



**Sistema de Alerta temprana de Medellín - calidad del  
aire.**

Johnatan Andrés Gómez Monsalve

Informe de práctica para optar al título de Ingeniero de Sistemas

Asesor

GABRIEL DARIO URIBE GUERRA, Matemático

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería de Sistemas

Medellín, Colombia

2022

## Referencia

- [1] G.M. Johnatan Andrés, “Sistema de Alerta temprana de Medellín - calidad del aire”, Práctica empresarial, Ingeniería de Sistemas, Universidad de Antioquia, Medellín, 2022.

Estilo IEEE (2020)



**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

**Rector:** John Jairo Arboleda Céspedes.

**Decano/Director:** Jesús Francisco Vargas Bonilla.

**Jefe departamento:** Diego José Botia Valderrama.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

## **Dedicatoria**

A mis padres Alfonso y Edica por enseñarme que un lápiz pesa menos que una pala, por ayudarme diariamente no solo en lo económico sino en lo espiritual, para poder alcanzar esta gran meta.

## **Agradecimientos**

Al equipo de sistemas del proyecto SIATA, por abrirme sus puertas, permitirme ser parte de su equipo y brindarme la posibilidad de realizar mis prácticas profesionales en su proyecto.

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	9
ABSTRACT	10
I. INTRODUCCIÓN	11
II. OBJETIVOS	13
A. Objetivo general	13
B. Objetivos específicos	13
III. MARCO TEÓRICO	14
IV. METODOLOGÍA	18
V. RESULTADOS	19
VI. ANÁLISIS	22
VII. CONCLUSIONES	23
REFERENCIAS	25

## LISTA DE FIGURAS

Fig. 1: Cronograma de actividades	14
Fig. 2: Estaciones activas	16
Fig. 3: Estaciones con las variables monitoreadas	17
Fig. 4: Arquitectura aplicación de validación.	18
Fig 5 Aplicación de monitoreo.	21
Fig 6 Porcentaje de datos recibidos.	22
Fig 7 Notificaciones Bot Telegram.	23

## SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

<b>PM25</b>	Materia particulada 2.5
<b>PM10</b>	Materia particulada 10
<b>NO</b>	Óxido nítrico
<b>NO2</b>	Dióxido de nitrógeno
<b>CO</b>	Monóxido de carbono
<b>SO2</b>	Dióxido de azufre

---

RESUMEN

El proyecto se centra en la creación de una herramienta de monitoreo automático para la adquisición de datos de la red de calidad del aire en la ciudad de Medellín. El objetivo es brindar una herramienta que permita hacer seguimiento a la captura de los datos e informe mediante alertas enviadas cada treinta minutos si alguna estación ha dejado de recibir datos.

Durante la ejecución del proyecto una de las mayores dificultades presentadas fue lograr la correcta comunicación entre el bot de Telegram y la página previamente creada en php con el monitoreo de las estaciones. De hecho, fue necesario realizar varias modificaciones en el código para lograr una adecuada comunicación.

Finalmente como resultado, se logró implementar un sistema de notificación automático que informa en tiempo real la cantidad de fallos en la adquisición de datos de cada estación, discriminadas por sus respectivas variables de medición.

***Palabras clave*** — calidad del aire, BOT, monitoreo, php, MySQL

---

ABSTRACT

The project focuses on the creation of an automatic monitoring tool for the acquisition of data from the air quality network in the city of Medellín. The objective is to provide a tool that allows monitoring of data capture and reports through alerts sent every thirty minutes if any station has stopped receiving data.

During the execution of the project, one of the biggest difficulties presented was to achieve the correct communication between the Telegram bot and the page previously created in php with the monitoring of the stations. In fact, it was necessary to make several modifications in the code to achieve proper communication.

Finally, as a result, it was possible to implement an automatic notification system that reports in real time the number of failures in the acquisition of data from each station, discriminated by their respective measurement variables.

***Keywords*** — air quality, BOT, monitoring, php, MySql



---

## I. INTRODUCCIÓN

El sistema de Alerta temprana de Medellín (SIATA) es un proyecto de ciencia y tecnología del Área Metropolitana del Valle de Aburrá y la Alcaldía de Medellín, nace de la necesidad de desarrollar una estrategia regional desde el conocimiento científico, el desarrollo tecnológico y la innovación, para identificar y pronosticar la ocurrencia de fenómenos naturales y antrópicos que alteren las condiciones ambientales de la región, o puedan generar riesgos a la población. Implementan procesos que permiten disponer la información en tiempo real garantizando la calidad y confiabilidad de los datos, desarrollan e implementan protocolos, algoritmos y técnicas que mejoren la calidad de los datos que brindan las redes hidrometeorológicas de SIATA, operan la red oficial de monitoreo de calidad del aire y acelerográfica del Valle de Aburrá, realizan diagnósticos y seguimiento de la contaminación atmosférica, realizan investigación en modelos hidrológicos físicos y estadísticos de cauces y drenaje urbano, generan conocimiento sobre el riesgo sísmico en la región; todo lo anterior permite generar alertas oportunas a los organismos gestores de riesgos por posibles inundaciones, permiten realizar pronósticos respecto a la contaminación atmosférica e incentivan la participación ciudadana a partir de estrategias de apropiación social del conocimiento. [7]

La adquisición de datos de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire se hace a partir de la conexión de equipos Raspberry Pi que obtienen datos directamente desde los analizadores de monitoreo instalados en distintos puntos de la red de monitoreo de calidad del aire. De esta manera es posible integrar la información medida por los analizadores de manera automática en los sistemas y esquemas de almacenamiento de datos para aquellas estaciones de monitoreo en las que no es posible contar con equipos y software datalogger. [8]

Además, los datos recopilados por los analizadores de aire también pueden usarse para identificar fuentes de contaminación y estudiar su impacto en el medio ambiente. Esto se puede hacer mediante el uso de modelos de dispersión de partículas y otros modelos de simulación para predecir el comportamiento de los contaminantes en el aire. Esta información se puede usar para ayudar a identificar y reducir fuentes de contaminación del aire.

---

La automatización de la calidad del aire implica el uso de tecnologías avanzadas para controlar y monitorear la calidad del aire. Estas tecnologías incluyen sensores para detectar partículas, monitores de gases y sistemas de control automatizados para regular el flujo de gases.

Este documento busca proporcionar información sobre cómo se implementó el sistema de notificaciones automáticas, que permite validar en tiempo real la adquisición de datos de las estaciones de calidad del aire.

El sistema se desarrolló usando una combinación de herramientas como php, HTML5, MySQL y la plataforma de Telegram. El objetivo era crear una plataforma escalable y flexible que pudiera recopilar y procesar datos de manera automática, el sistema de notificaciones automáticas ha permitido mejorar la precisión de los datos de calidad del aire recopilados por las estaciones. Esto ha permitido a los líderes del equipo tomar decisiones informadas sobre la calidad del aire.

El proyecto fue desarrollado empleando una metodología de desarrollo ágil la cual se enfoca en entregar versiones completas de productos en ciclos cortos denominados Sprints, en donde se trabaja en los requerimientos y prioridades definidas para cada Sprint. Durante el proceso de desarrollo se realizaron reuniones diarias para revisar los avances, identificar problemas, y definir las tareas a realizar para el Sprint siguiente. Al final de cada Sprint se realizó una reunión de revisión para evaluar el trabajo realizado, y los resultados obtenidos.

Se utilizaron herramientas de colaboración y seguimiento de proyectos como Jira, para mantener un registro de las tareas, asignar prioridades, y monitorear los avances, también se combinó con la metodología Kanban para organizar en bloques las actividades realizadas y por realizar.

---

## II. OBJETIVOS

### *A. Objetivo general*

Generar un proceso de soporte técnico para el componente de calidad del aire de SIATA.  
(Sistema de Alerta temprana de Medellín)

### *B. Objetivos específicos*

- Analizar los diferentes programas y algoritmos que permiten el correcto funcionamiento de la red de calidad del aire.
- Calificar los scripts empleados actualmente en el procesos de adquisición de datos.
- Definir un plan de trabajo competente de acuerdo a las necesidades del proyecto.
- Detallar la composición de las estaciones de calidad del aire y sus respectivos equipos de analizadores.
- Definir las variables meteorológicas analizadas en las estaciones de calidad del aire.
- Documentar los aspectos técnicos que afecten de manera crítica la adquisición y divulgación de los datos de la red de aire.

---

### III. MARCO TEÓRICO

La Red de Monitoreo de Calidad del Aire a partir de la conexión de equipos Raspberry Pi que obtienen datos directamente desde los analizadores de monitoreo instalados en distintos puntos de la red de monitoreo de calidad del aire. De esta manera es posible integrar la información medida por los analizadores de manera automática en los sistemas y esquemas de almacenamiento de datos para aquellas estaciones de monitoreo en las que no es posible contar con equipos y software datalogger.[1]

Una Raspberry Pi es un equipo de computación de bajo costo, pequeño, y simple; que presenta capacidades computacionales (1GB RAM, 4 cores de procesamiento con una frecuencia de 1.2GHz), de red (Puertos Ethernet 10/100 y Compatibilidad Inalámbrica 802.11n), de almacenamiento interno (32GB expandibles vía tarjetas SD), y de puertos de entrada (Puertos USB, Bluetooth y GPIO) suficientes para la adquisición de datos de la red de monitoreo de calidad del aire.

Los equipos Raspberry Pi donde se realiza la adquisición de datos deben contar con un sistema operativo que permita la conexión automática a equipos remotos mediante una conexión de red y adicionalmente contar con una distribución de Python instalada. [2]

En los equipos instalados en la red de monitoreo de calidad del aire se utiliza una distribución Linux Raspbian que cuenta con Python entre los paquetes predeterminados en su instalación. [3]

Los equipos Raspberry Pi donde se realiza la adquisición de datos deben contar con una conexión de red que permita la transferencia de datos a los servidores de almacenamiento designados.

En Colombia, la normativa relativa a la calidad del aire es establecida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, a través del Decreto 1076 de 2015 [6]. El decreto establece los límites máximos permisibles (LMP) para la concentración de cada uno de los contaminantes del aire en cada una de las zonas de la República de Colombia. Los contaminantes regulados por el decreto son el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), el ozono (O<sub>3</sub>), el monóxido de carbono (CO), el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), el material particulado

suspendido (MPS), el partículas finas (PM10 y PM2,5) y el plomo (Pb). El decreto también establece los procedimientos para la vigilancia, control y seguimiento de la calidad del aire, así como las acciones que deben realizarse para mejorar la calidad del aire en zonas con una mala calidad del aire.

IV. METODOLOGÍA

Se empleó una metodología en la que se combinó Scrum y Kanban (Scrumban), en donde participaron el practicante y los miembros del equipo de calidad del aire, cada uno de los integrantes aportó sus resultados semanales sobre las tareas asignadas, y se manejó una comunicación continua en Jira, en donde se actualizó el estado de las tareas pendientes, en ejecución y terminadas.

- Daily diario de 15 minutos para validar avances, dificultades y retos.
- Reuniones semanales indicando avances al área administrativa.
- Reuniones a dependencia con el equipo de mantenimiento, para esclarecer el proceso de los analizadores.
- Eventuales salidas de campo a las estaciones de monitoreo, con el fin de validar la condición de las estaciones y el correcto flujo de información entre los datalogger y la raspberry.

Cronograma de actividades

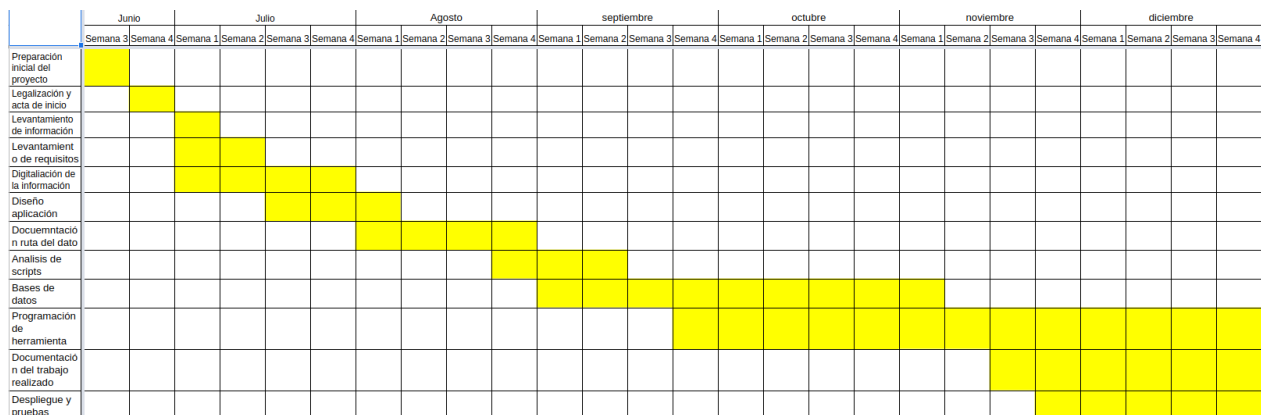


Fig 1. Cronograma de actividades.

Se describen a continuación las actividades realizadas en el proyecto detalladas cada una desde las fases del desarrollo ágil.

- 
1. **Planificación:** En esta parte del proyecto se definieron las actividades a realizar y se identificaron los alcances posibles a los cuales el proyecto pretende llegar, de esta etapa del desarrollo, se definió emplear los siguientes seis meses del practicante exclusivamente en la elaboración de una herramienta que permita el constante monitoreo automatizado de la transmisión de datos de las estaciones meteorológicas del equipo de calidad del aire.
  2. **Análisis:** Se identificó en esta parte un avance significativo de una herramienta similar a la solicitada por el equipo desarrollada en el lenguaje de programación php[4], por tal motivo se optó por continuar con ese desarrollo y aprovechar los avances constituidos en el desarrollo de esta herramienta, en esta fase también se realizó el análisis pertinente que permitió identificar las treinta estaciones del sistema de calidad del aire actualmente activas y que requieren constante monitoreo. ver figura 2

Estación
6. Politecnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid - Medellin (MED-PJIC)
12. Estación Tráfico Centro (CEN-TRAF)
28. Itagüi - Casa de Justicia Itagüi (ITA-CJUS)
37. Universidad San Buenaventura (BEL-USBV)
38. Itagüi - I.E. Concejo Municipal de Itagüi (ITA-CONC)
40. Parque de las Aguas (BAR-PDLA)
41. Universidad de Medellin (MED-UDEM)
43. Tanque Miraflores (MED-MIRA)
44. Medellín, El Poblado - Tanques La Ye EPM (MED-LAYE)
46. Exito San Antonio - Medellin (MED-EXSA)
48. Estación Tráfico Sur (SUR-TRAF)
69. Caldas - E U Joaquín Aristizabal (CAL-JOAR)
74. Institucion Universitaria ITM Robledo (MED-ITMR)
78. La Estrella - Hospital (EST-HOSP)
79. Medellín, Altavista - I.E. Pedro Octavio Amado (MED-ALTA)
80. Medellín, Villahermosa - Planta de producción de agua potable EPM (MED-VILL)
81. Barbosa - Torre Social (BAR-TORR)
82. Copacabana - Ciudadela Educativa La Vida (COP-CVID)
83. Medellin, Belén - I.E Pedro Justo Berrio (MED-BEME)
84. Medellín, El Poblado - I.E INEM sede Santa Catalina (MED-TESO)
85. Medellín, San Cristobal - Parque Biblioteca Fernando Botero (MED-SCRI)
86. Medellín, Aranjuez - I.E Ciro Mendía (MED-ARAN)
87. Bello - I.E. Fernando Vélez (BEL-FEVE)
88. Envigado - E.S.E. Santa Gertrudis (ENV-HOSP)
90. Sabaneta - I.E. Rafael J. Mejía (SAB-RAME)
92. Itagüi - Estación de Policía Los Gómez (ITA-POGO)
94. Medellín - Santa Elena (MED-SELE)
100. Medellín - Fiscalía General de la Nación (MED-FISC)
101. Girardota - Tanques EPM (GIR-EPM)
103. Estación Parque Biblioteca Tomás Carrasquilla - La Quintana (MED-PBLQ)

Fig 2 Estaciones activas

**Nota:** se muestra en la tabla las estaciones pertenecientes a la red de calidad del aire, con su respectivo código de estación, nombre completo y nombre abreviado.



Adicionalmente se identificaron las variables más relevantes y críticas definidas por el equipo de calidad del aire, también se identificó que no todas las variables son monitoreadas completamente, en ese orden de ideas se definen las estaciones y las respectivas variables que son monitoreadas en cada estación. ver figura 3

Codigo	Estación	PM2.5	PM10	Ozono	NO	NO2	CO	PM1	SO2
6	(MED-PJIC)								
12	(CEN-TRAF)								
28	(ITA-CJUS)								
37	(BEL-USBV)								
38	(ITA-CONC)								
40	(BAR-PDLA)								
41	(MED-UDEM)								
43	(MED-MIRA)								
44	(MED-LAYE)								
46	(MED-EXSA)								
48	(SUR-TRAF)								
69	(CAL-JOAR)								
74	(MED-ITMR)								
78	(EST-HOSP)								
79	(MED-ALTA)								
80	(MED-VILLH)								
81	(BAR-TORR)								
82	(COP-CVID)								
83	(MED-BEME)								
84	(MED-TESO)								
85	(MED-SCRI)								
86	(MED-ARAN)								
87	(BEL-FEVE)								
88	(ENV-HOSP)								
90	(SAB-RAME)								
92	(ITA-POGO)								
94	(MED-SELE)								
100	(MED-FISC)								
101	(GIR-EPM) :								
103	(MED-PBLQ)								

fig 3 Estaciones con las variables monitoreadas

**Nota:** La tabla mostrada en la figura 3 describe las variables que son monitoreadas en las respectivas estaciones de la red de calidad del aire, en la tabla se listan las estaciones por su nombre abreviado.

3. **Diseño:** Se define por tanto conservar una vista sencilla con un HTML plano que permita a los usuarios visualizar la información de las estaciones de igual manera a una tabla de excel, adicionalmente se opta por conservar el avance realizado a la herramienta en el lenguaje de programación php.

También se definió un BOT que genere alertas cada treinta minutos indicando las estaciones y variables que han dejado de recibir datos, estas notificaciones son enviadas

de manera automática a través de un grupo de Telegram, a continuación se presenta la arquitectura para el correcto funcionamiento de la aplicación de validación de datos de las estaciones de calidad del aire.

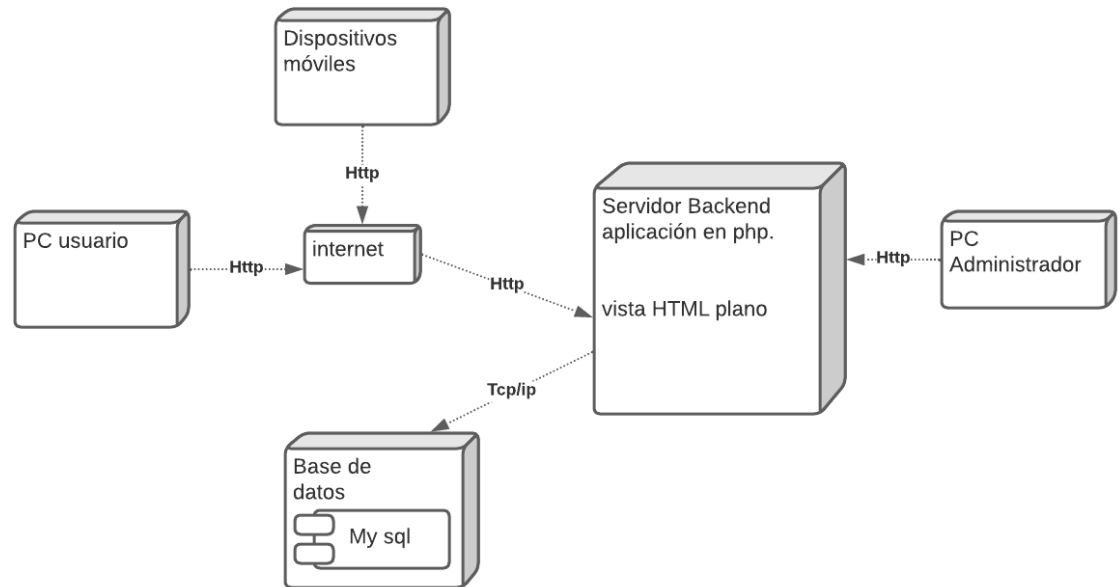


Fig 4 Arquitectura aplicación de validación.

**Nota:** Se visualiza en la figura la arquitectura empleada por la aplicación de alertas automáticas, donde se evidencia que el motor de base de datos es MySQL y el aplicativo puede ser utilizado desde dispositivos móviles o computadores, además se especifica el lenguaje de programación empleado en el desarrollo web.

#### 4. Desarrollo:

- a. **Avances anteriores:** La aplicación contaba con la parte básica de HTML, que permite visualizar las estaciones activas, desde allí se retoma el desarrollo de la herramienta.
- b. **Continuación:** Partiendo de las estaciones activas se procede a definir un array de las variables que son medidas en cada una de las estaciones, y se definen colores para indicar el estado de la transmisión de datos de las estaciones de la siguiente manera:

- 
- i. Verde: indica que los datos se están recibiendo de manera correcta, este indicador es activo cuando los datos recibidos presenten una diferencia menor igual a 60 minutos desde el último dato recibido.
  - ii. Amarillo: indica que se lleva mas de 120 minutos sin recibir datos pero menos de 180.
  - iii. Rojo: indica que los datos no se están recibiendo correctamente y que se lleva más de 180 minutos sin recibir datos por parte de la estación.

Teniendo todo esto definido se procede a consultar en cada estación las variables pertinentes de la misma y se compara la hora actual con el último dato almacenado en la base de datos, para poder cambiar el indicador con los colores antes mencionados.

- c. **BOT:** El bot es creado usando la misma aplicación de Telegram, ya que esta cuenta con un bot que asiste la creación de los mismo y es bastante fácil de usar, una vez creado el bot basta con configurar el webhook y definir en el código las dos funciones que permiten enviar mensajes a través del canal creado por telegram donde se encuentra el bot, siendo administrador de este canal se puede agregar a las personas deseadas o indicadas para leer las notificaciones enviadas por el bot, en este caso particular están agregados los líderes del equipo de calidad del aire, quienes son los encargados de revisar los problemas de comunicación entre las raspberry y la base de datos.

El bot emplea la misma lógica de los indicadores de colores y envía una alerta cada que el ítem se pone de color rojo indicando la estación y la variable que ha dejado de recibir datos.

5. **Pruebas y mantenimiento:** actualmente la herramienta se encuentra desplegada correctamente las notificaciones se envían de manera automática cada 30 minutos sin inconvenientes.

## V. RESULTADOS

Con este desarrollo se logró obtener una herramienta capaz de realizar un monitoreo constante a las estaciones de calidad del aire, indicando en tiempo real y por medio de alertas el estado de la comunicación de datos de las estaciones hacia la base de datos, al implementar esta solución se puede combatir de manera inmediata los problemas de comunicación de las estaciones que eviten el correcto almacenamiento de los datos en la base de datos.

Se obtuvo además una aplicación sencilla y fácil de usar, entendible para todo tipo de usuarios, si bien esta es usada por los líderes del equipo, la actividad de monitoreo de transmisión de datos con esta herramienta, puede ser encargada a cualquier miembro del equipo.

Esta aplicación provee una mayor precisión en el monitoreo de las estaciones, dado que al ser en tiempo real y con notificaciones continuas, todo el tiempo se puede estar al tanto del estado de cualquier estación, provocando por consiguiente que los tiempos de respuesta ante una eventualidad sea menor, y la flexibilidad para tomas de decisiones permita solucionar los problemas de comunicación entre las estaciones y la base de datos en el menor tiempo posible.

En este orden de ideas encontramos un equipo satisfecho con una herramienta que les permite tener un mayor control de sus estaciones de monitoreo y que brinda una confiabilidad alta en la adquisición de datos divulgados por las estaciones de calidad del aire, garantizando que los datos entregados en las variables de PM25, PM10, Ozono, NO, NO2, CO, SO2, sean válidos.

Se detalla a continuación en la figura 5 el resultado de la aplicación de monitoreo.

Estación	PM2.5	PM10	Ozono	NO	NO <sub>2</sub>	CO	PM1	SO <sub>2</sub>
6. Politecnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid - Medellin (MED-PJIC)	---	2022-11-28 21:00:00	---	2022-11-28 21:00:00	2022-11-28 21:00:00	2022-11-28 21:00:00	---	---
12. Estación Tráfico Centro (CEN-TRAF)	2022-11-28 21:00:00	2022-11-28 21:00:00	---	---	---	---	---	2022-11-28 21:00:00
28. Itagüí - Casa de Justicia Itagüí (ITA-CJUS)	2022-11-28 21:00:00	---	---	2022-11-28 21:00:00	2022-11-28 21:00:00	---	---	---
37. Universidad San Buenaventura (BEL-USBV)	---	2022-11-28 21:00:00	---	---	---	---	---	---
38. Itagüí - I.E. Concejo Municipal de Itagüí (ITA-CONC)	2022-11-28 21:00:00	2022-11-28 21:00:00	2022-11-28 21:00:00	---	---	---	---	---
40. Parque de las Aguas (BAR-PDLA)	---	---	2022-11-28 10:00:00	---	---	---	---	---
41. Universidad de Medellín (MED-UDEM)	---	---	2022-11-28 21:00:00	---	---	---	---	---
43. Tanque Miraflores (MED-MIRA)	---	---	2022-11-28 21:00:00	---	---	---	---	---
44. Medellín, El Poblado - Tanques La Ye EPM (MED-LAYE)	2022-11-28 21:00:00	---	2022-11-28 21:00:00	---	---	---	---	---
46. Exito San Antonio - Medellín (MED-EXSA)	---	2022-11-28 21:00:00	---	---	---	---	---	---
48. Estación Tráfico Sur (SUR-TRAF)	2022-11-28 21:00:00	---	---	2022-11-28 21:00:00	2022-11-28 21:00:00	---	---	---
69. Caldas - E U Joaquín Aristizabal (CAL-JOAR)	2022-11-28 21:00:00	---	---	---	---	---	---	---
74. Institución Universitaria ITM Robledo (MED-ITMR)	---	2022-11-28 21:00:00	---	2022-11-28 21:00:00	2022-11-28 21:00:00	---	---	---
78. La Estrella - Hospital (EST-HOSP)	2022-11-28 21:00:00	---	---	---	---	---	---	---
79. Medellín, Altavista - I.E. Pedro Octavio Amado (MED-ALTA)	2022-11-28 21:00:00	---	---	---	---	---	---	---
80. Medellín, Villahermosa - Planta de producción de agua potable EPM (MED-VILL)	2022-11-28 21:00:00	---	---	---	---	---	---	---
81. Barbosa - Torre Social (BAR-TORR)	2022-11-28 21:00:00	---	---	---	---	---	---	---
82. Copacabana - Ciudadela Educativa La Vida (COP-CVID)	2022-11-28 21:00:00	---	---	---	---	---	---	---
83. Medellín, Belén - I.E. Pedro Justo Berrio (MED-BEME)	2022-11-28 21:00:00	---	---	---	---	---	---	---
84. Medellín, El Poblado - I.E. INEM sede Santa Catalina (MED-TESO)	2022-11-28 21:00:00	---	---	---	---	---	---	---
85. Medellín, San Cristóbal - Parque Biblioteca Fernando Botero (MED-SCRI)	2022-11-28 21:00:00	---	---	---	---	---	---	---
86. Medellín, Aranjuez - I.E. Ciro Mendía (MED-ARAN)	2022-11-28 21:00:00	---	---	---	---	---	---	---
87. Bello - I.E. Fernando Vélez (BEL-FEVE)	2022-11-28 21:00:00	---	---	---	---	---	---	---
88. Envigado - E.S.E. Santa Gertrudis (ENV-HOSP)	2022-11-28 21:00:00	---	---	---	---	---	---	---
90. Sabaneta - I.E. Rafael J. Mejía (SAB-RAME)	2022-11-28 21:00:00	---	---	---	---	---	---	---
92. Itagüí - Estación de Policía Los Gómez (ITA-POGO)	---	2022-11-28 21:00:00	---	---	---	---	---	---
94. Medellín - Santa Elena (MED-SELE)	2022-11-28 21:00:00	---	---	---	---	---	---	---
100. Medellín - Fiscalía General de la Nación (MED-FISC)	2022-11-28 21:00:00	---	2022-11-28 21:00:00	2022-11-28 21:00:00	2022-11-28 21:00:00	---	---	---
101. Girardota - Tanques EPM (GIR-EPM)	2022-11-28 21:00:00	2022-11-28 21:00:00	2022-11-28 17:00:00	2022-11-28 21:00:00	2022-11-28 21:00:00	---	---	2022-11-28 20:00:00
103. Estación Parque Biblioteca Tomás Carrasquilla - La Quintana (MED-PBLQ)	2022-11-28 21:00:00	---	2022-11-28 21:00:00	---	---	---	---	---

Fig 5 Aplicación de monitoreo.

**Nota:** Se visualiza en esta tabla las estaciones de monitoreo y su respectivo estado frente a la captura de los datos, el color verde indica la correcta recepción de los mismos, mientras que el color rojo indica que se han dejado de recibir datos, también se indica la última hora en la cual la estación recibió el dato.

Como se evidencia en la imagen anterior, cada estación indica las variables monitoreadas y indicador de color nos indica la ultima hora en la que se recibio el dato por parte de esta estación, el bot que envia las notificaciones se encuentra croneado para ser ejecutado cada 30 minutos de esta forma se garantiza que cada media hora un miembro el equipo se entera de las estaciones que se encuentran presentando fallas de comunicación hacia la base de datos.

Adicionalmente se agregó una segunda tabla a esta vista que permite visualizar la cantidad de porcentaje de datos que han sido transmitidos desde la estación a la base de datos, se puede visualizar en la figura 6 como son presentados estos datos al equipo de calidad del aire.

Porcentaje de Datos: (2022-11-27 21:43:44 a 2022-11-28 21:43:44) (Calidad OK < 2.6)

Estación	PM2.5	PM10	Ozono	NO	NO <sub>2</sub>	CO	PM1	SO <sub>2</sub>
6. Politecnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid - Medellin (MED-PJIC)	---	100.00	---	100.00	100.00	95.83	---	---
12. Estación Tráfico Centro (CEN-TRAF)	95.83	95.83	---	---	---	---	---	100.00
28. Itagüí - Casa de Justicia Itagüí (ITA-CJUS)	100.00	---	---	95.83	95.83	---	---	---
37. Universidad San Buenaventura (BEL-USBV)	---	100.00	---	---	---	---	---	---
38. Itagüí - I.E. Concejo Municipal de Itagüí (ITA-CONC)	100.00	87.50	100.00	---	---	---	---	---
40. Parque de las Aguas (BAR-PDLA)	---	---	54.17	---	---	---	---	---
41. Universidad de Medellín (MED-UDEM)	---	---	---	---	---	---	---	---
43. Tanque Miraflores (MED-MIRA)	---	---	100.00	---	---	---	---	---
44. Medellín, El Poblado - Tanques La Ye EPM (MED-LAYE)	100.00	---	100.00	---	---	---	---	---
46. Exito San Antonio - Medellín (MED-EXSA)	---	95.83	---	---	---	---	---	---
48. Estación Tráfico Sur (SUR-TRAF)	100.00	---	---	91.67	95.83	---	---	---
69. Caldas - E U Joaquín Arisizabal (CAL-JOAR)	95.83	---	---	---	---	---	---	---
74. Institucion Universitaria ITM Robledo (MED-ITMR)	---	100.00	---	100.00	100.00	---	---	---
78. La Estrella - Hospital (EST-HOSP)	100.00	---	---	---	---	---	---	---
79. Medellín, Altavista - I.E. Pedro Octavio Amado (MED-ALTA)	100.00	---	---	---	---	---	---	---
80. Medellín, Villahermosa - Planta de producción de agua potable EPM (MED-VILL)	100.00	---	---	---	---	---	---	---
81. Barbosa - Torre Social (BAR-TORR)	95.83	---	---	---	---	---	---	---
82. Copacabana - Ciudadela Educativa La Vida (COP-CVID)	100.00	---	---	---	---	---	---	---
83. Medellín, Belén - I.E. Pedro Justo Berrio (MED-BEME)	100.00	---	---	---	---	---	---	---
84. Medellín, El Poblado - I.E. INEM sede Santa Catalina (MED-TESO)	95.83	---	---	---	---	---	---	---
85. Medellín, San Cristóbal - Parque Biblioteca Fernando Botero (MED-SCR)	45.83	---	---	---	---	---	---	---
86. Medellín, Aranjuez - I.E. Ciro Mendía (MED-ARAN)	100.00	---	---	---	---	---	---	---
87. Bello - I.E. Fernando Vélez (BEL-FEVE)	100.00	---	---	---	---	---	---	---
88. Envigado - E.S.E. Santa Gertrudis (ENV-HOSP)	100.00	---	---	---	---	---	---	---
90. Sabaneta - I.E. Rafael J. Mejía (SAB-RAME)	87.50	---	---	---	---	---	---	---
92. Itagüí - Estación de Policía Loc Gómez (ITA-POGO)	---	95.83	---	---	---	---	---	---
94. Medellín - Santa Elena (MED-SELE)	100.00	---	---	---	---	---	---	---
100. Medellín - Fiscalía General de la Nación (MED-FISC)	87.50	---	91.67	83.33	83.33	---	---	---
101. Girardota - Tanques EPM (GIR-EPM)	100.00	83.33	75.00	100.00	100.00	---	---	91.67
103. Estación Parque Biblioteca Tomás Carrasquilla - La Quintana (MED-PBLQ)	100.00	---	100.00	---	---	---	---	---

Fecha Inicial: 2022-11-27 21:43:44      Fecha Final: 2022-11-28 21:43:44

Fig 6 Porcentaje de datos recibidos.

**Nota:** En esta tabla paralela a la anterior se observa el porcentaje de datos recibidos para cada estación, el color verde indica la recepción de más del 70% de los datos, el amarillo se muestra cuando hay más del 50% de los datos pero menos de 70% y el rojo indica que la recepción de datos se encuentra por debajo del 50%.

finalmente se cuenta con un canal de Telegram donde están los líderes del equipo de calidad del aire y quienes son los encargados de realizar las respectivas acciones frente a las notificaciones del bot, este bot solo notifica si encuentra estaciones con falla en su transmisión de datos, de lo contrario no enviará ninguna alerta hasta cuando vuelva a identificar una estación con fallas. Se muestra a continuación un ejemplo de los mensajes de telegram enviados por el bot en la figura 7.



Fig 7 Notificaciones Bot Telegram.

**Nota:** Se visualiza en esta imagen un ejemplo de cómo son entregados los mensajes de alerta a los usuarios en el canal de Telegram.

---

## VI. ANÁLISIS

Un proyecto de automatización puede ser una iniciativa para mejorar la eficiencia, la productividad y la calidad de los procesos y servicios de una empresa. Esto se logra mediante la implementación de una variedad de herramientas y tecnologías que permiten automatizar y simplificar los procesos y tareas realizadas.

Si bien esta aplicación es un inicio aceptable hacia la automatización, hay diferentes procesos dentro del proyecto que necesitan ser atendidos para garantizar una automatización completa, esto incluye mejorar el alcance de la aplicación para abarcar todos los procesos del proyecto, incluyendo aquellos relacionados con el manejo de recursos, el seguimiento de la calidad, la gestión de requisitos, la administración de cambios, la gestión de riesgos y la gestión de errores. Además, hay aspectos como la auditoría y el monitoreo de la eficacia de la automatización que también deben ser abordados. Esto implica la necesidad de implementar sistemas de seguimiento de la calidad, control de requisitos y control de cambios. El objetivo es que la aplicación sea capaz de realizar un seguimiento de todos los procesos involucrados en el proyecto para garantizar que la automatización se mantenga a un nivel aceptable.

Los resultados del sistema de alertas tempranas pueden ser muy útiles para ayudar a los gobiernos a tomar decisiones más informadas sobre cómo prevenir y controlar enfermedades infecciosas, por tal motivo es pertinente contar con un sistema robusto de notificaciones que permita tener un índice alto de confiabilidad en los datos adquiridos para poder tomar decisiones y establecer planes de acción respectivos y coherentes con las situaciones presentadas en las diferentes zonas de la ciudad.



---

## VII. CONCLUSIONES

A partir del trabajo realizado y la automatización de notificaciones para el sistema de adquisición de datos de la red de calidad del aire se evidencia que, la automatización de notificaciones puede mejorar significativamente la eficiencia y productividad de una organización, y adicionalmente puede ayudar a los equipos de trabajo a reducir significativamente los tiempos de respuesta.

La automatización de notificaciones es una herramienta útil para mejorar la productividad del sistema. Esto se debe a que permite una mayor eficiencia y rapidez para la recopilación y procesamiento de datos, lo que permite una mejor gestión de la red de calidad del aire. Esto, a su vez, contribuye a mantener la calidad del aire constantemente monitoreada. Además, la automatización de notificaciones también permite que los datos sean procesados con mayor frecuencia y en un plazo de tiempo más corto, lo que permite una mejor toma de decisiones para la gestión de la red de calidad del aire.

Estos resultados se relacionan directamente con los objetivos planteados al comienzo del proyecto. Estas notificaciones se utilizan para evaluar las posibles alternativas del proyecto y para determinar si se alcanzaron los resultados esperados, los resultados se pueden utilizar para determinar la dirección futura de la investigación y para guiar las decisiones de los responsables del proyecto.

Además, el sistema es capaz de detectar anomalías en los datos recolectados, permitiendo una mejor identificación de los problemas de calidad del aire en la ciudad. Esta herramienta permitirá una mejor toma de decisiones por parte de las autoridades para mejorar la calidad del aire en la ciudad y evitar la contaminación.

---

## VIII. RECOMENDACIONES

En el proceso de identificación de la ruta del dato de las estaciones de calidad del aire, se identificó que la adquisición de los contaminantes es obtenida a través de scripts desarrollados en python 2, adicionalmente la importación de estos datos también es realizada en la misma versión de este lenguaje, si bien los códigos son completamente funcionales, se recomienda planear una migración de estos códigos a una versión actualizada del lenguaje de programación, para evitar futuros problemas de soporte en los scripts encargados de la recolección de datos.

Se sugiere además la creación de reglas de negocio, la definición de flujos de trabajo y la implementación de cambios en la base de datos, que permitan centralizar la información, ya que se evidencio que la información adquirida es distribuida de manera desordenada en varios servidores, sin tener un rastro concreto de los respaldos de la información.

En este orden de ideas sería ideal que se defina un proceso de respaldo, el cual también puede ser automatizado, que permita guardar un respaldo de los datos históricos obtenidos y los códigos que permiten la adquisición de estos datos, de esta forma, en caso de una falla en el sistema, se podrá recuperar los datos sin muchos problemas.

Además, el proceso de respaldo debe incluir una prueba periódica de recuperación de los datos para verificar que el respaldo se realice correctamente. Esto se puede hacer en un ambiente de pruebas que simula el entorno real. Esto permitirá asegurar que los datos se recuperan en caso de una falla.

El proceso de respaldo también debe incluir un proceso de monitoreo para verificar el rendimiento del sistema, detectar anomalías y alertar al equipo de soporte en caso de que se detecten problemas.

Finalmente, el sistema de respaldo debe estar vinculado a un plan de recuperación de desastres. Esto permitirá al equipo de soporte y al equipo de desarrollo saber cómo actuar en caso de que el sistema deje de funcionar inesperadamente. Esto es especialmente importante si los datos históricos son críticos para el negocio.

---

REFERENCIAS

- [1] “¿Qué es un Data Logger y cómo funciona? | Dewesoft”. Data Acquisition Systems (DAQ) and Solutions | Dewesoft. <https://dewesoft.com/es/daq/que-es-un-data-logger>.
- [2] “Raspberry Pi Foundation – About us”. Raspberry Pi. <https://www.raspberrypi.org/about/>.
- [3] “Operating system images â Raspberry Pi”. Raspberry Pi. <https://www.raspberrypi.com/software/operating-systems/>.
- [4] “¿Qué es PHP?”. <https://www.php.net/manual/es/intro-what-is.php>
- [5] "Un bot de Telegram con PHP". Atareao. <https://atareao.es/tutorial/crea-tu-propio-bot-para-telegram/un-bot-de-telegram-con-php/>
- [6] "Decreto 1076 de 2015 Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible - Gestor Normativo". Inicio - Función Pública. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=78153>
- [7] "SIATA - Sistema de Alerta Temprana del Valle de Aburrá". SIATA - Sistema de Alerta Temprana del Valle de Aburrá. [https://siata.gov.co/sitio\\_web/index.php/quienesSomos](https://siata.gov.co/sitio_web/index.php/quienesSomos)
- [8] "SIATA - Sistema de Alerta Temprana del Valle de Aburrá". SIATA - Sistema de Alerta Temprana del Valle de Aburrá. [https://siata.gov.co/sitio\\_web/index.php/monitoreo#calidadAire](https://siata.gov.co/sitio_web/index.php/monitoreo#calidadAire)