002-3608-757X>

Arquimides Haro Velastegui <sup>3</sup>  
arquimides.haro@epoch.edu.ec  
<https://orcid.org/0000-0003-3391-5082>

Mariela Moreno Palacios <sup>4</sup>  
marymoreno023@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-1605-6442>

Carina Yaucán Villa <sup>5</sup>  
carina.yaucan@epoch.edu.ec  
<https://orcid.org/0000-0002-0291-4389>

Romel Palaguachi Calle <sup>6</sup>  
romel.palaguachi@epoch.edu.ec  
<https://orcid.org/0000-0001-6061-6067>

Recibido: 10/05/2022; Aceptado: 14/09/2022

### **Resumen**

A través de proyectos de investigación desarrollados en el Grupo de investigación de la facultad de ciencias (GEAA) de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), se ha logrado implementar una red meteorológica automática, la cual cuenta con 11 estaciones automáticas vaisala ubicadas en diferentes lugares estratégicos de la Provincia de Chimborazo instaladas desde el año 2013. Cuyo objetivo es Cuantificar los volúmenes y distribución de la precipitación hídrica de

---

<sup>1</sup> Estudiante, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador

<sup>2</sup> Estudiante, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador

<sup>3</sup> Doctor, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador

<sup>4</sup> Ing., GEAA, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador

<sup>5</sup> Ing., GEAA, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador

<sup>6</sup> Ing., GEAA, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador

la Provincia de Chimborazo. Dichas estaciones han permitido el desarrollo de trabajos de titulación, escritura de artículos científicos, colaboración interinstitucional, participación de congresos e investigación. Con el desarrollo de esta red de estaciones, se socializan resultados y el software creado disponible para otras entidades para validar con otras bases de datos. Los resultados y aportes principales de este proyecto son desarrollo e implementación como: las bases de datos de las variables meteorológicas, reportes meteorológicos, los mapas preliminares que resuman la precipitación hídrica en las zonas de influencia del proyecto. Por medio de estas actividades se ha venido aportando en investigaciones científicas, para proponer futuros proyectos de investigación en este campo en el Ecuador.

**Palabras clave:** red de estaciones, mapas, proyecto, precipitación

### **Abstract**

Through research projects developed in the Research Group of the Faculty of Science (GEAA) of the Polytechnic School of Chimborazo (ESPOCH), an automatic meteorological network has been implemented, which has 11 automatic vasala stations located in different strategic locations in the Province of Chimborazo installed since 2013. Their objective is to quantify the volumes and distribution of water precipitation in the Province of Chimborazo. These stations have allowed the development of degree works, writing of scientific articles, inter-institutional collaboration, participation in congresses and research. With the development of this network of stations, results are socialized and the software created is available for other entities to validate with other databases. The main results and contributions of this project are the development and implementation of databases of meteorological variables, meteorological reports, and preliminary maps summarizing water precipitation in the project's areas of influence. Through these activities we have been contributing to scientific research in order to propose future research projects in this field in Ecuador.

**Keywords:** station network, maps, project, precipitation.

### **Introducción**

El propósito de la Introducción es proporcionar al lector(a) los antecedentes suficientes que le permitan ubicar el tema y el artículo en el contexto de la literatura. El comportamiento del clima ha sido un tema muy importante desde sus inicios para el ser humano al momento de realizar todas sus actividades diarias. El estudio de la meteorología es de suma importancia ya que nos ayuda a estar preparado ante las adversidades climáticas y podemos estar alerta ante sucesos que afectan a nuestras actividades a la intemperie para ello se deben observar y medir las variables principales que conforman a este, teniendo la presión atmosférica, velocidad del viento, humedad y temperatura anexando una variable más siendo esta la calidad del aire, calculando la presencia de agentes contaminantes principales en el aire como lo son el CO, CO<sub>2</sub>, SO, CH<sub>2</sub> (monóxido de carbono, dióxido de carbono, dióxido de azufre, metano) (Méndez González y otros, 2019).

Una estación meteorológica es un lugar escogido adecuadamente para colocar los diferentes instrumentos que permiten medir las distintas variables que afectan al estado de la atmósfera. Es decir, es un lugar que nos permite la observación de los fenómenos atmosféricos y donde hay aparatos que miden las variables atmosféricas (Anchundia, 2015).

Las estaciones meteorológicas tienen una estructura compuesta por diversos sensores de alta precisión, aun así, uno de los aspectos más importantes es que son completamente modulables, por lo que podemos añadir un mayor número de sensores o quedarnos con el paquete básico de sensores (Tobajas García y otros, 2016).

Las variables o elementos climatológicos en una estación meteorológica esenciales a medir son: temperatura, humedad del aire, viento, radiación solar, precipitación y evaporación, resulta necesario determinar el valor de la información recogida en relación con su utilidad y finalidad de la misma y los instrumentos de medida deben estar homologados, ser robustos y estar bien calibrados (Arteaga Ramírez y otros, 2020).

Los componentes de una estación meteorológica son:

- Terreno circundante
- Parcela Meteorológica
- Abrigo Meteorológico
- Instrumentos

Los requisitos generales que debe cumplir una estación meteorológica según la OMM que indica de forma pormenorizada los requisitos de los elementos que deben observarse según el tipo de estación y la red de observación (OMM, 2014). En una estación que realiza observaciones de superficie se observan los siguientes elementos:

- Tiempo presente
- Tiempo pasado
- Dirección y velocidad del viento
- Nubosidad
- Tipo de nube
- Altura de la base de la nube
- Visibilidad
- Temperatura
- Humedad relativa
- Presión atmosférica
- Precipitación
- Capa de nieve
- Insolación y/o radiación solar
- Temperatura del suelo
- Evaporación

## Metodología Mantenimiento y descarga

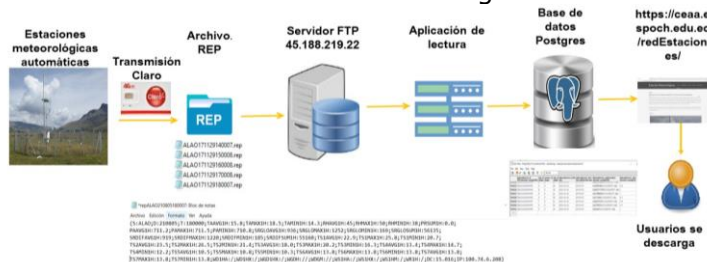
Para el mantenimiento de las estaciones meteorológicas este se realiza cada 15 días con el objetivo de mantenerlas operativas, las actividades están enfocadas en hacer un seguimiento del funcionamiento de cada sensor también evaluar la energía proveniente de la fuente cómo las baterías panel solar dónde estos elementos son fundamentales para generar datos de calidad considerando que los sistemas de las estaciones son electrónicos muy sensibles al desfase de la energía. El grupo de energías alternativas y ambiente GEAA está desarrollando sistemas de software de tipo Big data que permite tener un adecuado seguimiento de funcionamiento donde se evalúa los valores generados por los sensores también se está creando matrices en hojas de cálculos para realizar las observaciones de datos faltantes y desfases de estos. Las actividades conllevan a generar procedimientos adecuados en base a normas de la OMM INAMHI. Y procedimientos empíricos creados por los técnicos del GEAA. Como un objetivo principal es debitar el mantenimiento correctivo esto se trata de llegar con un seguimiento constante al funcionamiento de toda la estación.

Otra de las actividades importantes es la descarga de los datos, para realizar esta actividad de igual manera se debe de seguir pasos que permita tener una adecuada manipulación de los del datalogger el cual es la memoria central de la estación. Una vez descargado los datos se le envía la información descargada al departamento de sistemas. Estas actividades deben ser siempre registradas especialmente en campo por medio de fichas técnicas que van recestando un historial de actividades las cuales permitirán dar un estado real del funcionamiento de las estaciones meteorológicas todas esas actividades los técnicos del proyecto están desarrollando aplicaciones para automatizar todos estos procesos con el objetivo de mantener al 100% operativa toda la red de estaciones meteorológicas en la provincia de Chimborazo.

## Transmisión y procesamiento

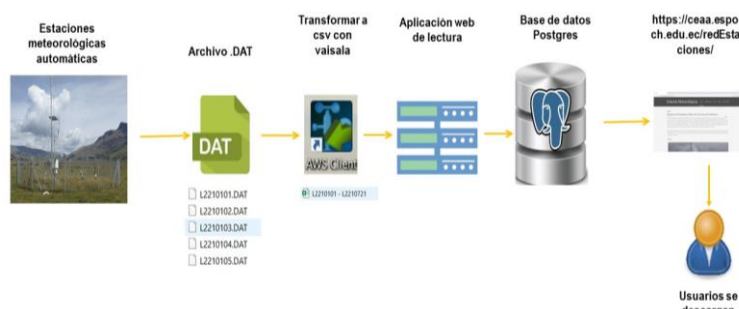
La transmisión de datos de las estaciones meteorológicas automáticas se realiza utilizando la tecnología GPRS mediante un modem en el cual está instalado un chip de claro, los archivos rep son enviados por medio de paquetes de datos, estos archivos son almacenados en una tarjeta de memoria industrial que contiene la estación.

Los archivos rep son enviados a un servidor FTP se almacena en una base de datos, y se muestra en la plataforma <https://ceaa.esPOCH.edu.ec/redEstaciones/> donde puede encontrar la información meteorológica.



**1. Figura 1:** Transmisión de datos de una estación meteorológica automática  
**Fuente:** Elaboración propia

La descarga manual de datos meteorológicas se lo realiza con un mini lector de tarjeta de memoria al computador en archivos .DAT, se trasforma al formato .CSV por medio del software vaisala y se almacena en la base de datos, esta información se muestra en la plataforma <https://ceaa.esPOCH.edu.ec/redEstaciones/>.



**2. Figura 2:** Descarga manual de datos meteorológicas.  
**Fuente:** Elaboración propia

**Reporte**

Se realizan reportes mensuales, mediante documentos digitales almacenados en la plataforma informática y página web de las estaciones meteorológicas, a la vez se desarrollan mapas de las variables meteorológicas de mayor importancia para conocimiento de la provincia.

Los mapas que se crean se desarrollan en ArcGIS y se visualizan en las plataformas informáticas de las estaciones meteorológicas.

A continuación, se detalla la ubicación de las mismas:

**Tabla 1:** Ubicación geográfica de estaciones automáticas Vaisala

Nº	Estaciones Meteorológicas	Parroquia	Cantón	X	Y	Altura
1	Alao	Pungala	Riobamba	773491	9793166	3064
2	Atillo	Cebadas	Guamote	772589	9758044	3467
3	Cumanda	Cumandá	Cumandá	706262	9755579	331
4	EsPOCH	Lizarzaburu	Riobamba	758398	9816965	2754
5	Matus	Matus	Penipe	777564	9827892	2471

6	Multitud	Multitud	Alausi	725681	9764904	1483
7	Quimiag	Quimiag	Riobamba	770082	9816406	2718
8	San Juan	San Juan	Riobamba	746640	9818903	3244
9	Tixan	Tixán	Alausi	749115	9761350	3546
10	Tunshi	Licto	Riobamba	764074	9806681	2840
11	San Isidro de Patulú	San Isidro De Patulú	Chocavid Central	754579	9835357	3467

**Fuente:** Elaboración propia

### Resultados y discusión

Trabajos de Titulación entre los principales que se desarrollaron con el proyecto mencionamos:

- Modelos estadísticos para la Homogenización de Variables Meteorológicas Monitoreadas Por el GEAA, año 2021
- Componentes Principales Funcionales De La Radiación Solar Global De La Provincia De Chimborazo, 2014-2017, año 2019
- Estimación y modelación Geoestadística de la radiación solar en la provincia de Chimborazo en el año 2012, año 2012
- Aplicación De Un Modelo Matemático Para Determinar La Difusión De Contaminantes Atmosféricos Bajo Condiciones Físicas Y Meteorológicas De La Ciudad De Riobamba, año 2016
- Análisis Geoestadístico De Datos Funcionales De Temperatura Del Aire En La Provincia De Chimborazo, año 2020
- Técnicas Estadísticas Para La Modelación y Predicción De La Temperatura y velocidad De Viento En la Provincia De Chimborazo, año 2019
- Implementación De Una Estación Meteorológica Portátil Mediante Drone Para La Facultad De Ciencias-Epoch, año 2015
- Predicción De La Temperatura Ambiental Mediante Modelos Estadísticos Funcionales De Las Estaciones Monitoreadas Por El Geaa En La Provincia De Chimborazo (2014-2019)

- Análisis Y Ajustes, Con Modelos De Regresión B-Splines Utilizando El Software R, En Las Variables Climatológicas: Temperatura, Humedad, Radiación Y Velocidad Del Viento, De La Estación Meteorológica Solar Del Centro De Energía Alternativas, Facultad De Ciencias, Escuela De Física Y Matemática, año 2015
- Implementación De Un Sistema Informático Para La Gestión De Datos Climáticos En Las Estaciones Meteorológicas De La Epoch, A Través De La Plataforma Java Jee7, año 2018
- Análisis Estadístico Funcional De La Reflectancia Obtenida Mediante Imágenes Satelitales y Espectroradiómetro del Cultivo De Quinoa En Colta, año 2021
- Diseño Del Modelo De Dispersión De Ozono Troposférico De La Ciudad De Riobamba Para El Año 2015, año 2017
- Diseño De Un Sistema Solar Térmico Para La Sustitución De Consumo De Combustibles Fósiles Para La Producción De Derivados Lácteos De La Quesera Santa Marta – San Juan – Chimborazo, año 2018
- Determinación de la evapotranspiración mediante imágenes aéreas en bandas del espectro visible e infrarrojo cercano para cultivos de papa solanum spp, año 2016
- Estudio de viabilidad técnica de Parques Eólicos en la Provincia de Chimborazo. Año 2017
- Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para la Central Ecuatoriana de servicios agrícolas, año 2014
- Robert, P. (2017). Estudio y análisis de las emisiones de No2 generadas por el campo automotor en el sector del Terminal Terrestre de la ciudad de Riobamba, año 2017

En cuanto a la publicación de artículos científicos mencionamos:

**Tabla 2:** Artículos científicos publicados en base a la utilización de estaciones meteorológicas vaisala.

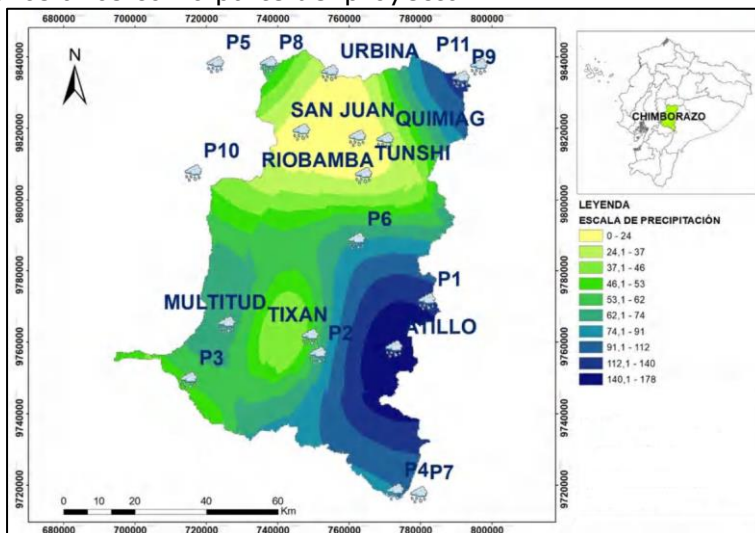
Título del Artículo	Autor	Año
Aplicación del cálculo fraccional a una serie de temperaturas de la zona andina.	Cristina Ramos Araujo, Hitler Guerrero Hidalgo	2020
Determinación Del Comportamiento Meteorológico Del Viento En La Provincia De Chimborazo, Ecuador	Silvia Haro-Rivera, Lourdes Zúñiga-Lema, Antonio Meneses-Freire, Amalia Escudero-Villa	2020
Suavizado De Curvas Mediante B-Spline Para El Análisis Funcional De La Radiación Solar Global.	Escudero, Amalia Haro, Silvia	2017
Potencial Energético Renovable De Alta Entalpía De La Cuenca Alta Del Río Pastaza	Romel Palaguachi, Mariela Moreno, Luis Añilema, Diego Damián-Carrión	2020
Métodos De Clasificación En Minería De Datos Meteorológicos	Silvia Haro Rivera, Lourdes Zúñiga Lema, Antonio Meneses Freire, Luis Vera Rojas, Amalia Escudero Villa	2018
Modelado y análisis de parámetros micro meteorológicos en la ciudad de Riobamba	Nelly Patricia Perugachi Cahueñas, Jorge Milton Lara Sinaluisa, Arquimides Xavier Haro Velastegui	2020

Caracterización de la velocidad y dirección de viento en la provincia de Chimborazo	Diana Campoverde Santos, Amalia Escudero Villa, Silvia Haro Rivera.	202 0
---	---	----------

**Fuente:** Elaboración propia

**Modelo geoestadístico de precipitación hídrica provincial**

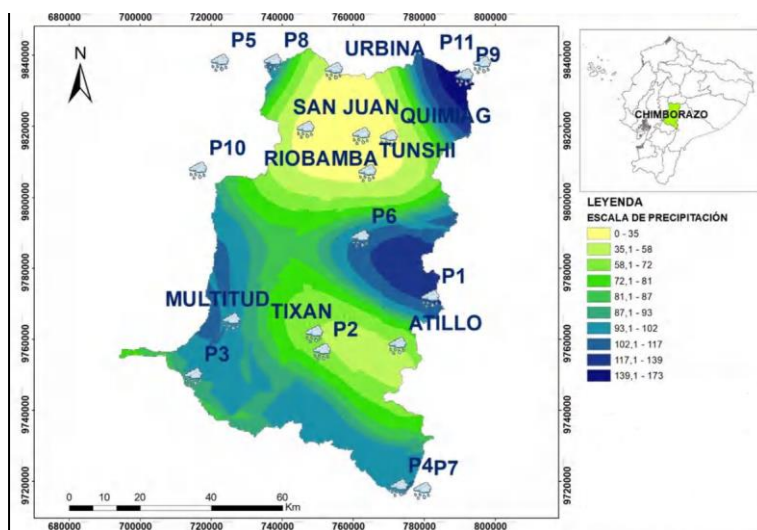
Se desarrolló mapas de precipitación hídrica de la provincia de Chimborazo en un SIG (sistema de información geográfica) disponible para validar la base de datos. Los mapas representan colecciones lógicas de información geográfica como capas de mapa, en los que se diferencia la variación de precipitación en diferentes meses del año. Parte de los datos utilizados para la creación de los mapas fueron imágenes satelitales y recolección de variables meteorológicas (precipitación anual, precipitación mensual, precipitación total y precipitación promedio anual) de estaciones automáticas ubicadas en diferentes puntos de la provincia de Chimborazo, generando así los mapas preliminares que resuman la precipitación a lo largo de los años como parte del proyecto.



**3. Figura 3:** Mapa de Precipitación de la Provincia de Chimborazo del tercer trimestre del 2021

**Fuente:** Elaboración propia





**4. Figura 4:** Mapa de Precipitación de la Provincia de Chimborazo del cuarto trimestre del 2021

**Fuente:** Elaboración propia

En la figura 1 y 2 se representa una interpolación en ArcGIS usando los datos de precipitación de las estaciones meteorológicas que están distribuidas en la provincia de Chimborazo, comparando las dos gráficas se puede ver la diferencia del nivel de precipitación existen principalmente en las zonas inferiores.

**Mantenimiento y descarga de datos de las estaciones**

Cada año se ha realizado el mantenimiento de las estaciones que tiene a cargo la ESPOCH, teniendo visitas técnicas de manera periódica cada 15 días en los meses de marzo a diciembre, con el fin de detectar si existen fallas en el correcto funcionamiento de sensores y transmisión de datos, mismos que cuando han tenido avería alguna han sido reemplazados por nuevos dispositivos.



**Figura 5:** Descarga de datos  
**Fuente:** Elaboración propia



Figura 6: Limpieza de piranómetro

**Fuente:** Elaboración propia



Figura 7: Limpieza de pluviómetro

**Fuente:** Elaboración propia



Figura 8: Calibración del anillo del piranómetro

**Fuente:** Elaboración propia



Figura 9: Limpieza de sensor de temperatura y humedad ambiental

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 10:** Colocación de nuevos sensores

**Fuente:** Elaboración propia

### Conclusiones

Cada 15 días se realiza el respectivo mantenimiento de las estaciones meteorológicas con el objetivo de mantenerlas en óptimas condiciones para su correcto funcionamiento, donde también se llevó el seguimiento del correcto funcionamiento de cada sensor, de las baterías panel solar donde son elementos funcionales y sensibles al desfase de la energía.

Se desarrolló un sistema de software de tipo Big que permitió obtener un adecuado seguimiento del funcionamiento, en el cual se evaluó los valores que fueron obtenidos de los sensores, además de realizar las observaciones de los datos faltantes o de desfase.

Se utiliza una tecnología GPRS el cual tiene un chip de claro, para la transmisión de datos de las estaciones meteorológicas automáticas, los archivos rep fueron enviados por medio de paquetes de datos y almacenados en una tarjeta de memoria industrial que contiene la estación.

Se realizan reportes mensuales, mediante documentos digitales almacenados en la plataforma informática y página web de las estaciones meteorológicas, se desarrollaron mapas de las variables meteorológicas en ArcGIS.

Para el modelo geoestadístico de precipitación hídrica provincial se desarrollaron mapas de precipitación hídrica de la provincia de Chimborazo en un SIG, estos mapas representan colecciones lógicas de información geográfica como capas de mapa, en los que se puede diferenciar la variación de precipitación en diferentes meses del año.

### Referencias bibliográficas

- Anchundia, J. M. (2015). *Telemetría de Estación Meteorológica*. Ecuador.
- Arteaga Ramírez, R., Cervantes Osornio, R., Vázquez Peña, M. A., & Ojeda Bustamante, W. (agosto/septiembre de 2020). *VALIDACION DE DATOS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS AUTOMÁTICAS MEDIANTE MONITOREO DE TEMPERATURA EN HUERTOS DE MANZANOS*. Chile.

- Campoverde Santos , D., Escudero Villa, A., & Haro Rivera , S. (2020). *Caracterización de la velocidad y dirección del viento en la provincia de Chimborazo* . Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Escudero, A., & Haro, S. (2017). *Suavizado De Curvas Mediante B-Spline Para El Análisis Funcional De La Radiación Solar Global*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Haro Rivera, S., Zúñiga Lema, L., Meneses Freire, A., Vera Rojas, L., & Escudero Villa , A. (2018). *Métodos De Clasificación En Minería De Datos Meteorológicos* . Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Haro-Rivera, S., Zúñiga-Lema, L., Meneses-Freire, A., & Escudero-Villa, A. (2020). *Determinación Del Comportamiento Meteorológico Del Viento En La Provincia De Chimborazo, Ecuador*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Méndez González, L. C., Rodríguez Picón, L. A., & García Jiménez, V. (2019). *Prototipo de estación meteorológica*. Morelia, .
- OMM. (2014). *Guía de Instrumentos y Metodos de Observación Meteorológicos*. Ginebra.
- Palaguachi, R., Moreno, M., Añilema, L., & Damian-Carrión, D. (2020). *Potencial Energético Renovable De Alta Entalpía De La Cuenca Del Río Pastaza*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Perugachi Cahueñas, N. P. (2016). *Aplicación de un modelo matemático para determinar la difusión de contaminantes atmosféricos bajo condiciones físicas y meteorológicas de la ciudad de Riobamba*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba. <http://dspace.espace.edu.ec/handle/123456789/4603>
- Perugachi Cahueñas, N., & Haro Velasstegui, A. (2020). *Modelado y análisis de parámetros micro meteorológicas en la ciudad de Riobamba*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Ramos Araujo, C. E., & Pérez Londo, N. A. (2014). *ESTIMACIÓN Y MODELACIÓN GEOESTADÍSTICA DE LA RADIACIÓN SOLAR EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO EN EL AÑO 2012*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Chimborazo. <http://dspace.espace.edu.ec/handle/123456789/3750>
- Ramos Araujo, C., & Guerrero Hidalgo , H. (2020). *Aplicación del cálculo fraccional a una serie de temperaturas de la zona andina*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Tobajas Garcia, A., Lopez Antón, A., & Monzo, C. (2016). *Diseño e implementación de una estación meteorológica con Raspberry Pi*. Catalunya.